Claude Tassin

Paysages végétaux du domaine méditerranéen



Bassin méditerranéen
Californie
Chili central
Afrique du Sud
Australie méridionale

IRD Éditions

Préface Yann Arthus-Bertrand

Paysages végétaux du domaine méditerranéen

BASSIN MÉDITERRANÉEN
CALIFORNIE
CHILI CENTRAL
AFRIQUE DU SUD
AUSTRALIE MÉRIDIONALE

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Claude Tassin

Paysages végétaux du domaine méditerranéen

Bassin méditerranéen
Californie
Chili central
Afrique du Sud
Australie méridionale

IRD Éditions
Institut de recherche pour le développement

Marseille, 2012

Photo de couverture

Claude Tassin
Paysage de piémont thermo-californien au sud de la Sierra Nevada, Gray Pines ou pins fantômes (*Pinus sabiniana*) et jeunes Joshua Trees (*Yucca brevifolia*).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Préparation éditoriale, coordination
Marie-Odile Charvet Richter

Mise en page
Bill Production

Correction
Yollande Cavallazzi

Maquette de couverture
Michelle Saint-Léger

Maquette intérieure
Catherine Plasse

La loi du 1er juillet 1992 (code de la propriété intellectuelle, première partie) n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans le but d'exemple ou d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1er de l'article L. 122-4).
Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon passible des peines prévues au titre III de la loi précitée.

© IRD, 2012
ISBN : 978-2-7099-1731-5

Sommaire

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Préface ..... p. 7
Yann ARTHUS-BERTRAND

Avant-propos ..... p. 9

Partie 1
L'évolution des paysages végétaux méditerranéens ..... p. 13

Le climat, facteur dominant ..... p. 15

Des mosaïques végétales fragiles et instables ..... p. 39

Partie 2
Les paysages végétaux des basses terres méditerranéennes ..... p. 87

Les forêts métastables, dites climaciques ..... p. 89

Matorrals, pinèdes et steppes en Méditerranée ..... p. 153

Les maquis hors bassin méditerranéen ..... p. 193

La végétation azonale ..... p. 245

Partie 3
Les paysages végétaux des montagnes méditerranéennes ..... p. 269

Les caractères originaux des climats montagnards ..... p. 271

La complexité des étagements végétaux ..... p. 283

Partie 4
Protection et conservation des espaces boisés ..... p. 331

Des espaces boisés fragiles ..... p. 333

Vers une gestion durable ? ..... p. 349

Glossaire ..... p. 387

Bibliographie ..... p. 393

Table des illustrations et encarts thématiques ..... p. 413

Table des matières ..... p. 415

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Préface

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Il n'est pas évident de penser qu'à des milliers de kilomètres de distance une même histoire climatique et évolutive est en train de s'écrire, qu'un même scénario mêlant nature et culture est peut-être sur le point de se répéter, que des paysages partagent autant de points communs à l'exception de leurs coordonnées géographiques. Il y a comme un secret.

En bon pédagogue, Claude Tassin m'a d'une certaine manière ouvert les yeux et permis de lire dans un paysage dit « méditerranéen » les marques subtiles d'un climat mais aussi celles des hommes. Il m'a montré tout à la fois l'unité et la diversité du vivant, expliqué l'incroyable interdépendance des espèces, rappelé le rôle déterminant des sols qu'on oublie trop souvent, et surtout révélé la rareté de certains milieux.

Lors du tournage du film *Home*, j'ai vu en Grèce des forêts de pins partir en flammes, des paysages noircis dont ne subsistaient que les champs d'oliviers. En Californie, nous avons filmé les mêmes images d'incendie léchant des zones urbanisées. Lorsque le feu marque ainsi les paysages, on ne peut pas ne pas poser la question du rôle des hommes. Mais surtout on comprend qu'il n'y a pas d'un côté la nature et de l'autre, les hommes. Nos destins sont liés en quelque sorte. Et nous ne devons pas y être indifférents. Car du lien et du savoir écologiques découle pour nous tous une responsabilité nouvelle et partagée.

Claude Tassin a beaucoup voyagé et comme tous ceux qui ont voyagé, il a beaucoup à partager et y parvient très bien dans cet ouvrage plein de croquis, de photos légendées et de textes précis. Je voudrais ici le remercier pour son formidable travail.

Yann ARTHUS-BERTRAND

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Avant-Propos

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Axé sur les paysages, ce livre s'adresse aux étudiants et enseignants en géographie comme à tout public soucieux de mieux comprendre l'environnement naturel dans les régions de climat méditerranéen. Des montagnes calcaires coiffées de pins, éblouissantes sous le soleil, qui se dressent près de la mer ou au bord d'une petite plaine, qui ne rêve pas de cette image familière aux touristes déferlant vers les plages de la « Grande bleue » ?

Mais qui d'entre nous mesure vraiment la dégradation du littoral ? Qui sait que le Plan Bleu, cet observatoire méditerranéen de l'environnement et du développement durable, y voit 20 millions de citadins et 130 millions de touristes supplémentaires en 2025 ?...

À l'heure où les sommets mondiaux alertent l'opinion sur les menaces qui pèsent sur les équilibres écologiques de la planète, où les Nations unies, après avoir proclamé en 2010 l'Année internationale de la biodiversité, incitent davantage les hommes à modifier leur rapport avec les écosystèmes, cette biogéographie des paysages végétaux du domaine méditerranéen a pour objectif une description détaillée de leur physionomie et leur structure afin de faciliter la compréhension de leur répartition et de leur fonctionnement écologique. Leur évolution dynamique permettant de mieux saisir l'importance des perturbations d'origine humaine et l'urgence d'une gestion concertée et raisonnée… « On ne protège pas l'environnement pour sa beauté, mais pour le développement », proclame la Convention de l'ONU sur la diversité biologique, issue du Sommet de Rio de 1992.

Comme le domaine tropical humide, le domaine méditerranéen fait partie des milieux où la puissance des impacts anthropiques et les changements climatiques globaux en cours menacent gravement la biodiversité des communautés végétales. Si les forêts tropicales, sur seulement 7 % de la surface terrestre, abritent plus de la moitié des espèces vivantes, la fonctionnalité de protection de la vie des espaces boisés méditerranéens (régulation du climat et du cycle de l'eau, protection des sols, stockage du carbone et production d'oxygène…) est tout aussi précieuse dans un monde précocement et fortement humanisé. Considérable autour de la Méditerranée, l'action humaine l'a été aussi dans les autres régions du domaine méditerranéen, Californie, Chili central, Afrique du Sud et Australie méridionale, bien que l'accroissement de population y ait été plus tardif.

Science de synthèse comme la géographie dont elle fait partie, la biogéographie part de la description des paysages pour en tirer des explications, en faisant appel à d'autres disciplines. Notre tâche consistait donc à fournir d'abord un inventaire précis, une typologie des paysages végétaux, suivie d'une compréhension globale de leurs éléments communs de manière à percevoir ce qui les caractérise vraiment et à rendre compte de ce qui les menace. Mais on le sait, les motifs pédagogiques ne font pas toujours bon ménage avec la rigueur scientifique ! Cette démarche a donc été partiellement inversée : afin de familiariser le lecteur avec les concepts et le vocabulaire de

base, des éléments explicatifs sont présents dès la première partie, ainsi consacrée à l'évolution dynamique des paysages végétaux, à leur lien avec le climat et l'homme.

Les éléments descriptifs qui viennent ensuite, l'organisation réelle des paysages, sont accompagnés d'explications plus fines, d'une mise en relation avec pratiquement tous les éléments du cadre physique et humain. La base du découpage typologique est le relief, dont les conséquences sont évidentes sur les sols, le climat, les eaux et l'intervention humaine. La deuxième partie présente donc les paysages végétaux des principaux bas pays (plaines, littoraux, piémonts et collines) : les forêts métastables dites climaciques, les matorrals, les pinèdes et les steppes, puis la végétation azonale.

La troisième partie examine l'originalité climatique et les étagements végétaux des montagnes : dans le bassin méditerranéen, les forêts de feuillus, de conifères, et la végétation de haute altitude ; en Californie et au Chili central, toute une mosaïque d'étages compliquée par des interpénétrations d'espèces.

Enfin, si elle montre la fragilité particulière des espaces boisés du bassin méditerranéen exploités depuis des siècles, la quatrième partie met l'accent sur l'absolue nécessité de leur gestion dans le cadre d'un développement durable. Ces écosystèmes plus riches et plus variés en biodiversité que ceux de l'Europe moyenne, menacés au nord par la fragmentation, le reboisement en résineux, les grands incendies, et au sud et à l'est par une forte pression humaine, surtout pastorale, suscitent aujourd'hui une vraie prise de conscience régionale et internationale. Mais leur protection manque encore de coordination et de moyens, et puis les scientifiques n'arrivent pas toujours à convaincre les populations locales et les décideurs politiques. Sur la rive nord où s'accroît l'intérêt pour leur rôle écologique, on considère encore avec indifférence ces espaces en déprise qui s'embroussaillent et apparaissent comme excentrés, presque marginaux dans les forêts d'Europe. Sur la rive est et sud, qui ne bénéficie pas de l'intégration européenne et où les espaces boisés représentent la survie, les rares expériences de développement durable pâtissent d'un déficit de gouvernance aggravé par les pressions croissantes d'une population nombreuse… Pourtant, que ce soit dans le bassin méditerranéen ou dans les régions hors Méditerranée, il reste que les stratégies adaptatives misent de plus en plus sur cet élément clé qu'est la conservation de la biodiversité.

Ainsi, sur le pourtour de la Méditerranée, la gestion volontariste ne fait-elle que s'engager… Selon le Plan Bleu, les politiques environnementales, peu appliquées et peu intégrées dans le développement, restent plus curatives que préventives. En même temps, dans les grands biomes de la planète, l'objectif 2010, fixé au Sommet de Johannesbourg en 2002, de réduire fortement le rythme d'appauvrissement de la biodiversité n'est pas atteint, tout un symbole ! Des milliers d'espèces végétales et animales sont aujourd'hui menacés d'extinction, alors même que leurs habitats naturels très dégradés perdent peu à peu d'énormes richesses inconnues et que, depuis 2001, une Journée mondiale de la biodiversité (le 22 mai) ne cesse d'attirer l'attention sur la nécessité de sauvegarder les espèces vivantes des terres et des océans si l'humanité veut mettre en œuvre un développement durable, capable d'augmenter de manière équitable le bien-être des générations présentes sans sacrifier celui des générations futures.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Qu'en sera-t-il donc dans les prochaines décennies de la dégradation des écosystèmes du domaine méditerranéen, des pressions déjà insupportables sur l'eau, les sols et le littoral, si les changements climatiques et de modes d'usages des terres liés à la démographie se poursuivent ? La croissance économique pourra-t-elle financer la réparation des dégâts qu'elle va accélérer ? Dans l'optique du développement durable, n'est-ce pas plutôt la qualité de l'environnement qui doit appuyer la croissance économique ? Autant de questions qui laissent deviner un devenir problématique pour les paysages végétaux méditerranéens, et justifient sans doute ce livre conçu pour mieux éclairer notre responsabilité dans les processus engagés, et peut-être nous aider à ouvrir de nouvelles perspectives face à l'érosion de la diversité du vivant.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11


© C. Tassin

Partie 1

L'évolution des paysages végétaux méditerranéens

**Suberaie dans les Maures.
Peuplement mixte à chênes sclérophylles
et caducifoliés, au premier plan des cistes cotonneux
(*Cistus albidus*).**

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Chapitre 1

Le climat, facteur dominant



© M.-A. Coudray-Tassin

Ce document est la propriété exclusive de F

Même si la végétation naturelle méditerranéenne a été considérablement transformée par l'homme, elle est d'abord le reflet des conditions climatiques auxquelles elle doit s'adapter, le domaine méditerranéen ayant des limites avant tout bioclimatiques. Sans constituer une véritable zone – une ceinture autour du globe – le climat de type méditerranéen est présent dans cinq régions sur les façades occidentales des continents : autour de la Méditerranée (2 300 000 km²), en Californie (324 000 km²), au Chili central (140 000 km²), en Afrique du Sud (90 000 km²) et en Australie méridionale (112 260 km²). Des régions peu étendues en latitude, mais qui ont en commun de faire la transition entre le domaine tempéré et le domaine tropical.

Qu'appelle-t-on domaine méditerranéen ?

Des limites avant tout bioclimatiques

Des limites répondant à des besoins agricoles

Pour les géographes, ce fut avant tout l'olivier, plante très répandue autour de la Méditerranée, qui eut une signification climatique. Un choix somme toute assez judicieux, puisqu'aujourd'hui on a la preuve que la forme sauvage de cet arbre était présente dans les Bouches-du-Rhône dès la fin des périodes froides de l'ère quaternaire. Le tuf de Roquevaire ayant en effet livré une feuille fossile datant de 10 000 ans… Pourtant cette dé-

photo > Paysage littoral marqué par le climat méditerranéen et l'homme : phrygana et huerta (Crète).

limitation proposée par le botaniste Charles Flahault fut bientôt critiquée : l'aire de l'olivier, plante cultivée, ne s'était-elle pas agrandie par rapport à celle de l'oléastre, cet olivier sauvage qui vivait de façon naturelle ? Et puis, en certains endroits, cette aire avait peut-être reculé, victime de gels exceptionnels ou… de difficultés financières.

Aujourd'hui, grâce à la confrontation de données archéologiques (restes de bois, noyaux), biogéographiques (sur les individus remarquables) et génétiques (marquage moléculaire du génome) nous connaissons mieux l'histoire récente de l'olivier, cet arbre emblématique et sacré qui a inspiré les grands textes religieux fondateurs (Bible, Torah, Coran), et que la mythologie grecque a fait naître sur l'Acropole par le geste d'Athéna. Il existe six sous-espèces d'*Olea europaea,* qui auraient 2 000 variétés dans le monde (dont 150 en France), originaires du bassin méditerranéen ou parfois d'Asie, et présentes depuis l'Afrique du Sud jusqu'en Chine, en Méditerranée, en Macaronésie et enfin dans les montagnes sahariennes. Les marqueurs moléculaires, qui révèlent le degré de proximité génétique entre les arbres, et donc les migrations, « rendent possible l'étude (…) des relations entre la forme cultivée et sauvage, (…) donnent un panorama de la diversité après les glaciations et permettent de situer globalement les zones refuges qui apparaissent nombreuses et génétiquement très structurées » (BRETON *et al.*, 2006). L'olivier sauvage ou oléastre (*Olea europaea* subsp. *europaea*) n'est peut-être parfois qu'une forme cultivée retournée à l'état sauvage, mais nous savons aujourd'hui que les oléastres véritables se sont implantés aussi bien à l'ouest qu'à l'est du bassin, après avoir survécu durant la dernière glaciation quaternaire (le Würm) dans au moins quatre zones refuges : nord-ouest de l'Afrique, péninsule Ibérique, Proche-Orient, Sicile, Corse… Apparu dès l'ère tertiaire, le genre *Olea* (il est signalé en Languedoc à l'Oligocène terminal) se serait diversifié à l'ouest avant les glaciations (au Miocène et surtout au Pliocène). « L'origine de l'olivier cultivé à partir de l'oléastre ne fait plus de doute à l'est comme à l'ouest de la mer Méditerranée » (BRETON *et al.*, 2006). Domestiqué par clonage au Levant (Palestine, Israël) vers 5 800 BP, mais aussi en Afrique du Nord, en Espagne et en France, probablement simultanément, « il fut fortement disséminé par l'homme dans le Bassin Méditerranéen au gré des principales civilisations telles que les Phéniciens, les Romains ou encore les Arabes. Plus récemment, il y a environ deux siècles, sa culture a été introduite dans des pays du nouveau monde (e.g. Australie, Californie) » (BESNARD, 2009).

Obtenus à partir des premiers oliviers domestiqués et des oléastres locaux, les oliviers cultivés ne peuvent pas plus que les formes sauvages totalement caractériser les limites d'un domaine bioclimatique dont les variabilités interannuelles font fortement fluctuer les marges. D'autant plus que l'oléastre ou sa forme ensauvagée, en péril dans plusieurs régions à cause de la désertification, de l'urbanisation et des hybridations avec les formes cultivées, n'occupe plus qu'une place discrète dans des associations thermophiles avec des chênes sclérophylles, le thuya de Berbérie, le genévrier rouge ou le pistachier lentisque (brousse à oléolentisque, chap. 3), pouvant « constituer toutefois des peuplements purs ou presque purs, en divers points du pourtour méditerranéen » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003), comme au Maroc, en Sicile, en Grèce et Turquie méridionales. En France, des reliques existent en limite nord de son aire de répartition (Côte d'Azur, massif de la Clape près de Narbonne, région de Perpignan).

Les botanistes ont donc cherché d'autres végétaux pour caractériser le domaine méditerranéen (FLAHAUT, 1901). Par exemple les chênes à feuillage persistant (chêne vert, chêne kermès, chêne-liège), mais ils ont dû faire la distinction entre trois types de végétation : euméditerranéenne (propre au domaine) comme l'olivier et le chêne kermès, propéméditerranéenne (qui déborde un peu les marges) comme la bruyère arborescente, et latéméditerranéenne (qui déborde beaucoup plus loin) comme le chêne vert ou la lavande. En Méditerranée, c'est le chêne vert (*Quercus ilex*) qui est apparu comme l'espèce circum-méditerranéenne la plus ubiquiste, la difficulté étant qu'il sort largement du domaine climatique, que ce soit dans les causses du Quercy ou sur le littoral atlantique franco-espagnol jusqu'en Bretagne, et qu'à l'est de la mer Égée ses peuplements sont en fait très ponctuels, de véritables curiosités botaniques. Le chêne kermès (*Quercus coccifera*) fait partie de la strate buissonnante de la chênaie verte, mais son aire nettement plus restreinte ne peut pas caractériser le domaine méditerranéen. Même si sa variété arborescente (le chêne calliprinos) remplace *Quercus ilex* au Proche-Orient. Quant au chêne-liège (*Quercus suber*), il pousse au nord de Bayonne et n'existe pas en Méditerranée orientale.

En Californie, la végétation présente beaucoup d'affinités avec celle du pourtour méditerranéen, appartenant comme elle au plus vaste des six royaumes floristiques mondiaux définis par Good et Takhtajan, le « Royaume holarctique » (avec ses chênes, ses pins, ses Labiées…), du fait que les plaques américaine et européenne de l'écorce terrestre se trouvaient soudées jusque vers la fin de l'ère secondaire. Et même si la direction globale-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© Ch. Tassin

Les oliviers de Nyons (Drôme).
L'oliveraie millénaire des Baronnies, la plus septentrionale de France, a été gravement endommagée par le gel de février 1956.

ment méridienne du relief a facilité une interpénétration des espèces euméditerranéennes et subméditerranéennes, de grands chênes sclérophylles toujours verts comparables à ceux de Méditerranée tiennent une bonne place dans les paysages forestiers. Mais le Coast Live Oak (*Quercus agrifolia*), parfois appelé « le chêne vert de Californie », qui ne diffère de *Quercus ilex* que par son écorce lisse et ses feuilles glabres, ne peut à lui seul caractériser le domaine climatique, cette espèce côtière laissant la place à deux autres grands Live Oaks dans les basses montagnes et les vallées de l'intérieur. Même difficulté avec les petits chênes buissonnants à feuilles persistantes du chaparral, tel le Scrub Oak *(Quercus berberidifolia),* pourtant le plus répandu.

Dans l'hémisphère austral, les espaces boisés méditerranéens appartiennent à d'autres royaumes floristiques, qui résultent de la séparation des continents (la tectonique des plaques) au cours des âges géologiques, l'isolement des différentes régions ayant permis des processus divergents de formation des espèces (la spéciation). Mais là encore, le domaine méditerranéen ne peut être bien caractérisé par des végétaux. Le Royaume floristique du Cap possède dans son maquis, le fynbos, la plus grande diversité des espèces du monde (avec 73 % d'endémiques). Comme lui, l'Australie du Sud possède les magnifiques Protéacées originaires de l'hémisphère sud, très nombreuses dans les forêts à grands eucalyptus comme dans le maquis, le mallee scrub. Quant au genre endémique *eucalyptus*, diversifié en plus de 700 espèces qui se sont répandues sous tous les climats du pays, il ne peut pas représenter uniquement le domaine méditerranéen australien. Enfin, au Chili central les formations buissonnantes (matorral, espinal) et les lambeaux forestiers, y compris les îlots reliques dus comme en Californie aux interpénétrations d'espèces, comportent beaucoup de végétaux à feuilles persistantes et coriaces, endémiques au pays. Mais aucun d'eux ne peut caractériser tout le domaine méditerranéen chilien. Toutes ces difficultés ont dirigé les chercheurs vers des limites climatiques du domaine méditerranéen.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Des limites privilégiant les précipitations

Elles permettent de distinguer les climats méditerranéens des climats arides et des autres climats tempérés. La délimitation doit s'appuyer au minimum sur les variations de la température et la répartition des précipitations au cours de l'année. Deux éléments indissociables dans la vie des plantes, donc essentiels aux indices et aux diagrammes qui caractérisent les liens entre les divers facteurs climatiques. Les géographes éludent parfois le problème des limites thermiques. Cependant, ils ont tenté d'établir quelques méthodes. Considérant que le risque de gel est écarté si le mois le plus froid a une moyenne supérieure à 15 °C (limite des climats chauds tropicaux), Henri Gaussen place les climats méditerranéens dans un groupe tempéré chaud avec au moins un mois avec une moyenne < + 15 °C, et tous les mois avec une moyenne > 0 °C. Georges Viers cherche à concilier les diverses positions, à l'aune de la Californie ou du Chili pour l'été, et de l'Espagne intérieure pour l'hiver. En résumé, le climat méditerranéen aurait : toutes les moyennes mensuelles > + 4 °C (limite d'hiver) ; au moins une moyenne mensuelle > + 15 °C (limite d'été) ; au moins une moyenne mensuelle < + 18 °C (limite hivernale des climats chauds).

Reposant sur des indices, les limites avec l'aridité doivent tenir compte de l'efficacité des précipitations à l'égard de la végétation. Or celle-ci dépend de la saison où elles tombent, de la température de cette saison et des suivantes. En effet, l'évapotranspiration (qui cumule l'évaporation directe avec la transpiration des plantes) ainsi que les réserves d'eau du sol ne sont pas les mêmes s'il fait froid ou s'il fait chaud. C'est pourquoi beaucoup d'auteurs, pour déterminer les limites de l'aridité, préfèrent utiliser, plutôt qu'une isohyète précise, un indice d'aridité qui exprime les rapports températures/précipitations. Les indices d'aridité ont foisonné depuis celui d'Emmanuel de Martonne, membre fondateur de l'école française de géographie : $I = \frac{P}{T+10}$

indice simple où P est la pluviométrie annuelle en mm et T la température moyenne annuelle en °C, mais qui nécessite comme beaucoup d'autres l'emploi d'un tableau pour connaître sa signification. Si I > 20 → humidité suffisante ; si 20 > I > 10 → tendance à la sécheresse ; si I <10 → semi-aridité, puis aridité. Deux exemples pris en Espagne témoignent d'une certaine justesse de cet indice : I = 46,9 à Bilbao sous climat océanique, I = 7,6 à Almeria sous climat méditerranéen semi-aride (Huetz de Lemps, 1994). Les recherches de Louis Emberger, notamment en France et au Maroc (Emberger, 1939), ont conduit ce botaniste à proposer un quotient pluviothermique (Q_2) plus précis, où il fait intervenir en plus du total des précipitations (P) la moyenne des maxima du mois le plus chaud (M) et celle des minima du mois le plus froid (m) : $Q_2 = \frac{2000\,P}{M_2 - m_2}$

quotient permettant de définir six bioclimats : peraride, aride, semi-aride, subhumide, humide et perhumide, la semi-aridité débutant à $Q_2 < 50$, l'aridité à $Q_2 < 30$ et la per-aridité à $Q_2 < 20$ (Emberger, 1955). Mais nombre d'auteurs ont cherché à simplifier, comme les phyto-écologues Henri-Noël Le Houérou et Pierre Quézel qui utilisent les précipitations annuelles (P, en mm) à la place du coefficient d'Emberger, donc une corrélation simplificatrice mais très acceptable puisqu'en Provence, selon Annick Douguedroit, le poids de P dans le calcul du coefficient Q_2 compterait pour environ 80 % (Douguedroit, Norrant, 2006). Ainsi, selon le tableau des correspondances, le bioclimat semi-aride commencerait avec P < 600 mm, le bioclimat aride avec P < 400 mm et le bioclimat peraride avec P < 100 mm… On a vu cependant qu'une isohyète déterminée, si elle est pratique, peut être insuffisante pour tracer les limites de l'aridité, puisqu'elle ne fait pas intervenir l'efficacité des précipitations à l'égard de la végétation. H.-N. Le Houérou précise d'ailleurs ses limites de la « méditerranéité » par deux indices qui reposent sur l'abondance relative des précipitations hivernales par rapport à l'absence partielle (ou totale) des précipitations estivales : IM1 = P du trimestre hivernal/P du trimestre estival, qui doit être > 2, et IM2 = P du semestre hivernal (à jours courts)/P du semestre estival (à jours longs), qui doit être > 1,5 (Le Houérou, 2005). Pourtant, c'est peut-être le botaniste Henri Gaussen qui quantifie le mieux la sécheresse climatique en donnant une valeur absolue qui précise son intensité, l'indice xérothermique (x) ou nombre de jours écologiquement secs, observés au cours des mois secs (Bagnouls, Gaussen, 1953, 1957). Un jour sec est un jour sans précipitations (P = 0 mm) mais avec une humidité relative moyenne H < 40 %. On compte 9/10e de jour sec pour H de 40 % à 60 %, 8/10e de jour sec pour H de 60 % à 80 %, 7/10e de jour sec pour H > 80 %, et 5/10e pour un jour de brouillard. L'indice xérothermique intègre sans doute des données difficiles à appréhender (jours de précipitations, de rosée, de brouillard, valeur de l'humidité relative), mais suffisamment nombreuses et précises pour faire des observations, des comparaisons efficaces. H. Gaussen, qui fait commencer ses climats méditerranéens à 40 jours secs, place la limite avec le climat subdésertique à 200 jours secs (Gaussen, 1954). Et pour chaque bioclimat défini, il donne un exemple :

– de 150 à 200 jours secs : xéro-thermo-méditerranéen (Marrakech)

– de 125 à 150 jours secs : thermo-méditerranéen accentué (Beyrouth)

– de 100 à 125 jours secs : thermo-méditerranéen atténué (Séville)

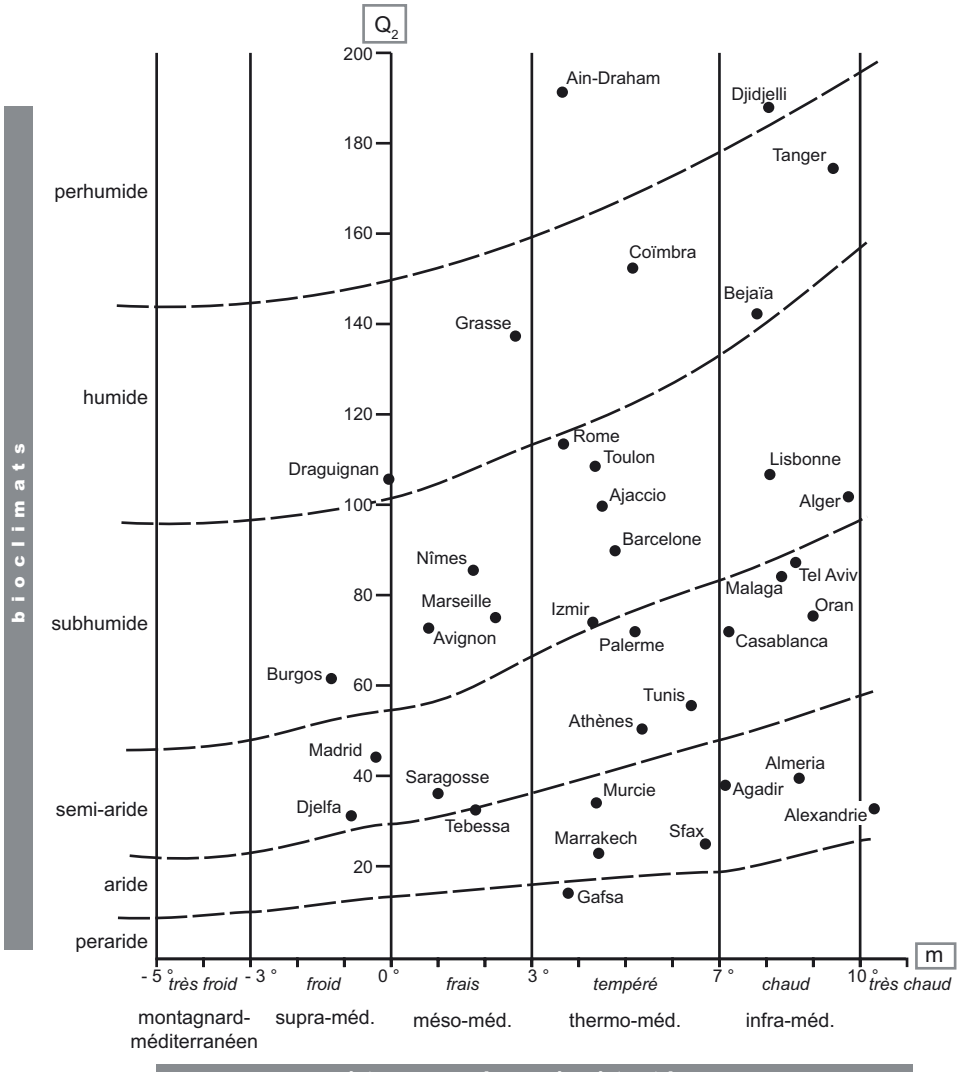
– de 75 à 100 jours secs : méso-méditerranéen accentué (Larissa, Grèce)

– de 40 à 75 jours secs : méso-méditerranéen atténué (Rome)

– moins de 40 jours secs : sub-méditerranéen (Toulouse), qui n'est pas considéré comme méditerranéen proprement dit. Il est vrai qu'à Toulouse, malgré une sécheresse estivale bien présente, il n'y a plus ni olivier, ni chêne kermès…

Les limites des climats méditerranéens avec les autres climats tempérés reposent sur la définition de l'été sec (le nombre de mois secs). Pour caractériser ces mois secs de l'année, le géographe Pierre Birot a utilisé l'indice climatique :

$$i = \frac{np}{t}$$



Quotient pluvio-thermique $Q_2 = \frac{2\,000\,P}{M^2 - m^2}$

P = précipitations annuelles moyennes (en mm)
M = moyenne des maxima du mois le plus chaud (en ° C)
m = moyenne des minima du mois le plus froid (en ° C)

© C. Tassin (réal. J. Maillardet)

Figure 1
Situation bioclimatique de quelques villes méditerranéennes en fonction des bioclimats et des étages de végétation définis par le climagramme pluvio-thermique d'Emberger.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

n étant le nombre de jours de pluie du mois, p la hauteur des précipitations mensuelles, et t la température moyenne mensuelle, le mois étant sec lorsque i < 10. Mais la définition du mois sec par H. Gaussen, P (mm) < 2 T (°C), permet d'élaborer un diagramme ombro-thermique (du grec ombros, la pluie), facile à interpréter et utilisable dans le monde entier. Appelé aussi diagramme de Gaussen, ce graphique facilite la visualisation de la durée du déficit pluviométrique (le nombre de mois secs), lorsque la courbe des précipitations passe en dessous de celle des températures (ces données étant représentées sur l'axe des ordonnées selon le rapport P/T = 2). Henri Gaussen situe « l'été méditerranéen » entre un minimum d'un mois sec et un maximum de 8 mois, limites que d'ailleurs il précise avec x, de 40 jusqu'à 200 jours secs (GAUSSEN, 1954). Cependant, cette limite supérieure cadre assez peu avec les évaluations de Pierre Quézel et Frédéric Médail, qui attribuent au bioclimat semi-aride (P= de 400 à 600 mm) 5 à 7 mois secs, et au climat aride (P = de 100 à 400 mm) 7 à 11 mois secs.

Pour ces chercheurs écologues, le climagramme d'Emberger est plus près des réalités écologiques que la classification de Gaussen, qui n'utilise pas les températures maximales ou minimales mensuelles moyennes (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Même si le nombre de mois secs ou de jours secs n'y est pas directement perceptible… En effet, ce graphique, outre qu'il permet de visualiser globalement la situation climatique d'une localité méditerranéenne (fig. 1), montre les exigences d'une structure ou d'une espèce végétale en fonction des bioclimats (en ordonnée) et des étages altitudinaux de végétation (en abscisse) :

Les bioclimats étant définis par le quotient pluvio-thermique (*Q2*) ou, de façon plus pratique, par les précipitations annuelles (P, en mm) :

– peraride (P < 100 mm)
– aride (de 100 à 400 mm)
– semi-aride (de 400 à 600 mm)
– subhumide (de 600 à 800 mm)
– humide (de 800 à 1 000 mm)
– perhumide (P > 1 000 mm).

Et les étages reposant sur des critères thermiques, la moyenne des minima du mois le plus froid (m) :

– « oro-méditerranéen » : extrêmement froid (m < -7 °C)
– « montagnard-méditerranéen » : très froid (m de -3 à -7 °C)
– « supra-méditerranéen » : froid (m de 0 à -3 °C)
– « méso-méditerranéen » : frais (m de +3 à 0 °C)
– « thermo-méditerranéen » : tempéré (m > +3 °C)
– « infra-méditerranéen » : chaud (m > +7 °C).

Ces divergences de méthodes dans la délimitation climatique montrent combien il faut en préciser le vocabulaire pour faciliter la compréhension des paysages végétaux méditerranéens. L'étude biogéographique des principales formations et des diverses espèces prendra souvent pour référence les bioclimats du climagramme d'Emberger, mais l'étude de la mosaïque climatique méditerranéenne sera basée sur un découpage plus spécifique, un canevas plus approprié à une répartition géographique. Pour ne prendre qu'un exemple, les notions de bioclimats « semi-aride » et « aride » pourront être plus ou moins regroupées sous les vocables connus de climat méditerranéen dégradé, semi-aride, « steppique » ou encore « syrien » (VIERS, 1990), le bioclimat « peraride » correspondant alors au climat tropical désertique « saharien ». Bien que parfois discutés, les qualificatifs « syrien » et surtout « steppique » (proche du qualificatif « désertique ») pourront être retenus, car ils évoquent assez justement sur le plan des paysages « la dégradation désertique des climats méditerranéens à pluies d'hiver, à steppes herbacées ou semi-ligneuses » (VIERS, 1990).

Cinq régions dont quatre hors de la Méditerranée

Le domaine méditerranéen occupe une part de la frange occidentale des continents entre 30° et 40° de latitude : sur les bordures de la Méditerranée, en Californie, au Chili central, dans la région du Cap et dans le Sud australien. La cartographie de ces régions témoigne des discussions des auteurs sur les moyens de délimitation des climats méditerranéens.

Autour de la Méditerranée (2 300 000 km^2), c'est au sud et à l'est, à cause de la dégradation vers la semi-aridité et l'aridité, que les limites sont les plus discutées

La façade libyenne et égyptienne est presque entièrement vouée au climat steppique semi-aride à pluies d'hiver, (le « climat de type syrien » des géographes), le méditerranéen proprement dit n'occupant que le nord de la Cyrénaïque.

Au Maghreb, la limite est plus difficile à cerner, à cause surtout de la disposition des reliefs. Le climat méditerranéen dégradé commencerait au sud de Casablanca ou alors d'Essaouira au Maroc, au sud de Sousse en Tunisie, et sur les hauts plateaux (ou hautes plaines) qui bordent l'Atlas tellien en Algérie.

En Asie occidentale, le climat méditerranéen occupe la façade maritime de la Turquie et du Proche-Orient (collines et plaines côtières de Syrie, du Liban et d'Israël) depuis Gaza jusqu'à

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Sinope sur la mer Noire, où il laisse la place à l'est au climat pontique humide toute l'année. Mais il s'étend aussi de la province égéenne de la Turquie vers le Taurus oriental et jusqu'aux alentours de Chiraz, dans le Zagros iranien. Enfin, une étroite bordure sinueuse au pied des montagnes kirghizes, tadjikes et turkmènes ainsi qu'une frange discontinue dans la bordure montagneuse pakistano-afghane à l'ouest de l'Indus terminent l'extension du climat méditerranéen vers l'est, avant que les pluies d'été de la mousson indienne ne viennent s'ajouter aux pluies méditerranéennes d'hiver. L'influence de cette mousson se faisant sentir jusque sur les reliefs sud-orientaux de l'Afghanistan et parfois de l'Iran… Mais c'est la limite avec le semi-aride ou l'aride qui pose parfois problème, avec la forte continentalité qui règne dans ces cuvettes fermées que sont les plateaux intérieurs d'Anatolie et surtout d'Iran, où l'on passe au climat steppique à hiver froid (en Turquie, dans le nord-ouest de l'Iran et dans les bassins intra-montagnards d'Afghanistan) ou à hiver modéré (sur l'ensemble du plateau irano-afghan), et même au climat désertique (déserts du Lout et du Grand Kévir, en Iran).Les hautes terres de l'Anatolie centrale et orientale, où un hiver de type continental, froid et sec, succède souvent à l'été méditerranéen, sec et chaud, connaissent des épisodes d'aridité aiguë. Enfin, la continentalité marquée permet aussi derrière l'écran côtier syro-libanais et israélien une auréole de climat « syrien » semi-aride, qui s'étale depuis l'ouest de la Jordanie jusqu'au pied du Taurus, en passant par le Haouran (au sud de Damas), le pied du mont Hermon, de l'Anti-Liban, et le nord de la Syrie. Puis on passe au climat désertique, la transition s'effectuant autour des lignes isothermes de 7 °C en janvier et 28 °C en juillet (limites des conditions de survie du palmier dattier).

Au nord de la Méditerranée, la délimitation est plus nette, le climat méditerranéen est en contact avec des climats où l'été devient humide, surtout à l'ouest avec le climat tempéré océanique, mais aussi à l'est avec le climat tempéré semi-continental (dès la vallée du Rhône et la plaine du Pô, jusqu'aux plaines de l'ancienne Yougoslavie et de Bulgarie). Il règne ainsi dans :

– la quasi-totalité de la péninsule Ibérique – excepté le nord-ouest – avec des nuances presque steppiques en Castille, dans le bassin de l'Ebre, et au sud-est (entre Alicante et Almeria). Au pied de la Sierra Nevada, Almeria ne reçoit que 226 mm de pluies ;

– le sud-est de la France, depuis le littoral jusqu'aux montagnes du Roussillon, le seuil du Lauragais, la bordure des Cévennes, le défilé de Donzère (au sud de Montélimar) et les montagnes de Provence ;

– une bonne partie de l'Italie, excepté la plaine du Pô, une partie de l'Apennin septentrional et central, et le littoral adriatique de Trieste à Ancône (où apparaît l'olivier) ;

– le littoral de l'ancienne Yougoslavie, à partir de l'Istrie (mais jusqu'à Split la sécheresse d'été est courte) ;

– l'Albanie et la Grèce (sauf les bassins intérieurs du nord), avec leurs montagnes qui gardent un régime des pluies méditerranéen ;

– la Turquie d'Europe et l'extrême sud du littoral bulgare, jusqu'à Burgas ;

– enfin, en mer Noire, la côte sud de la Crimée.

Hors de la Méditerranée, il ne s'agit que de petites surfaces.

En Californie, le climat méditerranéen (324 000 km^2) s'étend seulement sur 700 km. Il débute au nord aux alentours d'Eureka et du cap Mendocino, où finit le climat océanique, et se prolonge jusqu'au sud de San Diego, au-delà même de la frontière mexicaine (en Baja California), et à l'est jusque sur les contreforts des montagnes, au contact des déserts et semi-déserts continentaux. Avec aussi des nuances steppiques dans la Grande Vallée californienne et autour de San Diego.

Au Chili central, l'extension du climat méditerranéen est encore plus réduite (140 000 km^2).

Il couvre à peine 500 km, depuis La Serena-Coquimbo dans le Norte Chico (le « Petit Nord ») où il est d'abord steppique, jusque vers Concepción au sud où commence le climat océanique, et vers l'est jusqu'aux Andes, qui s'élèvent rapidement.

Dans le sud australien, le climat méditerranéen occupe deux domaines (112 260 km^2).

Au sud-ouest la région de Perth (de Geraldton au cap Pasley), et au sud-est celle d'Adélaïde, bordées à l'est par le climat subtropical de façade est des continents (à été chaud mais humide) et au nord par une frange semi-aride qui les sépare dans l'échancrure de la Grande Baie australienne (plaine de Nullarbor).

En Afrique du Sud n'existe qu'un petit secteur méditerranéen, dans la région du Cap (90 000 km^2).

Il est bordé au nord-ouest par le climat aride (désert du Namib), au nord par le climat semi-aride (steppes du Karoo) et à l'est par le climat subtropical de façade est des continents (vers Port Elizabeth).

Les touristes européens qui déferlent l'été vers les plages de la Grande bleue, que ce soit en Espagne, en France, en Italie ou en Grèce, s'attendent à trouver des montagnes calcaires coiffées de pins, dont les versants abrupts, éblouissants sous le soleil, se dressent près de la mer ou bordent de petites plaines. Une image classique qui est à nuancer, puisqu'il existe bien d'autres paysages

structuraux dans le domaine méditerranéen. Même si les reliefs y imposent leur domination… Tout d'abord, ils sont un facteur d'organisation de l'espace puisqu'en distribuant les climats, les eaux et les roches, ils influencent la pédogenèse, la formation des sols. Mais ils sont aussi un facteur de rétrécissement du domaine méditerranéen expliquant sa médiocre extension, laquelle mise à part la péninsule Ibérique ne concerne souvent qu'une étroite bande côtière (quelques kilomètres seulement dans l'Apennin ligure, au-dessus du golfe de Gênes !). Trois domaines structuraux distincts jouent sur la localisation et la distribution des climats méditerranéens.

En Eurasie et au Maghreb, le système alpin est constitué de chaînes jeunes plissées à l'ère tertiaire. Résultat d'une tectonique des plaques encore active (nombreux séismes), il fournit un cadre montagneux au domaine méditerranéen. Dans l'ensemble, les reliefs sont taillés dans des calcaires d'âge secondaire, qui coexistent avec d'autres roches sédimentaires plus tendres : argiles et schistes des Alpes du Sud ou de l'Apennin, flyschs (grès argilo-sableux) des Alpes, des chaînes dinariques et helléniques ou de l'Atlas, ou encore molasses tertiaires des bassins et des plaines littorales (sédiments détritiques marno-gréseux provenant des montagnes environnantes)… Mais les massifs hercyniens, les socles anciens d'âge primaire incorporés dans les chaînes alpines ou fortement rajeunis par le soulèvement tertiaire donnent des reliefs (et des sols) spécifiques taillés cette fois dans des roches cristallines (comme les granites) ou métamorphiques (comme les gneiss et micaschistes) : nord du Portugal, Meseta espagnole, massifs pyrénéens et catalans, des Maures et de l'Esterel, de Corse, de Sardaigne et de Calabre, de Macédoine et de Turquie, noyaux anciens des Atlas, du Maroc à la Kabylie.

Dans le système américain, il s'agit de chaînes de type pacifique. Par son orientation méridienne, il empêche le domaine méditerranéen de pénétrer loin à l'intérieur des terres. Ce système n'a en commun avec l'arc alpin que la vigueur de son relief, la jeunesse de son orogenèse, tertiaire pour les Andes comme pour la partie occidentale des Rocheuses, qui se manifeste encore par les séismes dévastateurs du Chili ou de Californie (glissement de la plaque du Pacifique vers le nord-ouest le long de la faille de San Andreas). Des intrusions granitiques ont accompagné les plissements, il y a donc très peu de massifs calcaires, et la tectonique récente et l'érosion sont décisives pour expliquer le relief. Entre la Chaîne côtière sédimentaire plissée (Coast Range) et la Sierra Nevada, massif cristallin faillé, s'allonge le fossé d'effondrement tertiaire de la Grande Vallée californienne. Au Chili, on retrouve la même disposition structurale, le Valle Central entre la Cordillère littorale et les Andes, avec par contre une abondance de roches volcaniques, contrairement à la Californie (excepté le mont Shasta ou le Lassen Peak au nord de l'État).

Les boucliers d'Afrique et d'Australie sont de vastes socles très anciens. Ils appartenaient à l'ancien continent de Gondwana, qui groupait l'Amérique du Sud, l'Afrique, Madagascar, le Deccan indien, l'Australie et l'Antarctique, avant de se fragmenter à l'ère secondaire. Ils sont issus d'un lent et lointain travail d'érosion et d'aplanissement de reliefs anciens, de chaînes d'âge pré-primaire (précambrien). Mais au sud de l'Afrique, de nouveaux plissements ont fait surgir la chaîne du Cap (fin primaire, début secondaire) qui, aplanie à son tour, a été rajeunie à la suite de nouveaux mouvements. En effet, la reprise de l'érosion a dégagé un beau relief de type appalachien : alignement de crêtes en roches dures (granites et grès du Langeberg ou du Groot Swartberge, 2 130 m) et de dépressions en roches tendres (schistes de la plaine du Petit Karoo, recouverts de sédiments secondaires). En Afrique australe, « les chaînes plissées de la région du Cap (le système du Cap) constituent une unité orographique particulière (…) qui donne une côte élevée rocheuse et des caps escarpés (cap Agulhas, cap de Bonne-Espérance) séparant de courts secteurs de côte basse » (BATTISTINI, 1979), et qui isole le domaine méditerranéen. Quant au bouclier précambrien australien, il n'a guère subi que des gauchissements au cours des périodes géologiques. Dans la région de Perth, ses roches granito-gneissiques affleurent directement en un plateau d'environ 500 m d'altitude, presque sans couverture sédimentaire, sauf dans le bassin littoral de Perth où sa flexure continentale plonge sous une masse de sédiments récents (du Secondaire au Quaternaire). En fait, la zone côtière est séparée de la zone des plateaux par la faille Darling que l'on peut suivre vers le nord et le sud de Perth sur 1 000 km, avec une hauteur de 90 à 200 m, la Darling range culminant à 582 m (Mount Cooke). À l'extrême sud-ouest, la Darling fault rejoint la Manjimup fault, une importante faille orthogonale (de direction ouest-est). Et au nord d'Albany se trouve le relief le plus important du Sud-Ouest australien : modelé dans des roches métamorphiques anciennes (quartzites et schistes), le Bluff Knoll atteint 1 095 m dans le parc national des Stirling et Porongurups Ranges. Si, en allant vers l'est, la plaine de Nullabor et le bassin du Murray furent bien plus largement envahis par les mers, par contre ce sont la dislocation et le rajeunissement du bouclier qui ont accidenté davantage la région d'Adélaïde : Mount Lofty Range, à l'est de la ville, prolongée par les monts Flinders (1 180 m), au nord de Port Augusta.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Les climats méditerranéens, entre les domaines tempéré et tropical

Les constantes : le jeu zonal des anticyclones tropicaux

Le domaine méditerranéen est caractérisé par des étés secs et des hivers humides où les grands froids sont exceptionnels ou inconnus. Même si ce type de climat n'est pas zonal, puisqu'il n'existe pas sur la façade orientale des continents, son rythme saisonnier est calqué sur la circulation générale, sur le balancement zonal des masses d'air. Entre l'équateur et les zones tempérées, l'air circule en continu à travers de vastes cellules convectives appelées « cellules de Hadley ». Dans la zone de convergence intertropicale (cette CIT qui se balance saisonnièrement entre les tropiques), la rencontre des vents alizés, déviés par la force de Coriolis due à la rotation terrestre, fait se soulever l'air chaud et humide jusqu'en haut de la troposphère (la tropopause), en créant les basses pressions et les fortes précipitations équatoriales. Dans la partie supérieure d'une cellule de Hadley, l'air asséché ainsi obtenu en haute altitude tend à se diriger vers les régions tempérées en un courant général descendant de direction opposée à celle des alizés (les contre-alizés), cette subsidence créant les hautes pressions subtropicales. Dans la partie inférieure des cellules de Hadley, l'air chaud et sec de ces anticyclones redonne naissance aux alizés qui, en passant au-dessus des océans, se chargent d'humidité et apportent dans la CIT l'énergie nécessaire à l'accomplissement d'un nouveau cycle de la cellule. Mais les anticyclones tropicaux permettent aussi, par leur contact avec les grandes zones dépressionnaires tempérées (comme le minimum d'Islande, ou celui des Aléoutiennes), le passage à une circulation générale d'ouest, celle des perturbations nées sur ce « front polaire », entraînées par des courants d'altitude très rapides, les *jet-streams,* qui assurent la stabilité de ce dispositif des masses d'air à la lisière des zones subtropicales (vers 30-35° de latitude). « En été, ces régions sont soumises aux influences des hautes pressions subtropicales dont l'effet est renforcé par la fraîcheur de l'eau. En saison froide dominent la circulation zonale d'ouest et ses perturbations réactivées sur les eaux plus chaudes que l'air » (GODARD, TABEAUD, 1998).

Des étés chauds et secs

La chaleur estivale est forte pour cette latitude. Les moyennes du mois le plus chaud dépassent parfois celles des pays tropicaux humides.

– Données de la World Meteorological Organization (ONU), basées généralement sur une période de 30 à 40 ans : Madrid 24,8 °C en juillet (1971-2000), La Valette 26,3 °C en août (1961-1990), Larnaka 26,7 °C en juillet et août (1976-1990) (tabl. 1).

– Données de Météo France : Perth 23,3 °C en janvier, Florence 25 °C en juillet, Tunis 27 °C, Haïfa 27,1 °C en août, Antalya 28,5 °C,

– À comparer avec Entebbe 22,2 °C, Cayenne 26,3 °C, Dakar 27,5 °C, Abidjan 27,8 °C ou Manaus 27,9 °C…

Les maxima absolus (à l'ombre) sont très élevés, dépassant aussi ceux des pays tropicaux humides : plus de 30 °C pendant des mois, et même plus de 40 °C très couramment : Santiago du Chili et Montpellier 37,2 °C, Malaga 41 °C, Florence et Beyrouth 42 °C, Athènes, Antalya et Alger 44 °C, Perth 44,4 °C, Palerme 45 °C, Bakersfield 47,7 °C, Tunis 48 °C, Marrakech 49 °C… L'air anticyclonique qui se réchauffe par subsidence reçoit aussi le rayonnement d'un sol échauffé par une forte insolation (jamais inférieure à 2 500 heures), et d'autant plus qu'il est de couleur claire : l'albédo est très fort, à cause du dessèchement du tapis végétal. Cette chaleur estivale explique l'amplitude thermique moyenne. Tout en étant très inférieure à celle du climat continental à cause de la douceur de l'hiver, elle est supérieure à celle de la zone tempérée océanique ou celle de la zone tropicale (tabl. 1).

Tableau 1
L'amplitude thermique moyenne sur 30 à 40 ans dans quelques stations *

Localité	Moyenne du mois le plus chaud	Moyenne du mois le plus froid	Amplitude thermique annuelle
Porto	19,9 °C	9,3 °C	10,6 °C
Malaga	25,4 °C	11,9 °C	13,5 °C
Alger	25,5 °C	12 °C	13,5 °C
Palerme	26,5 °C	13 °C	13,5 °C
Beyrouth	27,5 °C	14 °C	13,5 °C
Marseille	24,1 °C	7,1 °C	17 °C
Tirana	24,7 °C	6,9 °C	17,8 °C
Marrakech	29 °C	11 °C	18 °C
Athènes	27,2 °C	8,9 °C	18,3 °C
Izmir	27,5 °C	8,9 °C	18,6 °C
Bakersfield	28,3 °C	8,7 °C	19,6 °C

* À comparer avec Brest 9,9 °C, Cayenne 1,2 °C, ou Dakar 7,1 °C. Cette amplitude s'accroît d'ailleurs de la côte vers l'intérieur : Beyrouth 13,5 °C, Alep 21,8 °C.

La sécheresse estivale est « un phénomène extraordinaire sur le globe » (VIERS, 1990). En général, on recueille moins de 30 mm, parfois moins de 10 mm, au cours du mois le plus sec. À Izmir, Beyrouth, Larnaka, San Diego 0 mm, Malaga et Marrakech 2 mm, Alger et Palerme 4 mm, Athènes 6 mm, Le Cap 8 mm, Perth 9 mm, Marseille 12 mm, Tirana 28 mm. Cette sécheresse – phénomène insolite puisqu'en général l'air chaud est plus chargé d'humidité donc plus instable – rend la chaleur plus supportable qu'en pays tropical humide, mais c'est l'inverse pour la végétation. Or, à cause de la faible nébulosité et de la forte évaporation, elle est presque permanente pendant l'été, même entrecoupé d'orages violents, comme celui du 17 août 1995 sur le Jbel Toubkal, point culminant du Maroc, qui causa l'une des crues les plus meurtrières du XXe siècle (plusieurs centaines de morts dans la vallée de l'Ourika). La durée de la sécheresse est très variable. Selon la formule P (mm) < 2 T (°C), il y a 1 mois sec à Dubrovnik, 2 mois secs à Porto et Split, 3 à Marseille, 4 à Lisbonne, Madrid et Rome, 5 à Malaga, Alger, Izmir, Adélaïde et Le Cap, près de 6 à Beyrouth, Athènes, San Francisco et Perth, 7 à Larnaka, 8 à Marrakech, Santiago, Los Angeles et San Diego, au moins 9 à Almeria, 10 à Agadir…

L'été sec s'explique par la remontée en latitude des anticyclones subtropicaux. Ces masses d'air de hautes pressions rejettent alors plus au nord – ou plus au sud dans l'hémisphère austral – la circulation d'ouest, les perturbations tempérées du front polaire (nées du contact de l'air tropical avec l'air polaire). À ce moment, le climat méditerranéen est une annexe du monde tropical. Les hautes pressions subtropicales, à cause de la disposition des continents et des océans, sont morcelées en cellules anticyclonales distinctes, surtout dans l'hémisphère boréal : anticyclone du Pacifique nord, des Açores, de Sahara-Arabie… Centrées sur l'est des océans, elles recouvrent la façade occidentale des continents plus largement en été qu'en hiver. On a vu que c'est la subsidence de l'air liée à la circulation de haute altitude dans les cellules de Hadley qui crée ces hautes pressions (donc d'origine dynamique) et les températures élevées, mais aussi la forte sécheresse en interdisant les condensations et les précipitations (qui ne se produisent qu'avec des ascendances). Tandis que la mer, généralement plus fraîche que ces masses d'air surchauffées, semble renforcer leur stabilité… P. Rognon et G.Viers expliquent qu'aux heures chaudes les orages éclatent plutôt en arrière du littoral, tandis que la mer reste ensoleillée, donc que les ascendances thermiques se déclenchent, à ces moments-là, davantage sur les reliefs continentaux.

Des hivers doux et humides

À l'été souvent torride s'oppose un hiver doux, mais où se succèdent les journées froides et les journées tièdes. Les moyennes thermiques annuelles qui se tiennent partout autour de 15 à 17 °C, mais aussi l'amplitude évoquée précédemment, parfois assez forte pour la latitude (elle peut varier d'environ 10 à 18 °C), montrent le caractère tempéré du climat méditerranéen marqué par des saisons bien tranchées. La moyenne du mois le plus frais est comprise entre 7 °C, comme à Marseille (7,1 °C), et 14-15 °C, comme à Beyrouth ou Agadir (14 °C). Mais les gelées ne sont pas exclues, surtout dans les régions bordières de la zone tempérée. Pourtant, si au nord de la Méditerranée les coups de froid, plus fréquents, abaissent les températures moyennes, en général les gelées sont rares et modérées dans le domaine méditerranéen (souvent moins de 10 jours par an). Cet hiver plus doux qu'en moyenne à pareille latitude s'explique par l'inertie thermique des mers et des océans, par une insolation non négligeable, et le passage des perturbations amenant de l'air tiède sur le continent.

La saison froide est humide, surtout avec un automne et un début d'hiver marqués par de violents orages. À cause de la sécheresse d'été, le total annuel des précipitations est très moyen, presque toujours inférieur à un mètre : Marseille et Adélaïde (550 mm), Le Cap (510 mm), San Francisco (500 mm) et Santiago (330 mm) illustrent largement ce fait dans chacune des 5 régions du domaine méditerranéen. Certes, Palerme (620 mm), Alger (680 mm), Rome (730 mm), Nice (860 mm) ou Beyrouth (880 mm) reçoivent plus d'eau qu'Orléans (600 mm) mais moins que Brest (1 125 mm). Les totaux augmentent près des rivages montagneux, ceux du golfe de Gênes, de la Costa Brava, du sud de la côte dalmate ou encore du Rif et de la Kabylie, où les précipitations dépassent le mètre : La Spezzia (1 400 mm), Tirana (1 190 mm) Dubrovnik (1 030 mm), et même plusieurs mètres comme au-dessus des bouches de Kotor (jusqu'à 4 500 mm). Cependant, les totaux se réduisent, tombent souvent à moins de 400-450 mm :

– avec la latitude : Agadir 215 mm (contre 500 mm à Rabat), San Diego 233 mm en 2003 (contre 339 mm à Los Angeles et 502 mm à San Francisco) ;

– avec la continentalité : Madrid 435 mm sur la période 1971-2000 (contre 750 mm à Lisbonne sur la période 1961-1990), Ankara 380 mm sur la période 1926-2000 (contre 680 mm à Istanbul sur la même période) ;

– et avec les positions d'abri : Almeria 225 mm (contre 505 mm à Malaga), moins de 200 mm près de Midelt dans la vallée de la Moulouya

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

(contre 430 mm à Casablanca), moins de 200 mm aussi à Baalbek dans la Bekaa septentrionale (contre 880 mm à Beyrouth). La position d'abri de la région d'Almeria, qui confère au moins 9 mois secs au Sud-Est espagnol, permet la présence sur le continent européen d'une végétation steppique à grandes graminées en touffes cespiteuses, alfa et diss, et à petits palmiers doum (ALCARAZ ARIZA, PEINADO LORCA, 1987).

Mais ce qui compte plus que les totaux, en milieu méditerranéen, c'est la répartition défavorable et le caractère irrégulier et violent des précipitations. L'impression de sécheresse qui règne dans les pays méditerranéens doit d'abord beaucoup au petit nombre de jours de précipitations :

– plus de 50 en France : Marseille a en moyenne 56 jours par an, sur la période 1971-2000 (contre 111 pour Paris et 107 pour Lyon) ;
– moins en Méditerranée orientale : 39 jours par an à Larnaka, sur la période 1976-1990 ;
– et en climat steppique (bioclimats semi-aride et aride), on descend largement en dessous de 40 jours : Tunis 35 jours, Marrakech 22 jours, Gabès 16 jours.

Cette répartition des pluies défavorable marque non seulement les saisons, mais aussi les années et les jours. Le climat méditerranéen connaît en effet des années sèches quand la circulation tropicale domine, et des années humides quand la circulation tempérée l'emporte.

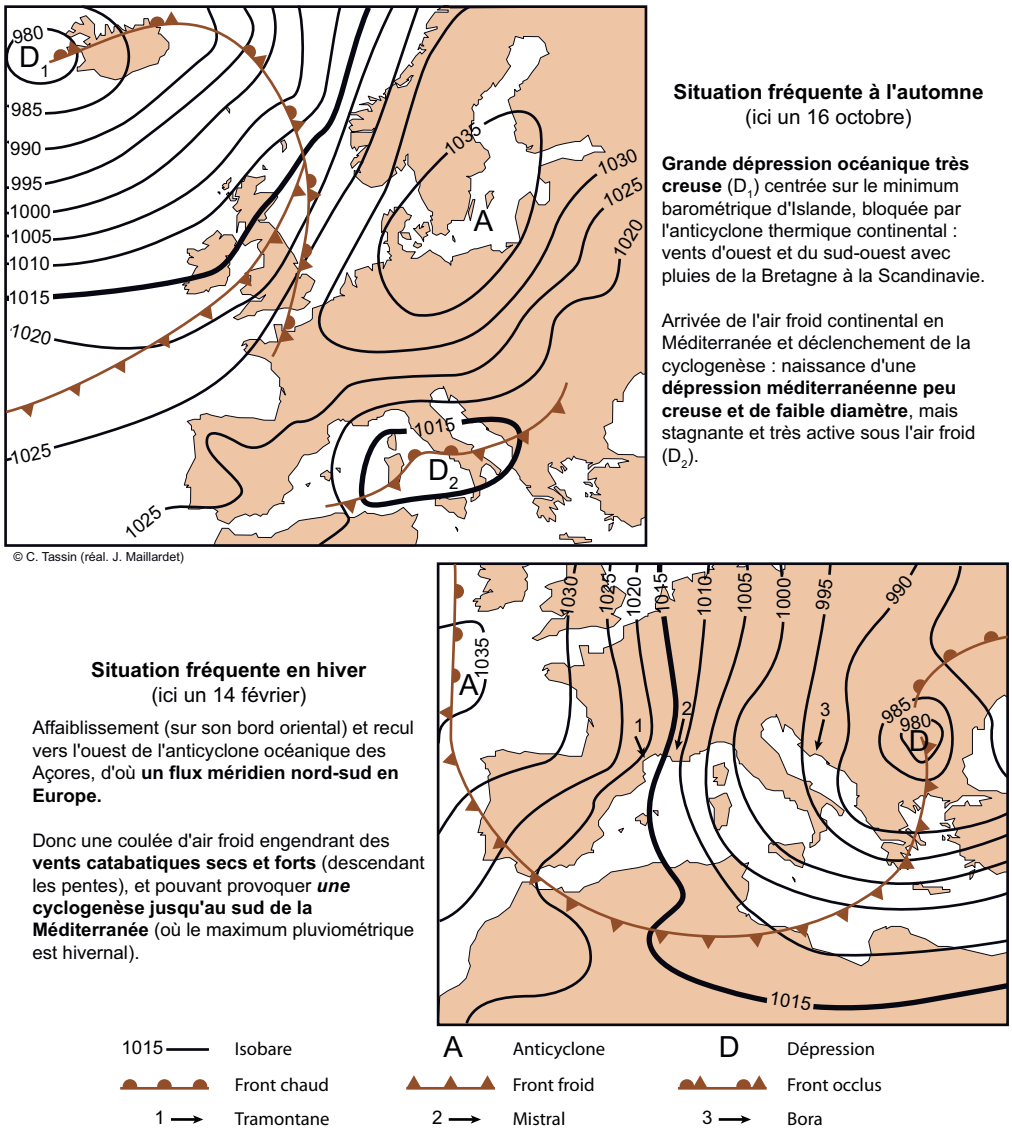


Figure 2
Deux situations météorologiques intéressant la Méditerranée.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Cette variabilité interannuelle, développée plus loin, peut déjà s'illustrer avec l'exemple de la station de Jérusalem : 223 mm de pluies en 1946, plus d'un mètre en 1992. Cependant, ce qui importe plus encore pour la vie végétale que cette variabilité des précipitations, ou le faible nombre de jours de pluie, c'est l'efficacité des averses, l'intervalle entre les épisodes pluvieux (suites d'averses rapprochées). Les averses, précipitations ininterrompues, sont fortes et durables, plus que dans les pays océaniques, souvent violentes en automne, comme en témoignent les records de précipitations journalières et les crues fréquentes dans le Sud-Est français. Les épisodes pluvieux se répètent souvent pendant la saison froide.

Les précipitations de saison froide s'expliquent par le recul des hautes pressions vers le sud – ou vers le nord dans l'hémisphère austral – qui ouvre la porte à la circulation zonale d'ouest, aux perturbations tempérées. Pourtant, les dépressions atlantiques qui arrivent en Méditerranée par l'Aquitaine ou Gibraltar sont en petit nombre. En effet, les grandes dépressions océaniques (à grand diamètre), sont en général centrées vers 50° de latitude nord et se déplacent vers l'est sans vraiment descendre en latitude. Seules les plus vigoureuses, les plus larges, peuvent balayer toute la zone entre la Scandinavie et le Maghreb. Malgré tout, des dépressions plus petites peuvent se former vers 40° de latitude sur l'Atlantique. Bloquées par l'anticyclone, elles arrosent le Portugal avant de se combler ou de s'évacuer par le golfe de Gascogne. En fait, environ 2/3 des perturbations sont des dépressions méditerranéennes. Mais cette origine locale relève d'abord du facteur zonal, de la circulation générale. En altitude, l'on sait que des courants JETS circulent à grande vitesse autour de la terre, sur le flanc des anticyclones subtropicaux et autour de la dépression polaire d'altitude, tout en maintenant ce dispositif. Or, pendant la saison fraîche les *jet-streams* ondulent fortement, apportant ainsi dans leurs méandres des « gouttes froides » d'air polaire vers les basses latitudes. Au contact des eaux tièdes (facteur local évoqué plus loin), ces invasions méridiennes, ces « vallées froides » d'altitude, déclenchent, à cause du très fort gradient thermique, une active cyclogenèse, la naissance de perturbations sur la mer Méditerranée (fig. 2). Ces dépressions stagnantes ou à déplacement lent expliquent les puissantes averses et les précipitations orographiques extraordinaires qui augmentent les maxima pluviométriques, comme sur le Roussillon, les Cévennes, le mont Ventoux, l'Apennin ligure, ou au-dessus des bouches de Kotor…

Des variabilités interannuelles

La présentation des climats de type méditerranéen sera illustrée par la production de nombreux diagrammes ombro-thermiques (fig. 3 a, 3 b, 3 c), qui associent selon le rapport P = 2 T les 2 éléments considérés comme essentiels, les précipitations et les températures. La formule de Henri Gaussen a survécu à d'autres tentatives, comme P = 3 T ou P = 4 T (préférée par P. Birot) ou encore un rapport non linéaire entre P et T (proposé par C. Péguy) : pour les besoins en eau, la différence entre 30° et 31 °C est bien plus importante que la différence entre 5° et 6 °C (PÉGUY, 1970). Ce succès du diagramme ombro-thermique tient au fait que la définition du mois sec (P < 2 T) convient pour les formations végétales, la description de l'environnement des plantes. La vision de H. Gaussen est naturaliste, sa formule trouvait sa justification dans le milieu méditerranéen qu'il étudiait (GAUSSEN, 1933), à cause du rôle essentiel de la durée de la saison sèche sur la végétation, formule valable aussi dans nos régions tempérées, qui a fait des climats des latitudes moyennes (et plus particulièrement méditerranéens) la référence pour comparer les climats du monde entier. Le diagramme de Gaussen est « une œuvre qui date (…) d'une époque où l'on étudiait un milieu naturel dont l'homme était exclu » (CHARRE, 1997). Si son succès est resté intact, c'est parce que personne n'a encore trouvé de solution pour représenter de façon simple la variabilité interannuelle du climat, un climat en tant qu'élément de l'environnement d'une société humaine. Joël Charre explique l'importance de la variabilité interannuelle dans la définition actuelle du climat, qui relève moins de la notion de moyenne que de celle de fréquence : « Un mois sec selon Gaussen peut être non sec certaines années. Une saison sèche de 3 mois sur le diagramme ombro-thermique peut correspondre à des saisons sèches de durée et d'intensité diverses ou même à l'absence de saison sèche » (CHARRE, 1997).

Le Centre national de recherches météorologiques de Toulouse a mis en évidence la variabilité interannuelle du climat méditerranéen en se basant sur les différences de températures et de précipitations entre les périodes 1951-1980 et 1981-1990, qui figurent dans le rapport de l'ECSN. L'*European Climate Support Network*, le réseau européen de support sur le climat, est un programme qui dépend d'Eumetnet, le réseau de dix-huit services météorologiques nationaux d'Europe. Il a pour but d'organiser une coopération accrue entre ses pays membres dans le domaine du climat et des activités qui lui sont liées. Au niveau des températures, les données de l'ECSN montrent entre les

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

deux périodes un léger réchauffement de la partie occidentale du bassin méditerranéen (plus important en été et en automne), et un léger refroidissement de la partie orientale (davantage marqué en automne et en hiver). Alors que le réchauffement pour le globe entre les mêmes périodes est de l'ordre de 1 à 2 dixièmes de degré, pour le nord de l'Espagne et le sud de la Tunisie il atteint environ 5 dixièmes de degré. Quant au refroidissement oriental il est centré sur la Turquie avec environ 3 dixièmes de degré. Les années 1991 et 1992 marquent une rupture dans la tendance générale : comme à l'échelle globale, le refroidissement relatif constaté « a pu être attribué à une conséquence de l'éruption du Pinatubo (Philippines) (…) à la dispersion des aérosols volcaniques par la circulation générale dans l'atmosphère » (PLANTON, BESSEMOULIN, 2000). Au niveau des précipitations, le rapport de l'ECSN fait apparaître (jusqu'en 1990) une réduction sur l'ensemble du bassin à l'exception de la Tunisie et de l'extrême nord de l'Algérie, maximale en hiver près du détroit de Gibraltar, dans le golfe de Gênes, à l'ouest de la Grèce et au sud de la Turquie. Mais cette tendance de la variabilité interdécennale recouvre une variabilité interannuelle importante : « une fois sur deux, la variabilité d'une année à l'autre est en effet voisine de 10 % » (PLANTON, BESSEMOULIN, 2000). Et localement, elle peut être beaucoup plus forte. Des études relativement récentes, parfois à haute définition spatio-temporelle, permettent aujourd'hui aux climatologues de mieux quantifier la variabilité interannuelle du climat méditerranéen.

La variabilité interannuelle sur la rive nord

L'exemple de la station d'Avignon-Monfavet montre sur toute la série de données 1961-2001 une variation maximale de 346 mm, ce qui représente environ 50 % de la pluviométrie annuelle moyenne (676 mm). Mais cet écart ne s'observant que trois fois en 40 ans (1967, 1989 et 1996), « cette valeur reste très raisonnable pour des données à priori fortement hétérogènes. Les années excédentaires et déficitaires se répartissent équitablement au cours de ces 40 années » (BONTÉ, 2006). En effet la période peut se découper en une belle alternance de 4 cycles pluviométriques d'une dizaine d'années environ, dont la somme des écarts à la moyenne apparaît positive ou négative. 1961-1970 et 1981-1990 sont des cycles déficitaires, avec respectivement - 807,3 mm et - 517 mm, tandis que 1971-1980 et 1991-2000 sont des cycles excédentaires, avec respectivement 810 mm et 648 mm (BONTÉ, 2006). Si la variabilité des précipitations apparaît comme hétérogène à l'échelle décennale comme interannuelle, celle des températures confirme le léger réchauffement depuis les années 1980 dans la partie occidentale du bassin indiqué par le rapport de l'ECSN (malgré la rupture de 1991-1992). Les différences de températures annuelles moyennes entre la période 1981-2000 et la période 1961-1980 montrent sur la station d'Avignon un net réchauffement de 7 dixièmes de degré (14,3°–13,6°). Cette tendance à la hausse est à examiner dans le contexte du réchauffement global dû à l'augmentation des gaz à effet de serre.

L'appréciation de la variabilité interannuelle des précipitations méditerranéennes sur la rive nord doit aussi concerner les montagnes. Les écosystèmes des Alpes du Sud (Préalpes et Alpes internes du Sud) font face à des sécheresses estivales, mais plus ou moins marquées à cause des violents orages qui viennent rompre cette ambiance sèche sur les massifs internes. Des analyses statistiques multivariées des séries chronologiques sur la décennie 1990-2000 montrent une augmentation des pluies annuelles due à l'augmentation des pluies du début d'hiver et de printemps. Ces excédents des précipitations viennent briser la quasi-homogénéité des données depuis 1951. L'exemple de la station de Digne montre une baisse des précipitations de 1951 à 1978, date à laquelle elles commencent à s'accroître pour se renforcer au début de la décennie 1990. Cette tendance annuelle se retrouve sur 22 stations étudiées dans les Préalpes et les Alpes internes du Sud (BERTHELOT *et al.*, 2002) et se vérifie sur l'ensemble de la France, en particulier la rupture de 1978. Cette date marque aussi le début d'une très grande hétérogénéité de la variabilité mensuelle des pluies, le début de leur renforcement en avril (seulement dans le sud-est de la France) et en octobre sous forme de fortes averses. L'autre rupture, celle de 1992, montre l'affaiblissement du petit répit hivernal qui caractérisait le climat méditerranéen français, les grands abats d'eau qui sévissent en automne sur les Préalpes du Sud et débordent parfois à l'intérieur des Alpes maritimes se prolongeant souvent jusqu'en mars-avril. Les mois de novembre 1994, 1996, 2000 resteront dans les archives climatiques pour leurs importantes précipitations. La variabilité intra- et interannuelle accrue des précipitations depuis les années 1990 est marquée par une augmentation notable des phénomènes extrêmes : pluies torrentielles et tempêtes catastrophiques, fortes crues, sécheresses sévères. Elle est corrélée avec le réchauffement mis en évidence depuis la décennie 1990, qui semble avoir été la plus chaude depuis un millénaire dans l'hémisphère Nord.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Pour nombre d'auteurs, la variabilité interannuelle des précipitations est à mettre en rapport avec les mécanismes de transport d'énergie dans l'atmosphère et l'océan, avec l'inertie de certains réservoirs terrestres, essentiellement les océans. Parmi les hypothèses sur l'origine de cette variabilité, on peut d'abord évoquer l'oscillation australe Enso (El Niño-Southern Oscillation), qui se produit tous les deux à dix ans, avec un maximum d'intensité au cours de l'hiver (« El Niño » évoque l'enfant Jésus et Noël). Dans le Pacifique sud, cette anomalie climatique couple l'atmosphère et l'océan : le gradient de pression et la température de la mer se renversent entre l'ouest et l'est. Les vents d'est, les alizés, s'affaiblissent et ne peuvent plus repousser le réservoir d'eau chaude qu'ils créent normalement au large de l'Australie et des Philippines, d'où son déplacement, avec son cortège de pluies diluviennes, vers les îles du Pacifique central et les côtes du Chili et du Pérou, au long desquelles les eaux froides ne peuvent donc plus remonter (l'upwelling disparaît). Inversement, la pression devenue plus forte avec une mer moins chaude explique la sécheresse et les incendies en Indonésie et en Australie. La variabilité du climat méditerranéen peut-elle dépendre de connexions avec des régions aussi éloignées ? Dès 1997, S. Nicholson et J. Kim ont mis en évidence une certaine influence sur les précipitations du nord-ouest de l'Afrique : la phase chaude d'El Niño favoriserait au Maroc une réduction des précipitations surtout printanières (NICHOLSON, KIM, 1997 ; MARIOTTI *et al.*, 2002). D'autres chercheurs ont établi une relation statistique entre une phase froide appelée « La Niña » et les températures de fin d'hiver et de début du printemps au-dessus de la Méditerranée occidentale (HALPERT, ROPELEWSKI, 1992).

L'Oscillation nord-atlantique (ou NAO, North Atlantic Oscillation), phénomène surtout actif pendant l'hiver, présente comme l'Enso deux modes. Le mode positif, qui est prépondérant depuis 1974, correspond à une différence de pression plus importante entre l'anticyclone des Açores et la dépression d'Islande, qui renforce ainsi les vents d'ouest à sud-ouest. Les perturbations atlantiques apportent des tempêtes et des précipitations accrues sur le nord de la France et l'Europe septentrionale, qui connaissent alors des hivers relativement doux et humides. L'Europe du Sud et la Méditerranée peuvent donc bénéficier d'un hiver sec et doux. Le mode négatif de la NAO, qui a prédominé entre 1953 et 1974, correspond à un affaiblissement du gradient de pression dans l'Atlantique nord : les vents d'ouest sont moins forts, les perturbations atlantiques circulent plus au sud, le bassin méditerranéen connaît des hivers plus humides. Quant au nord de la France et de l'Europe, il passe souvent sous l'influence de l'anticyclone thermique euro-sibérien : les hivers sont froids et secs, parfois très rigoureux comme ceux de 1956 et 1962. Certains chercheurs ont tenté d'établir une relation entre l'Enso et la NAO, suggérant un forçage partiel d'*El Niño* sur les anomalies barométriques de l'Atlantique nord, en formulant des hypothèses sur les processus qui expliqueraient ce lien (MORON, GOUIRAUD, 2005).

La variabilité interannuelle sur la rive méridionale et orientale

La Tunisie connaît un apport pluviométrique inégalement réparti dans l'espace, mais aussi très irrégulier dans le temps. Il est caractérisé par une grande variabilité qui touche aussi bien les quantités annuelles reçues, l'intensité, le régime saisonnier, que les dates du début et de la fin de la saison pluvieuse. Les données provenant de la DGRE (Direction générale des ressources en eaux) ont permis de quantifier le degré de cette variabilité des pluies dans l'extrême nord du pays, de déterminer ses extrêmes et, au final, de la régionaliser. Une région de forte variabilité située sur la côte (de Tabarka à Ghar el-Melh) et à l'est du Tell septentrional « présente des accidents pluviométriques très fréquents, avec des années déficitaires plus nombreuses que celles excédentaires, et une tendance à la baisse des pluies à partir de l'année 1986/87 » (FEKI, 2009). Les années excédentaires y étant très espacées (en moyenne tous les 5 ans entre 1975 et 1990, puis tous les 10 ans entre 1990 et 2006), alors que les années très déficitaires sont très concentrées à partir des années 1990 (d'où la baisse de la pluviosité dans cette région). Une zone de faible variabilité, la Kroumirie et l'ouest de la moyenne vallée de la Medjerda, est « caractérisée par des années excédentaires plus importantes que celles déficitaires, avec une tendance à la hausse de la pluviométrie annuelle » (FEKI, 2009), ces années très excédentaires, qui succèdent aux années très déficitaires de 1975 à 1990, étant concentrées entre 1995 et 2004. Cette étude, qui concerne la région la plus humide de la Tunisie, ne termine sur aucune hypothèse pouvant envisager l'influence des oscillations climatiques actuellement observées dans la circulation atmosphérique générale.

En ce qui concerne les régions sèches du Sud tunisien, plusieurs études de séries climatiques ont montré que le climat de la Jeffara (plaine située entre les Matmatas et la mer) est marqué par des successions d'années sèches et des répartitions annuelles très aléatoires. Les données climatiques les plus complètes, venant de la station de Gabès qui dispose d'une série de 75 années (de 1901 à 1976), montrent la rémanence d'une forte varia-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

bilité des pluies depuis le début du XXe siècle. Avec un coefficient pluviothermique Emberger Q_2 de 22/23 et des P annuelles moyennes de 183,2 mm, la zone de Gabès appartient au « bioclimat méditerranéen aride inférieur à hiver doux » (LE HOUÉROU, 1969). Le rapport de variabilité interannuelle sur ces 75 années est voisin de 13, le minimum observé étant de 39,3 mm en 1946-47, et le maximum de 532 mm en 1975-76. Et « ce rapport peut atteindre 20 à 30 à l'échelle de la saison, et même 50 à l'échelle du mois » (FLORET, PONTANIER, 1978). D'autres études ont confirmé que dans la Jeffara du Sud-Est tunisien, « en l'absence d'un régime pluviométrique défini, la variabilité est un caractère principal. Il pleut souvent à intervalles irréguliers, et sans périodicité constante » (TALBI, 1993). Ainsi, pour la station d'El Fjè, (golfe de Bou Grara, en face de l'île de Djerba), de 1979 à 1985 les moyennes annuelles ont varié entre 86 mm et 276 mm (3,2 fois plus). Mais l'étude de longues séries climatiques de quatre stations de la Jeffara sur une période de 80 ans (1900-1980) a montré un rapport de variabilité interannuelle proche de 8, avec un maximum de 352,1 mm en 1969 et un minimum de 43,4 mm en 1937 (KHATTELI, 1981). Cette variabilité interannuelle cache également une variabilité intersaisonnière et intermensuelle, toute saison ou tout mois peut être anormalement sec ou pluvieux, la notion de moyenne annuelle ayant bien peu de signification. Au total, le climat de la Jeffara est marqué par des successions d'années sèches et des répartitions annuelles très aléatoires. À Gabès, ont pu tomber en 24 heures 2/3 des précipitations annuelles et plus de 100 % de la moyenne interannuelle, tandis que dans la station toute proche de Zerkine ont été enregistrés en une journée 25 % du total pluvieux de la campagne agricole de 1984 (TALBI, 1993). Ces averses brutales, irrégulières dans le temps et l'espace, génèrent des crues catastrophiques et accentuent la dégradation du sol et de la végétation steppique. « Les pluies qui tombent souvent par taches provoquent la concentration des troupeaux et des tracteurs dans les zones arrosées, et par conséquent le surpâturage, la mobilisation du sol et la formation de dunes » (TALBI, 1993). Finalement, les études de longues séries climatiques de la Tunisie ne permettent pas de déceler, dans la variabilité de sa pluviométrie, de tendance vers une diminution ou une augmentation systématique (FLORET, PONTANIER, 1978 ; KHATTELI, 1981 ; TALBI, 1993).

Autre pays de la rive sud, le Maroc fait partie des plus susceptibles d'être impactés par le réchauffement global, ce que confirme l'augmentation de ses températures moyennes en toutes saisons. Afin d'apprécier la gestion des risques hydrologiques, agricoles et environnementaux, il doit être attentif à la forte variabilité interannuelle des précipitations et à l'augmentation de la fréquence des sécheresses depuis le début des deux dernières décennies du XXe siècle. Par conséquent, l'évaluation des incidences du changement climatique nécessite des simulations numériques plus fines et plus nombreuses que la plupart des scénarios couvrant le pays, dont ceux du Giec, le Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat. « Tout travail permettant l'accès à l'information climatique à une échelle plus fine ne serait que d'un apport certain », observe Fatima DRIOUECH (2010) qui contribue précisément à l'affinement des connaissances relatives au changement du climat au niveau du Maroc avec, dans un premier temps, la mise à jour de l'évolution des températures et surtout des précipitations marocaines. La tendance jusqu'alors observée par diverses études était une évolution vers des conditions plus chaudes et plus sèches, mais avec une faible définition spatiale, à l'échelle du pays ou de certaines régions.

Afin de préciser la forte variabilité interannuelle des précipitations, F. Driouech a utilisé les données quotidiennes pour la période 1961-2008 de la Direction de la météorologie nationale du Maroc. Le coefficient de variabilité interannuelle de la pluviosité (le rapport de l'écart-type à la moyenne) va en général de 30/40 % à l'ouest du Maroc à plus de 70 % dans les régions sud (KNIPPERTZ *et al.*, 2003, DRIOUECH *et al.*, 2009). Le nombre d'années à déficit pluviométrique (anomalies négatives en %) est partout plus important que celui des années excédentaires (anomalies positives en %), et cela sur toute la période 1961-2008. Cependant, le déclin des précipitations qui se conjugue avec l'augmentation de la fréquence des sécheresses est vraiment visible dans toutes les stations à partir du début des années 1980 (sécheresses de 1980-1985, de 1990-1995 et même des années 2000). Quelques records de déficits peuvent alors être signalés : à Agadir en 1992 et Ouarzazate en 2000 (- 84 %), à Midelt en 1981 et 1984 (- 67 %), à Marrakech en 1981 et à Oujda en 1983 (- 66 %), ou à Casablanca en 1981 (- 65 %). Au niveau national, les déficits moyens nationaux sont d'après F. Driouech de 20 % pour les périodes de sécheresses de 1980-1985 et 1990-1995, et de 14 % pour 2000-2008.

Cette récurrence d'années sèches depuis 1981 a été attribuée à la persistance de la phase positive de l'Oscillation nord-atlantique (LAMB, PEPPLER, 1987 ; VISBECK *et al.*, 2001 ; XOPLAKI *et al.*, 2004), phénomène surtout actif pendant les périodes hivernales qui entraîne des précipitations réduites sur le Maroc comme sur le sud de l'Europe. Au contraire, la phase négative de l'ONA permettrait plus largement le passage des perturbations atlantiques vers le sud de l'Europe et

le nord-ouest de l'Afrique (KNIPPERTZ, 2003). Mais non seulement le mode négatif est plus réduit depuis 1974, mais au Maroc la barrière de l'Atlas limite son influence aux régions occidentales (KNIPPERTZ *et al.*, 2003). Quant à l'influence des tropiques sur la pluviométrie nord-africaine, examinée par différents auteurs, l'étude de Fatima Driouech pourrait partiellement la vérifier puisque la phase positive (chaude) du phénomène Enso semble favoriser une réduction des précipitations la deuxième année du phénomène (1983, 1992, 1998, 2003, 2005, 2007), cette sécheresse marquant notamment le printemps des années 2003, 2005 et 2007…

Comme au Maghreb, les précipitations au Proche-Orient sont caractérisées par une grande variabilité, que ce soit à l'échelle interannuelle ou à l'échelle mensuelle (TRABOULSI, CAMBERLIN, 2004). Dans la période 1960-61/1989-90, les années excédentaires apparaissent très dépendantes d'anomalies de la circulation atmosphérique, qui devient méridienne. Des coulées d'air polaire arrivant par les Balkans et la mer Noire directement sur une Méditerranée tiède l'hiver, le très fort gradient thermique génère une forte instabilité et donc de très fortes précipitations. « L'hiver 1968-69, et notamment le bimestre décembre-janvier, a été exceptionnel au Liban où les précipitations ont dépassé les 280 % de la normale. Ces totaux pluviométriques sont dus à la fréquence élevée des types de circulation de nord et des gouttes froides » (TRABOULSI, CAMBERLIN, 2004). Quant à l'assèchement estival, deux scientifiques britanniques ont suggéré qu'il pourrait se trouver renforcé par un mécanisme liant la subsidence au-dessus de la Méditerranée orientale à la mousson indienne, à des modifications de circulation atmosphérique pilotées par l'ascendance au-dessus de l'Inde (RODWELL, HOSKINS, 1996). En tout cas, l'accentuation du caractère méditerranéen du climat (sécheresse affirmée de l'été, mais énormes précipitations hivernales), plus ou moins annoncée sur les bordures de l'Anatolie par deux chercheurs turcs (ERINÇ, BENER, 1961), semblerait actuellement se confirmer.

Les nuances et les excès : des facteurs locaux

L'influence des facteurs locaux permet de définir deux groupes de climats :

– des climats plus complexes et excessifs, dans le vaste bassin méditerranéen où le maximum des pluies n'est plus toujours en hiver, mais parfois en automne et au printemps ;

– des climats nettement plus simples, où prédominent davantage les facteurs zonaux.

Le classement des divers climats étant basé en premier lieu sur les caractères de l'été, période la plus difficile pour la végétation.

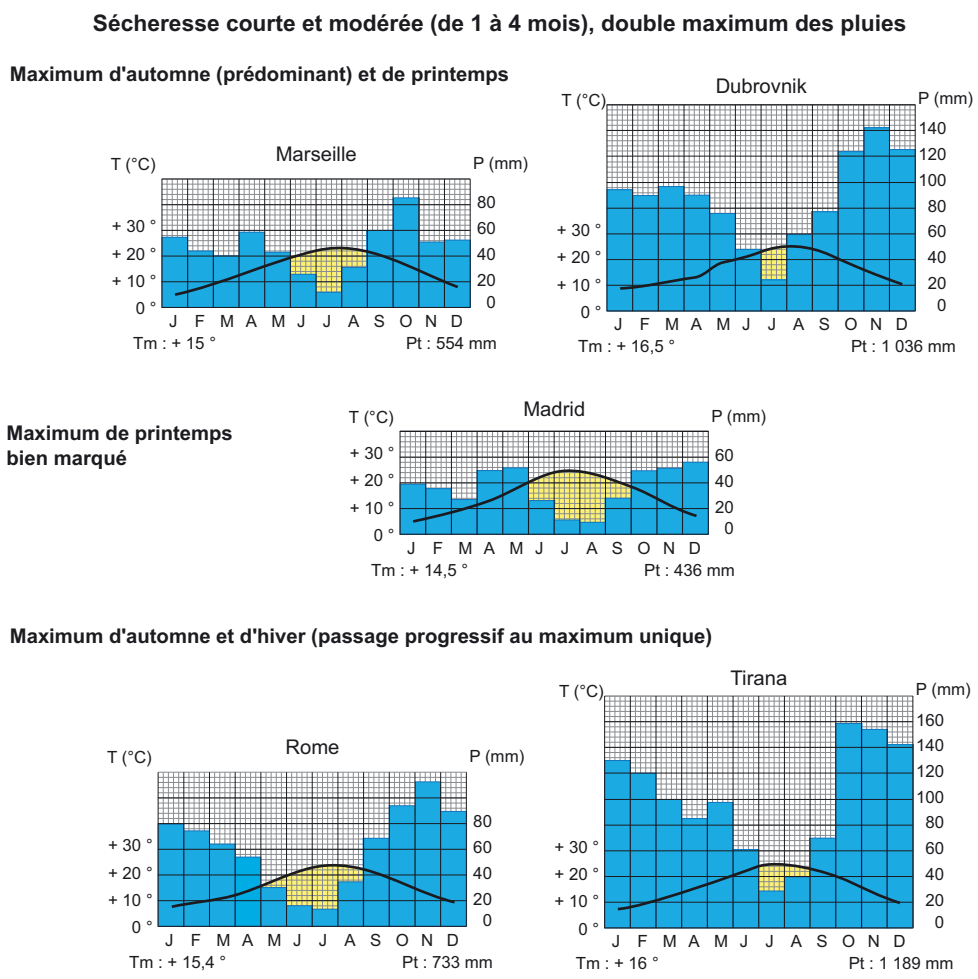
Une mer originale dans un cadre montagneux

L'originalité de la Méditerranée se situe dans sa tiédeur d'hiver. La mer, en renforçant le gradient thermique, non seulement régénère les éventuelles perturbations atlantiques, mais favorise aussi sa propre cyclogenèse. Si la mer est tiède l'hiver, c'est parce que les eaux froides de surface s'enfoncent, se mélangent à la masse des eaux profondes dont la température est de 13 à 14 °C, si bien que celle de la surface ne descend jamais en dessous de cette limite jusqu'au printemps. Les perturbations méditerranéennes qui naissent sous les advections d'air polaire sont rendues très actives. Tourbillonnant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, elles reçoivent à leur base l'air chaud et humide venu de la Méditerranée, et leur bord antérieur, le front chaud (à l'est), donne des pluies diluviennes, alors que leur bord postérieur, le front froid (à l'ouest), reçoit l'air bien plus frais du nord ou nord-ouest, où le gradient thermique et les pluies sont donc faibles. Les lieux privilégiés de cette cyclogenèse sont les golfes du Lion, de Gênes et de Trieste, hauts en latitude. Gênes, à la latitude de Bordeaux, n'a pas de mois sec mais l'olivier y pousse, tandis que Trieste, à la latitude de Clermont-Ferrand, est à peine méditerranéenne. Cependant, des dépressions peuvent naître aussi sur l'Afrique du Nord et au sud de l'Anatolie, au voisinage de Chypre, mais seulement l'hiver, car l'air froid ne progresse que lentement vers le sud (ESTIENNE et GODARD, 1998). Dans l'ensemble, les invasions froides se produisent plus longuement au nord-ouest de la Méditerranée, de l'automne jusqu'au printemps, et parfois l'été y est même moins sec à cause d'elles (fig. 2). Par ailleurs, les perturbations se déplacent lentement vers l'est : le train nord, de la Méditerranée occidentale vers l'Adriatique et la mer Noire, et le train sud, seulement l'hiver, de l'Afrique du Nord vers le Proche-Orient et le golfe Persique. « À peine une moitié des perturbations nées en Méditerranée occidentale atteint la Mésopotamie ; une vingtaine seulement peuvent gagner les plateaux iraniens ou afghans, où les pluies deviennent maigres » (GODARD et TABEAUD, 1998). La conséquence évidente de tout cela est l'allongement de la saison sèche vers le sud et vers l'est, et l'existence d'un double régime des pluies.

Le cadre montagneux de la mer Méditerranée vient aussi renforcer le caractère complexe et excessif de ses climats. Au nord, l'effet n'est pas toujours protecteur. La montagne n'arrête pas

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

toujours l'air cyclonique. Lorsque celui-ci arrive à la franchir, il la redescend en se desséchant : c'est l'effet de fœhn. Mais cet air sec finit par s'humidifier sur la mer, où il va alimenter les pluies cycloniques déclenchées par une « vallée froide », qui seront peut-être responsables de fortes crues sur le versant au vent d'un relief. C'est l'effet d'ascendance orographique, illustré par les crues du Gardon et du Vidourle (les « gardonnades » et les « vidourlades »), les déluges des Cévennes, de l'Aigoual ou du mont Ventoux (Vaison-la-Romaine) où l'on a vu tomber 600 ou 800 mm en une journée (soit un total annuel !). Les noyaux de haute fréquence de ces épisodes fortement pluvieux se localisent surtout « dans les Pyrénées orientales, les Cévennes et le Vivarais, les Baronnies et l'arrière-pays niçois » (ALEXANDRE, 2001). Par ailleurs, il faut rappeler que les perturbations cycloniques de saison froide appellent au nord comme au sud du bassin des vents locaux, très contraignants par leur force, sauf dans les secteurs abrités. Si à l'avant soufflent des vents chauds et secs du sud comme le sirocco d'Afrique du Nord ou le khamsin d'Égypte (pour les dépressions du train sud), à l'arrière s'écoulent des vents froids du nord, comme la tramontane montpelliéraine, le mistral provençal et la bora yougoslave. Car non seulement la montagne laisse passer l'air froid par ses brèches (le seuil du Lauragais, le couloir rhodanien, et le relatif ensellement du nord-ouest de l'ancienne Yougoslavie), mais elle lui donne aussi de la force en le canalisant, violence qui favoriserait la cyclogenèse en Méditerranée. Malgré tout, la montagne au nord empêche une trop grande invasion par cet air froid et sec continental (l'anticyclone thermique d'hiver euro-sibérien) qui pro-



Sources principales : World Meteorological Organization (données moyennes sur 30 à 40 ans), Météo France, California Statistical Abstract, Bureau of Meteorology (gouvernement australien). © C. Tassin (réal. J. Maillardet)

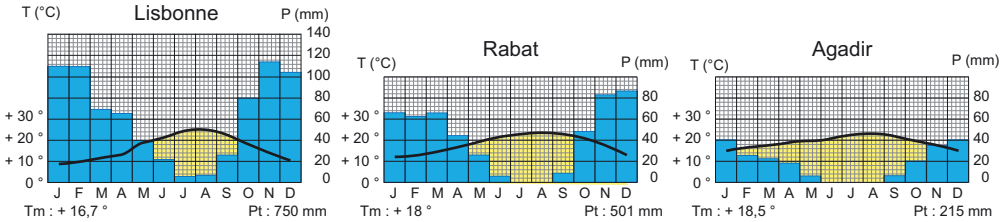
Figure 3a
Diagrammes climatiques ombro-thermiques : Méditerranée occidentale.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

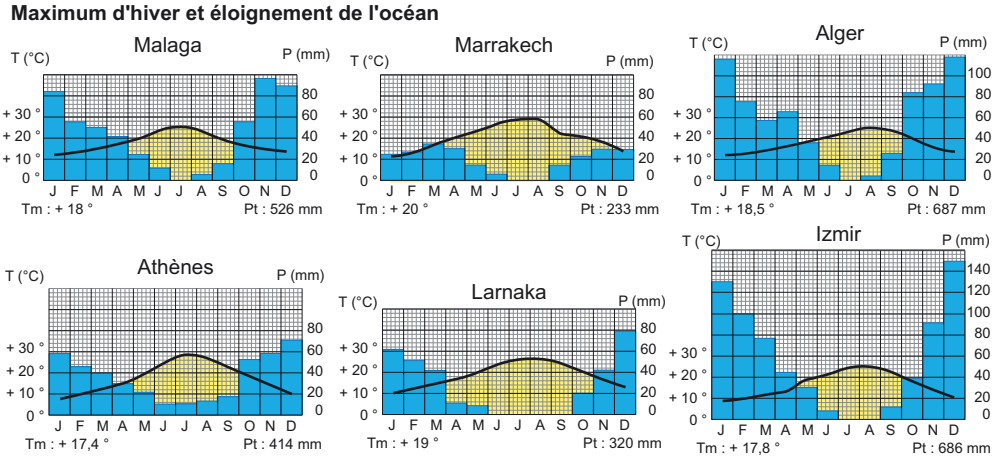
Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Sécheresse plus forte et longue (plus de 4 mois), maximum unique des pluies (en général)

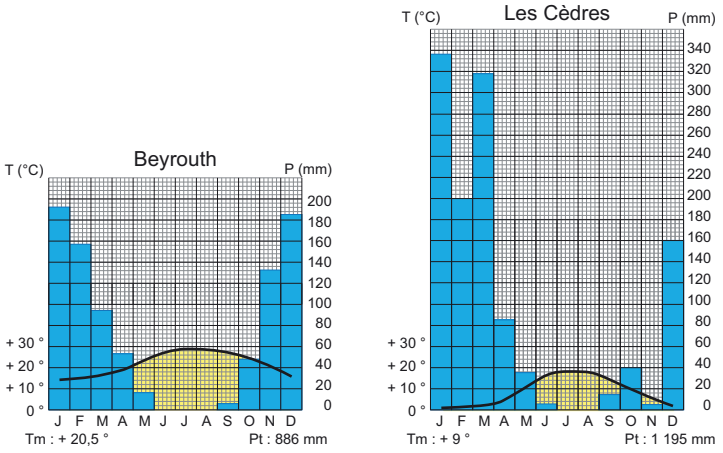
Maximum d'hiver et influences océaniques



Maximum d'hiver et éloignement de l'océan



Maximum d'hiver et influences montagnardes



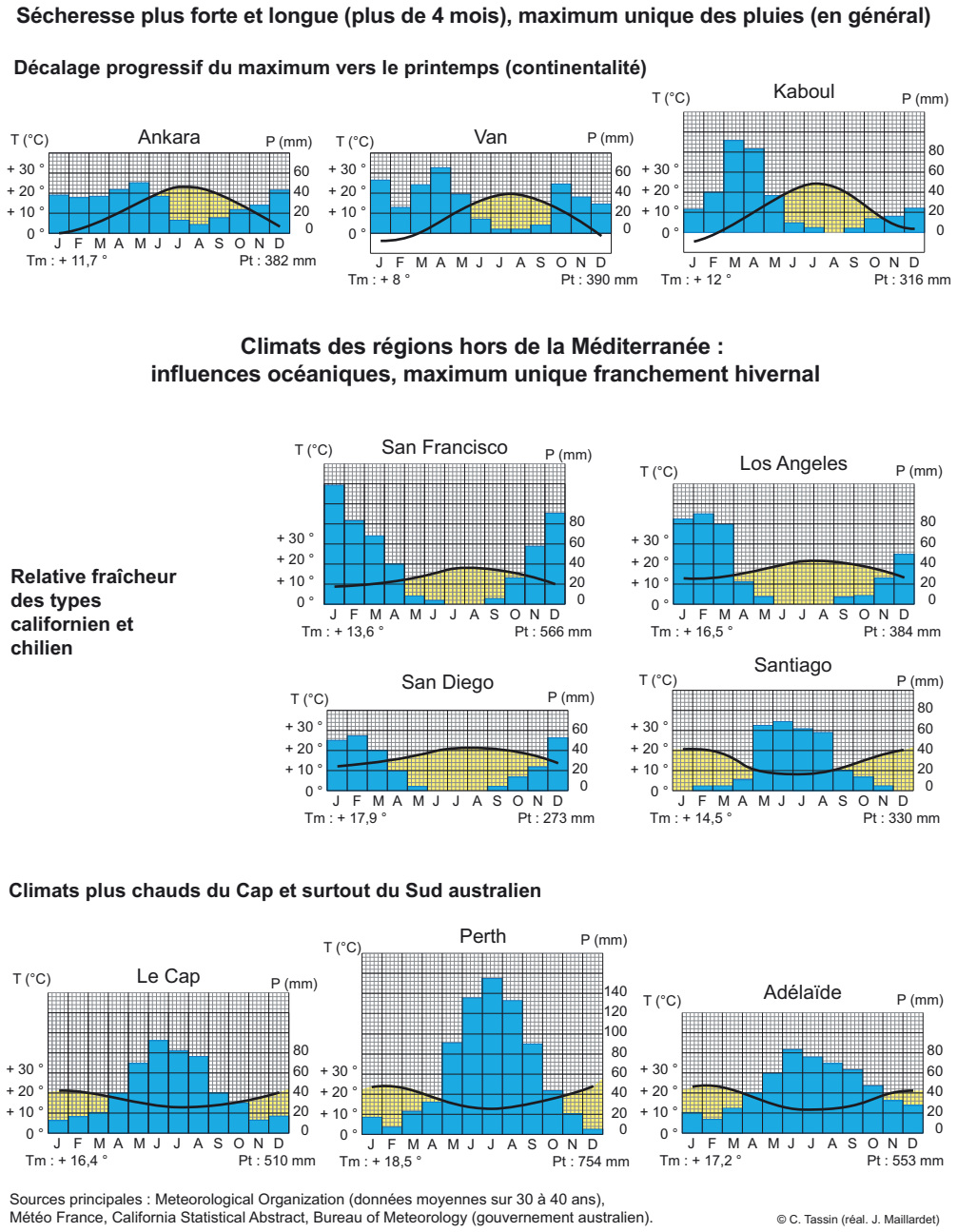
Sources principales : World Meteorological Organization (données moyennes sur 30 à 40 ans), Météo France, California Statistical Abstract, Bureau of Meteorology (gouvernement australien).

© C. Tassin (réal. J. Maillardet)

Figure 3b
Diagrammes climatiques ombro-thermiques : Méditerranée est et sud.

voque parfois quelques jours de gel (- 5 °C à - 7 °C dans les plaines du Vaucluse par mistral hivernal), et même des hivers exceptionnels : Montpellier a connu - 18 °C en 1963, et non loin de là, le 4 février, le bassin de Saint-Martin-de-Londres (au nord du pic Saint-Loup) a enregistré - 29 °C. Et si en général on a moins de 20 jours de gel sur la Côte d'Azur, la Provence intérieure en subit parfois 50… L'été aussi, les vents sont contraignants, car ils accroissent la forte évaporation. Au nord, ils sont déterminés cette fois par la position de l'anticyclone subtropical. Le flux nord-sud qui provient du bord oriental de ces hautes pressions (sens des aiguilles d'une montre) descend du Massif central, des Alpes ou des Balkans, avec une température et une sécheresse exagérées par l'effet de fœhn. Le grand beau temps d'été chaud et sec (avec un ciel pur) s'établit donc avec ces vents descendus des montagnes, la tramontane, le mistral, la bora ou les vents étésiens, alors que, ve-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@vahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



Sources principales : Meteorological Organization (données moyennes sur 30 à 40 ans), Météo France, California Statistical Abstract, Bureau of Meteorology (gouvernement australien).

© C. Tassin (réal. J. Maillardet)

Figure 3c
Diagrammes climatiques ombro-thermiques : Méditerranée est et sud, autres régions.

nus du sud, le marin ou le sirocco (qui a fini par se charger d'eau) apportent les orages sur les reliefs bordiers. Les vents étésiens du bassin oriental, qui viennent des plaines balkaniques en traversant les reliefs, se produisent quand l'anticyclone s'avance vers l'est et recouvre l'Europe occidentale et centrale. Enfin, dans le bassin méditerranéen, des volumes montagneux sont assez vastes et assez élevés pour dégrader le climat. Ils donnent naissance à des zones de refroidissement accusé en hiver, donc à des anticyclones d'origine thermique : c'est le cas de la péninsule Ibérique, ou de l'Anatolie, qui échappent ainsi aux itinéraires des dépressions (atlantiques comme méditerranéennes) en hiver. Mais la montagne accuse aussi la dissymétrie entre les rivages, en Italie, en Grèce, où la façade occidentale est plus chaude et plus humide en hiver que la façade orientale, car exposée en premier à la circulation dominante, aux fortes pluies du front chaud des perturbations.



© C. Tassin

Temps sec le 30 août 2007 près de Carboneras (Sud-Est espagnol).

La position d'abri de la région d'Almeria explique l'aridité de son bioclimat et de sa végétation : 225 mm de précipitations, 9 mois secs, steppe à diss, grande Graminée en touffes cespiteuses, et à palmier doum, espèce naine répandue en Afrique du Nord.



© C. Tassin

Temps pluvieux le 31 août 2007 dans la Serrania de Ronda (Sud espagnol).

Même latitude, le lendemain, les versants occidentaux affirment leur exposition aux influences atlantiques : plus de 1 500 mm de précipitations, environ 4 mois secs, forêts de conifères avec des pins d'Alep, des chênes verts et quelques sapins pinsapo.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Des climats complexes dans le bassin méditerranéen

Ils s'expliquent surtout par les facteurs locaux évoqués ci-dessus, donc par la présence d'une mer tiède étendue en latitude et en longitude, et les reliefs tourmentés du pourtour. Et si ces climats affichent des traits communs, surtout le bel été et la douceur de l'hiver, qui font de la région le premier pays touristique du monde, la durée de la sécheresse, l'intensité et la répartition saisonnière des précipitations, les vents, sont des facteurs de différenciation (GODARD et TABEAUD, 2009). On a vu que le quotient pluviothermique d'Emberger ou l'indice xérothermique de Henri Gaussen permettent de définir divers types de bioclimats. Cependant en considérant à la fois les caractères de l'été et le régime des pluies, les géographes répartissent généralement les climats méditerranéens de la manière suivante :

Les climats de la Méditerranée occidentale se caractérisent par une sécheresse courte et modérée et à double maximum des pluies (fig. 3 a).

On a parlé de « climat portugais » mais « climat provençal » conviendrait mieux, car le climat du Portugal subit une dégradation océanique proche du climat californien :

– chaleur moins forte, d'où une amplitude thermique plus faible : 11,4 °C à Lisbonne (22,8 °C-11,4 °C) sur la période 1961-1990, et 10,6 °C à Porto (19,9 °C-9,3 °C) sur la même période (tabl. 1) ;

– précipitations plus abondantes avec un maximum hivernal : 750 mm à Lisbonne et 1 145 mm à Porto (moyennes 1961-1990), ce dernier total étant tout à fait comparable à celui de Brest, dont le maximum se situe en hiver, comme partout sur la bordure océanique ouest-européenne, du Portugal aux îles Britanniques ; à Lisbonne, de novembre à février, il tombe souvent plus de 90-100 mm par mois ;

– saison sèche réduite : c'est la conséquence de ce qui précède, 2 mois secs seulement à Porto (juillet-août) contre 4 à Madrid (juin à septembre), 4 mois secs (juin à septembre) à Lisbonne, plus méridionale, presque à la même latitude que Palerme qui en compte 5 (de mai à septembre).

Hormis la façade portugaise et l'extrême sud de l'Espagne, de l'Italie et de la Grèce, où apparaît le maximum unique d'hiver, les régions du nord-ouest du bassin méditerranéen sont les plus arrosées avec un régime des pluies à double maximum. Leur saison sèche est lumineuse, mais moins longue que la période humide. L'automne (surtout octobre-novembre), période des grandes averses, et le printemps (surtout mars-avril) encadrent un cœur de l'hiver où l'air froid continental anticyclonique réduit quelque peu les précipitations. À Marseille, sur 30 ans (de 1971 à 2000), les mois nettement les plus humides sont septembre (60 mm), octobre (85 mm) et avril (60 mm), un répit hivernal étant marqué en février (43 mm) et en mars (40 mm). Dès le XIXe siècle, ce petit répit a fait la réputation d'une Côte d'Azur (Promenade des Anglais) qui ne connaît pas le mistral.

Cependant, cette répartition saisonnière des précipitations n'est pas si simple :

– le maximum d'automne est plus marqué sur les littoraux : Levant espagnol, Sud-Est français, ouest de la Corse et de la Sardaigne, Italie centrale péninsulaire, littoral dalmate ;

– et il faut davantage compter sur le printemps dans l'intérieur qui s'échauffe plus vite. C'est le cas du cœur de l'Espagne qui subit une dégradation continentale avec aussi son hiver plus rude (anticyclone thermique). Madrid sur 30 ans (1971 à 2000) n'a que 6 °C en janvier et ses mois nettement les plus humides sont octobre, novembre, décembre et avril-mai (entre 47 et 56 mm par mois) ;

– enfin le passage au régime à maximum unique d'hiver se fait progressivement avec un double maximum d'automne et d'hiver (où celui d'hiver se substitue peu à peu à celui de printemps) : Ouest espagnol, Est corse et sarde, sud de la botte italienne (sauf la Calabre), nord-ouest de la Grèce continentale. Dès Rome, sur 30 ans (1961-1990), on remarque cette tendance, la période de septembre à mars étant la plus humide (110 mm en novembre, 80 mm en janvier), mai et juin faisant vraiment défection avec 31 et 16 mm.

Les climats de l'est et du sud du bassin méditerranéen sont marqués par une longue et forte sécheresse et par un maximum unique des pluies (fig. 3 b, 3 c).

On a parfois parlé de « climat hellène » mais là encore on peut distinguer quelques nuances, la dégradation ne s'effectuant pas de la même manière à l'est (importance prédominante de la continentalité) qu'au sud du bassin (importance prédominante de la latitude). Toutes ces régions ont certes des traits communs : une saison sèche beaucoup plus longue et souvent torride, un hiver plus tiède, et les invasions méridiennes froides se cantonnant à cette saison, un régime des précipitations à maximum unique d'hiver. 40 à 45 % des pluies tombent pendant les trois mois d'hiver à Athènes ou Alger. Athènes, sur environ 40 ans (1955-1997), compte près de 6 mois secs, avec 27,1 °C en juillet et des maxima absolus qui dépassent parfois 45 °C, et voit tomber 42 % de ses précipitations de décembre à février (soit 172 mm sur 414 mm).

Cependant, le bassin oriental, plus éloigné de l'océan, connaît souvent une aridité plus forte

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

que le Maghreb, une sécheresse d'été renforcée par l'effet de fœhn des vents étésiens du nord ou du nord-ouest. À Chypre, Larnaka, sur 15 ans (1976-1990), ne compte plus que 320 mm de pluie pour 39 jours (contre plus de 70 jours à Athènes), la saison sèche s'étalant sur 7 mois, d'avril à octobre.

Le climat méditerranéen à dégradation semi-aride comporte forcément le même maximum unique d'hiver, mais seulement dans le bassin oriental. Car les terres s'échauffant plus rapidement dans l'intérieur de l'Afrique du Nord, on voit émerger, au sud de l'Atlas tellien et à l'est des Atlas marocains, un maximum de printemps. De même dans l'Anatolie intérieure, où règne le climat steppique à dégradation continentale.

La Turquie est située dans le domaine méditerranéen, mais la masse plus ou moins élevée de l'Asie Mineure, bordée par un bourrelet périphérique, vient perturber ce climat :

– les climats du pourtour montagneux (sauf au nord-est), surtout ceux de la façade égéo-méditerranéenne, sont de type « hellène ». Izmir, sur la période de 1938 à 2000, a comme Athènes près de 6 mois secs, avec 27,5 °C en juillet et des maxima absolus qui dépassent souvent 40 °C, et voit tomber 55 % de ses pluies de décembre à février (soit 380 mm sur 686 mm) ;

– dans l'Anatolie centrale règne un climat méditerranéen à dégradation continentale, aux étés chauds et secs mais jamais torrides et aux hivers froids, le maximum pluviométrique étant situé au printemps. Même en été les nuits sont fraîches. Ankara, sur la période 1926-2000, a 5 mois secs (de juin à octobre), avec seulement 22,7 °C en août mais avec des maxima absolus de 40 °C, alors que la moyenne de janvier tombe à 0,3 °C. De mars à mai, la capitale de la Turquie reçoit 34 % de ses précipitations (soit 129 mm sur 382 mm) ;

– enfin, en Anatolie orientale, la continentalité se renforce avec l'altitude, les étés sont tempérés et les hivers longs avec beaucoup de neige. Des exemples seront présentés dans le chapitre consacré aux paysages végétaux des montagnes, comme pour d'autres régions du bassin méditerranéen occupées le plus souvent par de puissants reliefs.

Des climats plus simples à l'empreinte océanique (fig. 3 c, 4)

Dans ces climats où prédominent les facteurs zonaux, on peut cependant percevoir des nuances en fonction de traits spécifiques des océans bordiers.

Les climats relativement frais de type californien ou chilien sont les plus simples, surtout dans les secteurs littoraux, avec une belle alternance d'étés secs et d'hivers doux et humides, d'abord liée au jeu des anticyclones subtropicaux : 5 à 6 mois de saison sèche (parfois plus) et un régime des pluies à maximum unique franchement hivernal. En règle générale, si la position du relief agit sur les précipitations, les températures évoluent en fonction de l'altitude et de la latitude. Dans l'intérieur, dès qu'on passe les barrières montagneuses côtières, l'amplitude thermique augmente, les coups de froid dans la Grande Vallée californienne et la Vallée centrale chilienne pouvant donner des gelées dans les capitales Sacramento et Santiago, alors qu'il ne gèle jamais dans le centre de San Francisco, Los Angeles ou San Diego. La moyenne des minima du mois le plus froid (m), qui peut varier sur la côte de 6 à 8 °C à San Francisco et de 7 à 9 °C à Los Angeles, descend parfois en dessous de 4 °C dans la Grande Vallée californienne, à Bakersfield comme à Fresno. La sécheresse aussi augmente, comme dans la Vallée centrale du Chili qui ne reçoit que 350 à 400 mm de pluies, l'aridité s'accroissant dans le Norte Chico où il tombe parfois moins de 200 mm. En Californie, dans la Central Valley, Fresno sur 30 ans (de 1971 à 2000) n'a reçu que 285 mm de pluies annuelles et Bakersfield – plus au sud – 164 mm, contre 566 mm à San Francisco. Tandis qu'au sud-est, Imperial Valley – dans le désert du Colorado, – a vu tomber 76 mm en moyenne par an (toujours pour la même période), contre 384 mm à Los Angeles et 273 mm à San Diego. Ces données du California Statistical Abstract illustrent bien la dégradation pluviométrique en fonction de la continentalité imprimée par les Chaînes côtières et la Sierra Nevada, mais aussi en fonction de la latitude : on remarquera que sur la côte, on passe de 566 mm (pour San Francisco) à 384 mm (pour Los Angeles) et 273 mm (pour San Diego). Le réchauffement climatique global qui touche la planète (chap. 10) augmente quelque peu la sécheresse (et les risques d'incendies), comme l'a montré – même à San Francisco – la canicule record de l'été 2006. Dans la région de Los Angeles, la ville de retraités de Palm Springs a connu des pointes à 50 °C. Les moyennes thermiques enregistrées dans l'État au premier semestre 2006 étaient les plus élevées depuis le début des archives climatiques états-uniennes (1895). Enfin, le niveau de précipitations donné pour l'année 2003 par le California Statistical Abstract est nettement en dessous des moyennes établies sur les 30 dernières années du siècle.

Mais dans ces climats, la grande originalité c'est la fraîcheur relative de l'été et le retard de son maximum thermique sur le littoral. Si à Santiago, dans la Vallée centrale chilienne, l'amplitude thermique annuelle est de 12 °C, avec un été de 20,5 °C en

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (fjeanthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

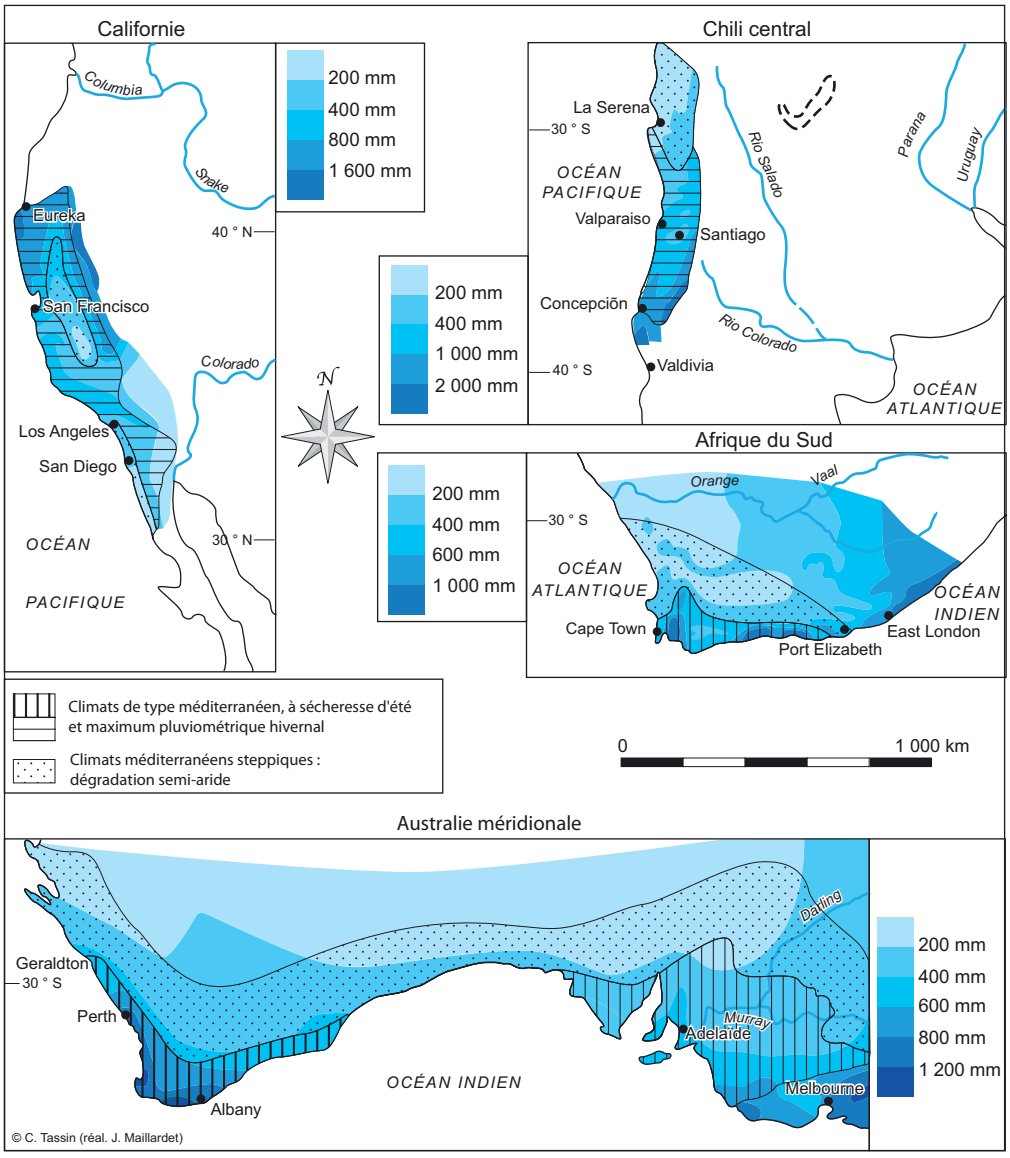


Figure 4
Les climats méditerranéens d'Amérique, d'Afrique du Sud et d'Australie.

janvier et un hiver de 8,5 °C en juillet, sur la côte à Valparaiso, l'été ne dépasse pas 18 °C (en janvier) et l'amplitude est seulement de 8 à 9 °C. Même moyenne et même amplitude à San Francisco sur 30 ans (1971-2000) avec à peine 18 °C en septembre, mois le plus chaud où la moyenne des maxima (*M*) ne dépasse guère 22- 23 °C. Cependant, à Los Angeles la moyenne de juillet est plus forte (20,5 °C) et San Diego au climat plus méridional, plus sec et plus chaud, atteint 21,5 °C en août, mois le plus chaud où *M* = 24,3 °C. Enfin, l'air constamment humide donne d'épais et fréquents brouillards qui peuvent parfois déborder dans les bassins intérieurs (80 % d'humidité relative à Valparaiso, 100 % à Santiago). Cette fraîcheur relative de l'été est liée à la présence d'eaux froides littorales, responsables d'une « structure thermique exceptionnelle de l'atmosphère, prolongeant celle des déserts frais côtiers » (GODARD, TABEAUD, 1998). Les eaux des courants froids de Californie et de Humboldt (15 °C en été et jusqu'à 10 °C en hiver à Valparaiso), associées aux remontées d'eaux profondes (phénomène d'upwelling), déclenchent une inversion thermique à la base de l'atmosphère, et une brise fraîche et humide souffle de la mer, aspirée par les courants ascendants au-dessus du continent qui s'échauffe. Mais cette inversion bloque les ascen-

dances et empêche les précipitations (environ 350 mm annuels à Santiago et 350-400 mm à Los Angeles). Elle bloque aussi la pollution au-dessus des grandes villes, comme à Los Angeles, et engendre des brouillards tenaces, comme ceux du Golden Gate. « La baie de San Francisco est célèbre pour sa centaine de jours de brouillards et le nombre de collisions navales qui en résultaient avant l'invention du radar » (VIERS, 1990).

Les climats en sont un peu plus chauds au Cap, sur la côte marocaine et surtout au Sud australien

On retrouve ici le même régime des pluies à maximum unique d'hiver, et pour la côte marocaine et la région du Cap, la même influence de courants froids (des Canaries et de Benguela) et des remontées d'eaux froides (l'upwelling associé à l'alizé est). Cependant, la basse latitude de la côte marocaine lui confère moins de fraîcheur hivernale (gel pratiquement inconnu) et un été plus chaud qu'à San Francisco ou Valparaiso : 22,5 °C à Agadir. Mêmes traits climatiques en Afrique du Sud, à cause de sa position, de sa forme en pointe : au Cap, 21,5 °C en février (contre 18 °C à Valparaiso, à la même latitude) et 12,5 °C en juillet. Les moyennes maximales (*M*) de février avoisinent 26-28 °C, tandis qu'en juillet les minimales (*m*) descendent à 7-8 °C. Le maximum unique hivernal au Cap est nettement marqué, presque autant qu'à Santiago (sensiblement à la même latitude 33-34°S), puisque sur 4 mois, de mai à août, tombent 63 % des pluies du Cap (320 mm sur 510 mm) et 78 % des pluies de Santiago (256 mm sur 330 mm).

Quant au climat australien, il est nettement plus chaud que les deux précédents. D'après l'Australian Bureau of Meteorology, Perth sur 14 ans (de 1993 à 2007) affiche 24,5 °C en février et 13 °C en juillet, les moyennes maximales (*M*) avoisinant 31 °C (en février) et les minimales (*m*) 8 °C (en juillet), cela à cause de l'absence de courant froid. Naturellement les températures mensuelles s'abaissent vers le sud, Albany enregistrant 19,1 °C en février et 11,9 °C en juillet. L'absence de courant froid explique aussi un total pluviométrique annuel supérieur à celui du Cap (moyenne de 754 mm à Perth, sur 14 ans) total qui d'ailleurs augmente considérablement vers le sud, sur cette façade exposée de plein fouet aux dépressions océaniques : 1 500 à 2 000 mm vers le cap Leeuwin. Finalement, « dans cette Australie à étés torrides, le Sud-Ouest apparaît comme une oasis agréable » (GODARD, TABEAUD, 1998), puisqu'il ignore pratiquement les gelées et que dans la plaine côtière des brises marines rafraîchissent quand même certaines journées d'été. Ce climat australien, on le voit, est donc lui aussi marqué par une empreinte océanique. À 35° de latitude sud (contre 32°S pour Perth), Adélaïde, cité plus méridionale est davantage tempérée. Sur 30 ans (de 1977 à 2007), elle enregistre 23,2 °C en février et 11,3 °C en juillet. Dans cette région, les moyennes maximales d'hiver varient généralement de 10 °C au sud – dans Little Desert – à 20 °C au nord de Port Augusta (15,3 °C à Adélaïde), tandis qu'au sud-ouest elles se tiennent entre 15 °C à Albany et 25 °C au nord de Kalbarri (18,3 °C à Perth). La moindre exposition d'Adélaïde face à l'océan lui vaut d'être aussi plus sèche (553 mm de précipitations sur 30 ans). Entre les reliefs modérés, mais de direction méridienne, de la Yorke Peninsula et de la Mount Lofty Range, la ville jouit d'une certaine protection à l'est du golfe Saint-Vincent, lequel s'ouvre seulement au sud, sur l'île Kangourou (Kangaroo Island).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Chapitre 2

Des mosaïques végétales fragiles et instables



© C. Tassin

Ce document est la propriété exclusive de F

La présentation de la végétation naturelle du domaine méditerranéen s'appuiera davantage sur la biogéographie que sur l'écologie méditerranéenne, pourtant rapprochées aujourd'hui par une finalité naturelle utile dans le domaine économique, social et environnemental, où s'exerce une « écologie du paysage ». La biogéographie végétale (ou phytogéographie) étant née dans l'approche initiale des régions méditerranéennes, ce chapitre présente avant tout un petit condensé historiographique des travaux au cours du XXe siècle, axé sur les grandes écoles et les grands centres de recherche qui ont élaboré et parfois remis en cause les divers concepts de base.

La biogéographie végétale, qui étudie les plantes dans leur dimension géographique, met l'accent sur le « paysage végétal », notion très en vogue actuellement, « qui peut s'appliquer à de multiples échelles, depuis les grands biomes continentaux (…) jusqu'au niveau régional ou local, voire stationnel » (Da Lage, Métailié, 2005), et qui relève d'une connotation non seulement physionomique, mais aussi historique et culturelle, puisque le « paysage géographique » – parfois supplanté par le terme de « géosystème » – reste avant tout une entité spatiale perçue au moyen de la vue, interprétée par l'observateur.

L'approche de l'écologie, qui s'attache à travers la notion « d'écosystème » à l'étude des relations entre les êtres vivants (la biocénose) et les rapports qu'ils entretiennent avec le milieu physique (le biotope), est plutôt biocentrique et hiérarchique : le support inerte non vivant est subordonné au vivant au cours des processus de la photosynthèse et de la chaîne trophique. Les

photo > Maquis à Éricacées, arbousiers et cistes, où subsistent quelques chênes-lièges, pins maritimes et parasols (massif des Maures).

écosystèmes sont traversés par un flux de matière et d'énergie, la matière organique circulant d'un organisme à l'autre, entre des « producteurs primaires », les organismes chlorophylliens, des « consommateurs », les autres organismes, et des « décomposeurs », micro-organismes qui recyclent, transforment les déchets organiques (humification, minéralisation) en matières minérales assimilables par les plantes. Les producteurs primaires sont dits « autotrophes », parce qu'ils sont capables de produire leur propre matière organique à partir du dioxyde de carbone atmosphérique et de l'eau de la sève brute (ascendante), qui monte du sol avec les sels minéraux « grâce au mécanisme actif de la poussée racinaire (…) des solutions concentrées vers la tige et, plus encore, par l'intermédiaire de la pression exercée par la transpiration foliaire, qui attire l'eau » (SIMON, 1998). Le brassage permanent des substances organiques et minérales absorbées par les êtres vivants pour leur croissance, leur entretien et leur reproduction (les « cycles biogéochimiques ») assure, en dehors de toute perturbation naturelle ou humaine, la pérennité des écosystèmes, la stabilité durable de la biosphère.

Mais la vie végétale (absorption des substances minérales, photosynthèse et circulation des sèves, respiration, transpiration…) subit les contraintes du climat, surtout la sécheresse estivale, qui s'exercent aussi par l'intermédiaire du sol, d'où l'adaptation anatomique et biologique de certaines espèces qui permet leur résistance. Et depuis environ 7 000 ans, c'est surtout l'activité humaine plurimillénaire, fondée sur le triptyque agriculture-feux-pâturage qui a marqué de son empreinte les écosystèmes méditerranéens. Les paysages végétaux méditerranéens sont aujourd'hui de véritables mosaïques, constituées par l'imbrication de communautés végétales homogènes (régionalement ou localement) généralement peu étendues. Et si ce compartimentage est d'abord fonction des conditions écologiques, notamment climatiques, du cadre géographique, il dépend aussi de facteurs historiques, des trajectoires dynamiques, des réponses des multiples formations face aux perturbations anthropiques, qui permettent d'envisager divers stades évolutifs (des successions ou séries de végétation), des formations primaires (sans perturbations majeures au moins au cours des cent dernières années) et des formations secondaires. Mais considérer l'action conjointe de la nature et de l'homme permet aussi d'envisager les potentialités des principales structures végétales (groupements forestiers, « préforestiers » et « présteppiques »), c'est-à-dire leur développement possible au cours des différents stades d'une succession progressive.

Les régions méditerranéennes, berceau de la biogéographie

L'approche biogéographique

Une biogéographie d'essence « naturelle et culturelle »

Pourtant le vieux débat « géographie science naturelle et (ou) une science sociale » n'a pas été vraiment résolu.

L'école française de géographie créée par Paul Vidal de La Blache (1845-1918), fondateur de la revue *Les Annales de géographie* en 1891, donne le ton à la géographie mondiale jusqu'aux années 1950, qui se considère comme une science naturelle s'intéressant de plus en plus à l'homme. Cette tradition vidalienne de synthèse entre les sciences de la nature et les sciences de l'homme (*Géographie universelle*, 1927-1948), de « discipline carrefour » selon J. Beaujeu-Garnier, permet l'analyse des paysages ruraux, formes alors dominantes de l'espace. En 1909, Emmanuel de Martonne (1873-1955), disciple et gendre de Vidal de La Blache, consacre son *Traité de géographie physique* au climat, à l'hydrographie, au relief et à la biogéographie (MARTONNE DE *et al.*, 1955). Malgré son souci de relier ces quatre branches entre elles, c'est la géomorphologie (l'explication des formes de relief) qui va dominer pour un temps l'école française de géographie.

Dans les années 1960, pour maintenir l'unité de la géographie, des géographes comme Pierre George, Jacqueline Beaujeu-Garnier, Philippe Pinchemel, Georges Bertrand ou encore Pierre Gourou réorientent le monument vidalien vers la géographie humaine (BEAUJEU-GARNIER, 1971). Ces premiers « craquements » trouvent leur origine dans les mutations économiques et sociales, et les recherches en économie spatiale et en sociologie appliquée à l'espace. Dans l'entre-deux-guerres, l'École de sociologie de Chicago, en réfléchissant sur le rôle de la poussée urbaine américaine dans l'organisation de l'espace, avait jeté les bases théoriques de cette nouvelle approche.

En France, cette influence américaine et l'évolution épistémologique (critique des sciences) finissent par déboucher, après 1968, sur une recherche de lois scientifiques qui régleraient les destinées spatiales des sociétés, sur une « nouvelle géographie [dont] l'objet n'est plus la nature,

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

dans ses rapports avec l'homme, ni l'homme, dans ses rapports avec la nature, mais un espace organisé par l'homme, exclusivement » (SCHEIBLING, 1994). Puisque la nature devient subsidiaire, la géographie n'est plus qu'une science humaine, perdant son visage d'interface entre science naturelle et science de l'homme. Roger Brunet, chef de file de cette « nouvelle géographie » centrée sur la Maison de la géographie à Montpellier, fonde en 1972 une nouvelle revue, *L'Espace géographique*, qui définit celui-ci comme non naturel : ses formes visibles et matérielles (paysages, infrastructures, habitat) sont le produit de forces, de flux (invisibles sans l'analyse géographique) émanant des acteurs sociaux qui l'organisent. Produit social, l'espace géographique est aussi un espace vécu par les sociétés qui l'ont créé. Le paysage, qui tient la place essentielle dans la géographie classique, n'est plus que l'élément visible de l'espace perçu et organisé. Et, en 1990, dans la nouvelle *Géographie universelle*, R. Brunet présente les formes élémentaires (les « chorèmes ») qui permettent d'analyser et de représenter toutes les organisations spatiales, depuis l'espace local au système-monde (BRUNET, DOLLFUS, 1990).

La géographie, étude de l'organisation de l'espace ? Si cette définition a pu convenir aux géographes des relations homme/nature comme à ceux de la « nouvelle géographie », en fait, l'unité de la géographie, qui ne peut être à la fois une science naturelle et une science sociale, a été remise en cause. Fallait-il admettre l'existence de deux géographies ? Fallait-il souhaiter que la géographie humaine et la géographie physique deviennent autonomes ?... Il semble aujourd'hui que les géographes « physiciens » et « humanistes » sentent le besoin de rester ensemble, peut-être parce qu'ils tirent parti depuis longtemps de leurs relations pluridisciplinaires (DAMETTE, SCHEIBLING, 1984). La place de la géographie physique fait débat au sein même de la géographie, mais certains géographes physiciens plaident pour un renouveau, l'intégration des concepts de la géographie humaine et des sciences sociales. Des études en termes de développement durable qui prennent en compte les acteurs géopolitiques et les divers aménagements vont dans ce sens, comme celles d'Yvette Veyret en géomorphologie, Martine Tabaud en climatologie ou encore Paul Arnould en biogéographie. Ainsi, la géographie physique s'intéresse-t-elle aujourd'hui de plus en plus au rôle de l'homme dans la transformation de son environnement physique, J.-P. Marchand allant jusqu'à déclarer la géographie physique, science sociale. Mais peut-on vraiment parler d'une unité de la géographie dans la pluralité, comme le suggère Philippe Pinchemel ?... Là où les géographes physiciens parlent « d'espace anthropisé », Pierre George parle plutôt « d'espace humanisé » et Roger Brunet « d'espace socialisé ». Aujourd'hui encore, « ces différences sémantiques sont significatives des différences de conception de la géographie et de son objet » (SCHEIBLING, 1994).

Les définitions de la biogéographie végétale reflètent ce cheminement de la géographie entre appartenance naturelle et culturelle (ROUGERIE, 2006).

La biogéographie a pour objet l'étude de la biosphère dans sa dimension géographique. « La Biosphère, ou sphère du vivant, correspond à cet interface entre lithosphère, atmosphère et hydrosphère où se développe la vie animale et végétale » (SIMON, 1998). La biogéographie a pour objet central la végétation naturelle, les grandes expéditions scientifiques ayant toujours porté sur elle, et les premiers naturalistes ayant été surtout des botanistes : « après la topographie, ce sont les couverts végétaux qui impriment, dans l'espace et au cours du temps (en rythmes saisonnier, pluriannuel, voire pluriséculaire) leur marque sur les paysages : les végétaux constituant d'ailleurs les neuf dixièmes de la biomasse de la biosphère » (DA LAGE, MÉTAILIÉ, 2005). De grands auteurs ont élaboré des définitions qui font autorité en la matière. Celle proposée par Emmanuel de Martonne dans son *Traité de géographie physique* a fait longtemps référence : « l'analyse de la répartition des êtres vivants à la surface du globe et l'analyse de ses causes, tel est l'objet de la biogéographie, qui comprend à la fois la géographie des plantes, ou phytogéographie, et la géographie des animaux, ou zoogéographie». Célèbre aussi pour ses indices d'évapotranspiration potentielle et d'aridité, E. de Martonne est l'inventeur du concept de « diagonale aride » regroupant les différents milieux secs qui s'échelonnent en latitude et en longitude (on parle aujourd'hui de « diagonale sèche »). Quarante ans plus tard, avec Georges Lemée, la définition de la biogéographie n'a guère changé, c'est « la science de la répartition des êtres vivants, de ses causes et de ses modifications » (LEMÉE, 1967). Il faut attendre l'ouvrage d'Henri Elhaï, *Biogéographie,* pour voir s'affirmer le rôle décisif des interventions humaines : « Les paysages biogéographiques sont un compromis entre l'œuvre de la nature et l'action millénaire de l'Homme » (ELHAÏ, 1968).

L'approche de Paul Arnould s'articule autour des trois groupes de syllabes qui forgent le nom de la biogéographie (ARNOULD, 1994) : « Bio » fait référence à tout ce qui concerne la vie, « Géo » oblige à prendre en compte toutes les échelles, toutes les formes d'organisation de l'espace,

« Graphie » s'applique à tout ce qui est écrit, et par extension aux diverses formes de perception, d'expression et de représentation (textes et images) des faits biologiques et géographiques. Dans leur *Dictionnaire de biogéographie végétale,* le géographe et chercheur Antoine Da Lage et l'ethnobiologiste, historien des sciences Georges Métailié adoptent cette approche où l'homme (individu et sociétés) est considéré « en tant qu'élément participant à la dynamique et au fonctionnement des milieux et paysages végétaux, mais également en tant qu'être sensible, porteur de multiples perceptions et représentations du monde vivant en général et de la végétation en particulier » (DA LAGE, MÉTAILIÉ, 2005). La biogéographie est vraiment devenue tout à la fois « naturelle et culturelle ».

Des liens étroits avec l'« écologie du paysage »

La biogéographie végétale, c'est l'étude de la répartition des végétaux ou de leurs communautés à différentes échelles spatiales (grands biomes continentaux, grandes formations végétales, domaines, régions, géofaciès plus réduits…) et des facteurs et modalités de cette répartition, notamment leur fonctionnement écologique, ce qui permet d'envisager leur conservation. Parce qu'elle couvre des champs de recherche très larges, la biogéographie a recours à de nombreuses disciplines telles que la botanique, la climatologie, la pédologie (science des sols), l'hydrologie, la phytosociologie (étude des groupements végétaux), l'écologie, la taxonomie (classification typologique des organismes vivants ou taxons), la systématique (classification hiérarchisée des êtres vivants), la géographie humaine, l'histoire… Et elle s'en trouve aujourd'hui partagée : la géographie, la botanique, l'écologie, la biologie… s'arrogent la totalité ou des pans du vaste domaine de la discipline. Les géographes, qui prennent en compte les « phénomènes de répartition, de différenciation et de relations spatiales – expressions de systèmes d'organisation dont les facteurs sont à rechercher » (ROUGERIE, BEROUTCHACHVILI, 1991), ne peuvent ignorer les apports de la biologie et de l'écologie, et à l'inverse, les biologistes et les écologues introduisent l'espace, les localisations et les échelles dans l'analyse des fonctionnements, dans les écosystèmes en particulier.

Depuis les années 1990, la biogéographie a des liens plus étroits avec l'écologie, axés sur la notion de « paysage » (BUREL, BAUDRY, 1999). Pourtant, à la fin du XXe siècle, les termes de « paysage », de « géosystème », préférés des géographes, n'apparaissent que rarement dans les ouvrages écologiques, et uniquement dans les revues publiées depuis 1990. Les écologues utilisent la notion d'écosystème, définie depuis Arthur Tansley (1935) comme un ensemble constitué d'une composante vivante, la biocénose (avec ses relations internes), d'un support inerte, le biotope, et de leurs interrelations (coopération, compétition, prédation) et interactions (flux de matière et d'énergie, ou cycles biogéochimiques). Certes, l'interdépendance des écosystèmes les a conduits à les regrouper en grandes formations par régions climatiques (les « biomes »), le « géosystème », leur apparaissant comme trop empreint d'une dimension perspective et subjective forte. De fait, le paysage des géographes n'est pas qu'un agencement d'éléments biotiques (organiques, vivants ou morts), abiotiques (inorganiques, physicochimiques : l'eau, l'air, le sol, la température, la lumière) et anthropiques (l'homme). Pour qu'il y ait paysage, il faut une relation, c'est-à-dire un processus d'interprétation, entre l'espace observé et l'observateur (individu ou société). En 1984, T. Brossard et J.-C. Wieber y distinguent un triptyque systémique : le système producteur, le système paysage visible, le système utilisateur, qui comporte plusieurs temporalités : à long terme, les processus qui sont à l'origine des paysages ; à l'échelle annuelle, le rythme saisonnier ; à l'échelle de la journée, la modification de la lumière… Pour appréhender les divers temps de l'environnement, Georges Bertrand propose un concept ternaire GTP, géosystème – territoire – paysage (BERTRAND, 1978, 2002), qui marque l'irruption du sensible, des représentations socio-culturelles dans le champ de la nature. Le concept de « géosystème », apparu en 1960 en Union soviétique (V. B. Sochava), en Allemagne, Pologne, Tchécoslovaquie et dans une moindre mesure en France, a parfois supplanté la notion de paysage. Il se différencie de « l'écosystème » par ses finalités, c'est un concept territorial, une unité spatiale bien délimitée et analysée à une échelle donnée, donc beaucoup plus large que l'écosystème, qui devient ainsi une partie du système géographique naturel (BEROUTCHACHVILI, BERTRAND, 1978). Et surtout, « l'écosystème représente une approche biocentrique et métabolique, où les éléments non vivants sont subordonnés à l'analyse du vivant au cours du processus de la photosynthèse et de la chaîne trophique, alors que dans le géosystème il n'existe ni approche préférentielle, ni hiérarchie à priori. C'est la hiérarchie naturelle des éléments telle qu'elle apparaît dans l'analyse quantitative de l'espace-temps concret qui détermine les priorités de l'analyse » (BERTRAND, 2002). Les structures et les mécanismes écosystémiques

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

peuvent s'appréhender globalement, selon l'approche holistique, dite « du super-organisme » : dans ce cas son comportement ne peut pas être déduit de la connaissance de ses constituants. Dans l'approche réductionniste, basée sur l'individu, l'écosystème est un assemblage d'espèces réagissant individuellement aux conditions environnementales, il est donc la somme de ses constituants et de leurs interactions. D'autres géographes insistent aussi sur la place dans l'approche paysagère, géosystémique, de la subjectivité, du vécu, de l'évolution des perceptions à travers nos modes de vie (voiture, avion, train), de l'impact des projections des représentations sociales ou individuelles sur les systèmes naturels, tels G. ROUGERIE et N. BEROUTCHACHVILI (1991) qui sentent bien qu'au-delà des paysages c'est le problème de l'unité de la géographie qui se pose.

La finalité naturaliste des démarches biogéographique et écologique, leur utilité dans le domaine économique, social et environnemental, ont fini par rapprocher la géographie et l'écologie – véritable enrichissement scientifique effectué à travers « l'écologie du paysage : mode d'appréhension de l'espace géographique considéré comme un complexe de systèmes biotiques et physiques confronté aux activités humaines » (DA LAGE, MÉTAILIÉ, 2005). Apparue en 1938 sous la plume de Carl Troll, la *Landschaftsökologie* n'a commencé de se développer que vers la fin des années 1970, pour prendre vraiment son essor dans les années 1990. En 1985, pour donner plus d'ancrage à la notion de paysage, a été introduit le concept « d'écocomplexe », système d'écosystèmes interdépendants, qui repose sur une vision à la fois écologique et géographique de l'environnement en intégrant des paramètres d'ordre matériel, économique et culturel (patrimoine), mais tente de s'abstraire de tout ce qui relève de l'affectivité.

Même si la démarche est séduisante, visant à remplacer la notion de « paysage » dans ce qui touche à la gestion de l'environnement et à l'aménagement, nous avons choisi de présenter les contrastes des paysages végétaux méditerranéens dans le cadre général de quelques grands « géosystèmes », définis en premier lieu par le relief, montagnes, plaines, littoraux, piémonts et collines, dont les conséquences sont évidentes sur les sols, le climat, les eaux et l'intervention humaine. Ainsi, on examinera d'abord les paysages végétaux des principaux bas pays : forêts, matorrals, pinèdes préforestières, steppes herbacées (en deuxième partie), avant d'aborder les étagements végétaux des montagnes méditerranéennes (en troisième partie).

Les concepts de base et leur remise en cause

Les précurseurs : de Montpellier à Toulouse

Dès 1901, Charles Flahault (1852-1935), fondateur de l'Institut de botanique de Montpellier inauguré en 1890, et reconstruit après 1946 par Louis Emberger, pose les bases de la phytosociologie en ébauchant le concept « d'association végétale », groupement d'espèces qui caractérise un type de conditions de vie. Auteur de nombreux travaux, il est le premier à concrétiser l'idée d'une cartographie synthétique de la végétation, réalisant lui-même la cartographie au 1/200 000 des étages sur un domaine immense (environ un dixième de la France). Ce travail, resté inédit, sera à l'origine de la *Carte du tapis végétal de la France au 1/1 000 000* publiée en quatre feuillets en 1936 par Henri Gaussen, qui publiera aussi *La distribution géographique des végétaux dans la région méditerranéenne française* de Charles Flahault l'année suivante (FLAHAULT, 1897). On comprend pourquoi en 2010, l'association *Tela Botanica* avec l'association Présence de Charles Flahault, les Archives départementales de l'Hérault, les universités de Montpellier-1 (Faculté de pharmacie) et Montpellier-2 (Institut de botanique) lancent une initiative visant à rassembler et numériser, de manière exhaustive, tous les documents du célèbre botaniste.

L'école de phytosociologie züricho-montpelliéraine, dirigée par Josias Braun-Blanquet et Jules Pavillard, reprend le concept d'association végétale, considérant celle-ci comme une unité élémentaire autonome, intégrée dans une classification hiérarchique (BRAUN-BLANQUET, 1933). Botaniste suisse venu s'établir à Montpellier, Josias Braun-Blanquet (1884-1980) met en œuvre pour la première fois ce concept dans sa thèse de doctorat sur la végétation des Cévennes méridionales (BRAUN-BLANQUET, 1915), entreprise sous l'égide des botanistes montpelliérains C. Flahault et J. Pavillard. En 1930, il fonde la Station internationale de géobotanique méditerranéenne et alpine de Montpellier (Sigma) et en 1948 commence à éditer la revue *Vegetatio* qui deviendra rapidement la tribune internationale de la géobotanique. Avec son traité *Pflanzensoziologie* sorti de presse en 1928, traduit peu après en anglais et en espagnol, Braun-Blanquet se trouve à l'orée de la phytosociologie naissante : la troisième édition, parue à Vienne (BRAUN-BLANQUET, 1964) et commentée aux États-Unis, présente une synthèse des méthodes et des longues recherches sigmatistes. Le botaniste est également l'auteur d'une monographie phytosociologique, *La forêt*

*d'yeuse languedocienne (*Quercion illicis*)* (BRAUN-BLANQUET, 1936), et des *Groupements végétaux de la France méditerranéenne* (BRAUN-BLANQUET *et al.*, 1952). En 1947, il rédige avec R. Molinier et L. Emberger, des *Instructions pour l'établissement de la carte des groupements végétaux*.

En foresterie, l'école de Nîmes fonde ses principes d'aménagement, particulièrement adaptés à la forêt méditerranéenne, sur la dynamique forestière et les conditions socio-économiques environnantes. Son fondateur, G. KUNHOLTZ-LORDAT (1938), disciple du phytogéographe Flahault et du phytosociologue Pavillard, « souhaitait voir les sciences forestières s'inspirer davantage encore de l'approche phytogéographique, et emprunter également les fondements de la phytosociologie sigmatiste, sans toutefois en adopter strictement les méthodes ni la terminologie » (DA LAGE, MÉTAILIÉ, 2005).

L'École phytogéographique de Toulouse, impulsée par Henri Gaussen (1891-1981), professeur de sylviculture dans cette ville, est à distinguer de l'École de géographie basée également à Toulouse et centrée autour de Georges Bertrand sur le « géosystème » (cf. *supra*). Avec sa thèse sur *La végétation de la moitié orientale des Pyrénées*, H. Gaussen pose les bases de ses futurs travaux biogéographiques et cartographiques (GAUSSEN, 1926). Disciple de Charles Flahault, le célèbre botaniste phytogéographe, qui reprochait à la phytosociologie sigmatiste son abstraction et ses lacunes, est à l'origine de la notion d'étages et de successions de la végétation, véritable fondatrice de la phytogéographie, ses nombreux travaux accordant alors une place importante à la physionomie des formations et aux conditions qui déterminent leur dynamique : facteurs climatiques, édaphiques (rôle du sol), chorologiques (rôle de l'histoire de la répartition et de ses modalités), mais aussi facteurs historiques, liés à l'évolution des pratiques agro-sylvopastorales. Son indice xérothermique ou nombre de jours « écologiquement secs », et sa définition du « mois sec », nécessaire à l'élaboration d'un diagramme ombro-thermique, permettent de mieux cerner la sécheresse méditerranéenne (chap. 1). À partir de 1947, le CNRS lui confie la réalisation de son grand projet, la *Carte de la végétation de la France au 1/200 000*. Dans le laboratoire forestier de Toulouse, H. Gaussen met alors en place avec Paul Rey et Georges Dupias un SCV (Service de la carte de la végétation). Le travail qui durera 40 ans (jusqu'en 1987) aboutira à une cartographie magistrale de 80 feuilles, qui applique la notion de série ou d'étage de végétation, et celle de répartition géographique déterminée par les conditions du milieu (climat et nature des sols), comme le montre la classification édapho-climatique des groupements végétaux adoptée par Henri Gaussen.

Les écologues du Cepe (Centre d'études phytosociologiques et écologiques) de Montpellier sont les héritiers du botaniste de renommée internationale Louis Emberger (1897-1969), continuateur de l'œuvre de son beau-père Charles Flahault (EMBERGER, 1930, 1933). Ses dix ans d'exploration botanique dans les plaines et les Atlas marocains (en collaboration avec R. Maire) débouchent sur l'établissement de la *Carte phytogéographique du Maroc au 1/1 500 000* (EMBERGER, 1939), et l'amènent à bouleverser les conceptions en cours sur la notion de climat méditerranéen et sur la distribution de la végétation méditerranéenne. Remarquant que le chêne vert peut devenir montagnard sur le flanc occidental du Moyen et du Haut Atlas, Louis Emberger affranchit la notion d'étage végétal de celle d'altitude. La création d'un quotient pluviothermique et l'utilisation des minima des mois les plus froids (*m*) lui permettent de distinguer les variétés du climat méditerranéen, auxquelles il associe autant de types de végétation méditerranéenne (chap. 1), une gamme complète qu'offre le Maroc depuis la mer jusqu'aux cimes des Atlas. L'utilisation de *m* répondait à une observation faite par Flahault et Durand que l'olivier supporte des froids de - 14 °C, à condition que le temps soit sec. Installé à Montpellier, où il dirige l'Institut de botanique de 1937 à 1969, Louis Emberger étend ses recherches de délimitation climatique aux zones marginales des pays méditerranéens, pousse ses enquêtes de végétation dans le monde (au Moyen-Orient, en Australie, Chili…). En 1943, il cherche à coordonner les recherches phytogéographiques dans un organisme comparable au Service de la Carte géologique de la France. Mais le CNRS ne veut pas départager les deux grands phytogéographes : en 1947, tandis que Gaussen à Toulouse prend la direction du SCV (cartographie au 1/200 000), Emberger à Montpellier se voit confier un CGV, un Service de la Carte des groupements végétaux (cartographie à plus petite échelle, 1/20 000). C'est ce CGV qui sera transformé en 1961 en Cepe et installé dans la garrigue proche de Montpellier pour fournir des données, des cartes, aux décideurs économiques et aux aménageurs (exemples : les cartes pour la modernisation agricole en Algérie, Tunisie, au Maroc, en Égypte, Iran, Inde… ou celle réalisée pour l'aménagement agricole et forestier de la Sologne). En 1963, Louis Emberger collabore aussi avec Henri Gaussen à 2 cartes, la *Carte de la végétation* et la *Carte bioclimatique de la région méditerranéenne au 1/5 000 000.*

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Quatre petites cartes (à plus petite échelle) sont incluses dans la brochure explicative (Afrique du Sud, Australie, Amérique du Nord, Amérique du Sud).

D'Aix-Marseille au pourtour méditerranéen

À partir des années 1970, la recherche paysagère, empreinte d'esprit ou de méthode avant tout écologique, est abordée dans une optique défensive contre le déferlement des constructions urbaines et littorales : études qui déterminent des « compatibilités » et des « incompatibilités » entre le site et les usages envisagés aux environs de Toulon, ou étude pluridisciplinaire du paysage du massif des Albères, au-dessus du Roussillon, dans lequel Louis Amandier cerne les évolutions, les potentialités et les agressions avec des données phytoécologiques, des méthodes du Cepe. À partir des années 1980, il s'agit surtout d'une défense contre la pression touristique et les incendies : reprenant certaines techniques de la planification écologique, M. Guigo en 1982 débouche sur la définition de « zones de stabilité » et de « fragilité du milieu » permettant d'établir des scénarios d'aménagement. Peu de tentatives à cette époque pour appliquer l'analyse des géosystèmes de G. Bertrand ou de J.-C. Wieber à la recherche paysagère (Bertrand, 1984) dont les préoccupations sont surtout d'ordre botanique et écologique, comme en témoignent les travaux de Barbero en 1972 sur les Alpes maritimes, Gamisans en 1976-1978 sur la montagne corse, Loisel en 1976 sur la végétation de l'étage méditerranéen de Provence, Bonin en 1978 sur les montagnes de l'Apennin centro-méridional, Thinon en 1979 sur les incidences écologiques des reboisements. À partir des années 1980, les fréquentes missions des phytosociologues et des botanistes encadreront nombre de recherches nationales, notamment dans tout le Maghreb : au Maroc (Achhal *et al.*, 1980 ; Benabid, 2000, 2002 ; M'Hirit, 1982 ; M'Hirit *et al.*, 1994, 1998 ; Quézel, 1991 ; Quézel *et al.*, 1987, 1994), en Tunisie (El Hamrouni, 1992), en Algérie (Dahmani-Megrerouche, 1998).

Avec la création en 1985 de l'Imep (Institut méditerranéen d'écologie et de paléoécologie) à l'université d'Aix-Marseille, « on passe essentiellement à l'exploitation et à la conceptualisation du corpus des connaissances acquis durant la décennie précédente » (Quézel, Médail, 2003) *:* étude de la mise en place des forêts actuelles ; interprétation de leur structure et de leur dynamique, qui précise pour la première fois le rôle des conifères, établit l'importance fondamentale de l'impact anthropozoologique qui aboutit à deux processus principaux et contrastés, au nord et au sud du bassin méditerranéen ; prise en compte de cet impact sur la biodiversité, qui est actuellement l'un des axes principaux de la recherche à l'Imep (Quézel, Médail, 2003). Le bassin méditerranéen est reconnu comme un des pôles de biodiversité au niveau mondial, l'un des « hotspots » avec ses nombreuses espèces endémiques menacées. Vers la fin du siècle dernier, 44 % d'entre elles se situaient sur seulement 22 % de son aire. Les recherches s'étendent à d'autres régions du monde à climat méditerranéen, notamment la Californie, la région du Cap et le Chili méditerranéen. L'ouvrage monumental (570 pages) de Pierre Quézel et Frédéric Médail, *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen* constitue un bilan des principaux travaux du Laboratoire de botanique et d'écologie méditerranéenne et de l'Imep depuis près de 40 ans, tout en faisant part des avancées qui s'engagent en ce début de siècle dans la génétique des ligneux et la compréhension des dynamiques. En définissant trois modes d'occupation spatiale dans le bassin méditerranéen, M. Barbero, P. Quézel et F. Médail prônent une dynamique qui n'est plus basée sur la théorie du climax proposée par F. E. Clements (Clements, 1916, 1936), mais sur la théorie de H. A. Gleason (Gleason, 1917, 1926), l'observation des comportements des espèces *vs* le stress climatique et les multiples perturbations. Le *« climax »*, mot anglais qui signifie « point culminant », « indique que la végétation est l'aboutissement d'une évolution dont chaque terme est analogue à chacun des barreaux d'une échelle » (Elhaï, 1968). Selon T. Tatoni, il peut être défini comme « une association stable d'espèces qui caractérise qualitativement et quantitativement l'ultime phase de développement d'une communauté dans une succession ». Cette image d'une végétation stable, en équilibre avec les conditions climatiques et pédologiques quand l'action humaine cesse ou n'existe pas, s'applique difficilement aux milieux fragiles et vulnérables méditerranéens profondément transformés par les interventions humaines. La notion de climax a donc été critiquée par la communauté scientifique, phytosociologues, botanistes, ou géographes (Whittaker, 1951 ; White, 1979). Pour Henri Elhaï, elle « implique la fixité des caractères climatiques », or ceux-ci depuis la fin du Glaciaire würmien peuvent se modifier à l'échelle du millénaire ou du siècle : exemple des « oscillations climatiques mineures » dans les aires de contact, de transition, de communautés biologiques différentes (écotones). Alain Huetz de Lemps (1994) évoque « des climax stationnels (…) pour des groupements végétaux originaux, des associations spécialisées ». Jean-Charles Filleron, fervent défenseur de la mise en œuvre

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

des nouveaux concepts, rapporte les raisons du maintien de la notion de climax dans le discours scientifique malgré les critiques émises lors du colloque de Toulouse – *Les temps de l'environnement* – en 1997 : souplesse d'une « notion à géométrie variable » qui dispose d'une vingtaine de termes pour classer tout régime stationnaire, quelle qu'en soit la durée ; souplesse d'une notion qui permet d'envisager, au lieu d'une hypothétique finalité, de nombreuses trajectoires possibles de la végétation, parfois imprévisibles (ARNOULD, 1993).

Depuis les années 1990, « l'évolution considérable des disciplines écologiques (…) le renouvellement important… et l'élargissement des équipes de l'Imep à des chercheurs aux compétences diversifiées, ont amené l'unité à une mutation progressive (…) dans ses objectifs de recherche » (*Dossier de contractualisation*, 2004-2007). La mission scientifique initiale de l'Institut fondé par A. Pons et P. Quézel était d'élargir les connaissances sur la flore et la végétation du pourtour méditerranéen. Les paléoécologues, à partir de l'analyse pollinique et dendrochronologique (l'étude des cernes des troncs d'arbres), complétaient les connaissances des phytoécologues actualistes sur les groupements végétaux. Dès la fin des années 1980 existait déjà un important panorama spatio-temporel (sans doute unique) de la végétation du bassin méditerranéen. Perçu comme un niveau d'organisation des écosystèmes, le paysage est alors devenu au début des années 1990 objet et cadre de la recherche (introduction de l'approche « écologie du paysage »). L'idée essentielle était que pour se maintenir dans leurs niches écologiques et leurs habitats, les populations animales et végétales doivent s'adapter à une dynamique du paysage largement impulsée par l'homme. L'intégration de la structure spatiale et de ses changements dans le temps devenait donc un élément incontournable pour la compréhension des processus écologiques (FORMAN, 1995). Mais la démarche paléoécologique a connu aussi une évolution importante, avec le développement de « la paléoclimatologie, tant pour les échelles temporelles récentes (dendrochronologie) que pour les plus longues durées (palynologie, paléoentomologie) » (*Dossier de contractualisation*, 2004-2007), à travers des programmes pluridisciplinaires européens. L'Imep, qui en 1989 pilotait la création de l'*European Pollen Database* (EPD), est devenu une plaque tournante internationale pour la palynologie. L'approche « écologie fonctionnelle » a pris elle aussi toute son ampleur dans les années 1990, avec notamment des thématiques comme la biodégradation ou le suivi des cycles de bioéléments dans les systèmes sclérophylles. Enfin, si l'action de l'homme dans l'étude des écosystèmes méditerranéens continentaux a toujours été prise en compte depuis l'existence de l'Institut, c'est dans la dernière décennie du siècle qu'a été introduite la notion de « perturbation », phénomène considéré comme un incident précis entraînant des modifications importantes des structures végétales et des relations fonctionnelles dans les écosystèmes. Aujourd'hui, les recherches de l'Institut méditerranéen d'écologie et de paléoécologie sont orientées vers trois axes principaux : les Paléoenvironnements et la Biogéographie évolutive ; l'Organisation et la vulnérabilité des systèmes écologiques ; les Processus fonctionnels et la Valorisation de la biodiversité. Plutôt tournées vers la biologie de la conservation, les problématiques s'appuient sur un cadre conceptuel et méthodologique qui privilégie le niveau spatio-temporel du paysage.

Une vie végétale soumise au climat et aux perturbations humaines

Le stress climatique s'exerce par la sécheresse estivale et les variabilités interannuelles des pluies, qui ont tendance à se renforcer avec le réchauffement global actuel (cf. chap. 10). Ces variabilités expliquent certaines fluctuations des limites écologiques des paysages végétaux, notamment sur leurs marges. Mais le fonctionnement des écosystèmes porte surtout la marque d'une longue et forte anthropisation débutée au Néolithique, avec les défrichements par la hache et le feu pour la culture et le pâturage. L'approche paléoécologique de l'Imep, développée dès les années 1990 (cf. *supra*), permet de reconstituer les divers temps des paléo-environnements (notamment de la paléoclimatologie) et de cette occupation de l'espace par les communautés humaines. Interdisciplinaire, l'acquisition des données se fait à partir de différents outils biologiques (comme les pollens, les charbons de bois…) ou géologiques (géochimiques, sédimentologiques…), selon trois échelles temporelles : celle du long terme, les époques glaciaires-interglaciaires (Pléistocène), quelques centaines de milliers d'années ; celle du moyen terme, les périodes tardiglaciaire et postglaciaire (Holocène), les treize derniers millénaires où s'installent les écosystèmes et leur biodiversité, enfin le court

terme, les périodes marquées par les perturbations engendrées par l'activité humaine.

Ces temporalités de la mise en place des structures végétales – les divers processus climatiques et anthropiques – sont ici présentées à l'aide de quelques exemples récents d'une recherche paléoécologique basée sur différents indicateurs (ANDRIEU-PONEL *et al.*, 2000 ; DUBAR *et al.*, 2004 ; MARTIN *et al.*, 2006 ; FOUACHE, 2006 ; HENRY *et al.*, 2010 ; TALON, 2010 ; TOUFLAN *et al.*, 2010), privilégiant une vision dynamique – non fixiste – des relations entre sociétés et milieux, donc leurs influences réciproques et par conséquent les scénarios de type co-évolution, susceptibles par ailleurs d'éclairer les gestionnaires de l'environnement (chap. 10).

La mise en place de la végétation méditerranéenne

Des recherches pluridisciplinaires en haute résolution temporelle

L'histoire de la flore méditerranéenne profite des progrès réalisés dans diverses disciplines. Les recherches en géologie, géomorphologie et paléoclimatologie permettent une meilleure caractérisation et datation des étages (tabl. 2). Par exemple le Villafranchien, coupé en deux en 1972, a vu sa partie inférieure intégrer la fin de l'ère tertiaire (le Pliocène), sa partie supérieure constituant au début du Quaternaire un Pléistocène inférieur, entre 1,810 et 0,700 Ma (millions d'années) BP. C'est à cette période que l'on place généralement la glaciation Günz, celles du Mindel vers 0,500 Ma et du Riss vers 0,200 Ma se déroulant au Pléistocène moyen (0,700 à 0,120 Ma), et la glaciation du Würm se produisant au Pléistocène supérieur (120 000 à 10 300 ans BP), en plusieurs phases. Car les observations ont conduit « à multiplier les périodes froides (…) à dédoubler ou détripler les glaciations classiques » (DERRUAU, 1988) et l'on distingue un Préwürm plus humide du Würm pléniglaciaire (72 000 à 15 000 ans BP), lequel est caractérisé par des épisodes de forte aridité et suivi par un Tardiwürm ou Tardiglaciaire (15 000 à 10 300 ans BP) où se succèdent récurrences froides (Dryas ancien et récent) et détente climatique (Bölling-Allerød). Les nombreuses recherches en taxinomie, en paléobotanique et paléoécologie fournissent aujourd'hui des renseignements majeurs. L'évolution postglaciaire des ligneux est observable grâce à l'étude des restes macroscopiques comme les feuilles, les fruits, les graines, le bois (l'anthracologie), et surtout l'analyse des pollens et spores fossiles, la palynologie (cf. *infra*). Lorsque les conditions de sédimentation sont adéquates, la « pluie pollinique » qui tombe sur le sol au moment de la floraison se conserve bien. Mais les sites favorables de tourbières ou de fonds de marais (en situation d'anaérobie) sont plus rares en région méditerranéenne qu'en zone tempérée. L'exine, la membrane très résistante qui protège le grain de pollen ou la spore, permet l'analyse d'échantillons sédimentaires superposés en un lieu donné (parfois datés selon la méthode du carbone 14). Ainsi sont élaborés des « spectres », puis des « diagrammes sporo-polliniques » qui traduisent les variations de la végétation en fonction de la profondeur, donc du temps. Ces disciplines d'analyses paléobotaniques ont abouti à un découpage de l'Holocène (ou Actuel) en cinq périodes : Préboréal (10 300-9 000 BP), Boréal (9 000-7 500 BP), Atlantique (7 500-4 700 BP), Subboréal (4 700-2 700 BP) et Subatlantique (depuis 2 700 ans).

Développées pour diverses séries temporelles, certaines reconstitutions paléoclimatiques permettent de saisir la relation entre la dynamique du climat et celle de la végétation à des échelles locales et régionales, et de valider à l'échelle du continent européen certains modèles de simulation climatique (BEAULIEU DE *et al.*, 2002), les Modèles du climat régional (MCR) donnant des détails spatiaux plus précis, des projections plus réalistes que les Modèles du climat du globe (MCG). Ces reconstitutions des climats du passé sont obtenues à partir du croisement de recherches paléoécologiques basées sur divers paléo-indicateurs : géologiques comme les dépôts sédimentaires ou les migrations de substances géochimiques ; et biologiques comme les pollens ou les macrorestes végétaux, de coquilles d'escargots et d'insectes (en particulier de coléoptères et d'algues d'eau douce ou saumâtre). Les diverses temporalités permettent aux gestionnaires de l'environnement de mieux comprendre les dynamiques écologiques actuelles, en éclairant notamment la crise d'érosion de la biodiversité.

L'échelle temporelle du long terme, pour nous quelques centaines de milliers d'années, vise à explorer les dynamiques écologiques des grands cycles climatiques en situations non perturbées par l'homme (glaciaire, interglaciaire). Les grandes lignes de l'évolution des écosystèmes européens au cours du dernier million d'années sont aujourd'hui mieux connues grâce à l'étude des longues séquences lacustres continentales : exemples des séries du Velay qui s'échelonnent sur environ 400 000 ans, ou celles du lac volcanique du Bouchet (Massif central) dont la base sédimentaire frôle les 300 000 ans. « Les études récentes montrent que les glaciations, en particulier la dernière, ne furent pas aussi destructrices sur le monde vivant qu'on le croyait auparavant » (ANDRIEU-PONEL *et al.*, 2007).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

L'échelle du moyen terme est celle qui donne la clé de la mise en place de nos actuels écosystèmes et de leur fond de biodiversité biologique : elle constitue sur les 14 ou 15 derniers millénaires la période qui suit le dernier maximum glaciaire, le Tardiglaciaire, et celle du réchauffement postglaciaire (les 10 000 ans de l'Holocène), parfois considérée comme « notre interglaciaire ». Si les analyses polliniques ou de macrorestes végétaux sont de précieux outils de recherche sur les climats des cycles glaciaires, les meilleurs marqueurs paléoécologiques sont les insectes, surtout les coléoptères qui supportent sans dommage la fossilisation. Les informations que donnent les assemblages de centaines d'espèces, sous forme de milliers de fragments (PONEL, 1994), sont souvent de grande précision. Ces insectes n'ayant pas subi d'évolution morphololologique et écologique significatives au cours de l'ère quaternaire, « il suffit de transposer aux communautés fossiles les données écologiques et climatiques » des insectes vivants dans les écosystèmes actuels (ANDRIEU-PONEL *et al.*, 2007). Les travaux basés sur l'identification des coléoptères fossiles piégés dans les sédiments continentaux ont montré que la sortie des glaciations était toujours rapide, parfois réalisée en moins de 50 ans.

À l'échelle du court terme, l'homme devient le perturbateur majeur des systèmes écologiques.

Cette échelle permet une résolution très fine, qui peut aller de l'année au siècle ou plus, par exemple les 2 000 dernières années ou même toute la période de néolithisation. L'impact de l'homme depuis la Révolution néolithique revêt une importance capitale pour l'interprétation des paysages actuels et comme élément de dialogue entre les écologues et les paléoécologues. Aujourd'hui, les parts de responsabilité relatives de l'homme et du climat dans la structuration des végétations méditerranéennes actuelles sont estimées grâce à de très nombreuses études croisées. L'Imep est devenu une plaque tournante internationale pour la palynologie et la paléoentomologie : plusieurs profils ont été consacrés à l'axe rhodanien : La Calade, marais des Baux (ANDRIEU-PONEL *et al.*, 2000), Courthézon, La Camargue, étang de Berre… Ces données biologiques, appuyées sur la base européenne de données polliniques (l'EPD), montrent la précocité et l'intensité de la pression humaine, à l'origine de l'explosion de la diversité des communautés végétales et d'insectes. À La Calade, il y a 2 000 ans, le paysage était aussi déforesté que de nos jours. La séquence des Baux montre la sapinière et la hêtraie installées à basse altitude. L'étude du carottage de 28 m de Pont d'Argens, dans le Var (DUBAR *et al.*, 2004), entre 7 900 et 3 000 BP, est intéressante parce qu'elle offre une première approche phytohistorique de la Provence cristalline antérieure à l'intervention de l'homme néolithique, laquelle semble plus faible et plus tardive qu'en Provence occidentale (début vers 6 500 BP) Les études du contenu en pollen, macrorestes végétaux et d'insectes concernent aussi des sites étagés dans le but de retracer les variations altitudinales de la limite supérieure de la forêt et des arbres : exemples, dans les Pyrénées méditerranéennes, des vallées glaciaires de la Têt, site du lac Racou (GUITER *et al.*, 2005), et de la Bruyante, sites de Soucarade et de La Restanque (REILLE, ANDRIEU, 1993).

L'anthracologie, ou étude des bois conservés par carbonisation, s'est développée en relation avec les domaines de la paléobotanique et de la palynologie (VERNET, 1973, 1997). Le chapitre 8 montre comment ce fin botaniste a mis en évidence par des datations de charbons découverts dans la région de Saint-Guilhem-le-Désert l'importance des feux à partir du IXe siècle, dont la généralisation récente a conduit à une régression de la forêt de pins de Salzmann, déjà ruinée par les coupes et le pâturage des chèvres (VERNET *et al.*, 2005 ; VERNET, 2006). D'autres recherches sont menées depuis la fin des années 1990 principalement dans les Alpes internes françaises (Vanoise, Queyras, Briançonnais, Ubaye), où elles ont mis en évidence un abaissement, au cours de la seconde moitié de l'Holocène, de la limite supérieure des arbres en liaison avec les variations climatiques et les activités anthropiques (TALON, 2010 ; TOUFLAN, TALON, 2009 ; TALON *et al.*, 1998). L'étude des macro-charbons non transportables par le vent, et résistants à la minéralisation biologique, permet de relier l'histoire des incendies aux modifications climatiques et végétales. La diminution et l'étude de la concentration en charbons de bois le long d'un transect altitudinal ont montré que la limite des arbres (mélèze et pin cembro) était située, vers le milieu de l'Holocène (à l'optimum climatique Atlantique), 350 m plus haut qu'aujourd'hui, à 2 780 m dans les hautes vallées du Guil (Queyras) et de l'Ubaye (TALON, 1997 ; TALON, 2010 ; CARCAILLET, TALON, 2001). Les incendies répétés et le pâturage ont modifié la composition des forêts de l'étage subalpin des Alpes du Sud. Le pin cembro, qui avait pu se maintenir jusqu'à l'Âge du fer (ALI *et al.*, 2005), selon les datations radiocarbones du Néolithique (5 040-4 729 BC) à l'époque moderne (1478-1954), a aujourd'hui pratiquement disparu de ces vallées. L'abaissement de la ligne supérieure des arbres s'est donc soldé par une perte de biodiversité. Toutefois, les récentes modifications d'usages de terres, combinées avec le réchauffement climatique global, conduisent à

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

une lente recolonisation des pentes par le pin cembro, par exemple sur le site schisteux et gréseux de Praroussin situé sur le versant ouest de la haute vallée du Guil (TOUFLAN *et al.*, 2010).

L'analyse anthracologique permet aussi de revisiter l'âge et l'histoire des communautés herbacées (DUTOIT *et al.*, 2009), comme c'est le cas pour la seule steppe de France, la plaine de la Crau, formation comparable aux dehesas d'Espagne ou aux montados portugais (DUTOIT, 2004 ; HENRY *et al.*, 2010). Nous évoquerons plus loin la question de sa pérennité, malgré la création en 2001 de la réserve naturelle des coussouls de Crau, puis les attentes du paléoécologue Thierry Dutoit, qui préside l'actuel Conseil scientifique de cette réserve. La Crau est un ancien cône de déjection caillouteux construit par l'ancien cours de la Durance qui gagnait directement la Méditerranée entre 2 MA et 30 000 BP. Trois phases glaciaires dans ces dépôts : au Villafranchien (2 Ma-0,8 Ma), l'ouest a reçu surtout des galets calcaires de 10-15 cm ; au Riss (0,3 Ma-0,120 Ma), tout le centre a été recouvert de grands galets cristallins ; enfin, pendant une grande partie du Würm (120 000-30 000 BP) s'est étalée au sud-est une faible quantité de petits galets (COLOMB, ROUX, 1978). Tandis que les Poacées (avec *Brachypodium retusum*) déterminent la steppe au centre, les Lamiacées (*Thymus vulgaris*) dominent à l'ouest. Les échantillons de charbon de bois, prélevés en 2006 pour moitié sous les anciennes bergeries romaines (à cause de la faible profondeur du sol), invitent en fait à repousser partiellement les deux hypothèses formulées antérieurement : celle d'une végétation steppique issue d'une ancienne chênaie hêtraie dégradée sur des sols peu profonds par la sécheresse méditerranéenne et les premiers défrichements néolithiques (MOLINIER, TALLON, 1950), ou celle d'une steppe qui serait un simple stade herbacé subclimacique pendant tout le Néolithique (WEAVER, CLEMENTS, 1938), à cause d'une forte pression du pâturage (DEVAUX *et al.*, 1983). Les charbons de bois datés au ^{14}C permettent plutôt d'évoquer une troisième hypothèse intermédiaire : celle d'une communauté herbacée, certes ancienne, remontant au moins jusqu'à l'Âge de bronze, mais qui résulterait de la dégradation par les incendies et la pression pastorale d'un matorral et de forêts de pins, présents au Néolithique à cause de l'aridification du climat et des sols fersiallitiques pauvres, peu profonds, tronqués par l'érosion éolienne lors de la période tardiglaciaire (HENRY *et al.,* 2010).

L'étude des assemblages malacologiques est un autre outil qui permet d'examiner finement les dynamiques des paysages méditerranéens (MAGNIN, 1991 ; MARTIN *et al.,* 2003), car les gastéropodes terrestres dépendent à la fois des conditions climatiques et de la structure des formations végétales et du paysage, et leur coquille calcaire se conserve bien dans la plupart des sédiments. Ils sont donc un remarquable indicateur des écosystèmes et des écocomplexes à différentes échelles spatio-temporelles, de la station à la région, de la succession secondaire au cycle climatique : « ils sont la mémoire des paysages méditerranéens et de leur histoire » (MARTIN *et al.,* 2006). Sur un pas de temps court, à l'échelle des modifications les plus récentes du paysage, ils permettent « des approches diachroniques de deux phénomènes structurant la biodiversité : les incendies et les invasions biologiques » (MARTIN *et al.,* 2006). Sur des pas de temps intermédiaires, à l'échelle de deux derniers siècles, la malacofaune met bien en évidence la reconquête des anciens espaces agricoles par la forêt. Sur le pas plus long qui va de la néolithisation jusqu'aux périodes récentes, les analyses malacologiques sur différentes séquences du sud de la France montrent l'hétérogénéité des paysages au niveau régional : sur les sites de fond de vallée, la continuité des activités humaines (pastorales) explique la quasi-permanence des prairies, de milieux ouverts (exemple : la vallée du Lez, du Néolithique moyen au Moyen Âge). « La très forte ouverture des milieux dès le Néolithique (…) est un phénomène déjà bien connu par les études palynologiques et anthracologiques régionales. Cependant, [ce caractère] semble encore plus accentué à travers les analyses malacologiques, du fait de la faible résolution spatiale de ce marqueur et de sa grande performance à reconstituer la structure des formations végétales, à défaut de pouvoir caractériser leur composition floristique » (MARTIN, 2004).

L'approche géoarchéologique peut mobiliser « des spécialistes des sciences humaines, historiens, anthropologues, archéologues, des sciences naturelles et de laboratoire, géographes, géomorphologues, géologues, quaternaristes, sédimentologues, micromorphologues, botanistes, palynologues, malacologues, spécialistes de méthodes de datation radiométrique, etc. » (FOUACHE, 2010). Cette approche est née de la prise de conscience de chercheurs, notamment ceux travaillant dans le bassin méditerranéen, que les changements environnementaux déclenchés par les fluctuations climatiques et l'action humaine ont pu avoir un impact majeur sur les paysages par le biais de morphogenèses originales, qu'il s'agisse par exemple de crises érosives ou de métamorphoses fluviales. Ainsi, la géoarchéologie vise à reconstituer l'histoire de

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

l'environnement dans son interaction hommes /milieux à partir des sédiments qui sont piégés dans des sites d'archives sédimentaires ou ceux qui fossilisent les sites archéologiques. D'abord définie comme « l'application des méthodes de laboratoire issues de la géologie et de la préhistoire à l'archéologie » (RAPP, HILL, 1998), la géoarchéologie se veut plus opérationnelle dans la définition d'Éric Fouache : « Application des méthodes issues de la géographie et des géosciences à la reconstitution, dans une perspective archéologique, des paléo-environnements et des dynamiques paysagères ». La pratique d'application des méthodes utilisées en géologie à la reconstitution chronostratigraphique et climatique du Quaternaire s'est donc ouverte dans les années 1970, « à la relation homme/milieu, au territoire anthropisé, à l'archéologie du paysage et à l'étude d'une période encore peu étudiée, l'Holocène » (FOUACHE, 2010), à partir des traces visibles en surface et (ou) celles masquées par des formations superficielles : paléo-chenaux fluviaux, canaux d'irrigation ou de drainage, paléorivages, anciennes routes limites de finage, traces de cadastration ou de vestiges archéologiques. En 2003, Éric Fouache publie de nombreuses données sur les programmes géoarchéologiques, comme sur la côte adriatique de l'Italie, les marais côtiers du Portugal, la paléogéographie du site portuaire antique de *Baelo Claudia* (Tarifa), l'étude de la mobilité des paysages dans le secteur de la cité minoenne de Malia (Crète), l'histoire du colmatage de la plaine de Marathon (Grèce) ou encore la mobilité de secteurs rocheux de Croatie et de Turquie méridionale (FOUACHE, 2003). Son ouvrage de 2006 montre l'évolution des recherches, d'abord centrées sur les remblaiements historiques en Grèce occidentale (FOUACHE, 1994) puis élargies aux bassins et littoraux balkaniques (FOUACHE, 2006), le monde égéen et péri-égéen étant un vrai « paradis de la géoarchéologie et des géomorphologies complexes et mobiles » (DUFAURE, 2007). Si la géoarchéologie a eu une grande influence en Amérique du Nord, en Europe du Nord-Ouest, cette méthodologie convient particulièrement aux nombreux sites archéologiques d'Afrique du Nord-est, d'Asie Mineure et du Moyen-Orient, dont les vestiges ont été découverts interstratifiés dans les vieux dépôts de plaines alluviales et deltaïques. Les sociétés humaines ayant été attirées très tôt par les plaines alluviales, les recherches des hydrogéomorphologues trouvent des applications nombreuses dans le vaste champ des sciences géoarchéologiques.

Les méthodes de la géoarchéologie fluviale « doivent nécessairement prendre en compte les trois facettes de la géomorphologie fluviale : la paléohydrographie, la paléohydrologie et la paléohydraulique » (ARNAUD-FASSETTA, 2007, 2008). L'exemple des recherches dans les plaines deltaïques du Rhône montre qu'il n'existe aucun déterminisme strict dans les relations très complexes entre les sociétés et les cours d'eau. Si en Camargue, certaines crues catastrophiques ont pu conduire à un abandon brutal et temporaire des sites (comme La Capelière à la fin du Ier siècle av. J.-C.), « c'est au plus fort du risque fluvial que les bras actifs du Rhône (Saint-Ferréol, Ulmet) ont attiré et fixé les sociétés » (ARNAUD-FASSETTA, 2008). Au total, l'approche géoarchéologique reçoit beaucoup de la géomorphologie, mais l'inverse est également vrai. « L'interaction homme-milieu se révèle être capable de générer des morphogenèses originales ou des marqueurs qui permettent de quantifier des dynamiques géomorphologiques à des échelles de temps que l'on aurait cru impossible » (FOUACHE, 2010).

À l'ère tertiaire : l'origine de la végétation méditerranéenne

De nombreux chercheurs peuvent situer maintenant l'installation des principaux ligneux en Méditerranée dans la période Néogène (seconde moitié de l'ère tertiaire), au Miocène (24 à 5,5 Ma), puis au Pliocène (5,5 à 1,8 Ma), qui voit d'ailleurs la mise en place d'un climat de type méditerranéen, le nombre de taxons méditerranéens présents dans les paléoflores augmentant à l'ère tertiaire.

Des gymnospermes proches du genre *Cedrus* existaient déjà à l'ère secondaire (au Crétacé supérieur), mais c'est à partir du milieu de l'Éocène (vers 40 Ma) et davantage à l'Oligocène terminal (vers 25 Ma) que la présence « méditerranéenne » s'affirme. À l'Oligocène inférieur, la paléoflore du Var (Saint-Zacharie) qui ne compte que 9 taxons méditerranéens (dont *Tetraclinis* et *Juniperus*) comporte beaucoup d'éléments de souche tropicale (palmiers) et d'origine gondwanienne (Restionacées et Protéacées comme les célèbres *Banksia*) qui vivent sous un climat chaud et humide. Ces éléments typiques de l'hémisphère austral disparaîtront progressivement avec le morcellement du continent de Gondwana, qui va séparer le bassin méditerranéen de l'océan Indien. À l'Oligocène terminal, la paléoflore d'Aix-en-Provence révèle une forêt sclérophylle plus sèche sous bioclimat semi-aride, avec 21 genres présents actuellement en région méditerranéenne, dont *Quercus* type *ilex-coccifera, Ceratonia siliqua, Pinus nigra* subsp. *salzmannii, Nerium oleander, Cercis siliquastrum* et *Pistacia lentiscus*.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Mais ce n'est qu'au Miocène et surtout au Pliocène que s'installent nombre d'ancêtres des végétaux méditerranéens. Au Miocène sous climat chaud et sec (surtout au sud), il s'agit surtout de taxons xérophiles, diversifiés à partir des genres *Abies, Pinus, Quercus, Olea, Phillyrea, Cistus, Pistacia*. Au début du Pliocène, vers 5 à 3-5 Ma, la présence au nord du bassin de *Sequoia, Sequoiadendron, Cedrus et Tsuga* révèle déjà un climat de type subtropical, mais chaud et très humide, malgré un refroidissement vers 4,5 Ma. Vers 3,5 à 3,3 Ma, un autre épisode de refroidissement accroît la sécheresse. En région méditerranéenne nord-occidentale, cette première phase de sécheresse estivale, corrélée avec la première extension glaciaire arctique parfois repérée sous le nom de glaciation de Biber ou de Donau I, entraîne « la quasi-disparition des forêts de Sequoia au profit de communautés plus xériques, ouvertes à basse altitude ou composées de conifères (*Cathaya, Cedrus, Abies et Picea*) à plus haute altitude » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). De 3,5-3,3 Ma jusque vers 2,6-2,4 Ma, le renforcement des contrastes pluviométriques saisonniers et l'abaissement des températures hivernales installent le climat méditerranéen (PONS, QUÉZEL, 1998). Entre 2,6 Ma et 1,8 Ma, les péjorations climatiques du Pliocène final (diverses oscillations froides et sèches) portent le coup de grâce à bon nombre de ligneux, lesquels à plusieurs reprises font place à des steppes à *Artemisia* et *Ephedra*. 45 genres de ligneux présents au Néogène ont définitivement disparu dans le nord-ouest du bassin, dont beaucoup de thermophiles : la flore tertiaire s'est déjà appauvrie (HERRERA, 1992 ; COMBOURIEU-NEBOUT *et al.*, 2000).

À l'ère quaternaire : large effacement des végétations antérieures

Après les périodes de refroidissement du Pliocène final, l'alternance des phases glaciaires et interglaciaires du Pléistocène est un véritable traumatisme pour la végétation.

Les analyses des paléo-données (géologiques, biologiques, carottes de glace…) et des modèles de simulation suggèrent plusieurs causes ou rétroactions très discutées des glaciations quaternaires : oscillations périodiques dans l'excentricité de l'orbite terrestre qui déclencheraient les cycles glaciaire, interglaciaire de 100 000 ans ; variations de fréquence du cycle de 41 000 ans de l'inclinaison de l'axe de la terre ; lent changement de direction de l'axe de rotation (précession des équinoxes, dont les périodes seraient de 19 000 ans et 23 000 ans), variations de l'activité solaire, rétroactions des gaz à effet de serre, changements de la forme de la planète pendant les déglaciations…

L'abaissement des précipitations et des températures provoque, sur les hautes et moyennes latitudes, l'installation de puissantes calottes de glace et, entre l'inlandsis nordique et les Alpes englacées, le reflux des formations forestières au profit des toundras et, plus au sud, des steppes à *Artemisia* ou de formations ouvertes à gymnospermes *(Pinus)*. Lors des périodes froides et arides du Pléistocène inférieur et moyen (entre 1,810 et 0,120 Ma), les steppes à armoises couvrent en effet une bonne partie de la région méditerranéenne, mais elles ne contiennent plus de végétaux thermophiles. Les éléments d'origine tertiaire sont largement éliminés, excepté dans quelques sites refuges, comme les îles de Macaronésie (Açores, Canaries, Madère) qui conservent surtout des espèces laurifoliées ou la Crète avec son célèbre palmier de Théophraste *(Phoenix theophrasti)* qui accompagne encore actuellement les ripisylves dans les vallées et les embouchures des rivières, généralement au fond de ravins. Reconnue au IVe siècle avant J.-C. par Théophraste, mais vraiment décrite à partir de 1967, cette relique tertiaire s'est maintenue dans des sites à moindre activité anthropique : elle est présente aussi dans le Péloponnèse et dans le sud-ouest de l'Anatolie, où l'on rencontre par ailleurs des ripisylves à *Liquidambar orientalis*, dont le genre existait au Miocène. Enfin, en Crète comme en Sicile, le genre *Zelkova* disparaît seulement au Würm pléniglaciaire, tandis qu'à Chypre se maintiennent deux endémiques, *Cedrus brevifolia* et *Quercus alnifolia.*

Les périodes de réchauffement interglaciaires sont marquées par une reconquête de la végétation en altitude et en latitude : forêts décidues de chênes associés au charme, à l'orme, ou aux sapins en altitude ; forêts sclérophylles de chêne vert, oléastre ou pistachier… Des différences de températures ont été observées entre les interglaciaires : plus long, l'interglaciaire Mindel-Riss qui a débuté il y a quelque 400 000 ans semble avoir été aussi plus chaud que le Riss-Würm (commencé vers 135 000 ans). Les niveaux de la mer étaient supérieurs d'environ 20 m au niveau actuel. Si des différences floristiques et faunistiques existent également, « les dynamiques végétales sont, dans l'ensemble, stéréotypées d'un interglaciaire à l'autre » : espèces caducifoliées, puis forêts mixtes de feuillus et conifères (optimum de biodiversité), enfin forêts boréales de résineux de plus en plus ouvertes avec le refroidissement (ANDRIEU-PONEL *et al.*, 2007).

La glaciation würmienne « engendre une réduction extrême des végétations forestières méditerranéennes » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

Tableau 2
Évolution générale de la végétation du bassin méditerranéen à l'ère quaternaire

Chronologie (années BP)		Cycles climatiques	Évolution générale de la végétation méditerranéenne	Impacts humains
HOLOCÈNE (Postglaciaire)		SUBATLANTIQUE (frais, humide)	– Au nord, réduction des forêts puis récente reconquête – Au sud, dématorralisation, steppisation	ÂGE DU FER Déboisement généralisé
	- 2 700	SUBBORÉAL (frais, assez sec)	– Dégradation anthropique de la chênaie mixte au profit des chênes sclérophylles et des matorrals	ÂGE DU BRONZE
	- 4 700	ATLANTIQUE (chaud, humide)	– Prépondérance des chênes sclérophylles : migration à partir des sites refuges du Maghreb – Anthropisation diffuse	ÂGE DU CUIVRE
	- 7 500	BORÉAL (chaud, sec)	– Prépondérance des chênes caducifoliés : migration depuis les refuges d'Espagne, d'Italie, des Balkans	Début de l'agriculture et de l'élevage NÉOLITHIQUE
	- 9 000	PRÉBORÉAL (frais, sec)	– Au nord, pin sylvestre, végétation méditerranéenne réduite	
PLÉISTOCÈNE supérieur	- 10 300	Dryas récent Détente de Bölling-Allerød (- 13 000 à - 10 700) TARDIGLACIAIRE Dryas ancien	Périodes froides des Dryas – Steppes à armoise, recul des chênes Réchauffement d'Allerød – Recul des armoises, au sud début de reforestation des chênes à partir des refuges	Sédentarisation des chasseurs-cueilleurs PALÉOLITHIQUE supérieur
	- 15 000	Dernier maximum glaciaire (- 20 000 à - 18 000) WURM PLÉNIGLACIAIRE	– Élimination des espèces sclérophylles trop thermophiles sauf dans quelques refuges (chêne vert au Maghreb) – Prédominance des steppes et forêts préstéppiques (armoise, genévriers, pins)	
	- 72 000	PRÉ-WURM	– Au nord, chênes caducifoliés, hêtres, pins, sapins – Au sud, chênes sclérophylles, oléastres, pistachier	PALÉOLITHIQUE moyen
PLÉISTOCÈNE moyen	- 120 000	Interglaciaire Riss-Würm	Périodes interglaciaires – Reconquête en altitude et en latitude des forêts décidues (chênes, charme…) et sclérophylles (chêne vert, oléastre, pistachier)	PALÉOLITHIQUE inférieur
		RISS Interglaciaire Mindel-Riss		
		MINDEL Interglaciaire Gunz-Mindel	Périodes glaciaires – Élimination de la flore tertiaire (sauf dans les refuges) Installation des steppes à armoise et arborées à pins diffus	
PLÉISTOCÈNE inférieur	- 700 000	GUNZ		
		DONAU		
	- 1,810 Ma			

© C. Tassin (réal. J. Maillardet)

Très arides, les stades du Pléniglaciaire, entre 72 000 et 15 000 ans BP, voient la prédominance des espèces steppiques. Des genévriers ou des pins constituent avec l'armoise des formations préstéppiques autour de la Méditerranée occidentale (surtout au sud). Mais la forêt s'est parfois réfugiée dans les plaines abritées du pourtour de la Méditerranée, les espèces sclérophylles trop thermophiles ne subsistant que dans des zones refuges (péninsules, îles, falaises, versants sud), parfois plus bas que le niveau marin actuel. Mais ce dernier bouleversement majeur du climat comporte « une série de phases correspondant aux oscillations froides ou très froides (les stades) et une série de phases plus tempérées (les interstades) » (ELHAÏ, 1968). Les paléo-enregistrements ont montré des fluctuations climatiques abruptes d'échelle millénaire comme les interstades de Dansgaard-Oeschger, épisodes de réchauffement qui provoquent le retour des forêts boréales de conifères, et les événements de Heinrich, déclenchés tous les

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

5 000 à 10 000 ans par des décharges soudaines d'icebergs dans l'Atlantique nord, pendant lesquels dominent les paysages de pelouse arctique. Le dernier stade du Pléniglaciaire, le Würm final, (vers 20 000 à 18 000 ans BP) est, d'après A. Pons, le maximum glaciaire qu'ait connu la terre, « un état zéro [où] la végétation a été ramenée, du moins aux moyennes latitudes, à un état minimal qui a en quelque sorte effacé les végétations antérieures » (PONS, 1984). La limite des neiges permanentes qui se situait vers 700 m dans les Vosges et 1 100 m dans les Alpes du Nord, était à 1 900 m dans le Djurdjura algérien. Sur le versant nord des Pyrénées, les glaciers se sont maintenus à basse altitude jusqu'au début du Tardiglaciaire. La température globale moyenne est estimée à 4,5 °C inférieure à l'actuelle, « des formations végétales de type steppe ou toundra ont existé. Les arbres étaient alors dans des habitats protégés et disséminés » (JALUT, TURU I MICHELS, 2006). Les hivers dans le sud des péninsules auraient connu des moyennes d'environ 15 °C en dessous des moyennes actuelles. Et au nord du bassin, ils auraient été plus froids d'environ 30 °C, les étés de 1 à 3 °C, et malgré une répartition saisonnière contrastée des précipitations (pluies d'hiver importantes) le climat y était bien plus sec qu'au sud, le passage des perturbations étant repoussé vers les zones « pluviales » de la bordure du Sahara. La végétation, lors de ce dernier maximum glaciaire, n'est forestière que dans le Centre et le Nord ibériques ou italiens, ainsi que dans le Sud-Est français (il s'agit de forêts ouvertes). Presque tout le reste est occupé par des steppes plus ou moins froides, plus ou moins arborées (Sud ibérique, italien ou grec ; chaînes dinariques ; Anatolie ; Afrique du Nord), tandis que les déserts couvrent le Sud tunisien, le Liban et la côte syrienne. Cependant, les zones refuges qui ont pu persister pendant cet ultime maximum glaciaire, joueront « un rôle majeur dans les processus de reforestation qui [vont débuter] vers 13 000 ans BP, pour prendre toute leur ampleur au Postglaciaire » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

Au Tardiglaciaire, qui suit de 15 000 à 10 300 ans BP le dernier maximum würmien, prédominent encore les espèces steppiques, sauf pendant la détente climatique du Bölling-Allerød. Une première récurrence froide, le Dryas ancien, où les températures sont encore très basses, porte le nom de la petite Rosacée *Dryas octopetala* alors répandue dans la flore arcto-alpine et subarctique, herbacée et buissonnante, d'Europe occidentale. Cette phase, qui s'est peut-être manifestée à l'échelle de la planète, a entraîné un refroidissement des régions polaires et de l'est de l'Amérique du Nord d'environ 12 à 15 °C en 200 ans, la fin de l'épisode étant marquée par une remontée de 5 à 10 °C en quelques dizaines d'années. Les travaux de Maurice Reille en Corse, sur le site du lac de Creno (1 310 m), ont montré une forte augmentation des pollens d'armoise à cette époque, les espèces ligneuses étant peu nombreuses. En Andalousie, le site de Padul montre un faible développement de l'oléolentisque, ce qui semble indiquer un rôle plutôt réduit de cette formation dans l'élaboration des paysages présteppiques actuels. Cependant, avec la détente climatique, le réchauffement et l'élévation de l'humidité du Bölling-Allerød (13 000-10 700 BP), commence la reforestation. Avec en Corse une nette régression des armoises et en Andalousie une extension des chênaies caducifoliées à partir des nombreux refuges, ainsi qu'une apparition précoce des conifères sclérophylles *à Quercus* type *ilex* et *Pistacia,* vers 12 500 ans BP (site de Padul). En France, la yeusaie ne s'installera qu'au Postglaciaire, vers 8 000 BP, après les pubescents. La domination au centre de l'Italie, vers 11 000 BP, des chênes décidus accompagnés d'autres caducs dépendrait aussi de l'abondance des refuges. Au nord du bassin, où ceux-ci font souvent défaut, les caducifoliés auraient eu plus de difficultés à s'installer que les formations clairsemées à pins et genévriers. Dans les Pyrénées, le Bölling-Allerød correspond à une phase d'extension de genévriers et de bouleaux, puis de pins qui augmentent fortement le couvert forestier (JALUT, TURU I MICHELS, 2006). À l'est, où l'Allerød n'est pas humide, la végétation régresse (Syrie du Nord). La dernière récurrence glaciaire du Dryas récent (10 700-10 300 BP) tolère dans la zone tempérée des bouleaux, des saules nains, même des pins dans l'Ouest moins froid, mais dans la région méditerranéenne elle entraîne un véritable déclin de la végétation arborescente. Des diagrammes polliniques montrent ce déclin dans les Pyrénées, « avec une augmentation limitée des herbacées et des chaméphytes héliophiles de caractère steppique (armoises, Chenopodiacées, etc.) » (JALUT, TURU I MICHELS, 2006). M. Reille a montré en Corse une diminution des chênes, des aulnes, et une recrudescence des armoises (REILLE *et al.*, 1999). Deux enregistrements morphosédimentaires des rythmes climatiques réalisés dans le marais des Baux et dans le bassin versant du Saignon (Alpes du Sud) ont permis de montrer le synchronisme d'évolution paléoclimatique de ces deux milieux de Haute- et de Basse-Provence, depuis la fin du Tardiglaciaire (le Dryas récent) jusqu'à la période postglaciaire Atlantique. L'analyse dendrochronologique, associée à l'analyse géomorphologique et

à des datations radiocarbone des gisements d'arbres subfossiles a permis de déterminer des phases de crises érosives dans le bassin du Saignon, qui correspondent aux périodes de bilan hydrique positif observées dans l'étude des fluctuations des niveaux lacustres du marais des Baux, réalisée à partir des concrétions carbonatées et des faunes d'ostracodes. « Une première oscillation humide est détectée à la fin de l'Allerød. Le Dryas récent apparaît complexe, humide, sec puis humide à nouveau » (MIRAMONT *et al.*, 2000 ; BRUNETON *et al.*, 2001).

À l'Holocène : recolonisation forestière à partir des zones refuges

Si les glaciations, surtout le maximum würmien, ont fait disparaître beaucoup de taxons antérieurs (d'origine tertiaire), un nombre important a réussi à subsister dans des aires refuges où les variations climatiques se faisaient moins sentir. Et c'est à partir de ces sites que progresse au Postglaciaire, du sud vers le nord en latitude et de bas en haut en altitude, la recolonisation déjà amorcée à l'Allerød (QUÉZEL, 1999a). Ces zones refuges localisées surtout au sud (Espagne, Afrique du Nord, Italie, Balkans…) sont donc « l'une des clefs de la composition et de la répartition des grandes structures forestières actuelles » (PONS, 1984). Étant entendu que les paysages végétaux ainsi mis en place résultent non seulement des oscillations climatiques de l'Holocène mais aussi de l'action humaine. Les analyses paléobotaniques, les datations absolues qui facilitent les correspondances entre les divers sites, permettent de distinguer cinq phases principales dans le réchauffement général des dix derniers millénaires. Du Tardiglaciaire à l'Atlantique, « l'évolution climatique en Provence semble évoluer en parallèle avec les zones nord-européennes et les autres régions méditerranéennes, avec cependant des spécificités (contrastes saisonniers plus marqués) » (BRUNETON *et al.*, 2001).

Au Préboréal (10 300-9 000 BP), le climat devient plus doux, plus variable. Les glaciers reculent définitivement vers le nord et le haut des montagnes. En Basse-Provence, l'étude des niveaux lacustres du marais des Baux révèle un climat humide au début, puis sec pour le reste de la période (BRUNETON *et al.*, 2001). En Europe occidentale, les formations steppiques plus ou moins arborées laissent la place à la forêt, où les pins sylvestres évincent peu à peu les bouleaux. En Corse, le pin noir laricio pousse rapidement. Maurice Reille note qu'il représente 70 % des pollens du lac de Creno vers 9 800 BP. Dans les Pyrénées progressent les feuillus caducifoliés (chênes et noisetier).

Le Boréal (9 000-7 500 BP) est caractérisé par un réchauffement et une certaine sécheresse, malgré « une dégradation humide majeure et complexe » (BRUNETON et al., 2001). En Europe occidentale, « le pin sylvestre recule devant le noisetier, dominant il y a 8 000 ans, puis progressivement remplacé par les chênes à feuilles caduques » (HUETZ DE LEMPS, 1994) vers la fin de la période, comme l'indique un diagramme pollinique de Basse-Normandie présenté par H. Elhaï et M. Van Campo (ELHAÏ, 1968). Mais en région méditerranéenne, les chênes caducifoliés ont déjà commencé leur migration rapide dès la fin du Préboréal sur la rive nord et au Proche-Orient, à partir de leurs sites refuges d'Espagne, d'Italie et des Balkans. Présents depuis au moins le Miocène, les chênes sclérophylles ne réapparaissent en France que vers la fin du Boréal, à partir de 8 000 BP. Selon Lebreton, le chêne vert serait arrivé, depuis sa zone refuge maghrébine du Würm pléniglaciaire, par la voie occidentale (Rif – Espagne – Sud-Ouest de la France) pour *Quercus ilex* subsp. *rotundifolia* et par la voie orientale (Algérie – Italie – Sud-Est de la France) pour *Quercus ilex* subsp. *ilex.* Mais les chênaies sclérophylles ne seront vraiment importantes qu'à partir de 6 000 BP, c'est-à-dire de la période Atlantique, où s'accroît l'anthropisation. En Corse, le chêne vert apparaît seulement vers 6 300 BP.

La phase Atlantique (7 500-4 700 BP) est considérée comme l'optimum climatique avec son climat humide et chaud. Les températures moyennes étaient de 2-3 °C supérieures à celles d'aujourd'hui. L'Europe était occupée par une belle forêt de feuillus caducifoliés dont l'intensité du couvert (chênes pédonculés, sessiles, pubescents ; ormes ; tilleuls ; frênes ; aulnes…) fait reculer pins, bouleaux et noisetiers. Freinés par les barrières géographiques que sont la mer Méditerranée, les Pyrénées et les Alpes, certains de ces feuillus n'arriveront que tardivement (vers la fin de l'Atlantique) en Europe centrale : c'est le cas du hêtre sylvatique, du charme commun et du charme houblon. Réapparue en France au Boréal, la chênaie sclérophylle devient vraiment omniprésente à cette période Atlantique, le chêne vert s'avançant même jusqu'en Normandie. Cette espèce s'est d'ailleurs maintenue jusqu'au sud de la Bretagne, malgré le rafraîchissement ultérieur. Au sud du bassin méditerranéen se prolonge, en Andalousie et en Afrique du Nord littorale, la coexistence déjà ancienne des chênaies sclérophylles et décidues.

L'étude du carottage de 28 m de Pont d'Argens dans le Var (cf. *infra*) montre la composition de la végétation holocène en Provence cristalline sur près de 5 millénaires (entre 7 900 et 3 000 BP).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

À la fin du Boréal, où l'anthropisation est encore peu marquée, elle est caractérisée comme en Provence calcaire par la prépondérance d'une forêt « originelle » de chênes caducifoliés, avec ici des bruyères arborescentes. Pendant la période d'anthropisation accrue de l'Atlantique, le diagramme pollinique montre une évolution de la couverture végétale à peu près conforme à celle qui est déjà connue en Provence calcaire. « Des signes de modifications d'origine anthropique ou à déterminisme naturel apparaissent à partir de 6 500 BP, avec un décalage d'un millier d'années par rapport aux données obtenues en Provence occidentale, et donc, chronologiquement intermédiaires avec ceux observés en zone calcaire orientale » (DUBAR *et al.*, 2004). Enregistrée vers 6 500 BP, la première régression de la chênaie caducifoliée s'accentue vers 5 500 BP, mais surtout après l'Atlantique, à l'Âge du bronze final et à l'Âge du fer, l'apparition de nombreux pollens de pins, de bruyères et de taxons héliophiles comme les cistes (vers 3 000 BP) étant le signe d'un fort pastoralisme et d'une ouverture du paysage.

L'analyse des charbons de bois est un outil fiable pour des études précises de la dynamique forestière et de l'anthropisation (THINON, TALON, 1998 ; TOUFLAN *et al.*, 2010), même s'il faut compléter et améliorer la résolution spatiale par la dendroécologie, la palynologie, la géomorphologie, la géoarchéologie, l'observation des macrorestes végétaux et faunistiques (notamment les insectes et les mollusques). La reconstitution de la limite supérieure des arbres, évoquée plus haut pour les Alpes internes du Sud a montré que pendant l'optimum Atlantique elle se situait à plus de 300 m au-dessus de l'actuelle. Les assemblages de charbons des hautes vallées du Guil et d'Aigue-Agnelle (Queyras), de l'Ubaye (affluent de la Durance) et de la Tinée (affluent du Var) révèlent que la forêt vers 7 000 BP, composée essentiellement de pins cembro (*Pinus cembra*) et de mélèzes (*Larix decidua*) – parfois mal distingués des épicéas (*Picea abies*) – possède une grande biodiversité (TOUFLAN *et al.*, 2010).

« Les incendies d'origine naturelle et (ou) humaine furent responsables d'un abaissement considérable de la limite supérieure des arbres et d'une perte de la biodiversité » (TALON, 2010). Les incendies particulièrement fréquents de la fin du Néolithique (5 000-3 000 BP) et de l'Antiquité jusqu'à la période moderne « sont liés à l'accroissement des usages agro-pastoraux, (…) beaucoup ne sont pas climatiquement déterminés » par des phases de détérioration (TALON, 2010). Les datations ^{14}C des charbons fossiles prélevés dans la steppe méditerranéenne de la Crau confirment également les impacts anthropogènes de la période Atlantique sur la végétation – ici un matorral et des forêts de *Pinus pinea-halepensis*. Apparaissant à la fin du Néolithique, les feux augmentent leur fréquence à l'Âge de bronze, traduisant le même essor des pratiques agropastorales qu'en Basse-Provence (TRIAT-LAVAL, 1978).

Avec le Subboréal (4 700-2 700 BP) plus frais et plus sec, débute en Europe une période de dégradation climatique. En Provence, cette détérioration correspondrait à l'accomplissement d'une série modulée de phases sèches à caractère méditerranéen accusé. En Europe occidentale, l'orme recule, tandis que « le hêtre apparaît dans les plaines et s'étend dans les montagnes, en même temps que le sapin et à l'est l'épicéa » (HUETZ DE LEMPS, 1994). En Méditerranée occidentale, avec l'action anthropique qui s'accroît, les chênes sclérophylles deviennent prédominants aux dépens des chênes à feuilles caduques, pourtant favorisés par le rafraîchissement. Vers 3 500-3 000 BP, les feux plus fréquents dus à la détérioration climatique et aux défrichements sylvo-agro-pastoraux ont déjà bien ouvert les paysages boisés, autant en Provence calcaire et cristalline qu'en Haute-Provence. Dans la zone des garrigues autour de Montpellier, R. Dugrand indique que l'attaque du manteau forestier – l'ouverture de pâturages à moutons – a vraiment commencé avec l'assèchement climatique du Subboréal (DUGRAND, 1964).

Au Subatlantique (depuis 2 700 ans), le climat d'Europe occidentale est dans l'ensemble toujours frais mais plus humide. À côté des chênes, des charmes et des bouleaux, il facilite l'extension du hêtre à partir des aires refuges situées au sud et au sud-est de l'Europe. Malgré son piégeage en milieu méditerranéen, cette espèce médio-européenne réapparue au Subboréal devient dominante jusqu'au sud de l'Angleterre, où elle était déjà présente « avant l'ouverture du Pas-de-Calais, qui a eu lieu au Boréal » (ELHAÏ, 1968). Mais les perturbations anthropiques accrues (coupes, incendies…) dégradent la chênaie caducifoliée, comme en Corse où selon J. Gamisans ou M. Reille elles profitent au hêtre (à partir de 1 450 BP), puis au pin laricio et au chêne vert. À l'époque historique, jusqu'au XIXe siècle, les usages sylvo-agro-pastoraux sont liés à une utilisation traditionnelle des espaces forestiers méditerranéens à peu près identique en Méditerranée occidentale, qui entraîne la réduction des trois quarts de leur superficie. Mais le passage à la société industrielle engendre une fracture entre les rives nord et sud, liée à l'utilisation plus ou moins intensive des espaces boisés.

L'organisation des plantes *vs* les excès du climat

La sécheresse estivale, principale contrainte

Le déficit hydrique est le point crucial. Il est d'abord marqué par les fortes sécheresses (années 1980-1990) et la variabilité interannuelle des pluies qui, selon A. Aidoud, dégrade par exemple la steppe à sparte en Algérie. Or, le stress hydrique va sans doute s'accentuer, avec la concentration croissante de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, le réchauffement climatique global qui semble en résulter (chap. 10). Les périodes sèches seront plus fréquentes mais aussi les fortes pluies. Et l'on sait que l'intensité des épisodes pluvieux déclenche déjà de nombreux dégâts sur les versants de roches meubles. Cependant, « plus qu'une période de sécheresse, c'est la succession d'anomalies climatiques qui met la forêt méditerranéenne en situation de faiblesse » (HOFF et RAMBAL, 2000). Ainsi, après le froid de janvier 1985, la sécheresse des trois années consécutives 1989, 1990 et 1991 a-t-elle provoqué certains dépérissements en Languedoc-Roussillon, stérilisant de vastes surfaces par ravinements : ce sont aussi les bad lands de Californie, les *calanchi* de l'Apennin ou les roubines de Provence. Quant aux coulées argileuses ou marneuses, telles les franes d'Italie du Sud, elles sont de véritables mouvements de masse qui dévastent des versants entiers (ALEXANDRE, 2001). Accru par la chaleur, par les vents desséchants (comme les vents étésiens, qui soufflent des plaines balkaniques vers la Méditerranée) et la forte insolation (un soleil à midi proche de la verticale), le déficit hydrique ralentit la vie des végétaux. Les plantes perdent une partie de leur eau par transpiration, laquelle s'effectue par les stomates, ces minuscules orifices qui, à la surface des feuilles, laissent aussi passer (dans l'autre sens) l'air indispensable à la respiration et son dioxyde de carbone, indispensable – comme l'eau – à la photosynthèse. Beaucoup de plantes méditerranéennes supportent bien la sécheresse. Elles continuent leur assimilation chlorophyllienne grâce à des adaptations morphologiques, leur aptitude à gérer le déficit hydrique, qui peut s'exprimer par la conductibilité des vaisseaux, la réduction des parties aériennes (forme en coussinet…) ou de la surface de leurs feuilles (microphyllie), ou encore par leur durcissement avec une cuticule cireuse (sclérophyllie). Adaptation aussi marquée par une concentration de la sève, due à des stomates moins nombreux, qui peuvent se fermer en cas de trop forte évapotranspiration potentielle. L'été, les stomates du chêne vert ne s'ouvrent qu'une heure ou deux, le matin et le soir, lui permettant ainsi de supporter une déshydratation modérée. Mais ce système de régulation, qui réduit les risques de dessèchement des plantes, augmente leurs difficultés de nutrition, la fermeture des stomates interrompant la photosynthèse mais aussi la circulation des sèves, car l'on sait que le prélèvement de l'eau par les racines est stimulé par la transpiration. Pourtant, cette régulation des stomates est efficace, de nombreuses plantes méditerranéennes restent vivaces en été grâce à « une grande variété de solutions de compromis entre ces contraintes… la mort de soif et la mort de faim » (MARTIN, 1997-2005). Mais l'adaptation à la sécheresse estivale tient aussi aux qualités du système radiculaire. De longues racines peuvent atteindre les réserves d'eau disponibles dans les roches tendres, et même dans les roches dures, par les fissures des diaclases remplies de produits de décomposition (argiles), ce qui est le cas pour le chêne kermès. Le lentisque, arbuste pionnier des stations rocheuses érodées et fortement ensoleillées, qui appartient au cortège du chêne vert, peut certes bloquer sa transpiration en fermant des stomates, mais surtout, ses racines peuvent s'enfoncer directement dans des calcaires poreux non fissurés, tout comme le chêne calliprinos de Méditerranée orientale, qui pallie ainsi sa médiocre conductibilité des vaisseaux. Enfin, en générant une biomasse végétale faible et insuffisamment productive, la sécheresse du climat la rend fragile devant ses prédateurs, qu'ils soient d'origine anthropique comme les troupeaux des pasteurs du Maghreb, ou d'origine naturelle comme la grande faune des herbivores. « Les perturbations induites par la faune, notamment les grands vertébrés herbivores, ont joué un rôle déterminant dans les processus de dynamique des taches » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Au nord de la Méditerranée, où progresse actuellement l'embroussaillement, on assiste à l'augmentation des mammifères herbivores (cerf élaphe, chevreuil, chamois et bouquetin) ou fouisseur (sanglier). Les actions de ces ongulés sauvages y remplacent de plus en plus celles des ovins et des caprins : broutage des jeunes plantes et des jeunes écorces, grattage des troncs, dispersion des graines, piétinement du sol. Mais les taches ainsi ouvertes peuvent contribuer à la diversification floristique, les espèces héliophiles étant d'abord favorisées. Au sud de la Méditerranée, où la déforestation va bon train, « certains ongulés peu chassés (sanglier, cerf de Berbérie) s'avèrent aussi en extension et contribuent également aux déséquilibres écologiques locaux » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

Le gel hivernal, s'il est rare, est plus dangereux lorsqu'il est tardif. L'hiver méditerranéen est une saison où l'activité végétative se ralentit mais ne

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

s'arrête pas. Sous l'abri de la forêt, les périodes de gelées sont trop brèves pour abaisser durablement la température au niveau des racines. Dans la région de Montpellier, celle de l'horizon superficiel du sol ne descend pas en dessous de + 1 °C. Quant au feuillage persistant, il résiste assez bien au gel. Il y aurait 10 % de dégâts (de feuilles mortes) chez l'olivier lorsque les températures atteignent - 9 °C, ou - 10 °C chez l'arbousier, - 11 °C chez le laurier-tin, - 12 °C chez le chêne vert et - 13 °C chez le palmier nain. (BIROT, 1965) Bien que toutes ses feuilles soient tuées à - 16 °C, le chêne vert se montre mieux adapté au froid que l'olivier, auquel on a attribué une signification climatique, ce qui explique qu'il déborde sensiblement son aire en latitude et en altitude. Mais une vague de froid exceptionnelle ou une gelée tardive peuvent se révéler dangereuses pour la végétation. Surtout dans le nord-ouest du bassin méditerranéen, où les palmiers de la Côte d'Azur, les oliviers de Toscane ou ceux des Baronnies (à Nyons) ont été sévèrement frappés, quand le gel survient après des périodes de pluie et de redoux printaniers qui ont déjà remobilisé la sève. Cependant, une adaptation morphologique permet la résistance aux basses températures dans certains milieux propices au gel, telles les crêtes ventées ou la haute montagne, et l'on retrouve ici le port en coussinet et le nanisme, qui permettent alors de bénéficier de l'effet protecteur de la neige.

Sur les marges du domaine méditerranéen, la saison végétative peut se réduire. Favorables à la végétation, les saisons intermédiaires sont d'autant plus courtes que s'allonge la saison sèche et que le risque de gel est plus grand. Dans les régions à double maximum pluviométrique (Méditerranée nord-occidentale), les plantes sont en général adaptées à ce rythme. Entre les repos de l'hiver et de l'été, les arbres comme les chênes verts profitent d'une double pousse des feuilles, au printemps et en automne, périodes où reverdissent aussi les Graminées (Poacées). Quant aux feuilles anciennes, elles sont de nouveau capables d'assimiler dès le mois de mars. Mais la relative brièveté de la saison végétative peut expliquer la lente croissance des chênes, leurs bois durs et noueux, plus aptes au feu et au charbonnage qu'à la construction. La végétation comportant des plantes à cycle vernal et d'autres à cycle automnal, la période de renouveau (de floraison et de fructification) n'est pas toujours le printemps, d'autant qu'en automne les horizons supérieurs du sol s'humectent de nouveau alors que température et lumière restent suffisantes. Dans les régions à maximum unique hivernal de précipitations, c'est surtout la longueur de la saison sèche qui réduit la période végétative. Plus que les gelées, qui restent cependant présentes pendant la saison humide, à Athènes comme en Turquie ou dans les vallées californienne et chilienne. La végétation est un peu plus favorisée au Cap et dans le Sud-Ouest australien, qui ignorent pratiquement ces gelées. Enfin, au cœur même du méditerranéen, l'assimilation chlorophyllienne se fait parfois toute l'année, avec un ralentissement pendant l'été.

L'adaptation anatomique et biologique des plantes

Ce qui rend parfois difficile la vie végétale en milieu méditerranéen, ce sont surtout les excès du climat, la sécheresse ou le froid exceptionnels, comme dans certaines régions d'Espagne (Almeria), d'Anatolie, ou d'Algérie. L'adaptation s'effectue par certaines dispositions anatomiques et biologiques des plantes, certains aspects de leur appareil végétatif. Et souvent, elle est de même nature : épaisse cuticule et poils foliaires, concentration de la sève…

La classification de C. Raunkiaer des formes tempérées d'adaptation végétale est utile en milieu méditerranéen (RAUNKIAËR, 1905). En effet, cette typologie, basée sur le comportement des plantes (notamment la position des bourgeons) pendant la saison défavorable, renseigne sur leur réponse aux conditions locales de milieu et de perturbation :

– les phanérophytes, avec leurs bourgeons situés à plus de 25 cm du sol, sont essentiellement des arbres et des arbustes qui résistent à la saison défavorable par la diminution de leur activité biologique ;

– les chaméphytes, avec leurs bourgeons à moins de 25 cm du sol, peuvent bénéficier d'un abri ou de la protection de la neige ;

– les hémicryptophytes sont des plantes à moitié cachées, au ras du sol, pendant la saison défavorable ;

– les cryptophytes ou géophytes, s'adaptent à la mauvaise saison en faisant disparaître leurs organes aériens, en contractant sous terre leur appareil végétatif ;

– les thérophytes, espèces à cycle annuel, ne subsistent pendant la saison défavorable que sous forme de graine ;

– les épiphytes, plantes sans racines, utilisent d'autres végétaux comme simple support, sans les parasiter ;

– les hydrophytes vivent dans l'eau (plantes aquatiques).

La végétation du domaine méditerranéen comporte une forte proportion d'arbres et arbustes riches en matière ligneuse, d'arbrisseaux ligneux ou semi-ligneux (plantes frutescentes), d'espèces herbacées coriaces et de végétaux à appareil végétatif souterrain (géophytes).

Le type biologique le plus répandu est celui des phanérophytes, ici généralement sclérophylles, au feuillage coriace et persistant. On parle parfois d'une durisilve, capable de garder ses feuilles l'hiver (la chute n'est pas saisonnière). « Sur les quelque 200 arbres et arbustes de la flore méditerranéenne spontanée en France, plus de 100 possèdent un feuillage persistant » (MARTIN, 1997-2005). La sempervirence et la sclérophyllie permettent à ces arbres et ces arbustes très nombreux (chêne vert, chêne-liège, chêne kermès, pistachier lentisque, arbousier, nerprun alaterne, laurier-tin, myrte, caroubier, etc.) d'effectuer leur assimilation chlorophyllienne pratiquement toute l'année, avec un ralentissement pendant l'été. Pourtant, certaines espèces (comme le caroubier), dans des conditions extrêmes de sécheresse, présentent quand même une vraie période de repos.

Beaucoup de plantes et d'arbustes méditerranéens sont des xérophytes, bien armés contre la sécheresse. Certains sont épineux, les épines étant la transformation de leurs tiges ou d'une partie de leurs feuilles. Elles accompagnent d'ailleurs souvent les feuilles (chez le calycotome ou genêt épineux, le genêt scorpion, les acacias du Chili, certains cactus…), soit sur leur bord (chêne kermès, salsepareille…), soit sur la tige (acacias, cactus…), ou encore au bout des rameaux (calycotome…). D'autres xérophytes se présentent en coussinets hémisphériques ancrés au sol par une longue racine principale : l'astragale de Marseille, l'astragale adragant de la pointe de Sagres au Portugal, l'astragale de Sicile sur l'Etna, la pimprenelle épineuse des phryganas grecques, l'euphorbe épineuse… Enfin, certaines Poacées dures sont aussi des xérophytes aux feuilles susceptibles de s'enrouler et difficiles à arracher ou à trancher, très répandus dans la garrigue (comme le brachypode) ou dans les dunes (comme l'oyat) et surtout dans les formations steppiques du Maghreb (comme l'alfa, aux feuilles coriaces peu attrayantes pour les herbivores).

« Beaucoup d'autres arbustes et de plantes herbacées, sans être des xérophytes, présentent des adaptations à la sécheresse estivale » (GUITTONNEAU et HUON, 1992) :

– plantes laineuses à poils blancs, comme la lavande ou le ciste cotonneux, plante semi-caducifoliée pionnière dans la reconquête des milieux dégradés, aux capacités de réaction très importantes face aux aléas climatiques ;

– plantes microphylles (à petites feuilles), comme le thym, le romarin, le tamaris ou le cyprès, qui réduisent ainsi l'évaporation ;

– plantes à feuilles en aiguilles, comme les bruyères ou le genévrier oxycèdre, ou en écailles, comme le cyprès ou le tamaris ;

– plantes aphylles (sans feuilles ou presque), l'assimilation chlorophyllienne s'effectuant par des rameaux verts aux touffes serrées comme dans l'*Ephedra* ou le genêt d'Espagne (aux feuilles rares), ou par une tige verte élargie ou aplatie comme dans les cactus d'Amérique en forme de colonnes ou de raquettes (le célèbre *Opuntia* dit figuier de Barbarie, introduit dans l'Ancien Monde) ;

– plantes à sève très concentrée, balsamique, laiteuse ou résineuse, souvent très parfumées : tous les conifères (pins, genévriers…), les eucalyptus (originaires d'Australie), le myrte, le ciste à feuilles de sauge et le ciste de Montpellier, très poisseux, l'euphorbe characias, les armoises de Californie, et les Labiées (ou Lamiacées) si nombreuses dans la garrigue (thym vulgaire et serpolet, lavande, romarin…) ;

– plantes succulentes, qui résistent grâce à leurs réserves d'eau accumulées soit dans leurs feuilles comme les agaves de Californie (naturalisés aussi dans l'Ancien Monde), soit dans leurs tiges charnues comme les cactus sans feuilles et des euphorbes de la Région du Cap, ou encore les halophytes des zones salées (les salicornes des sansouires de Camargue).

Les géophytes sont vivaces et fréquentes en milieu méditerranéen, grâce à leur appareil végétatif qui se contracte sous terre pendant la mauvaise saison. On parle parfois de « plantes prévernales », étant donnée la rapidité de leur démarrage au début du printemps. Dès février, elles apparaissent parmi les plantes non ligneuses, et sont les premières à fleurir. Grâce aux réserves nutritives accumulées dans leurs bulbes ou leurs bulbilles (ex. de l'ail et de la tulipe sauvages…), dans leurs rhizomes (ex. du petit iris de la garrigue) ou dans leurs racines tubéreuses (ex. du splendide asphodèle, qui donne de magnifiques fleurs au printemps).

Les thérophytes, plantes annuelles à graines, occupent moins de place que les autres espèces, sauf dans les espaces dénudés. Dans un milieu méditerranéen à deux repos végétatifs, elles germent au début des pluies d'automne, mais fleurissent et mûrissent leurs fruits au printemps, avant de se conserver pendant l'été sous forme de graines. Beaucoup de Graminées, de Crucifères, de Légumineuses sont à cycle vernal.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

L'adaptation des végétaux à la sécheresse méditerranéenne

La sclérophyllie et la sempervirence (1 à 11)



© C. Tassin

1/ Chêne vert ou yeuse *(Quercus ilex)*

Arbre ubiquiste rustique au port tortueux, à feuilles dures et persistantes, qui peut atteindre 15-20 m. Il a dû couvrir presque tout le pourtour de la Méditerranée.



© C. Tassin

2/ Chêne-liège *(Quercus suber)*

Arbre silicicole souvent volumineux, à feuilles coriaces et subpersistantes, qui peut atteindre 20 m. Son aire, ouest-méditerranéenne, est beaucoup moins vaste que celle du chêne vert.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

3/ Chêne kermès *(Quercus coccifera)*

Arbuste ou arbrisseau tortueux de 0,50 à 2,50 m, à petites feuilles piquantes, coriaces et persistantes, qui fait partie de la strate buissonnante de la chênaie verte.



© C. Tassin

4/ Arbousier *(Arbutus unedo)*

Arbre qui peut dépasser 5 m de haut, à feuilles persistantes, finement dentées, qui accompagne souvent le chêne-liège. Ses fruits rouges, petites fraises comestibles, et ses fleurs blanches, grelots disposés en panicules, coexistent souvent.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

5/ Pistachier lentisque *(Pistacia lentiscus)*

Arbuste de 1 à 3 m à croissance lente, mais fréquent sur les sols rocheux bien drainés ; on utilise encore sa résine (mastic, colle, vernis) et son huile (sucreries). Ses feuilles persistantes ont un nombre pair de folioles.



© C. Tassin

6/ Nerprun alaterne *(Rhamnus alaternus)*

Arbuste ou arbre sempervirent (5 m maximum), qui se distingue de la filaire par ses feuilles alternes au bord cartilagineux quand on les regarde à contre-jour.

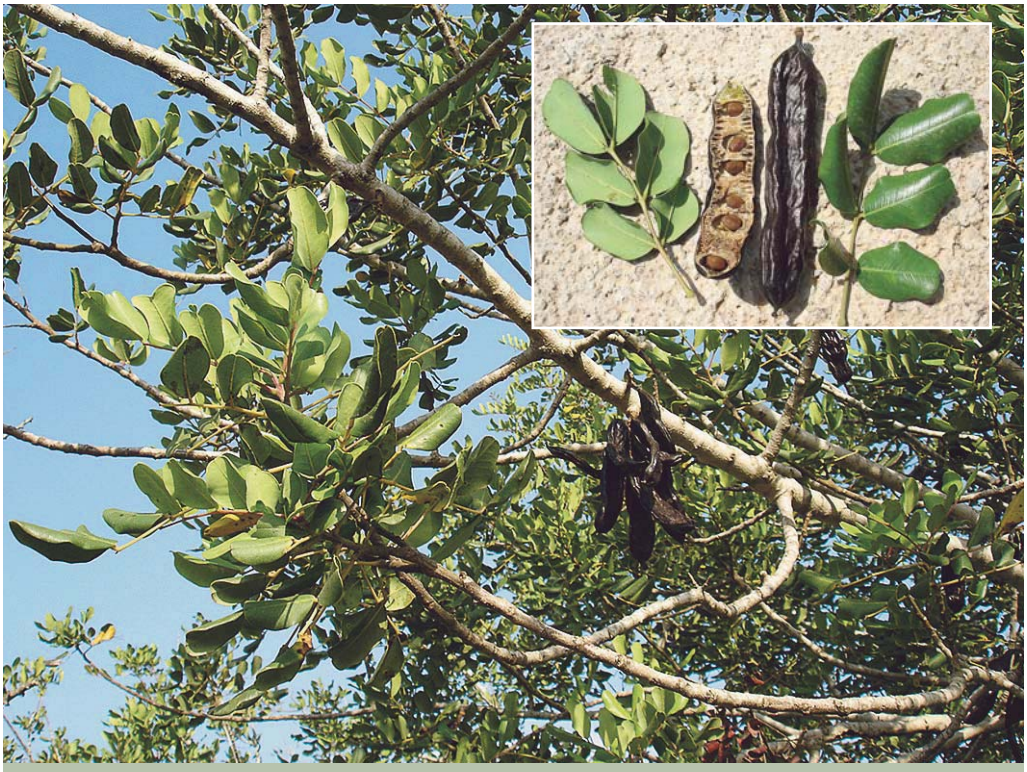
Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

7/ Laurier-tin *(Viburnum tinus)*

Arbrisseau sempervirent (3 m maximum) dont les baies attirent les oiseaux. C'est la seule viorne rencontrée à l'état sauvage en région méditerranéenne.



© C. Tassin

8/ Caroubier *(Ceratonia siliqua)*

Arbre thermophile de 4 à 10 m de haut, des côtes rocailleuses basses et des pentes arides. Feuilles persistantes aux folioles ovales coriaces. Gousses pendantes (les caroubes) dont les graines au poids constant ont servi à peser l'or et les pierres précieuses. Du nom de l'arbre est né le « carat ».

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

9/ Filaire à feuilles étroites *(Phillyrea angustifolia)*

Arbuste sempervirent de 2-3 m, aux inflorescences parfumées condensées en courtes grappes à l'aisselle des feuilles. Croît dans les maquis, les forêts ouvertes, de préférence sur les sols calcaires.



© C. Tassin

10/ Myrte *(Myrtus communis)*

Buisson dense aux feuilles persistantes parfumées, aux fleurs blanches à nombreuses étamines. Largement répandu dans les suberaies, il servait à confectionner des bouquets de mariée.



© C. Tassin

11/ Daphné garou *(Daphne gnidium)*

Bel arbrisseau entièrement toxique : rameaux élancés et flexibles, aux feuilles coriaces et persistantes ; petits bouquets de fleurs blanches parfumées et de drupes charnues d'abord rouge brillant puis noires.

La xérophilie (12 à 14)



© C. Tassin

12/ Genêt scorpion *(Genista scorpius)*

Arbrisseau (1-2 m) aux rameaux entrelacés, très épineux et peu feuillés. Fleurs d'un jaune éclatant disposées en grappes denses à leur extrémité ou sur les épines latérales. Abonde dans les garrigues.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Je uthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

13/ Salsepareille *(Smilax aspera)*

Liane persistante épineuse (tige et feuilles), grimpante dans les garrigues, les friches et les maquis. Fleurs en houppes terminales ou axillaires, mâles et femelles sur des pieds différents.



© M.-A. Coudray–Tassin

14/ Pimprenelle épineuse *(Sarcopoterium spinosum)*

Arbuste hémisphérique aux extrémités épineuses et anguleuses. Fleurs sans pétales avec des stigmates rouges (femelles) ou avec 10-30 étamines jaunes (mâles). Populations importantes dans les garrigues basses sèches (phryganes grecques).

D'autres adaptations

Plantes microphylles (15)



© C. Tassin

15/ Genévrier oxycèdre ou cade *(Juniperus oxycedrus)*

Arbuste calcicole à croissance très lente, qui fait partie de la strate buissonnante de la chênaie verte. Contrairement au genévrier commun, ses aiguilles portent deux bandes blanches de stomates et ses galbules sont trois fois plus grosses.

Plantes aphylles (ou presque) (16)



© C. Tassin

16/ Genêt d'Espagne *(Spartium junceum)*

Arbuste de 2-3 m de haut ressemblant au genêt, jadis utilisé en vannerie pour ses branches flexibles, à feuilles simples, rares et éphémères, à grandes fleurs jaune vif en grappes terminales parfumées. Espèce principalement calcicole, présente dans les garrigues et les maquis, souvent liée à d'anciennes friches.

Ce document est la propriété exclusive de Fo ean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Plantes succulentes (17)



© C. Tassin

17/ Salicorne en buisson *(Sarcocornia fruticosa)*

Les salicornes occupent les terrains salés proches des côtes. Dans les parties légèrement surélevées des sansouires de Camargue, où remonte fortement le sel, la salicorne en buisson forme de véritables tapis de tiges dressées et lisses aux articles verts, rouges, orange ou mauves.

Plantes à sève concentrée et balsamique (18 et 19)



© C. Tassin

18/ Euphorbe *(Euphorbia characias)* et thym *(Thymus vulgaris)*

Euphorbe : plante vivace aux tiges robustes à suc laiteux ; feuilles denses dans leur partie haute ; longues inflorescences avec ombelle terminale. Se trouve dans les friches, garrigues, maquis dégradés.
Thym commun ou farigoule : plante aromatique culinaire et médicinale connue depuis l'Antiquité. Espèce calcicole absente en Corse, répandue dans les garrigues, caractéristique des tomillares espagnols.



© C. Tassin

19/ Armoise de Californie *(Artemisia tridentata)*

Espèce arbustive de 0,50 m à 3 m, aux feuilles trilobées aromatiques et aux inflorescences terminales, adaptée à la sécheresse : racines profondes et étalées, poils clairs sur les feuilles, en grande partie persistantes après l'été. Très répandue dans l'ouest des États-Unis.

Plantes à réserves souterraines (20)



© C. Tassin

20/ Asphodèle rameux *(Asphodelus ramosus)*

Vivace aux feuilles basales et aux fleurs serrées sur des hampes florales. Grâce à ses tubercules racinaires qui résistent au feu, il forme avec le brachypode rameux et l'euphorbe *characias* des landes ou pelouses, stade ultime de la dégradation des garrigues à chêne kermès (sud de l'Europe, Asie Mineure, nord-ouest de l'Afrique).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest J euthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Des paysages végétaux vulnérables *vs* l'intense anthropisation

Le triptyque plurimillénaire agriculture – feux – pâturage

C'est au Proche-Orient qu'ont débuté l'agriculture et l'élevage, et donc les défrichements. L'impact de l'anthropisation, considérable dans le bassin méditerranéen durant 7 000 ou 8 000 ans, sera développé dans la quatrième partie, car il suscite aujourd'hui une vraie prise de conscience régionale et internationale. Mais cette action de l'homme a été également importante en Afrique du Sud, en Californie, au Chili et dans le Sud australien, bien que l'accroissement de la population y ait été plus tardif. Cette intervention humaine peut se résumer par les coupes de bois, le défrichement pour la culture, le surpâturage et enfin les incendies. Au milieu du XIXe siècle, les perturbations anthropozoogènes généralisées sur plusieurs millénaires (cf. *infra*) avaient détruit une bonne part des forêts méditerranéennes. L'avènement de la société industrielle déclencha de puissants impacts anthropiques qui engendrèrent de nouvelles dynamiques paysagères, notamment une fracture dans l'utilisation intensive des forêts entre le Nord et le Sud. Cette anthropisation récente (modifications des modes d'usages des terres, accroissement des infrastructures, extension des constructions urbaines et littorales, dégradation de l'environnement…) sera reliée au devenir problématique des paysages végétaux du bassin méditerranéen (chap. 9 et 10).

À partir du Néolithique, les grandes civilisations agraires sont en quête de pâturages ou de champs. C'est par l'est et le sud que les premiers hominidés (*Homo ergaster, Homo erectus*) arrivent dans le bassin méditerranéen (COPPENS, PICQ, 2001), plus précocement que dans l'Europe moyenne (entre 1,5 et 1 Ma). Des hommes anciens vivent il y a plus d'un million d'années au Maroc, en Algérie, en Espagne du Sud, en Israël. Mais les impacts anthropozoogènes sur les écosystèmes débutent vraiment avec l'acquisition et la généralisation de l'usage du feu (environ 450 000 à 250 000 ans BP). Une étude anthracologique a montré que les incendies existaient dès 32 000 ans BP, bien avant l'installation de l'agriculture. Mais à cette époque où *Homo neanderthalensis* disparaît, remplacé petit à petit par *Homo sapiens sapiens,* la densité humaine est très faible et les feux, surtout d'origine climatique (la foudre) sont peu étendus. La présence la plus tardive des Néanderthaliens « est attestée sur la péninsule Ibérique, où ils ont peut-être été protégés par la barrière naturelle que formaient les Pyrénées » (SENUT, 2009).

Quant à la diffusion de l'homme moderne dans le bassin méditerranéen, elle pourrait être aussi d'origine africaine, la trace d'un couloir de migration entre l'Éthiopie et le Proche-Orient étant suggérée par « la présence attestée en Syrie d'une industrie typique d'*Homo sapiens* entre 250 000 et 100 000 ans » (SENUT, 2009).

Encore ponctuelle et temporaire au début de la période postglaciaire (l'Holocène), vers 10 300 BP, l'emprise anthropique augmente vers la fin de l'optimum (chaud et humide) de la phase Atlantique. La généralisation des déboisements débute vers 3 200 BP au nord de la Grèce, vers 2 800 BP en Corse, et 2 700 BP sur la Côte dalmate. En Corse centrale, l'étude anthracologique de charbons de bois prélevés au lac de Creno réalisée par C. Carcaillet et B. Vannière témoigne d'une augmentation de la fréquence des incendies à partir de 2 500 BP, les intervalles qui les séparent devenant nettement plus courts (CARCAILLET, VANNIÈRE, 2004). Élaborant en 2002 une première histoire des incendies holocènes, à partir de nombreuses datations de charbons de bois dans différentes régions, C. Carcaillet a montré leur croissance continue, avec des pointes au Boréal et au Subboréal plus secs, et une très forte recrudescence depuis 500 ans. D'autres études récentes (HENRY *et al.*, 2010 ; TALON, 2010 ; TOUFLAN *et al.*, 2010) basées sur l'outil charbon de bois ont suivi, corroborant la fiabilité de l'analyse anthracologique et la relative précision de la reconstruction de la dynamique forestière passée. L'augmentation durable des feux est à mettre en relation avec le développement de l'agriculture et la première Révolution démographique qui l'accompagne. Apparue surtout au début de l'Holocène dans le Croissant fertile du Proche-Orient (WILLCOX, 2000), mais ne remplaçant vraiment la cueillette qu'à partir de la période Atlantique, l'agriculture s'est associée étroitement à l'élevage, les hommes commençant à cultiver les céréales sauvages, (comme le blé épeautre vers 9 500 BP), et à domestiquer les petits ruminants, chèvres et moutons, puis les porcs et les bovins (au VIIIe millénaire). Des chercheurs (VIGNE, 2000) parlent même de troupeaux captifs dès le IXe millénaire, sur le piémont sud du Taurus (en Turquie orientale). Coexistant avec la cueillette pendant plus d'un millénaire, les cultures de céréales augmentent vers 8 000 BP en Anatolie, au Levant, puis au nord de l'Irak et dans l'ouest de l'Iran, agriculture et élevage se propageant ensuite vers l'ouest, pour arriver en Méditerranée nord-occidentale vers 6 000 BP. L'anthropisation encore diffuse à l'Atlantique s'accentue dans les phases climatiques suivantes – Subboréal plus frais et plus sec, puis Subatlantique frais et humide – entraînant une intense

déforestation et matorralisation (la mise en place de formations secondaires buissonnantes) qui perturbent les équilibres écologiques. Les chênes sclérophylles deviennent prépondérants aux dépens des chênes à feuilles caduques, ce recul forestier correspondant à la mise en œuvre des métaux par l'homme, aux passages successifs Âge du cuivre/Âge du bronze/Âge du fer (tabl. 2). Par exemple, dans la zone des garrigues de Montpellier, l'attaque du manteau forestier débute vraiment avec l'assèchement climatique du Subboréal (vers 4 700 BP) et l'ouverture de pâturages à moutons par la hache et par le feu (DUGRAND, 1964).

À l'époque historique, la dégradation est orchestrée par de grands cycles agraires. « En moins de dix siècles, du Ve siècle av. J.-C. jusqu'aux invasions barbares, plus de la moitié des forêts méditerranéennes a été dévastée (…) au milieu du XIXe siècle, les trois quarts des forêts initialement présentes avaient disparu » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

Les recherches du géomorphologue R. Neboit sur les crises morphogéniques de l'Holocène récent et sur l'érosion actuelle permettent d'examiner les rapports complexes et multiformes qui existent au sein du triptyque Société, Climat, Érosion, qu'ils relèvent d'une utilisation contraignante du sol ou (et) de la variabilité climatique (NEBOIT, 2010). Une lecture des phénomènes physiques (l'érosion) est tout à fait possible en termes d'histoire des sociétés (FOUACHE, 2003 ; NEBOIT, 2010), les accumulations sédimentaires témoignant de la forte variabilité locale des densités d'occupation des sols, et pouvant aussi indiquer une forte relation entre la pression agraire et la conquête de terres difficiles (GATEAU, PROVOST, 1996). La carte archéologique de la Gaule, qui rassemble la documentation concernant l'histoire de la France entre 800 BC et et l'an 700 de notre ère (Âge du fer, époque romaine et mérovingienne) donne l'exemple de l'occupation des rives de l'étang de Berre, de la fin de l'Âge du bronze à la fin de l'Antiquité. À cause des terres escarpées et pauvres des environs de Marseille, la colonie phocéenne de Massalia, puis les Romains ont dû glisser au-delà des collines vers les vallées ou les bassins plus riches [et en particulier vers l'étang de Berre] (époques hellénistique et romaine), tandis que les conflits avec les tribus celto-ligures rejetaient celles-ci vers les zones montagneuses, où elles étaient réduites à cultiver les pentes autour de leurs *oppida* perchés (GATEAU, PROVOST, 1996). En Gaule du Sud, on retrouverait ainsi une situation décrite par R. Neboit en Italie du Sud (la Grande Grèce) et en Sicile, où les peuples indigènes ont dû abandonner aux Grecs des terroirs côtiers fertiles et moins sensibles à l'érosion, pour un arrière-pays plus accidenté. « Ils se seraient ou auraient été confinés sur des terres moins opulentes, et exposées aux effets pernicieux du ruissellement du fait de la lithologie et d'une topographie plus tourmentée. Ce scénario s'apparente à celui qui s'est déroulé dans certaines contrées d'Algérie après la conquête française » (NEBOIT, 1984).

En France, le premier grand cycle agraire est orchestré par les nombreuses villas, fermes gallo-romaines. La présence des Romains ayant été précoce dans la province méridionale de la Narbonnaise, les chênes verts sont les grandes victimes des défrichements par le feu pour la culture et le pâturage des moutons et des chèvres, mais aussi des coupes pour le chauffage. Leur bois dur et nerveux convient pour la production de charbon, il était déjà utilisé dans la Grèce du Ve siècle avant J.-C. par les charbonniers de l'Attique, on le voit surgir sous la plume d'Aristophane, chanté par le cœur des Acharniens (ALFONSI, 1966). À l'époque de l'Empire romain, le paysage méditerranéen comportait « quatre aspects organiquement complémentaires : *mare*, la mer, indispensable aux échanges ; *ager*, le champ cultivé gagné sur la forêt ; *saltus*, les broussailles réservées au bétail ; *silva*, la forêt (ou ce qu'il en restait), pourvoyeuse de bois et de gibier » (DEMANGEOT, 2006). Cet équilibre de type *silva-ager-saltus* défini par G. Kunholtz-Lordat en 1938 ne varie pas beaucoup jusqu'au XIXe siècle, les forêts demeurant localisées sur les terrains inaptes à la culture, d'où une impression de stabilité dans les paysages méditerranéens malgré la récurrence d'autres cycles agraires (LE ROY LADURIE, 2002) : cycle médiéval du XIIIe siècle (grands défrichements des « beaux jours » du Moyen Âge), cycle bas-médiéval-moderne (fin XIVe-fin XVIIe siècle), cycle moderne-contemporain (XVIIIe-XXe siècle). Pendant deux millénaires, « un équilibre précaire a pu se constituer, lié à une utilisation traditionnelle plus ou moins contrôlée » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003) : les usages agro-sylvo-pastoraux continuent de se développer, dégradant les versants des collines et des montagnes, où se réfugient les populations victimes de l'insécurité. Dans la garrigue montpelliéraine, partiellement constituée dès la préhistoire, l'économie malgré des oscillations est restée la même jusqu'au XIXe siècle, faisant reculer progressivement la forêt. Basée dès l'époque gallo-romaine sur les activités agro-sylvo-pastorales, les cultures de céréales et d'oliviers dans l'*ager*, l'élevage des moutons dans le *saltus* et l'exploitation de la forêt, la *silva*, elle a été stimulée à partir du Moyen Âge par les besoins grandissants des villes, qui « ont beaucoup plus sûrement détruit la forêt que n'auraient pu

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

le faire les troupeaux et les défrichements » (DUGRAND, 1964). Et de ce fait, dès le milieu du XVIIIe siècle, il n'y a plus aucun lambeau forestier dans la garrigue. Il faut attendre la crise de ses activités traditionnelles, et surtout les transformations socio-économiques des années 1960-70 pour assister à une certaine fermeture de ses milieux. Au nord du bassin, les garrigues à kermès sur calcaires durs ont résulté d'activités sylvo-pastorales, des besoins en bois et en pâturages, tandis que les garrigues à romarin sur calcaires marneux tendres ont été davantage liées aux cultures.

Comme les matorrals, la Crau steppique connaît aussi des phases plus ou moins intenses d'exploitation pastorale. Au total, les « charbons datés de l'Empire romain, du Moyen Âge et des périodes modernes semblent davantage corrélés avec les installations des pasteurs qu'avec les processus naturels successionnels » (HENRY *et al.*, 2010). Steppe à dominance herbacée depuis au moins l'Âge du bronze, à cause des feux, de la pression pastorale mais aussi des conditions environnementales rudes (sol, climat), la Crau accueille à l'époque romaine des dizaines de bergeries, le bois de pin ou de chêne (souvent rapporté des bordures) servant pour la construction et le chauffage, et le cyprès (*Cupressus sempervirens*) introduit en France par les Romains étant planté autour des bergeries pour les protéger du mistral. L'absence de charbons à l'Âge du fer (1 200-200 BC) et leur quasi-absence au début du Moyen Âge (340-1040) montrent un affaiblissement, voire une disparition de l'économie pastorale, notamment pendant la lutte contre les Sarrasins (entre le VIIe et le Xe siècle). L'utilisation de races improductives n'aurait plus nécessité la construction de bergeries. Dans la région d'Arles, aux XIVe et XVe siècles, le cheptel était nettement plus faible qu'à l'époque romaine (peut-être 70 000 contre 150 000). Les charbons datés des périodes modernes montrent une reprise des usages pastoraux, le bois de construction et de chauffage étant rapporté des marges camarguaises où l'élevage ovin laisse peu à peu la place aux broussailles et à des champs cultivés. La région d'Arles au XIXe siècle aurait compté 200 000 à 300 000 moutons (HENRY *et al.*, 2010).

L'anthropisation dans l'est de la Crète.



© P. Belleville

Pendant des millénaires, la mosaïque végétale méditerranéenne a été modelée par l'action conjointe de la nature et de l'homme, les usages agro-sylvo-pastoraux, où le feu était considéré comme un auxiliaire. Dans cette phrygana, matorral secondaire, la végétation accentue aujourd'hui sa dégradation sur des sols minces, encore voués avec le recul des cultures à l'élevage extensif des moutons.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

À l'est de la Méditerranée, le déboisement est continu mais à vitesse inégale, comme en Iran, en Anatolie ou au Liban. Il est important en période de prospérité rurale, de croissance démographique, de stabilité politique, alors qu'il se ralentit pendant les périodes de troubles, d'invasions médiévales, d'expansion du nomadisme. Si en Iran, dans l'Antiquité, « les régions arides en général étaient déjà fortement déboisées, il n'en était sans doute pas de même de tous les plateaux intérieurs, et (…) d'épaisses forêts couvraient encore la plupart des régions montagneuses, ainsi que les pays caspiens » (PLANHOL DE, 1969). La phase principale de déboisement va de la période sassanide (IIIe-VIIe siècle) – époque de vie rurale et urbaine prospère, stable politiquement – au Moyen Âge. Elle est suivie par une phase d'équilibre forestier dans le Zagros avec l'arrivée des nomades turco-mongols, le retour à la vie sédentaire et le développement des agglomérations urbaines permettant une phase contemporaine de déboisement qui « fait disparaître les derniers vestiges [en étendues appréciables] des forêts de montagnes de l'Iran intérieur » (PLANHOL De, 1969). Préservée par sa situation marginale au nord de l'Alborz (l'Elbourz), la forêt caspienne a une histoire à part (KLEIN, 1994) : elle n'a vraiment été attaquée qu'au XIXe siècle lors de l'avancée russe, puis au XXe siècle « après l'ouverture de routes carrossables à travers l'Alborz, pour l'alimentation en charbon de bois de l'agglomération téhéranaise en croissance rapide » (PLANHOL DE, 1969). En Turquie, les surfaces boisées restent beaucoup plus importantes que dans les autres pays du Proche-Orient, l'invasion des pasteurs nomades n'ayant pas empêché une relative reprise végétale, alors qu'en Iran où « l'installation durable d'une vieille civilisation sédentaire affamée de bois » et aussi le climat plus sec n'ont jamais permis une telle reprise (PLANHOL DE, 1965). Ainsi poussé à l'extrême, le déboisement des montagnes levantines s'oppose à la belle tenue relative du Taurus. « Au Liban, la forêt a pratiquement disparu depuis l'installation des Maronites au Moyen Âge » (PLANHOL DE, 1968).

À partir de la fin du XIXe siècle, la Révolution économique et démographique provoque au nord du bassin méditerranéen une nouvelle évolution de l'anthropisation des paysages méditerranéens : le développement des transports et l'intégration des plaines et des côtes à l'économie de marché poussent les habitants à abandonner l'arrière-pays, où la forêt commence donc à se régénérer. Contrairement aux zones basses et côtières où les cultures intensives, l'extension des zones polluantes urbaines et industrielles, et les aménagements touristiques considérables des rivieras accentuent le recul des écosystèmes naturels. Dans le sud du bassin méditerranéen, la transition démographique plus tardive s'ajoutera au mal-développement pour renforcer la surexploitation de la forêt, la dépendance de populations pauvres et jeunes à l'égard de ses ressources. Cette anthropisation, née des transformations économiques, sociales et démographiques consécutives à l'avènement de la Révolution industrielle, affecte actuellement la biodiversité, elle sera donc reliée aux dangers multiples qui menacent les milieux végétaux méditerranéens (chap. 9 et 10).

Les incendies actuels : un impact différent selon leur fréquence

Pendant des millénaires, la mosaïque végétale méditerranéenne a donc été modelée par l'action conjointe de la nature et de l'homme, où le feu était considéré comme un auxiliaire. Mais aujourd'hui se pose le problème crucial de son devenir face aux incendies actuels. Sur l'ensemble du XXe siècle, les espaces boisés présentent une extrême sensibilité à ces perturbations, au nord avec la « remontée biologique » due à la déprise rurale, et au sud avec la pression démographique sur des ressources végétales plus xériques.

« Lors des dernières décennies, les paysages ont évolué sensiblement, et avec eux notre appréhension du feu » (MARTIN, 1997-2005). En 2003, dans le bassin méditerranéen, il y avait deux fois plus de feux de forêt que dans les années 1970 (pyromanes, fumeurs, feux de camp, barbecues, jets de bouteilles), soit environ 50 000 par an pour 23 pays méditerranéens, les surfaces incendiées ayant doublé avec 600 000 ha par an. Riche en résines et en matières ligneuses, la végétation méditerranéenne est particulièrement combustible, surtout dans ses formes dégradées, lorsqu'elle est moins protégée contre le soleil et la vitesse du vent. Les garrigues basses comprennent davantage d'espèces très inflammables, comme le ciste de Montpellier, espèce pionnière, ou de jeunes résineux comme le pin d'Alep, espèce héliophile qui remplace le chêne vert. Parmi les espèces les moins inflammables, on compte l'arbousier, le laurier-tin, la filaire à petites feuilles ou encore le frêne à fleurs. « Les ligneux bas, présents en sous-étage des boisements, et l'augmentation de la biomasse végétale sont à l'origine de plus grandes inflammabilités et combustibilités » (TATONI, 2007). Mais c'est l'embroussaillement en Méditerranée occidentale, une certaine uniformisation forestière des paysages, dus à l'exode rural, qui favorise la progression des incendies dans des zones ainsi rendues sensibles : friches envahies par les broussailles, espaces boisés abandonnés par les

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

L'anthropisation en Algérie.

Pins d'Alep en feu dans l'Atlas tellien, forêt ici climacique sous ce bioclimat semi-aride. Grand incendie au nord de Tablat qui a duré plusieurs jours, par 44 °C à l'ombre. La matorralisation de la végétation climax peut aboutir plus au sud à la steppisation.

populations responsables… En 2003, dans le massif des Maures, haut lieu touristique du Var, le feu a parcouru 25 km en moins de six heures, ravageant des milliers d'hectares de forêts de chênes-lièges et de maquis.

Le passage récurrent du feu entraîne la propagation des pyrophytes, c'est-à-dire de végétaux qui résistent plus ou moins longtemps à la flamme, ou dont la multiplication est stimulée par le feu. Il s'agit d'espèces « peu combustibles comme le chêne-liège, ou qui ont une grande aptitude à rejeter de souche, à drageonner » (ELHAÏ, 1968). Ce sont soit des « *resprouters* », des végétaux qui rejettent de souche, soit des « *seeders* » qui se régénèrent par la germination des graines. Cependant, bon nombre d'espèces peuvent se renouveler selon ces deux grandes voies de régénération, végétative et sexuée, ces stratégies dépendant du cycle de vie du végétal, des conditions stationnelles et des perturbations locales (GRIME, 2001).

La régénération végétative se fait immédiatement à partir d'organes qui ont résisté à la chaleur. Les rejets de souche (chêne vert, arbousier…) se font à partir d'un lignotuber (*rootcrown*), renflement qui entoure la base de la tige. Et plus ce lignotuber est gros, plus la chance de survie de l'espèce est grande : celui du chêne vert (ou yeuse), qui rejette puissamment de souche, a pu atteindre 317 kg. Louis Trabaud parle de rejets de 3 m de haut dans une chênaie verte sur silice, 4 ans après l'incendie. Cependant, dans les Maures cristallines cette régénération de l'yeuse, débarrassée de sa partie aérienne brûlée, est estimée au moins à une vingtaine d'années après la catastrophe de l'été 2003, alors que le chêne-liège aux feuilles roussies commençait à retrouver sa jeunesse cinq ans après. Les rejets aériens du chêne-liège, à partir des nombreux bourgeons dormants sous son épaisse écorce isolante, favorisent une régénération particulièrement rapide de rameaux, d'une nouvelle charpente et d'un nouveau houppier : dans les Maures, des rejets de 1 m de long ont été constatés au bout de 2 mois. Quant aux rejets souterrains, ils se font soit à partir de tiges ou branches courant dans le sol, comme pour le chêne kermès qui rejette abondamment, soit sur des racines – on parle alors de drageons (comme ceux du sorbier). Enfin, beaucoup de géophytes à bulbes, rhizomes et tubercules, comme les tulipes, les iris, les *Ophrys* (orchidées) et les asphodèles, redémarrent massivement après les incendies, grâce à leurs tiges souterraines chargées de réserve. Géophyte à tubercules racinaires comme les orchidées, l'asphodèle « survit au printemps qui suit un feu, fleurit en abondance [puis] répand ses graines, affranchies de toute concurrence » (TRABAUD, 2004). En ouvrant leurs pâturages, les hommes ont favorisé une belle plante à hampe florale, mais toxique et par conséquent délaissée par les moutons. La régénération végétative explique la résilience élevée de certaines forêts sclérophylles et des matorrals méditerranéens, qui peuvent pratiquement retrouver, selon Louis Trabaud, leur structure et leur composition floristique en 5 ans, mais davantage sur sol siliceux que sur sol calcaire.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Quant aux espèces incapables de rejets, qui se régénèrent par voie sexuée (voie différée), le feu peut détruire leurs graines, mais aussi en stimuler la germination. Les pins sont tous fortement combustibles avec toutefois des nuances. Si le feu ravage carrément les pins d'Alep, il fait parfois moins de dégâts chez les pins pignon (parasol) plus ou moins protégés par un houppier plus dense, moins aéré et plus humide, et par une écorce épaisse et feuilletée, l'éjection d'écailles enflammées pouvant préserver les vaisseaux de la sève. Les pins sérotineux, qui réussissent à retenir et protéger leurs graines dans leurs cônes pleins de résine au-delà de la saison de maturité, ont une dissémination tardive, qui facilite la germination post-incendie après les premières pluies d'automne. C'est le cas pour le pin d'Alep, le pin brutia ou le pin maritime, pourtant très combustibles. Par contre, le pin de Salzmann et le pin sylvestre ont une régénération post-incendie beaucoup plus difficile, la dissémination de leurs graines s'effectuant plus précocement, au printemps de la troisième année après la fécondation, c'est-à-dire avant les incendies de l'été qui détruisent une bonne part de leur pluie séminale. L'expansion post-incendie de tels pins ne peut donc démarrer qu'à partir des semenciers des lisières de l'espace incendié. Les cistes, s'ils sont très combustibles, occupent fortement les espaces libres après l'incendie, celui-ci ayant une action de « levée de dormance », la température du sol déclenchant massivement les germinations de graines. Beaucoup de thérophytes survivent aux feux grâce à leurs graines enfouies dans le sol. Christophe Bernier a montré par une série de photos post-incendie prises aux mêmes endroits, à chaque été des années 1999 à 2002, comment les Poacées annuelles ont envahi rapidement une zone incendiée en juillet 1999 près des Baux-de-Provence (Les écologistes de l'Euzière, 2004). La croissance post-incendie des ligneux qui ne recèpent pas est beaucoup plus lente. Selon Louis Trabaud, 12 ans après la perturbation le pin d'Alep atteint seulement 1 m contre 2 à 4 m pour le chêne vert.

La dynamique post-incendie représente « les processus de récupération (…) liés à l'état et au comportement des sols » (Tatoni, 2007).

De nouvelles recherches depuis quelques décennies sur la dynamique post-incendie ont montré que les communautés végétales héritées du passé ne se maintiennent que grâce au passage du feu (Trabaud, 1987 ; Bonnet *et al.*, 2002 ; Trabaud, Prodon, 2002). La dynamique générale de régénération des forêts méditerranéennes, vue plus loin, évoquera les différents stades auxquels correspondent ces communautés. Dans le récent ouvrage édité par Les écologistes de l'Euzière, association installée dans la garrigue de Montpellier, Louis Trabaud évoque plusieurs études concernant les processus de succession après incendie. En France du Sud, huit communautés ont été suivies pendant une dizaine d'années en pays calcaire, dans les collines du Bas-Languedoc (forêts, garrigues et pelouses), et six en pays siliceux, dans les collines des Albères et des Aspres (forêts de chêne vert et de chêne-liège, maquis et pelouses). Ces études et bien d'autres, dans les garrigues, les maquis et les pinèdes d'Espagne, d'Italie ou encore de Grèce, montrent que des feux périodiques, des petits feux pas trop fréquents (de 10 à 15 ans, selon les écosystèmes) permettent le rétablissement des communautés végétales préexistantes, sans trop de dommages. Michel Thinon parle de « cycle de la végétation inflammable et combustible, régénérée par le feu lui-même » (Thinon, 2005), tandis que Louis Trabaud résume ainsi ce phénomène d'auto-succession : « le passage du feu maintient les communautés héritées du passé à un niveau d'équilibre métastable entre leur dynamique et la fréquence des incendies » (Trabaud, 2004), une stabilité temporaire qui dépend de feux de petite taille et pas trop fréquents. Par contre, dans le cas de grands incendies, surtout lorsqu'ils sont répétitifs, les capacités de résilience des formations végétales, c'est-à-dire leurs capacités à supporter les modifications dues au feu, tout en conservant l'essentiel de leurs propriétés, s'amenuisent. Leurs dysfonctionnements écologiques seront envisagés plus loin.

Selon Thierry Tatoni, après le passage du feu, deux principales situations se distinguent. L'évolution des terrasses de culture après abandon lui a permis de poser la réflexion sur les principales voies dynamiques, notamment les trajectoires post-incendie, de la végétation en Provence (Baudry, Tatoni, 1993 ; Tatoni, Bonnet, 2008). La première situation envisagée est lorsque l'essentiel du sol reste en place après l'incendie. Dans ce cas, la recolonisation des surfaces incendiées par des ligneux bas (notamment l'ajonc en Basse-Provence) aboutit assez rapidement à « des formations arbustives denses, pouvant être considérées comme préforestières » (Tatoni, 2007) et qui présentent une importante diversité spécifique et fonctionnelle due à la concurrence de plusieurs espèces, laquelle prive celles-ci de trop marquer leur dominance. Le nombre d'espèces peut d'ailleurs augmenter lorsque la trajectoire post-incendie se superpose à une trajectoire post-culturale (cas des terrasses de culture abandonnées). Le second cas de figure est celui où l'incendie a rompu la stabilité des

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

couches superficielles du versant, déclenchant une érosion du sol. Ces surfaces sont alors recolonisées par des espèces adaptées à ces conditions, notamment par le chêne kermès, qui forment « des garrigues constituant un important palier et retardant considérablement l'évolution post-culturale vers la chênaie caducifoliée », explique Thierry Tatoni, tout en précisant que cette situation s'observe rarement après un seul incendie mais résulte « soit d'une combinaison de perturbations (par exemple, lorsque les territoires incendiés sont immédiatement pâturés), soit d'incendies récurrents, avec un temps de révolution inférieur à 10-12 ans » (TATONI, 2007). Cette répétition rapide des incendies en un même lieu, qui entraîne une forte diminution de la biodiversité, constitue désormais la principale menace pour les systèmes boisés. Car sa fréquence a tendance à augmenter au nord, où l'embroussaillement et la « remontée biologique » forestière, voire les reboisements, dus à l'abandon des terres agricoles, suppriment progressivement les « tampons » qui existaient avec les zones « mitées » par les habitations.

Conceptions dynamiques et successions végétales

« On perçoit toujours aujourd'hui ce hiatus entre les partisans d'une étude globale de l'écosystème, et ceux prônant une conception plus réductionniste de l'écosystème, dont les processus doivent être étudiés au niveau des espèces et des populations » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

Dans la dynamique selon la théorie du climax (cf. *supra*) proposée par F. E. CLEMENTS (1916, 1936), les successions végétales sont comparables à la croissance d'un organisme. Dans le bassin méditerranéen, le climax serait essentiellement forestier, en dehors des littoraux, des marais, de la haute montagne ou du domaine steppique semi-aride. Mais aujourd'hui la végétation n'atteint pas toujours le climax, la dégradation la place le plus souvent à des stades d'évolution qui font partie d'une série régressive ou progressive. La notion de série de végétation a été lancée par Gaussen puis développée par P. Ozenda (GAUSSEN, 1933 ; OZENDA, 1964). « Une série est dite régressive lorsque les échelons successifs l'éloignent du climax » (HUETZ DE LEMPS, 1994). Les forêts méditerranéennes sont dégradées en formations basses secondaires auxquelles on a fini par donner un nom général d'origine espagnole : le matorral. Il s'agit de fourrés plus ou moins denses avec deux variantes principales, la garrigue et le maquis, où les essences arborées se sont faites rares ou ont disparu, laissant la première place aux arbrisseaux et sous-arbrisseaux ligneux (chap. 4). Le terme ultime de la dégradation de la forêt de chênes verts sur calcaires durs étant même – d'après Flahaut – une lande pauvre, la lande à asphodèles, délaissés par les moutons. « Si la série se rapproche du climax, elle est considérée comme progressive » (HUETZ DE LEMPS, 1994). Quand l'homme cesse de brûler ou de faire venir son troupeau, ce qui est le cas avec la déprise rurale au nord de la Méditerranée, on voit apparaître sur la lande à asphodèles des espèces pionnières comme le ciste de Montpellier. C'est l'amorce de la série progressive, d'une garrigue claire où pourra pousser le chêne kermès, lequel permettra, à partir de porte-graines des bois voisins, la réinstallation du chêne vert. Car celui-ci ne revient pas naturellement sur la lande à asphodèles, la forte insolation modifiant la teneur du sol en humus et rendant impossible sa germination. Les espèces héliophiles sont favorisées, ce qui explique l'extension des pinèdes dans le domaine méditerranéen. Grâce à leurs graines ailées dispersées par le vent, les pins repeuplent spontanément les espaces ouverts. Ces pinèdes sont des formations « paraclimaciques », à quelques exceptions près (littoral, montagnes). Poussant dans la garrigue à cistes, le pin d'Alep apparaît comme un maillon dans la chaîne évolutive, mais en formant un aboutissement nouveau – un « paraclimax », pourtant bien plus fragile que la chênaie devant les risques d'incendie. Au total, les forêts de chênes sont lentes à se reconstituer, la série progressive s'attardant à un nouvel équilibre. Mais, plus grave encore, la dégradation devient souvent irréversible à cause du cycle du feu qui « régénère » les essences inflammables, mais aussi lorsque la rhexistasie est poussée à son extrême, c'est-à-dire lorsque l'érosion détruit complètement le sol et attaque le substratum.

Trois modèles d'occupation spatiale ont été définis selon la conception réductionniste de H. A. GLEASON (1917, 1926). Les processus écologiques doivent être envisagés au niveau des individus, car ils subissent directement les effets de la sélection naturelle. C'est en examinant les réponses des espèces au stress climatique et aux multiples perturbations que Marcel Barbero et Pierre Quézel ont, en 1989-1990, proposé les modèles suivants :

– Le « modèle expansionniste » caractérise les espèces capables de recoloniser rapidement les espaces découverts à la suite d'une perturbation (incendies, coupes répétées, surpâturage, friches culturales). Il concerne essentiellement des conifères (pins et cèdres), à cause de leur fertilité précoce et de leur forte production de graines qui leur permet d'être moins démunis devant les attaques des parasites ou des prédateurs. Des « conifères généralistes », comme le

pin d'Alep, le pin brutia ou le pin sylvestre, qui ont des graines ailées, certains des cônes sérotineux, et une excellente plasticité écologique (ils supportent tous les sols) ou des « conifères opportunistes » (pin maritime, pin parasol, pin noir, cèdre), qui ont le même pouvoir de dissémination, mais des exigences écologiques plus grandes, au niveau de l'eau et des sols.

– Le « modèle de résistance », à l'inverse du précédent, caractérise les formations qui freinent l'évolution vers l'équilibre climacique de la végétation. Il comprend les peuplements de feuillus sclérophylles rejetant de souche (les chênes, l'arganier, l'oléastre, le caroubier…) mais aussi certaines formations à conifères (thuya de Berbérie, cyprès). L'exemple du chêne vert est significatif. Malgré sa grande plasticité face au stress climatique et aux types de sols, sa régénération est bien plus longue que celle du pin d'Alep. Et son amplitude spatiale est d'autant plus réduite que les jeunes individus s'installent surtout dans les pinèdes du modèle expansionniste. Le modèle de résistance favorise en principe deux types de paysages. En cas de fortes perturbations, une évolution régressive peut donner naissance à des formations arbustives comme les matorrals à chêne kermès dominant : c'est le modèle de résistance par défense. En cas de non-perturbation, une évolution progressive peut établir des structures métastables, c'est-à-dire ayant seulement l'apparence de la stabilité, telles que les pinèdes de pin d'Alep à sous-étage de chêne vert et de filaire, ou des futaies de chêne vert à multiples sclérophylles (laurier-tin, filaire…) et à lianes (salsepareille…) : c'est le modèle de résistance par organisation.

– Le « modèle de stabilisation » correspond à des structures métastables proches de l'équilibre dit « climacique ». Il est représenté par les chênes à feuillage caduc ou semi-caduc comme le chêne pubescent, et des conifères comme les sapins méditerranéens, essences aux grandes exigences climatiques, dont l'adaptation à des contraintes extrêmes, à des perturbations régulières, est souvent médiocre. Nécessitant une ambiance subhumide, humide ou perhumide, « leurs jeunes plantules une fois installées sont moins résistantes que celles des essences sclérophylles » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Pourtant face au feu, la protection de ces caducifoliés, peu inflammables, est satisfaisante, compte tenu de la forte stratification des forêts évoluées. « L'humidité du sol et du sous-bois, entretenue par l'ombre des houppiers et par l'apport de litières, et la faible combustibilité des espèces limitent le risque d'incendie » explique Laurent SIMON (1998). En peuplements mixtes, les caducifoliés qui croissent sur plusieurs siècles sont de bons concurrents pour les sclérophylles. Et la forte progression actuelle des essences décidues en Méditerranée septentrionale, dans des secteurs dominés par les conifères héliophiles ou par les ligneux sclérophylles, comme sur les pentes du pic Saint-Loup, au nord de Montpellier, permet d'évoquer une possible évolution de ces peuplements mixtes à chêne vert et à chêne pubescent vers un modèle de stabilisation, qui serait une chênaie à strate arborescente majeure de chêne pubescent et mineure de chêne vert.

En conclusion, dans la dynamique basée sur l'observation des comportements des espèces, « les formations à sclérophylles caractérisées par le modèle de résistance ne seraient que des structures intermédiaires d'une sylvigenèse très étalée dans le temps » (QUÉZEL ET MÉDAIL, 2003), où elles succéderaient en général à des conifères expansionnistes, avant d'évoluer vers des structures métastables représentées par les caducifoliés.

Frédéric Médail définit la succession végétale comme le processus de colonisation d'un biotope par un ensemble de végétaux, occasionnant des changements – dans le temps – de la richesse et de la composition spécifique et fonctionnelle pour la communauté considérée, après une perturbation ou une modification liée à la dynamique interne du système. Une succession primaire correspond à la colonisation d'un substrat nu, comme les laves, les dunes, certains rochers ou escarpements des forêts. La succession secondaire correspond au contraire à la reconstitution de la végétation après la destruction totale ou partielle d'une communauté végétale préexistante (LEPART, ESCARRÉ, 1983). Elle peut être synonyme de régénération (VAN DER MAAREL, 1993), mais elle ne se réfère pas aux mêmes temporalités et aux mêmes types dynamiques (TATONI, ROCHE, 1994). On parle de régénération (ou succession régénérative) pour des zones affectées par des perturbations modérées (coupes, débroussaillement manuel, incendies de moyenne intensité). La notion de succession secondaire *sensu stricto* est réservée « aux successions post-culturales ou aux dynamiques s'opérant sur des sites ayant subi des perturbations très sévères en intensité et/ou en durée, ce qui a engendré une destruction quasi totale des espèces de la communauté initiale » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Cette succession est en général très rapide (ESCARRÉ *et al.*, 1983 ; TATONI *et al.*, 1994) ; en est témoin le recouvrement arborescent d'au moins 25 % des cultures abandonnées de l'Hérault en moins d'un siècle (DEBUSSCHE *et al.* 1999).

En Provence, l'observation des terrasses de culture après abandon a conduit Thierry Tatoni

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

à montrer la rapidité des successions secondaires (TATONI *et al.*, 1994). On a évoqué plus haut les deux principales situations distinguées après le passage du feu, conditionnant la récupération végétale (conservation ou érosion du sol). Mais les recherches de T. Tatoni ont également porté sur les trajectoires de parcelles abandonnées en l'absence de toute perturbation, « la recolonisation post-culturale s'effectuant dans ce cas progressivement, des friches herbacées aux formations forestières caducifoliées (la chênaie pubescente) ». Selon lui, les formations intermédiaires peuvent être de deux types. Dans les secteurs sensibles aux conifères expansionnistes (pin d'Alep pour la Provence, pin sylvestre pour l'arrière-pays méditerranéen), ces résineux développent rapidement de grandes futaies (de parfois 20 m) qui retardent l'installation de la forêt feuillue dont les chênes occupent la sous-strate. Et dans cette expansion des conifères, le stade successionnel dominé par les arbustes peut être tronqué, très transitoire, ou même non représenté (TATONI, 1992 ; TATONI et ROCHE, 1994). Le passage direct des friches à des forêts ou des préforêts est plus la règle que l'exception, contrairement aux premiers schémas successionnels proposés par R. MOLINIER (1956) ou J. BRAUN-BLANQUET *et al.*, (1952). Dans les secteurs où ne s'exerce pas la pression des résineux, les friches évoluent vers des formations intermédiaires arbustives généralement caducifoliées qui se transformeront en formations forestières au bout d'une cinquantaine d'années.

L'hétérogénéité des structures potentielles des paysages végétaux

Les structures arborées circumméditerranéennes correspondent, en fonction des critères bioclimatiques et/ou des actions anthropiques qu'elles subissent, à trois ensembles majeurs, dont les potentialités (le développement possible au cours d'une succession progressive) sont très différentes.

Les potentialités des forêts

« Les ensembles forestiers *stricto sensu* représentent des structures de végétation métastables, parfois proches de la végétation potentielle » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Parce qu'elle constitue des structures longtemps considérées comme climaciques ou de fin de série de végétation, la forêt représente l'aboutissement potentiel d'une série dynamique progressive en l'absence d'un impact trop élevé de l'homme et de ses troupeaux. Le schéma classique d'une succession en France méditerranéenne, sur substrats calcaires, montre en effet une évolution qui part des pelouses à espèces annuelles, qui passe aux pelouses aux espèces vivaces (à brachypode rameux), puis à la garrigue à chêne kermès, avec romarin et divers cistes, puis à la « préforêt » à pin d'Alep, pour s'achever par une forêt à chêne vert ou à chêne pubescent. Même si ce schéma se révèle souvent bien plus complexe, comme le montre la reconstitution des processus des successions secondaires en Provence (cf. *supra*), même si le stade pin d'Alep constitue un palier paraclimacique, c'est toujours la forêt de feuillus qui représente le stade ultime actuel vers lequel évolue la dynamique. Il semblerait que ce potentiel forestier soit atteint en une cinquantaine d'années, le passage direct pelouses-préforêts (qui occulte le stade arbustif) pouvant raccourcir, en l'absence de perturbation, l'évolution successionnelle.

Les structures de végétation forestière potentielle, métastables, à sol évolué et à cortège floristique riche en espèces sylvatiques, comprennent dans le bassin méditerranéen des forêts sclérophylles, des forêts caducifoliées et des forêts à conifères essentiellement montagnards. Les forêts sclérophylles (chêne vert, chêne-liège, chêne calliprinos) sont généralement dominantes à l'étage méso-méditerranéen où m = de + 3 à 0 °C (chap. 1), mais elles s'infiltrent largement au thermo-méditerranéen (m > + 3 °C) et se rencontrent aussi aux étages supérieurs (le chêne vert à feuilles rondes, à 2 800-2 900 m au Maroc). Très hétérogènes, les forêts caducifoliées comportent surtout diverses espèces de chênes (chêne pubescent, chêne faginé…) présentes surtout aux étages supra-méditerranéen (m = de 0 à - 3 °C) et montagnard-méditerranéen (m = de - 3 à - 7 °C). En Méditerranée septentrionale, la chênaie blanche (à chêne pubescent), exploitée précocement par l'homme dès le Néolithique au profit de la chênaie verte, se réinstalle actuellement à la faveur de la déprise rurale, mais au méso-méditerranéen, où elle représente la véritable végétation potentielle, elle évolue vers un modèle de stabilisation qui serait une forêt à strate arborescente majeure de chêne pubescent et mineure de chêne vert. Dans les forêts à conifères montagnards, généralement caractéristiques de l'étage montagnard-méditerranéen, qu'elles peuvent toutefois déborder vers le haut et vers le bas, le modèle de stabilisation semble réalisé par la plupart des sapins, mais aussi quelques espèces de pins, l'essentiel des pins, tout comme les cèdres, appartenant plutôt à un modèle expansionniste capable de constituer des groupements transitoires paraclimaciques.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Les potentialités des préforêts

« Les ensembles préforestiers représentent en bioclimat perhumide, humide et subhumide des structures de végétation anthropisées, véritables dynamiques transitoires » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

La notion de « préforêts » s'applique à des structures physionomiquement forestières, dont l'évolution tant sur le plan floristique qu'édaphique ou dynamique n'est pas achevée (RIVAS-MARTINEZ, 1975). Ces groupements sont des écotones (des écosystèmes de transition) situés du point de vue de la dynamique entre les matorrals (formations secondaires comme la garrigue ou le maquis) et les forêts proprement dites. Progressivement, en quelques millénaires, là où elle était en place depuis le début de l'Holocène (Postglaciaire), « la forêt était le plus souvent remplacée par des structures de type préforestier, en raison de son exploitation directe mais aussi de son utilisation à des fins pastorales » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Au début du XXe siècle, les structures arborées aux étages thermo– et méso-méditerranéens en bioclimats humide et subhumide devaient être constituées essentiellement de formations préforestières paraclimaciques à conifères, la chênaie verte en lambeaux étant alors considérée comme climacique, suite au travail de J. BRAUN-BLANQUET (1936). La palynologie qui montre les augmentations de pollens de pin d'Alep en Provence (TRIAT-LAVAL, 1979) ou du pin maritime – mésogéen – en Corse et dans le Haut Atlas (REILLE, 1976) corrobore ce développement des pinèdes préforestières (REILLE *et al.*, 1996, 1999). D'autres essences thermophiles sempervirentes comme le caroubier *(Ceratonia siliqua),* l'oléastre ou olivier sauvage *(Olea europaea)* ou le pistachier lentisque *(Pistacia lentiscus)* appartiennent aussi à des formations de type préforestier (brousse à oléolentisque, oliveraie-carouberaie) mais n'ayant joué qu'un rôle assez marginal dans la genèse des paysages thermo-méditerranéens. Toutefois, l'existence dans le Rif, en particulier, de zones maraboutiques forestières à olivier « prouve que cet arbre – d'ailleurs associé à *Ceratonia* et *Pistacia* – est susceptible de réaliser de véritables structures de végétation potentielle forestières sur sols profonds, comme l'avait d'ailleurs supposé Emberger (1939) pour d'autres portions du Maroc » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

« En bioclimat semi-aride, [les ensembles préforestiers] constituent la végétation potentielle, le plus souvent sous forme de matorrals arborés » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Sous ce climat et aux étages thermo- et méso-méditerranéens, le pin d'Alep (au Maghreb surtout), le pin brutia (à l'est de la Méditerranée) et le thuya de Berbérie (*Tétraclinis articulata*, au Maroc) constituent des groupements préforestiers sur de vastes surfaces, souvent sous forme de matorrals arborés, bloqués dans les conditions édapho-climatiques actuelles. Incapables d'évoluer vers de vraies forêts sclérophylles matures, ces formations paraclimaciques sont donc permanentes, constituant ainsi la végétation potentielle. Sous bioclimat semi-aride et aride, le pin d'Alep forme bien plus qu'au nord des ensembles climaciques (Algérie et Tunisie). Le thuya de Berbérie, quasiment endémique de l'Afrique du Nord, a été longtemps considéré comme une essence paraclimacique s'inscrivant théoriquement dans les séries du chêne vert, du chêne-liège, voire du genévrier rouge *(Juniperus turbinata),* avec lesquels il se mélange fréquemment. Toutefois, il pourrait lui aussi constituer des groupements climaciques (ACHHAL *et al.*, 1980 ; FENNANE *et al.*, 1984 ; FENNANE, 1987), valeur qu'hésitaient à lui concéder L. EMBERGER (1939) et C. SAUVAGE (1961).

Les potentialités des forêts présteppiques

Très répandus au sud et à l'est de la région méditerranéenne, ces groupements aux sols peu évolués ont été définis par Abi-Saleh, Barbero, Nahal et Quézel comme des formations arborées lâches dont la sous-strate ne possède pratiquement plus d'espèces forestières ou préforestières (ABI-SALEH *et al.*, 1976). Ils sont au contraire infiltrés d'espèces pérennes à affinité steppique, et envahis par des espèces annuelles rejetées par les troupeaux. Les forêts présteppiques (ou steppes arborées) à déterminisme xérique sont en contact avec des formations steppiques (steppes herbacées et arbrissélées) conditionnées par les critères hydriques, mais aussi parfois considérées comme leur ultime stade de régression. On peut ranger dans cette catégorie les forêts présteppiques clairsemées à arganier (sempervirentes), à acacias et à pistachier de l'Atlas (caducifoliées pendant l'été) pouvant organiser des climax présteppiques. Le pistachier de l'Atlas *(Pistacia atlantica),* qui aurait selon L. Emberger formé il y a 50 ou 100 ans des savanes arborées au Maroc oriental, pourrait représenter la végétation potentielle sur certains piémonts des massifs calcaires marocains (BARBERO *et al.*, 1981). Les forêts présteppiques à déterminisme thermique, liées à des températures hivernales trop basses, constituent souvent la portion la plus alticole des structures arborées. Ces genévriers qui peuvent atteindre 15 m (genévrier thurifère sur les Atlas marocains, genévrier élevé du Taurus et du Liban) sont progressivement remplacés par la végétation basse des hautes altitudes (xérophytes épineuses, le plus souvent en coussinets).

Caractères distinctifs de pins expansionnistes du domaine méditerranéen



© C. Tassin

Pin d'Alep *(Pinus halepensis)* dans la garrigue montpelliéraine

Arbre de 4 m (10 ans) à 15-20 m, à tronc et branches assez tortueux, à l'écorce écailleuse gris argenté fissurée en longueur, aux jeunes rameaux gris clair, et à la couronne irrégulière, plus ou moins ombelliforme.



© C. Tassin

Aiguilles de 5-10 cm de long, fines et souples, vert clair, non vrillées et à section transversale semi-circulaire. Elles sont groupées par deux sur des pousses courtes, condensées à l'extrémité des rameaux. Cônes petits et pointus de 5-12 cm, vert gris à brun rouge lustré, au pédoncule épais et recourbé vers le bas du rameau. Solitaires ou groupés par 2-3, ils sont nombreux et persistent sur l'arbre.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© M.-A. Coudray-Tassin

Pin brutia *(Pinus brutia)* en Crète

Arbre de 10 m en moyenne à 13-15 m, espèce assez proche du pin d'Alep, mais à la silhouette plus dense, au tronc plus droit et aux rameaux brun rougeâtre. Ses aiguilles de 8 à 18 cm sont plus longues et un peu plus grosses que celles du pin d'Alep, vert jaune à vert foncé, non vrillées. Ses cônes petits, de 6 à 12 cm, sont moins effilés et plus foncés que ceux du pin d'Alep. Groupés par plus de 2, ils se dressent perpendiculairement au rameau, pratiquement sessiles, très courtement pédonculés.



Aiguilles épaisses de 2 mm et longues de 15-25 cm, vert sombre luisant, rigides et piquantes, à section transversale quasi semi-circulaire. Presque droites, elles sont groupées par deux et légèrement incurvées en gouttières sur des rameaux courts.

Cônes les plus grands de tous les pins d'Europe, de 18-22 cm sur 5-8 cm, brun clair, pointus et plus ou moins symétriques, avec des écussons saillants à pointe acérée. Disposés en étoile par 2-8, pratiquement sans pédoncule (subsessiles), ils persistent longtemps sur les branches mortes.



© C. Tassin

Pin maritime *(Pinus pinaster)* au Portugal

Arbre de 9 m (10 ans) à 30-40 m, à tronc et branches les plus basses longuement nus, à ramifications horizontales (variété méditerranéenne) ou redressées (variété atlantique), et à l'écorce brun violacé (en bas du tronc) ou brun rougeâtre (en haut du tronc) se fissurant profondément en plaques très épaisses. Touffu mais très ouvert, le houppier des sujets adultes est aplati, plutôt étalé.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Pin parasol *(Pinus pinea)* dans la plaine des Maures

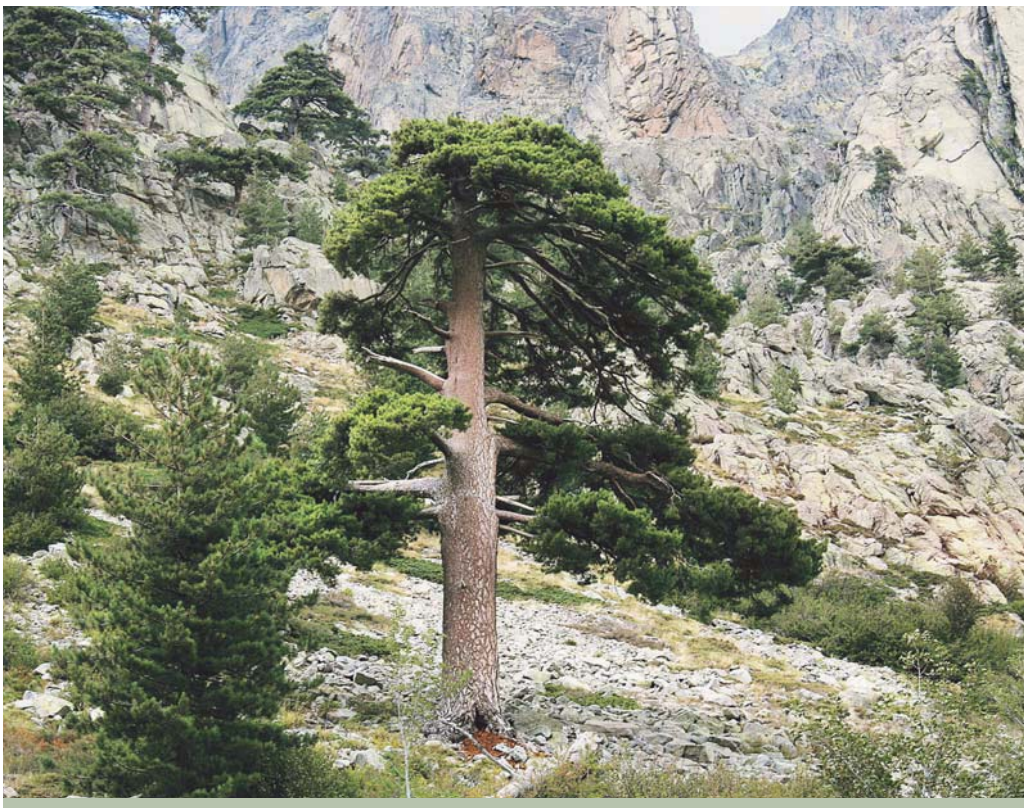
Arbre de 3 m (10 ans) à 20-30 m, à la couronne dense, arrondie à nettement ombelliforme à l'âge adulte, aux branches croissant à angle aigu avant de s'étaler à l'horizontale, au tronc puissant, droit et allongé, à l'écorce brun gris sur laquelle les écailles en se détachant par plaques étroites font apparaître çà et là des taches rougeâtres (rouge orangé clair).



© C. Tassin

Aiguilles 8-17 cm, droites et pointues, mais non piquantes, presque semi-circulaires en coupe transversale, vert bleuâtre, elles sont groupées par deux sur des pousses courtes.
Cônes gros, ovoïdes, presque sphériques une fois ouverts, de 8-14 cm de long et 10 cm de large, brun jaune et brun rouge lustré. Ils sont presque sessiles et restent longtemps fermés.
Leurs épaisses écailles portent des écussons à 5-6 carènes radiales avec un grand hile plat et gris blanc. Leurs grosses graines charnues (jusqu'à 2 cm de long) sont comestibles.
Ces « pignons » huileux à la coque dure et au goût d'amande sont dépourvus d'ailettes.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© G. Bazille

Pin laricio *(Pinus nigra* subsp. *laricio)* en Corse

Arbre de 8 m (10 ans) à 45-50 m, au tronc élancé, très droit et assez cylindrique (jusqu'à 1,80 m de diamètre), légèrement dégarni à la base, au houppier ouvert avec des branches bien étagées, en croix ou en aile d'avion. Son écorce claire, de grandes plaquettes inégales verticales gris argenté (avec parfois de très légers reflets rosés), est veinée de profondes fissures noires.



© C. Tassin

Aiguilles de 10-15 cm, souples et non piquantes, vrillées et légèrement frisées, d'un beau vert tendre à vert cendré bleuâtre.
Cônes petits et ovoïdes, de 4-8 cm de longueur portant une petite épine sur les écussons.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Pin de Salzmann *(Pinus nigra* subsp. *salzmannii)* à Saint-Guilhem-le-Désert

Arbre de 2-5 m jusqu'à 15 m, à ramifications horizontales, mais aux branches et au tronc sinueux. Plus ou moins proche de celle du pin laricio, son épaisse écorce est gris clair avec des fissures plus sombres. À Saint-Guilhem-le-Désert, cette espèce relique est cantonnée sur les reliefs ruiniformes dolomitiques.



© C. Tassin

Aiguilles de 10-18 cm, droites, fines et souples, non piquantes.
Groupées par 2, elles forment de beaux bouquets vert clair au bout des rameaux.
Cônes pédonculés de 7-8 cm de longueur, brun clair.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Pin noir d'Autriche *(Pinus nigra* subsp. *nigra)* dans l'Hérault

Arbre de 5 m (10 ans) à 35-40 m, à la couronne d'abord conique puis étalée et aplatie, au houppier large et fortement charpenté avec de grosses ramifications principales, ascendantes et arquées. L'écorce grossièrement sillonnée est faite de grandes écailles noirâtres (gris foncé à brun noir), qui se détachent par plaques dans le bas du tronc.



© C. Tassin

Aiguilles de 8-18 cm, vert foncé, rigides et piquantes, non vrillées, hémicirculaires en coupe transversale. Groupées par 2, elles sont droites, quasi perpendiculaires aux branches.
Cônes petits, ovales, subsessiles et étalés, perpendiculaires aux branches.
Leurs écailles sont munies d'une petite épine.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Pin sylvestre *(Pinus sylvestris)* dans le sud du Massif central

Arbre de 8 m (10 ans) à 35-40 m, au tronc crêpelé gris brun plus ou moins sombre profondément fissuré en plaques irrégulières, qui se détachent en dégageant dans la partie haute des zones plus claires, rose saumoné, qui s'écaillent en lames fines.



© C. Tassin

Aiguilles courtes, de 4-8 cm, vert bleuté, souples et vrillées, pointues mais non piquantes.
Réunies par 2 sur des rameaux courts, elles persistent pendant 3 à 4 ans.
Cônes très petits, de 3-8 cm, ovoïdes et pointus, symétriques, brun mat à brun jaunâtre.

© C. Tassin

Partie 2

Les paysages végétaux des basses terres méditerranéennes

Manzanita et grand chêne sclérophylle, le Coast Live Oak, dans le chaparral arboré du comté de San Diego (Californie).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Chapitre 3

Les forêts métastables, dites climaciques



© C. Tassin

Ce document est la propriété exclusive de F

Comme nous l'avons expliqué au chapitre 2, notre découpage typologique des grands ensembles végétaux et des principales espèces s'appuiera sur le cadre général de quelques grands géosystèmes, définis en premier lieu par le relief, montagnes, plaines, littoraux, piémonts et collines, dont les conséquences sont évidentes sur les sols, le climat, les eaux et l'intervention humaine. Cet inventaire concernera d'abord les principaux bas pays, ce chapitre étant consacré aux forêts et les suivants aux formations secondaires nées plus ou moins de leurs dynamiques : matorrals, pinèdes préforestières, steppes herbacées, avant d'aborder les étagements végétaux des montagnes dans la troisième partie.

S'agissant des forêts de bas pays dites climaciques, on décrira d'abord celles du bassin méditerranéen, surtout les forêts de feuillus sclérophylles où dominent les chênes à feuillage persistant parfois associés aux chênes à feuillage caduc, mais aussi les forêts steppes (les matorrals « préforestiers » et les steppes arborées) des régions les plus sèches. Puis celles des autres régions, dont seule la Californie, dans l'hémisphère nord, présente une flore ayant des affinités avec celle de la Méditerranée (fig. 5, 6).

Les forêts du bassin méditerranéen

La forêt de chêne vert à feuillage persistant ou yeusaie

Une distribution quasi circumméditerranéenne

Elle constitue aujourd'hui des bois souvent mixtes, s'associant à diverses essences caduci-

photo > « Remontée biologique » sur la montagne de la Selette (530 m) : évolution de la garrigue boisée vers une chênaie mixte métastable (Bas-Languedoc).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

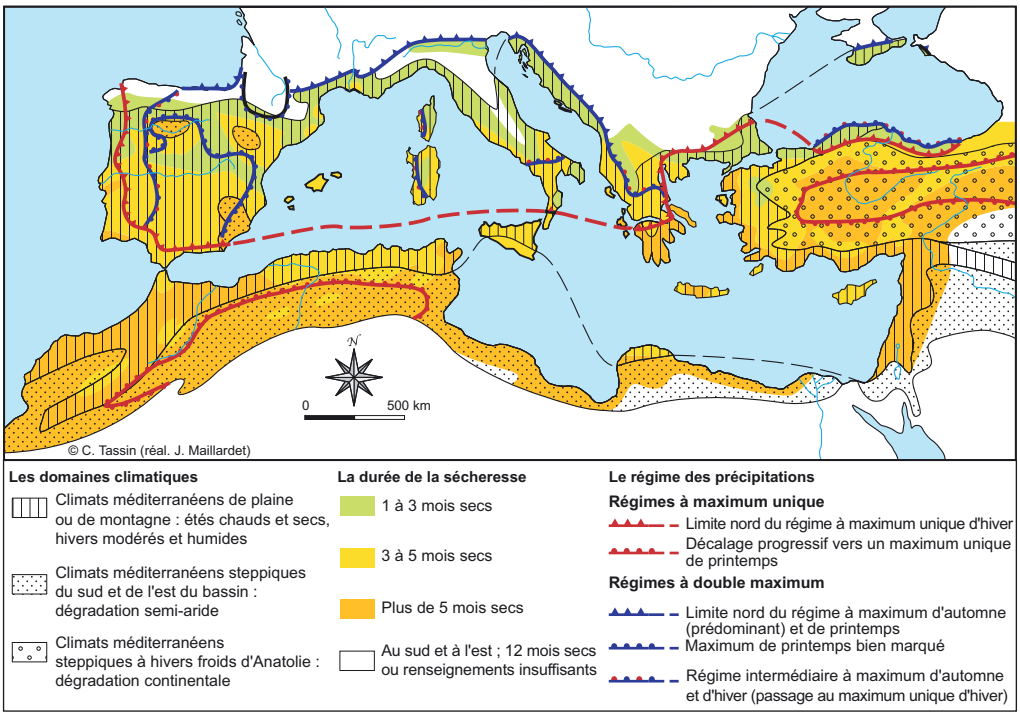


Figure 5
Les climats du bassin méditerranéen.
D'après les données de Troll et Walter, P. Quézel, A. Godard et M. Tabeaud

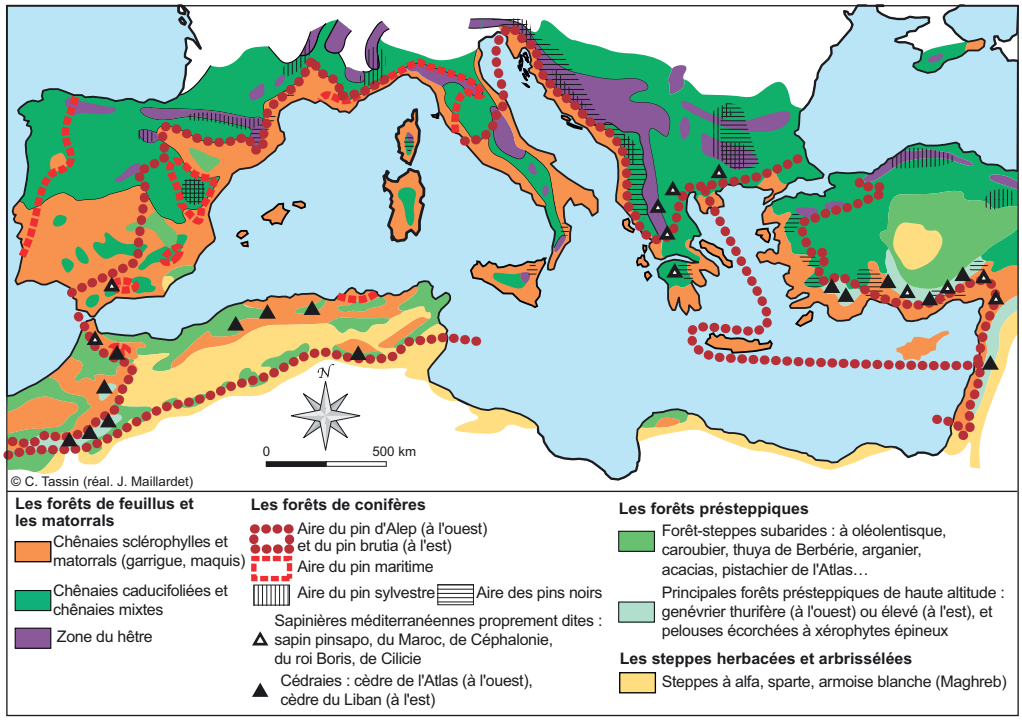


Figure 6
Les paysages végétaux du bassin méditerranéen.
D'après les données de P. Birot, A. Huetz de Lemps et P. Quézel

foliées ou à des résineux méditerranéens : dans les basses terres du nord de la Méditerranée, il s'agit essentiellement du chêne pubescent, surtout à partir de 300 m aux ubacs (sur les versants nord), et du pin d'Alep, à partir du bord de mer. Cette expansion, parfois spectaculaire, des caducifoliés et des pinèdes de basse altitude, cette maturation actuelle des bois taillis, relève de la déprise agro-sylvo-pastorale. On ne trouve que très rarement des « vieilles forêts » c'est-à-dire à caractère naturel, ou peu affectées par les actions humaines antérieures.

« La forêt dite climacique à chêne vert ne constitue, en fait, qu'un stade métastable correspondant aux conditions traditionnelles d'utilisation par l'homme de ces forêts au cours des derniers siècles » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Si dans la période postglaciaire, la chênaie verte n'apparaît en France que progressivement après la chênaie caducifoliée, il y a environ 8 000 ans, les études palynologiques (des pollens fossiles) nous apprennent aussi que c'est l'exploitation précoce par l'homme – dès le Néolithique – des chênes caducifoliés qui aurait favorisé l'extension des chênes sclérophylles. Éliminés sur six millénaires, devenus rares en Méditerranée occidentale, les caducifoliés s'implantent donc à nouveau dans certaines zones basses du revers nord-méditerranéen, à la faveur de la déprise rurale du XXe siècle. Cette dynamique, cette « remontée biologique » montre que la chênaie verte est une formation métastable (temporairement stable), comme d'ailleurs la chênaie mixte dominée par les caducifoliés vers laquelle elle évolue (BARBERO, LOISEL, 1983 ; BARBERO *et al.*, 1992). En effet, le chêne vert, qui appartient au « modèle de résistance » défini par M. Barbero et P. Quézel, peut végéter en compagnie des pins d'Alep, espèce « expansionniste » nécessaire à la maturation des forêts en l'absence de perturbations fortes et durables. Ces formations dites « paraclimaciques» à conifères que Pierre Quézel désigne comme des « préforêts » constituent « un stade dynamique transitoire entre les matorrals de dégradation et les forêts proprement dites ». C'est également le cas pour d'autres formations sclérophylles, le chêne-liège de Méditerranée occidentale s'associant au pin maritime, le chêne calliprinos de Méditerranée orientale, moins dynamique que le chêne vert, permettant la forte expansion du pin brutia.

Chênaie mixte en juin près du pic Saint-Loup (Hérault).



© C. Tassin

La reconquête forestière engendrée par la déprise rurale du XXe siècle réinstalle la chênaie verte ou yeusaie. Sur le versant sud du Pic, mais ici en exposition nord, les chênes pubescents se mélangent aux chênes verts, à environ 270 m d'altitude.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Inversement, sur le revers sud et oriental de la Méditerranée, à cause de l'accroissement inquiétant des pressions anthropozoogènes, les structures forestières encore en place se dégradent progressivement en préforêts, structures transitoires métastables, mais constituées ici de matorrals arborés plus ou moins bloqués par les conditions hydriques et édaphiques, voire en forêts présteppiques, structures arborées beaucoup plus lâches (des steppes arborées) déterminées par les conditions xériques des marges semi-arides et arides du monde méditerranéen.

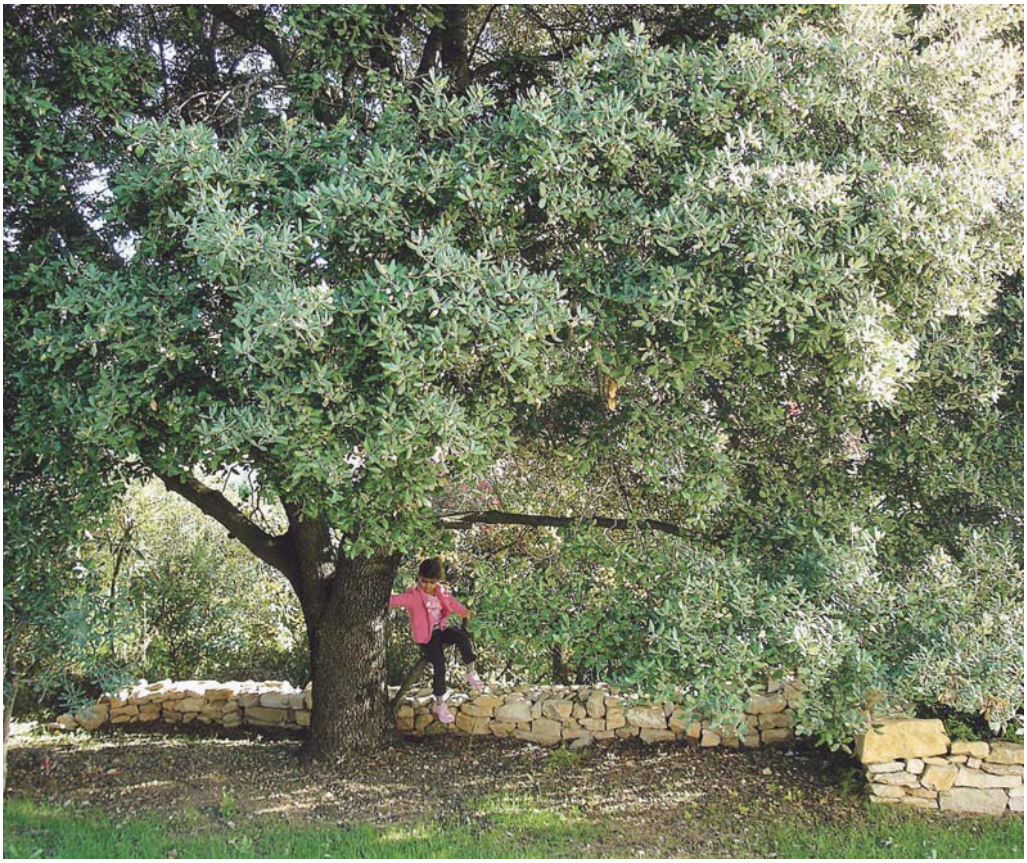
La strate arborescente : les chênes sclérophylles du complexe *ilex*

Outre cette espèce dominante, cette strate peut admettre aussi deux arbres caducifoliés, le chêne blanc ou pubescent *(Quercus pubescens)* et son compagnon l'érable de Montpellier *(Acer monspessulanum)*, mais aussi sur les sols siliceux l'arbousier *(Arbutus unedo)*, arbuste à feuillage persistant qui peut devenir un arbre de plus de 5 m.

Sur le plan taxinomique, *Quercus ilex* est souvent scindé en deux sous-espèces (fig. 7 a). *Quercus ilex* subsp. *ilex (sensu stricto)* est répandu depuis les Alpes maritimes jusqu'en Turquie. Mais à l'est de la Mer Égée, il devient carrément une curiosité botanique. Quant à *Quercus ilex* subsp. *rotundifolia*, à feuilles plus ou moins rondes, on le rencontre de la péninsule Ibérique à l'Afrique du Nord. Au nord-ouest de l'Espagne, en Catalogne, en Languedoc et en Provence s'étend un morphotype intermédiaire né du contact entre ces deux sous-espèces. Enfin, à Chypre, *Quercus alnifolia*, proche du chêne vert et du chêne kermès, est endémique aux roches vertes du mont Troodos, entre 800 et 1 300 m (BARBERO, QUÉZEL, 1980).

Le type *rotundifolia* a des feuilles ovales larges, plus ou moins rondes, qui portent seulement 5-8 paires de nervures secondaires (contre 7-11 pour le type *ilex*), et ses glands ne sont pas amers, contrairement à ceux du type *ilex*.

Chêne vert à Saint-Jean-de-Cuculles (Hérault).



© C. Tassin

Autrefois victime de perturbations anthropozoogènes, *Quercus ilex* décore aujourd'hui les jardins de villages dans la région montpelliéraine. Ici, un morphotype intermédiaire entre la lignée orientale (*sensu stricto*) et la lignée occidentale (sous-espèce *rotundifolia*).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



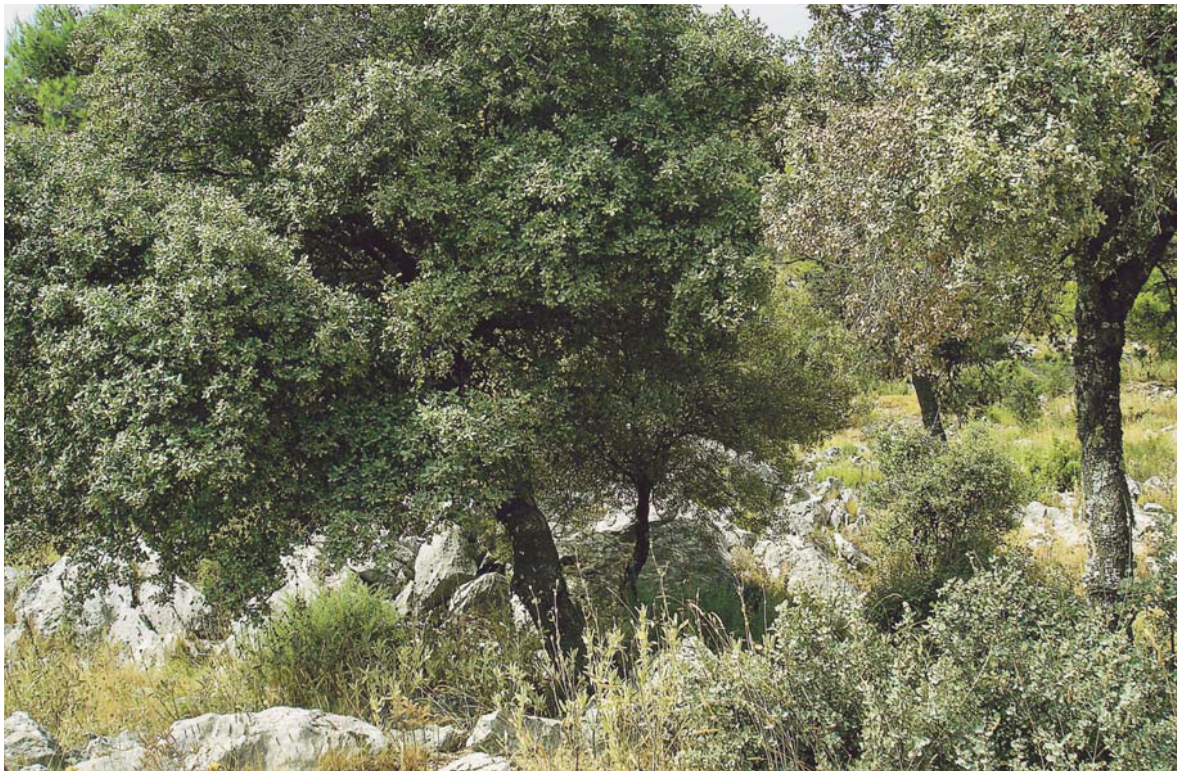
© C. Tassin

Feuillage de chêne vert en avril (Bas-Languedoc).

Les feuilles persistantes, aux limbes vert foncé sur le dessus, un peu recourbés et parfois dentelés, se renouvellent tous les 2 ou 3 ans. Floraison des nouvelles pousses vert grisâtre.

Chêne vert à feuilles rondes, Serrania de Ronda (Espagne du Sud).

Davantage plastique, *Quercus ilex* subsp. *rotundifolia* pénètre loin à l'intérieur de la péninsule Ibérique comme du Maghreb, où il peut devenir montagnard, jusque sur les Atlas sahariens.



© C. Tassin

Sur le plan biogéographique, le chêne vert est une espèce rustique et ubiquiste. Certains spécimens auraient plus de 800 ans. Avec l'âge, ces arbres au port tortueux et à l'écorce brune et crevassée s'étalent, mais ne dépassent guère 15-20 mètres de haut. Leurs feuilles persistantes et xéromorphes, parfois dentelées, vert foncé mais gris blanchâtre en dessous, ont un renouvellement non saisonnier, tous les 2 ou 3 ans. Fréquent sur sols calcaires, où il enfonce sa longue et robuste racine pivotante jusqu'à environ 10 m, il s'y régénère par rejets et drageons (chap. 2).

Le sol typique (« zonal ») de la yeusaie est le sol brun ou brunifié développé essentiellement sur roches mères calcaires ou carbonatées – omniprésentes dans le domaine méditerranéen, apparenté au sol brun forestier des chênaies tempérées médio-européennes avec les trois horizons habituels :

– A, humifère et minéral : maigre litière, humus peu abondant, mais assez vite minéralisé sous l'action de la température et de l'humidité. La couleur brune est due au lessivage qui donne une argile de décalcification avec du fer hydraté (peu oxydé).

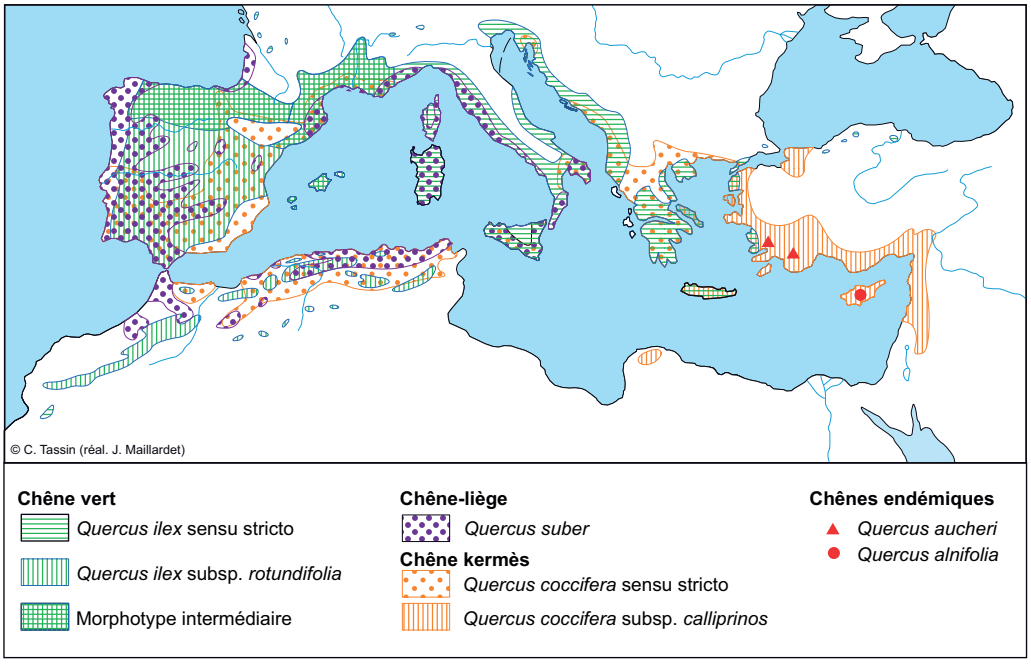
– B, d'accumulation : composé de terre rouge, une argile de décalcification mais rubéfiée par du fer déshydraté, il serait un sol fossile hérité d'un paléoclimat de type tropical à saison sèche, et aurait servi de roche mère au sol actuel, développé sous bioclimats humide et subhumide par brunification de la partie superficielle.

– C, de transition avec la roche mère qui apparaît, défoncée par des poches remplies de terre rouge.

Cependant, le sol forestier sur calcaire n'est parfois qu'un sol faiblement évolué, une rendzine, avec un mélange de particules calcaires et d'humus (horizon A) reposant directement sur la roche en place (horizon C), qui évoluera avec le temps vers un sol argileux brunifié. Souvent la dégradation de la yeusaie en formation buissonnante plus ou moins ouverte, accompagnée de l'ablation progressive des horizons superficiels du sol brun par une érosion devenue plus efficace, n'a laissé que des « sols tronqués », très nombreux dans le domaine méditerranéen. Ce sont surtout – comme dans la garrigue à chêne kermès – les sols rouges fersiallitiques, appelés aussi « fersialsols » ou « terra rossa », où les horizons A humifères et argileux brunifiés ont disparu, l'intensité érosive pouvant aller jusqu'à l'exhumation de la roche mère calcaire, sous la forme de dalles et de blocs plus ou moins altérés (horizon C), dans lesquels subsistent parfois des poches de terra rossa (chap. 4).

Mais on trouve aussi le chêne vert sur des sols siliceux (sur substrat cristallin), certaines crêtes ou fonds de vallées granitiques, certains caps et promontoires marins (comme le cap Cavalaire).

Figure 7 a
Répartition spatiale des chênes sclérophylles dans le bassin méditerranéen.
D'après P. Quézel et F. Médail



Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

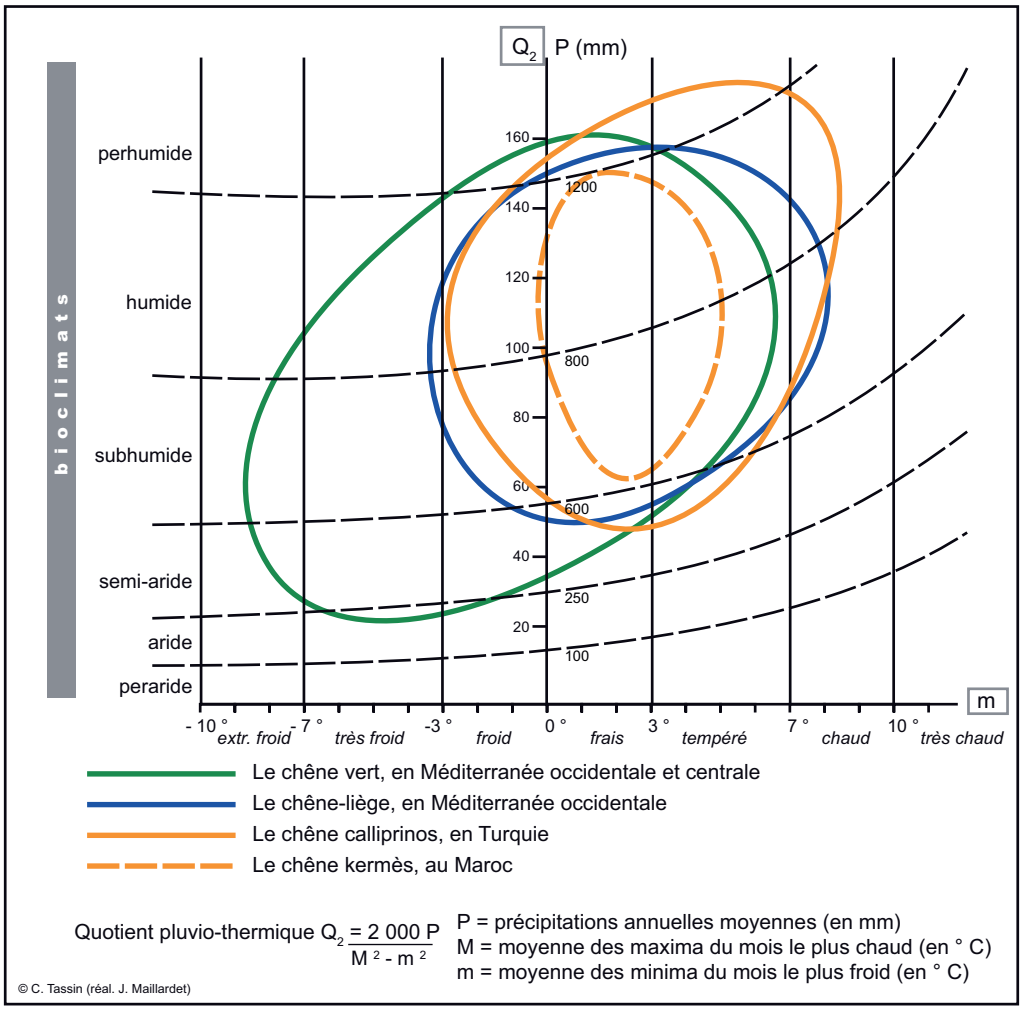


Figure 7 b
Répartition bioclimatique des chênes sclérophylles dans le climagramme pluvio-thermique d'Emberger.
D'après P. Quézel et O M'Hirit

En fait, l'yeuse est « d'une grande plasticité écologique ; il n'a qu'une exigence essentielle, la lumière » (HUETZ DE LEMPS, 1994). Indifférent à la nature du sol (sauf aux terrains argileux trop compacts) et supportant d'assez grands écarts de pluviométrie ou de température (de courtes gelées à - 12 °C), il vit aussi en pays humide, de l'Aquitaine à la Bretagne méridionale, mais uniquement sur les sols calcaires les plus secs, orientés vers le sud, bel « exemple de compensation édaphique à une humidité atmosphérique excessive » (ELHAÏ, 1968).

Arbre des premières pentes au nord (entre 0 et 500 m, 900 m au maximum), le chêne vert peut devenir franchement montagnard dans la majorité de la péninsule Ibérique et au Maghreb (fig. 7 a et 7 b) : entre 250 m et 1 800 m dans le sud-est de l'Espagne, et de 400 à 2 900 m au Maroc où il « s'infiltre dans la cédraie (entre 1 800 et 2 400 m) et dans les formations à xérophytes épineuses (entre 2 400 et 2 800 m), notamment dans le Haut Atlas occidental où il peut former la limite supérieure des forêts » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

La strate buissonnante : les chênes sclérophylles du complexe *coccifera*

Le chêne kermès ou chêne à cochenille (*Quercus coccifera* sensu stricto) est un arbuste ou arbrisseau de 0,50 à 2,50 m de haut. Le tronc et les ramifications sont tortueux, les feuilles petites, coriaces et persistantes, à bords ondulés et piquants comme celles du houx. Grâce à de nombreux drageons, il repousse vigoureusement après un incendie. Grosses comme des petits pois, les femelles adultes des cochenilles (*Kermes ilicis*) qui le parasitent servaient, séchées et pulvérisées, à la préparation d'une teinture rouge écarlate. Plus exigeant sur le plan bioclimatique

yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

que l'yeuse, le type buissonnant est une espèce submaritime, présente dans la yeusaie circumméditerranéenne quand les précipitations dépassent 600 mm (fig. 7 a et 7 b).

Le chêne calliprinos *(Quercus coccifera* subsp. *calliprinos)* est une variété arborescente (jusqu'à 20 m de haut). Il remplace le chêne vert au Proche-Orient (Turquie, Syrie, Liban, Israël, Crète, Chypre, Cyrénaïque), et peut se contenter de 400 mm de précipitations, ce qui lui permet d'aborder les marges plus continentales. Ses différences d'exigences écologiques avec le type buissonnant expliquent les différences d'exigences altitudinales. Alors que le chêne kermès *sensu stricto* reste dans l'ensemble une espèce de basses terres, comme en France méridionale (jusqu'à 400 m d'altitude), même au Maghreb (jusqu'à 800 m), le chêne calliprinos peut devenir beaucoup plus montagnard, comme à Chypre, en Anatolie méridionale – jusqu'à plus de 1 000 m – ou encore au Liban – jusqu'à 1 500 m. Et si *Quercus coccifera s.s.* est comme *Quercus ilex* d'une grande plasticité édaphique, s'accomodant de tous les types de substrats, *Quercus calliprinos* préfère nettement les sols compacts calcaires aux sols marneux. La forêt sclérophylle à calliprinos y développe des associations avec, dans les marges continentales semi-arides, des espèces comme *Pistacia palaestina*, ou *Juniperus turbinata* (le genévrier de Phénicie). Mais à l'ouest comme à l'est du Jourdain, la plupart de ces forêts ont été dévastées par le pacage des chèvres qui a stoppé leur régénération, et les guerres qui ont aggravé la situation : arbres coupés, végétation basse déracinée.

Les espèces de la yeusaie sur sol calcaire

La strate herbacée de la yeusaie est peu développée. Elle comprend surtout : des plantes à bulbes, parfois trouvés dans presque tout le bas-

Chêne kermès, garrigue boisée montpelliéraine.



© C. Tassin

Quercus coccifera sensu stricto n'est ici qu'un arbrisseau rampant de 0,50 m, aux feuilles piquantes comme celles du houx, qui progresse par drageonnement.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tasin

Chêne kermès, flanc sud du pic Saint-Loup.

Dans la garrigue, le chêne à cochenille se développe en buisson. Dans la yeusaie, en l'absence de toute perturbation, il peut devenir un véritable arbuste de 2,50 m de haut.

sin méditerranéen comme le muscari à grappes, sur sol calcaire, ou à toupet, sur sol siliceux (LIPPERT, PODLECH, 1994) ; des plantes à rhizomes, comme les petits iris ; des Poacées annuelles ou rhizomateuses, comme le brachypode rameux *(Brachypodium ramosum)* connu sous le nom languedocien de « baouque ». Cette plante vivace à épillets et à tiges grêles ramifiées, de 0,20 à 0,50 m de haut, tapisse les sous-bois clairs.

Le **genévrier oxycèdre** ou cade (*Juniperus oxycedrus*) est un arbuste à croissance très lente (LEBRETON *et al.*, 1998). Avec l'âge, il peut cependant mesurer plusieurs mètres de hauteur. Il diffère du genévrier commun par les deux bandes blanches de stomates de ses aiguilles (au lieu d'une seule) et la taille de ses galbules qui sont 3 fois plus grosses. La distillation de son bois, dans les années 1930, donnait l'huile de cade dans de nombreux petits fours de pierre sèche, qui sont encore visibles dans le pays toulonnais ou le massif de la Sainte-Baume. Aujourd'hui, la production de cette huile, longtemps utile aux industries pharmaceutique et cosmétique (lutte contre le psoriasis, l'eczéma, Bébé Cadum…), a été relancée dans la garrigue montpelliéraine, au village de Claret, grâce à la distillerie Boissier (la seule en France), et à la pharmacie Donati. Dans les années 1990, René Donati a mis sur le marché de nombreux cosmétiques issus de ses recherches : Les distillats de Claret (shampoings, savons, et crèmes). Et actuellement des entrepreneurs comme l'Occitane (330 boutiques dans le monde) ou le laboratoire Solisée de Saint-Mathieu-de-Tréviers, associé à la distillerie de Claret, élaborent des produits réputés dans toute la France.

Le **laurier-tin** ou la viorne-tin *(Viburnum tinus)* est un arbrisseau très touffu qui peut atteindre 3 m. Ses feuilles sont persistantes, vert foncé, luisantes sur le dessus, et ses fleurs, blanches, roses, petites mais serrées en corymbe (inflorescence très dense). Quant aux baies qui attirent les oiseaux, elles sont d'abord d'un bleu foncé métallique, puis deviennent noires, presque sèches. Le laurier-tin est la seule viorne rencontrée à l'état sauvage en région méditerranéenne. Mais fleurissant en hiver, il est souvent planté comme arbuste ornemental ou plante en bac.

Le **nerprun alaterne** *(Rhamnus alaternus)* est un arbuste qui peut devenir un arbre (5 m maximum). On le confond parfois avec la filaire, dont il se distingue par ses feuilles persistantes

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Genévrier oxycèdre à Soubès (près de Lodève). Avec l'âge, cet arbuste calcicole peut atteindre jusqu'à 12 mètres de hauteur. La distillation de son bois donnait autrefois l'huile de cade.

alternes, extrêmement cirées, au bord cartilagineux quand on les regarde dans la lumière. Tout à fait rustique, tolérant bien la sécheresse, les conditions défavorables, l'alaterne se développe rapidement là où les oiseaux laissent tomber ses abondantes graines. D'abord rouges, ses baies deviennent noires à maturité, ce qui lui a peut-être valu son nom, proche du latin populaire *niger prunus*, prunier noir. Sa vigoureuse croissance en fait une plante colonisatrice (que l'on peut cependant tailler), utile pour couvrir rapidement l'espace dans des jardins arborés. Le nerprun des rochers (*Rhamnus saxatilis*) est une espèce calcicole qui peut s'observer jusque vers 700 m d'altitude en Provence et en Languedoc. Il diffère de l'alaterne par ses rameaux anciens qui deviennent très épineux, et ses feuilles caduques opposées.

Deux **pistachiers** : le lentisque, sempervirent ; le térébinthe, décidu. Le lentisque *(Pistacia lentiscus)* ou arbre à mastic, est un arbrisseau de 1 à 3 m aux feuilles persistantes, à nombre pair de folioles, luisantes, elliptiques, au pétiole ailé, que les bergers glissaient dans leurs chaussures pour se rafraîchir, arbuste à croissance lente qui couvre cependant de grands espaces sur les terrains bien drainés et rocheux. Son charbon était très apprécié, car le plus lent de tous à se consumer. Par des encoches sur le tronc ou sur les branches,

Laurier-tin fleurissant.



© C. Tassin

Viburnum tinus porte un feuillage persistant très touffu, vert foncé sur le dessus, et des petites fleurs blanches et roses serrées en corymbe. Fleurissant en hiver, il est très apprécié comme plante d'ornement.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

on extrait encore de la résine utilisée aujourd'hui pour la fabrication de laques, de vernis, de mastic et de colle (par exemple pour les pansements) ainsi que pour résiner le vin grec : l'arbre à mastic est parfois planté, comme sur l'île grecque de Chio. Autrefois, la résine du lentisque servait à élaborer des médicaments, comme la gomme à mâcher, pour les gencives. Quant à ses petits fruits rouges, puis noirs à maturité, ils fournissent de l'huile pour fabriquer des sucreries ou de la liqueur. Le térébinthe *(Pistacia terebinthus)* est un arbuste ou petit arbre aromatique de 2 à 5 m, aux feuilles caduques imparipennées (à nombre impair de folioles), ovales elliptiques, au pétiole non ailé, qui se distingue du pistachier cultivé en Grèce, au Proche-Orient ou en Californie *(Pistacia vera)* aux feuilles plus grandes et aux fruits comestibles. Des graines du térébinthe on extrait l'huile de térébenthine, utilisée pour les frictions et les inhalations.

Deux **filaires**, aux petites fleurs jaunâtres condensées à l'aisselle des feuilles : la filaire à feuilles étroites *(Phillyrea angustifolia)*, de 4 à 8 mm de large, linéaires à lancéolées, coriaces, arbuste de 2 à 3 m maximum, aux fleurs parfumées ; la filaire à larges feuilles *(Phillyrea latifolia)*, de 10 à 20 mm de large, parfois finement dentées, ovales à elliptiques-lancéolées et cordiformes à la base, grand arbuste ou petit arbre (de 5 m au maximum).

Le **daphné garou** *(Daphné gnidium)* est un arbrisseau toxique aux tiges dressées et flexibles (de 0,50 à 1,50 m). D'allure générale cylindrique, il a des feuilles coriaces et persistantes, étroites et aiguës. Quand en septembre elles apparaissent en même temps que ses fleurs blanches parfumées, ses drupes ovoïdes rouge brillant (avant de devenir noires) sont un ravissement pour l'œil. L'origine méditerranéenne de cette espèce ne l'empêche pas de s'aventurer sur les dunes littorales atlantiques, du nord de la Gironde à Noirmoutier.

Le **sumac** des corroyeurs (*Rhus coriaria*) est un arbuste lactifère qui peut atteindre 3 m de haut. Cette espèce à feuilles caduques, à nombre impair de folioles, ovales, lancéolées et dentées, se plaît au bord des chemins ou dans la rocaille, les éboulis. Autrefois cultivé, il était utilisé en tannerie et en teinture, notamment pour le corroyage, l'assouplissement du cuir. L'écorce du tronc fournit un pigment jaune et noir, l'écorce des racines un pigment brun et le fruit un pigment rouge.

Le **romarin** (*Rosmarinus officinalis*) est un arbrisseau (de 0,50 à 1,50 m) très aromatique qui peut fleurir toute l'année. Ses feuilles sont persistantes, coriaces, sans pétiole, enroulées sur les bords. Cultivé depuis l'Antiquité comme plante



© C. Tassin

Pistachier térébinthe *(Pistacia terebinthus)*.

Petit arbre aromatique de 2-5 m, *Pistacia terebinthus* croît généralement sur des sols calcaires secs et pierreux. Ses feuilles sont imparipennées : elles comptent un nombre impair de folioles.



© C. Tassin

Filaire à larges feuilles *(Phillyrea latifolia)*.

Les feuilles elliptiques lancéolées (10-20 mm de large, contre 4-8 mm pour l'espèce à feuilles étroites) sont opposées et persistantes.

médicinale et condimentaire, il donne dès 1300 l'une des premières huiles essentielles extraites, l'essence de romarin, utilisée en friction ou en bains pour stimuler la circulation sanguine, ou pour fabriquer l'Eau de Cologne, dont elle est le principal composant.

Le **thym** commun ou farigoule (*Thymus vulgaris*) est un sous-arbrisseau (de 0,10 à 0,30 m) très aromatique, aux tiges ligneuses tortueuses. Ses feuilles sont ovales et étroites, enroulées sur les bords, aux pétioles courts. Connu depuis l'Antiquité comme plante médicinale et culinaire, il fournit aujourd'hui une huile essentielle qui contient notamment du thymol, un antiseptique et fongicide qui entre dans la composition de nombreuses infusions expectorantes, de pulvérisateurs nasaux, de gargarismes, de collutoires et de lotions après rasage. Le thym est un protecteur des poumons, des reins et de l'intestin.

La **lavande officinale** (*Lavandula angustifolia*) à feuilles étroites est cultivée pour la cosmétique et la parfumerie. Ses rameaux fleuris sont longuement dépourvus de feuilles.

La **bruyère multiflore** (*Erica multiflora*) est un buisson de 0,50 à 2,50 m de haut qui pousse sur les sols marno-calcaires, avec ses feuilles étroites à sillon unique en dessous, et ses grappes de fleurs roses qui ornent le bout des rameaux de leurs cloches d'où sortent les étamines.

Le **ciste cotonneux** ou blanchâtre *(Cistus albidus)* est ainsi nommé à cause de ses feuilles tomenteuses et blanchâtres. Oblongues, plus ou moins elliptiques, elles sont sessiles, embrassent à demi les tiges. Cette espèce aux grandes fleurs rose lilacé qui préfère les sols calcaires est absente en Corse, où elle est remplacée par le ciste de Crète *(Cistus creticus)*, aux feuilles rugueuses et à nervures pennées, et aux fleurs rose pourpre à longs pédoncules. Les cistes se rencontrent sur des sols généralement siliceux (cf. *infra*).

Enfin, des **lianes** : la salsepareille *(Smilax aspera)*, aux baies rouges puis noires recherchées par les oiseaux, la clématite brûlante *(Clematis flammula)*, aux grandes panicules de fleurs blanches qui sentent l'amande amère, le chèvrefeuille des Baléares *(Lonicera implexa)*, arbuste à feuillage persistant et à tiges volubiles, la garance *(Rubia peregrina)*, arbuste aux rameaux rugueux avec des épines courtes et recourbées…

Clématite brûlante, romarin, brachypode rameux (bois de Bouis).



© C. Tassin

Dans la garrigue boisée (ancien taillis de dégradation), au sud de Saint-Martin-de-Londres, des tiges de clématite fleuries à nombreuses étamines s'accrochent à du romarin, plante médicinale et condimentaire, sur coussin desséché de baouque, Graminée à tiges grêles ramifiées.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Buisson de bruyère multiflore en fleur.



© C. Tassin

Cette espèce qui peut atteindre plus de 2 m porte des grappes de fleurs roses caractéristiques d'où sortent les étamines.

Bruyère arborescente dans les Maures (en été).



© C. Tassin

Cette espèce, qui peut dépasser 4 m de haut, pousse bien sur sols acides, ici dans une forêt mixte du nord du massif ancien. Elle diffère de la bruyère multiflore des sols marno-calcaires par ses longues inflorescences à fleurs blanches, où sont enfermées les étamines. Calycotome au premier plan.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Les espèces de la yeusaie sur sol siliceux

Des **bruyères** : la bruyère à balais (*Erica scoparia*), sous-arbrisseau (jusqu'à 1,20 m de haut) aux feuilles étroites avec deux sillons sur la face inférieure ; la bruyère arborescente (*Erica arborea*), arbrisseau de 1 à 4 m en moyenne mais pouvant atteindre 15 m aux Canaries, a des feuilles étroites avec un seul sillon en dessous, et le bois dur de ses racines est utilisé pour la fabrication des pipes dans le Jura, à cause du goût et de sa résistance au fendage. Cette espèce acidophile qui accompagne souvent l'arbousier diffère de la bruyère multiflore des sols marno-calcaires par ses longues inflorescences, très fournies en fleurs blanches et plus petites, où sont enfermées les étamines.

Des **cistes**, qui parfois se développent aussi sur calcaire :

– Surtout le ciste de Montpellier *(Cistus monspeliensis)*, très répandu dans le bassin méditerranéen, arbrisseau persistant très odorant qui peut dépasser 1 m, très pyrophile avec ses feuilles vert foncé lancéolées (2 à 5 cm de long), glanduleuses, visqueuses et velues (surtout sur leur revers), qui deviennent brunes en desséchant. Ses magnifiques fleurs blanches à 5 pétales (de 2 à 3 cm de diamètre) qui rappellent celles de l'églantier ne durent pas longtemps, mais cette espèce reste globalement fleurie pendant une bonne partie du printemps, avec ses inflorescences de 2 à 8 fleurs plus ou moins exposées d'un seul côté.

– Le ciste à feuilles de sauge *(Cistus salvifolius)* est une espèce calcifuge, à feuilles pétiolées plus ou moins ovales, non poisseuses mais tomenteuses sur les deux faces, et à fleurs blanches plus grandes (3-5 cm de diamètre), souvent solitaires ou bien réunies en bouquets de 4 au maximum. Le ciste à feuilles de peuplier *(Cistus populifolius)*, est une espèce semblable, protégée dans le sud-est de la France, mais poisseuse et aux feuilles lisses sur les deux faces.

– Le ciste à feuilles de laurier *(Cistus laurifolius)*, très odorantes et glabres sur le dessus, aux fleurs blanches encore plus grandes (5-6 cm de diamètre), avec de longs pédoncules, disposées (par 4 à 8) en corymbes en forme d'ombelle. Peut supporter aussi les sols calcaires.

– Le ciste à gomme ou ladanifère *(Cistus ladanifer)*, fortement glanduleux et poisseux, aux

Ciste de Montpellier *(Cistus monspeliensis)*.



© C. Tassin

Les cistes se rencontrent sur des sols pauvres ensolleillés. Cette espèce très pyrophile avec ses feuilles visqueuses et densément velues sur leur revers, qui deviennent brunes en desséchant, se régénère facilement après les incendies.

Ciste cotonneux ou blanchâtre *(Cistus albidus)*.

Ciste à fleurs roses, à feuilles sessiles tomenteuses et blanchâtres, qui embrassent à demi la tige. Pousse plutôt sur sol calcaire, absent en Corse.



© C. Tassin

grandes fleurs blanches (6-8 cm) magnifiques avec leurs taches rouge brun à la base des pétales, est très localisé en France (surtout dans l'Estérel), mais il existe dans tout le sud-ouest de l'Europe et en Afrique du Nord. Cette espèce acidophile supporte cependant le calcaire.

La **lavande à toupet** ou lavande stéchade (*Lavandula stoechas*). Sous-arbrisseau persistant, de parfois 1 m de haut, elle ne pousse que sur terrain siliceux. Contrairement à la lavande officinale *(Lavandula angustifolia)* des sols calcaires, ses feuilles cotonneuses, vert blanchâtre, roulées sur les bords, montent jusqu'à l'inflorescence, et ses fleurs violet pourpre sont réunies en faux épis serrés.

Ciste ladanifère *(Cistus ladanifer)*.



© C. Tassin

Arbuste jusqu'à 2,5 m de haut, très glanduleux et poisseux, aux belles fleurs blanches tachées de pourpre à la base des pétales.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

La forêt de chêne-liège à feuilles subpersistantes

Une distribution ouest-méditerranéenne

La suberaie est présente en France méditerranéenne (mais aussi en Aquitaine), en Italie et dans les îles tyrrhéniennes, surtout dans l'ouest de l'Espagne et au Portugal d'où, pour certains auteurs, elle aurait colonisé l'Afrique du Nord depuis Gibraltar et le Rif à la fin de l'époque miocène. Autrefois considérées comme un simple aspect de la forêt de chêne vert, les suberaies existent en fait en peuplements mixtes avec d'autres chênes sclérophylles (le chêne vert) ou caducifoliés (comme le chêne pubescent en Provence cristalline, le chêne de Hongrie dans le Latium romain, le chêne zéen dans l'ouest de l'Espagne, le chêne faginé dans le sud-ouest de la péninsule Ibérique), ou avec des conifères (par exemple, dans les Maures le pin maritime et le pin pignon). Malgré tout, la suberaie peut prendre l'aspect d'une forêt plus ou moins homogène, comme en Andalousie humide, 188 000 ha sur les 250 000 qu'elle occupe. C'est même une formation exubérante dans le Parque Natural de los Alcornocales, au nord d'Algeciras (PEINADO LORCA, RIVAS-MARTINEZ, 1987). Mais le chêne-liège a aussi été propagé artificiellement. Notamment au Portugal, en Espagne et en Algérie, selon un système agro-sylvo-pastoral qui associait les cultures (surtout fourragères), le pâturage des sous-bois et, depuis la découverte au XVIIe siècle de Dom Pérignon pour boucher le vin, la production de liège. Les arbres ombrageaient les céréales et contribuaient à la lutte contre l'érosion. Dans l'Alentejo portugais, les chênes-lièges forment encore des milieux arborés ouverts appelés « montados » (RIVAS-MARTINEZ *et al.*, 1990). Sous ou entre les arbres s'étendaient des zones plus ou moins cultivées (fourrage, céréales, pois chiches…) ou de parcours des troupeaux, surtout – à cause des glands – des fameux porcs noirs de race ibérique. Mais la surexploitation du chêne-liège a souvent conduit à l'abandon de ces activités, d'où l'aspect de friche ou de lande de certains montados, envahis par les cistes à gomme (*Cistus ladanifer*), le romarin ou la lavande stoechas (chap. 10). Dans l'est de l'Alentejo, c'est plutôt le chêne vert qui constitue le montado, paysage équivalent à la dehesa espagnole.

La strate arborée : le chêne-liège

Quercus suber est un arbre souvent volumineux, qui peut atteindre 20 m de haut, tel celui de Reynès (dans les Aspres), véritable monument naturel sur la propriété Arnaudiès, dont l'âge est estimé à 300 ans. Ses feuilles subpersistantes ont une chute hivernale plus marquée, mais leur durée de vie dépasse fréquemment les douze mois. Elles sont coriaces, ovales-oblongues, vert foncé luisant au-dessus, gris blanc et tomenteuses en dessous, avec 4 ou 5 dents courtes de chaque côté. Les glands, qui mûrissent en général en un an (sauf dans les Landes), ont une cupule qui peut recouvrir la moitié du fruit.

L'écorce subéreuse, épaisse, très crevassée, est récoltée à la fin du printemps et en été, à partir de la 25e année sur des arbres bien développés, d'une quarantaine de centimètres de circonférence, puis tous les 9 à 12 ans. Le liège mâle obtenu la première fois n'est pas de bonne qualité, il est dur et très poreux, et c'est le liège femelle reformé sur le tronc, le liège de reproduction, élastique, homogène et plus résistant, qui est récolté par démasclage (décollement) pour la fabrication des bouchons.

Plus fragile que l'yeuse, il a des exigences écologiques plus fortes (fig. 7 b), ce qui explique son aire plus réduite en Méditerranée. En été, il a besoin de 60 % d'humidité relative, d'où sa position dans les zones maritimes ou submaritimes. Mais il demande aussi des hivers doux avec des précipitations abondantes (plus de 1 000 mm annuels). « Il craint beaucoup les gelées printanières : il monte donc moins haut que le chêne vert » (HUETZ DE LEMPS, 1994). En Méditerranée nord-occidentale c'est plutôt une essence de basses terres (700 m maximum), mais au Maghreb il peut, selon la latitude et l'exposition, dépasser 2 000 m. Si la célèbre suberaie de la Mamora, qui commence près de Rabat à 3 km de l'océan, a une altitude maximale de 280 m, dans le Rif et dans le Haut Atlas on trouve le chêne-liège jusqu'à 2 400 m.

Mais surtout c'est une espèce silicicole, qui ne supporte pas le calcaire. On le rencontre donc dans les massifs anciens, comme en Corse où, appelé « *suara* », il est bien présent au sud et à l'est de l'île, depuis le littoral jusque vers 600 m d'altitude. Mais aussi en pays catalan, dans les Maures et l'Estérel, en Sardaigne, dans le sud-ouest de la péninsule Ibérique (notamment dans l'Alentejo, au sud du Portugal), au Maroc atlantique (dans les régions de la Mamora, du plateau central…), en Kabylie, en Kroumirie (dans les zones gréseuses de l'extrême nord tunisien)... Lorsque ces sols siliceux se sont développés sur des roches mères sableuses, sablo-argileuses, ou des arènes granitiques, ils facilitent grandement l'installation des arbres par un bon enracinement et une bonne conservation de l'eau de capillarité.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Suberaie de l'Alentejo (sud du Portugal).

Espèce qui demande des hivers doux et des précipitations abondantes, le chêne-liège est typiquement ouest-méditerranéen. Généralement mixtes, avec d'autres chênes (chêne blanc, chêne vert) ou des conifères (pin maritime, pin pignon), les peuplements peuvent prendre l'aspect d'une forêt plus ou moins homogène.

La strate buissonnante : une grande diversité floristique

Cette diversité peut s'expliquer par un taux de couverture plus faible de la strate arborée qui permet par exemple l'installation de nombreuses Fabacées ou Légumineuses (des genêts) et diverses Éricacées (des bruyères).

L'**arbousier** ou arbre aux fraises (*Arbutus unedo*) est fréquent dans les suberaies de Catalogne, Provence, Corse et Ligurie. Cet arbuste aux feuilles persistantes, brillantes, lancéolées, à bords finement dentés, peut devenir un arbre, dépasser largement 5 m de haut. En automne, il porte en même temps fleurs blanches en panicules pendantes et fruits rouges semblables à de petites fraises par leurs aspérités. Ces fruits comestibles servent à la fabrication de marmelades et de liqueurs. Existent aussi un arbousier oriental (*Arbutus andrachne*) de la Grèce à la Turquie, et un arbousier local en Cyrénaïque (*Arbutus pavarii*), dans la brousse thermophile à oléolentisque et caroubier (EL-GADI, JAFRI, 1976-1990).

Le **myrte commun** (*Myrtus communis*) est largement répandu dans les suberaies nord-africaines et du sud de la péninsule Ibérique. C'est un arbuste fortement ramifié, en buisson dense,

Chêne-liège après démasclage (Alentejo).



© C. Tassin

Cette opération de décollement de l'écorce subéreuse débute vers la 25e année, puis elle se poursuit tous les 9 à 12 ans. Pousses d'arbousier au pied de l'arbre.



© J. Mirloup

Arbousier endémique de Cyrénaïque (Libye). *Arbutus pavarii* accompagne souvent la brousse thermophile à oléastre, lentisque et caroubier.

aux feuilles persistantes, parfumées quand on les froisse, à fleurs blanches (aux nombreuses étamines) à l'aisselle des feuilles, et à baies sphériques noir bleuâtre. Ses branches servaient à la confection de bouquets de mariée, ou étaient brûlées comme encens. L'essence de myrte extraite de ses feuilles est utilisée en cosmétique, parfumerie et médecine (affections de la peau et des voies respiratoires, bronchite et sinusite).

Beaucoup d'autres arbustes, arbrisseaux et sous-arbrisseaux s'observent dans la strate buissonnante. Il s'agit d'espèces très nombreuses, silicicoles ou indifférentes au substrat, présentes notamment dans la yeusaie sur sol calcaire :

– le pistachier lentisque (en Corse, en Provence cristalline…), le laurier-tin, les filaires, le daphné garou, les genévriers (le genévrier oxycèdre et le genévrier de Phénicie), le cytise velu (dans les bas de pente de la Provence cristalline et de la Catalogne), l'adénocarpe à grandes fleurs… ;

– des cistes (notamment le ciste de Montpellier) ;

– la lavande à toupet *(Lavandula stoechas)*, purement silicicole, évoquée précédemment dans la yeusaie sur sol siliceux :

– des genêts et des bruyères, fréquents dans les suberaies françaises, italiennes, tyrrhéniennes, catalanes et tunisiennes, genêts méditerranéens comme le genêt blanc de Montpellier (dans les Maures, en basse altitude) ou le genêt épineux (le calycotome), et diverses bruyères allant de la bruyère commune et la bruyère à balais à la bruyère arborescente (fréquente dans le Roussillon, en Provence et en Corse).

La strate herbacée comporte surtout quelques Graminées (parfois le brachypode rameux), des Légumineuses, et parfois la fougère aigle (*Pteridium aquilinum*).

Les « forêts steppes » des régions les plus sèches

Dans un article rédigé pour la FAO où il répartit les forêts méditerranéennes en différents types, Omar M'Hirit, du ministère des Eaux et Forêts du Maroc et coordonnateur du Réseau cèdre (Silva Mediterranea), s'appuie sur les travaux écologiques de nombreux chercheurs (des années 1970 aux années 1990). En ce qui concerne les régions les plus sèches du bassin méditerranéen, où P est en général < 600 mm, il évoque des « forêts ou brousses thermophiles de type aride ou semi-aride », ainsi que des « steppes arborées de type désertique et subdésertique » (M'HIRIT, 1999).

En effet, plutôt que de vraies forêts, il s'agit de « forêts steppes » que Pierre Quézel caractérise soit comme des groupements préforestiers tran-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

sitoires (ici des matorrals arborés dont l'évolution dynamique n'est pas achevée), soit comme des groupements présteppiques à déterminisme xérique (c'est-à-dire des steppes arborées liées au stress hydrique). Omar M'Hirit présente ces formations en fonction d'une aridité croissante, qu'il exprime à la fois en millimètres de précipitations annuelles et en nombre de mois secs, en se basant pratiquement sur la concordance entre ces deux données proposée par Pierre Quézel. On s'appuiera donc ici sur cette typologie, car l'on sait que pour rendre compte de l'aridité le nombre de mois secs (selon la formule de Gaussen) est souvent plus significatif que la hauteur des précipitations.

Enfin, Omar M'Hirit donne la liste des sols qui supportent ces « forêts » claires ou ces steppes. Les sols typiques de ces zones sèches ne sont plus les sols bruns ni les sols rouges fersiallitiques, mais des sols marron (« châtains ») plus ou moins salins, dits « isohumiques », parce que l'humus y est réparti également dans une tranche considérable (jusqu'à l'horizon B), cela peut-être à cause du fort développement radiculaire des plantes des steppes. Quant aux croûtes calcaires qui imperméabilisent fréquemment ces sols isohumiques à l'horizon C (comme au Maghreb et en Espagne sèche), elles s'expliquent par l'omniprésence de roches mères carbonatées.

4 à 7 mois secs : l'oléolentisque, le thuya de Berbérie, le genévrier de Phénicie

Une forêt steppe à oléolentisque occupe, généralement en ambiance préforestière, certains bas pays secs du pourtour méditerranéen, surtout au Maghreb.

Plus brousse que vraie forêt, cette formation thermophile serait pourtant d'origine naturelle.

Certains auteurs font état de la convergence de conditions thermiques et pédologiques favorables. Car si l'oléolentisque est abondante au sud de la Méditerranée, on la trouve aussi sur les côtes de Méditerranée septentrionale – même sur le littoral français – dans les parties les plus chaudes, sur des sols secs, souvent siliceux ou sablonneux très filtrants, ou au niveau de zones rocailleuses d'accès difficile. Ainsi, cette formation est-elle encore représentée sur le liseré côtier en Corse, autour de Perpignan (notamment vers Fitou), à l'est de Martigues, autour de la presqu'île de Giens, dans les îles d'Hyères, dans les fonds de vallons de la côte varoise des Maures, ou encore dans la calanque de Port-Miou (près de Cassis). Mais la brousse à oléolentisque est beaucoup plus développée en Espagne et en Afrique du Nord. « Le faciès devient moins impénétrable, à végétation plus rase avec le palmier nain, et le diss *(Ampelodesmos mauritanica),* grande Graminée en touffes cespiteuses, domine » (GUITTONNEAU, HUON, 1992), comme à l'est d'Almeria, vers Carboneras. En pays musulman, elle constitue parfois une végétation résiduelle dans les zones maraboutiques interdites aux troupeaux. Cependant, on la trouve également jusqu'en Méditerranée orientale, surtout en position littorale : depuis les côtes italiennes, de Dalmatie centrale et la côte est de la Grèce (du sud de la Chalcidique aux îles de la mer Égée, en passant par le Pélion), jusqu'en Cyrénaïque, en Crète, à Chypre et au Proche-Orient, où le caroubier associé au lentisque joue un rôle plus important (on parle parfois de l'unité phytosociologique *Ceratonio-Pistacion*). Comme sur la côte lycienne d'Anatolie, qui connaît plus de 5 mois secs entre Marmaris et Antalya, où l'on rencontre aussi le myrte et le genêt épineux… L'oléastre, l'olivier sauvage, est la base de l'oléolentisque. Il diffère de l'olivier cultivé par son aspect buissonnant, ses branches généralement épineuses, ses feuilles plus étroites et ses toutes petites olives peu huileuses et fortement amères. C'est un arbre qui peut se faire discret parmi les chênes verts, les pins méditerranéens et les thuyas de Berbérie, ou alors constituer un ensemble presque pur comme sur le plateau central marocain, en Grèce du Sud et en Anatolie du Sud, ou dans la forêt de Pisano (au sud-est de la Sicile) peu dégradée par l'homme (LUMARET, OUAZZANI, 2001). À l'oléastre *(Olea europaea* subsp. *europaea)* et au lentisque *(Pistacia lentiscus)*, important sur la Côte d'Azur, sont associés le myrte *(Myrtus communis)* et parfois le caroubier *(Ceratonia siliqua)*, encore présent entre Nice et Menton, en limite nord de son aire de répartition. Il faut ajouter des lianes comme la salsepareille *(Smilax aspera)* ou la clématite *(Clematis flammula)*, et le doum ou palmier nain *(Chamaerops humilis)*, présent à l'est de Sainte-Maxime. Cette espèce commune en Afrique du Nord et assez répandue dans le Sud-Est espagnol deviendrait moins rare sur le littoral varois, et ce serait là l'un des effets du réchauffement climatique global qui alimente les débats scientifiques. Une élévation de la température de 2 à 3 °C pourrait se solder « par une extension notable vers le nord de la région méditerranéenne (…) le climat du littoral français étant alors du type de celui qui règne actuellement sur le littoral algérois » (QUÉZEL, 1999b).

Dans le Maghreb, la brousse à olivier, caroubier et lentisque est aujourd'hui très dégradée.

Si la brousse thermophile est parfois bien conservée, comme dans l'île de Caprera, domaine de l'État où repose Garibaldi au nord de la

Sardaigne, en Afrique du Nord, elle apparaît souvent très défrichée, comme en Algérie dans la plaine côtière de la Mafragh (à l'est d'Annaba), ou en tout cas très morcelée par les cultures, comme en Tunisie au nord de l'oued Medjerda et entre les golfes de Tunis et d'Hammamet. Au Maroc aussi, où elle couvrait, jusque vers 400 m d'altitude, une bonne partie des plaines du Rharb et de la Doukkala, avec un oléastre de 4 à 5 m de haut associé au lentisque, au doum et au caroubier. Quand celui-ci abondait, on parlait d'*« Oleo-Ceratonion »*, c'est-à-dire d'« oliveraie-carouberaie ». On retrouve encore cette alliance de l'olivier et du caroubier en Sicile, où une étude syntaxonomique de la classe *Quercetea ilicis* a identifié deux ordres : l'un thermo-xérophile, proche des rivages (*Quercetalia calliprini*), comprenant notamment 14 associations *Oleo-Ceratonion* ; l'autre plus mésophile (*Quercetalia ilicis*) incluant 9 associations du chêne vert, *Quercion ilicis* (BRULLO *et al.*, 2008). L'alliance oliveraie-carouberaie avait été étudiée à l'ouest de la Méditerranée dès 1924 et à l'est en 1948 et en 1962. Repérée sur la presqu'île de Salerne, au sud de Naples (TRINAJSTIC, SUGAR, 1977), elle le fut plus largement sur la côte Adriatique, où elle fut décrite dès 1973 dans le cadre d'une association incluant l'euphorbe arborescente (*Oleo-Euphorbietum dendroidis*), notamment sur de petites îles près de Korčula, dans la région de Dubrovnik et sur les îles Kornati (TRINAJSTIC, 1984). Comme l'oléastre, le caroubier existe rarement en peuplements purs. Malgré tout, quelques beaux groupements (pas toujours spontanés) se laissent admirer le long des côtes ibériques, depuis la région de Tarragona (notamment près de L'Ampolla) jusqu'en Algarve. Ces arbres de 4 à 10 m de haut, à gros tronc lisse et tordu, qui portent un large houppier de feuilles persistantes (aux folioles ovales coriaces), s'accommodent des côtes rocailleuses basses comme des pentes arides. Leur fruit, la caroube, gousse pendante de 10 à 30 cm, contient une pulpe farineuse et sucrée (au goût chocolaté) autrefois consommée et aujourd'hui utilisée pour les sirops, les jus de fruits, les boissons fermentées, ou comme aliment pour les ânes et les chevaux. Déjà, dans l'Égypte ancienne, l'on sucrait boissons et aliments avec cette pulpe. Quant aux graines de caroube, dont le poids est curieusement constant (environ 205 mg), elles ont été utilisées comme unité pour peser l'or et les pierres précieuses. Du nom de l'arbre est né le « carat », qui quantifie la teneur en or d'un alliage.

Brousse à oléolentisque (près de l'étang de Leucate).



© C. Tassin

Formation thermophile à base d'oléastre et de lentisque qui se rencontre, très dégradée, dans les parties les plus chaudes du littoral français, ici non loin de Fitou.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Caroubier (Près de L'Ampolla).

Souvent associé à l'oléolentisque, *Ceratonia siliqua* existe parfois en peuplements purs, mais pas toujours spontanés comme c'est le cas le long des côtes ibériques près de Tarragona.

La forêt de thuya de Berbérie ou tétraclinaie, parfois associée à l'oléolentisque et au genévrier de Phénicie, constitue des structures préforestières centrées sur le Maghreb. Le thuya de Berbérie *(Tetraclinis articulata)* est quasiment endémique à l'Afrique du Nord.

On ne le retrouve ailleurs qu'à l'état résiduel, un peu à Malte et sur le littoral du sud-est de l'Espagne, vers Carthagène où il est souvent disséminé dans l'oléolentisque. Théophraste signalait autrefois sa présence en Cyrénaïque, mais aujourd'hui il en est absent. En Algérie, on le rencontre en situation littorale à l'ouest d'Alger et surtout en Oranie sur terra rossa (ALCARAZ, 1983) et en Tunisie, entre le golfe de Tunis et le Jebel Zaghouan (région d'Enfidha). Mais surtout, il est présent au Maroc où il occuperait près de 900 000 ha, des régions côtières jusque dans l'est, dans les zones de piémont de l'Atlas et de l'Anti-Atlas. Car s'il peut monter jusque vers 1 000-1 100 m, on le trouve largement dans les basses terres, sur une partie du Maroc atlantique, associé au caroubier ou au genévrier de Phénicie. Au sud-ouest, dans la région du Souss, il est associé à l'arganier *(Argania spinosa)* et à l'olivier du Maroc *(Olea europaea* subsp. *maroccana)*, espèce endémique cantonnée au nord-est d'Agadir, qui dériverait comme l'olivier des Canaries (*Olea europaea* subsp. *guanchica*) d'un ancêtre commun datant d'avant la désertification du Sahara (au moins du Pliocène). En altitude, le thuya peut s'associer au pin d'Alep (comme dans le Rif) ou au chêne vert et au cade (comme dans les Atlas).

Le genévrier de Phénicie *(Juniperus turbinata)* peut constituer au Maghreb des systèmes arborés présteppiques importants. Le genévrier rouge est une espèce thermophile au port arborescent, qui peut atteindre jusqu'à 5-6 m de haut, très ramifiée, à l'écorce brun rouge foncé. Depuis 2000, on le distingue de *Juniperus phoenicea*, au port plus arbustif, présent essentiellement dans le sud-ouest de l'Europe. « Les genévriers du groupe *Phoenicea (J. phoenicea et turbinata)* sont bien représentés sur le pourtour méditerranéen, à l'exception de l'Anatolie, de la Syrie et du Liban » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). En bioclimat aride ou semi-aride, *Juniperus turbinata* peut former des steppes arborées à faible taux de couverture (10 à 40 %), au Sinaï, en Jordanie, en Cyrénaïque, au contact des hautes plaines nord-africaines et sur les versants sud des Atlas marocains. En Tunisie méridionale et en Cyrénaïque, ces formations ont été

étudiées par A. El Hamrouni (1992) et dans les vallées internes du Haut Atlas par M. Barbero et P. Quézel, qui ont signalé en 1995 l'intense dégradation anthropique, les coupes excessives et la surcharge pastorale.

Le thuya de Berbérie peut constituer de véritables groupements forestiers, mais aussi un stade transitoire dans l'installation de structures sclérophylles. Il fait penser à une essence paraclimacique par sa forte capacité à rejeter de souche après les coupes et les incendies, peu commune chez les résineux. Parfois, dans des taillis « préforestiers », on le voit dominer la formation à oléastres et à lentisques, lesquels semblent alors subordonnés. Pourtant, ses exigences écologiques plaident en faveur de la valeur climacique. *Tetraclinis articulata* est un arbre de 5 à 15 m de haut, thermophile et xérophile, à croissance lente, à la couronne lâche à plusieurs sommets. Indifférent à la nature du sol, il s'observe surtout en bioclimat semi-aride et aux étages infra- et thermo-méditerranéens (chaud et tempéré). Il craint le froid et « des précipitations > 800 mm/an, ce qui l'exclut du littoral algérien entre Alger et la Tunisie septentrionale » (Quézel, Médail, 2003). Sur des sols argileux mal drainés, il cède la place au lentisque et à l'oléastre. Dans certaines formations maraboutiques du Rif subhumide, qui échappent aux perturbations anthropiques, le thuya de Berbérie constitue avec le chêne kermès de vrais groupements forestiers (Fennane *et al.*, 1984).

Quel que soit son rôle dans la structuration des paysages végétaux, cette espèce subit un fort recul depuis les années 1950. Cette régression est due au gemmage pour sa résine parfumée et à la fabrication des vernis et de l'encens, mais aussi à l'utilisation en marqueterie (surtout à Essaouira et Agadir) de son bois dur et odorant, très convoité pour ses nœuds (les loupes) qui peuvent avoir 1 cm d'épaisseur (Bärtels, 1998). Beaucoup de tétraclinaies marocaines ont été anéanties par une exploitation intensive, au profit des palmiers nains. En outre, soumises au droit d'usage de parcours intenses (chap. 9), elles voient leurs rejets et leur sous-bois attaqués par les troupeaux. Ce qui est dommageable pour une formation qui protège les sols contre l'érosion pluviale ou éolienne (ex. des dunes d'Essaouira).

7 à 10 mois secs : l'arganier, l'acacia, le pistachier de l'Atlas

La brousse ou forêt claire à arganier *(Argania spinosa)*, l'Arganeraie, est localisée presque exclusivement dans le sud-ouest marocain. Dans les régions d'Essaouira et d'Agadir, elle y couvrirait plus de 830 000 ha. On la trouve jusqu'à 500-600 m d'altitude, sur des sols sablonneux ou calcaires rocheux, surtout du sud de l'embouchure de l'oued Tensift jusqu'au sud de l'embouchure de l'oued Souss. C'est-à-dire à l'étage chaud infra-méditerranéen, en bioclimat aride, où elle profite cependant de 20 à 50 mm de précipitations occultes (estimation de C. Sauvage en 1961) apportés annuellement sous les arbres par le courant froid des Canaries. Ainsi son aire se poursuit-elle par plaques jusqu'à l'embouchure de l'oued Draa, mais elle inclut aussi des altitudes plus fortes (jusqu'à 1 300-1 500 m) sur le versant occidental du Haut Atlas et de l'Anti-Atlas. Dans le Sud-Ouest algérien, quelques isolats accompagnent le lit des oueds jusqu'à Tindouf. Enfin, des colonies d'arganiers se trouvent également isolées dans la région d'Oujda (au nord-est du Maroc), ce qui serait le résultat d'une dispersion assez récente par l'homme.

L'arganier est un arbre « à tout faire », de 4 à 10 m de haut. Il permet de lutter contre la désertification, accompagné d'un acacia, le gommier du Maroc (au nord d'Agadir) ou de l'olivier du Maroc et du thuya de Berbérie. Avec ou sans sous-bois arbustif, il se présente souvent sous forme de vieux taillis, de futaies ou forêts parcs à strate inférieure thérophytique en raison du surpâturage. Grâce à ses racines de plusieurs mètres, il fixe le sol qu'il enrichit avec ses feuilles mortes. « Sous un arganier, des chercheurs ont recensé jusqu'à cent variétés végétales qui ne doivent leur survie qu'à son abri protecteur » (Ottmani, 1995). L'arganier présente aussi une grande valeur économique, c'est la troisième ressource végétale marocaine, après l'alfa et le chêne vert, sensiblement à égalité avec le thuya. Omar M'Hirit, qui parle d'une véritable « civilisation de l'arganier », a décrit en 1998 ses multiples utilisations (M'Hirit *et al.*, 1998). La qualité de son bois est appréciée dans la charpente et la fabrication d'outils agricoles, mais aussi pour faire du charbon, parce qu'il est dense et se consume lentement. Ses feuilles et la pulpe de ses fruits servent de pâturage d'appoint pour les chèvres et les chameaux. « Les troncs souvent penchés et leur écorce rugueuse permettent aux chèvres de grimper dans la couronne pour manger les feuilles et les fruits » (Bärtels, 1998). Mais surtout, ses graines fournissent une huile très recherchée en cuisine avec son acide linoléique qui fait baisser le cholestérol. Et chaque nouveau-né en reçoit une cuillerée, afin de conjurer le mauvais sort. L'huile d'argan (ou d'argane) est vendue plus chère que l'huile d'olive, en raison de sa rareté et des opérations entièrement manuelles de concassage des fruits, de grillage et de broyage des amandes, de malaxage de la pâte. Mais l'arganier peut aussi contribuer au déve-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

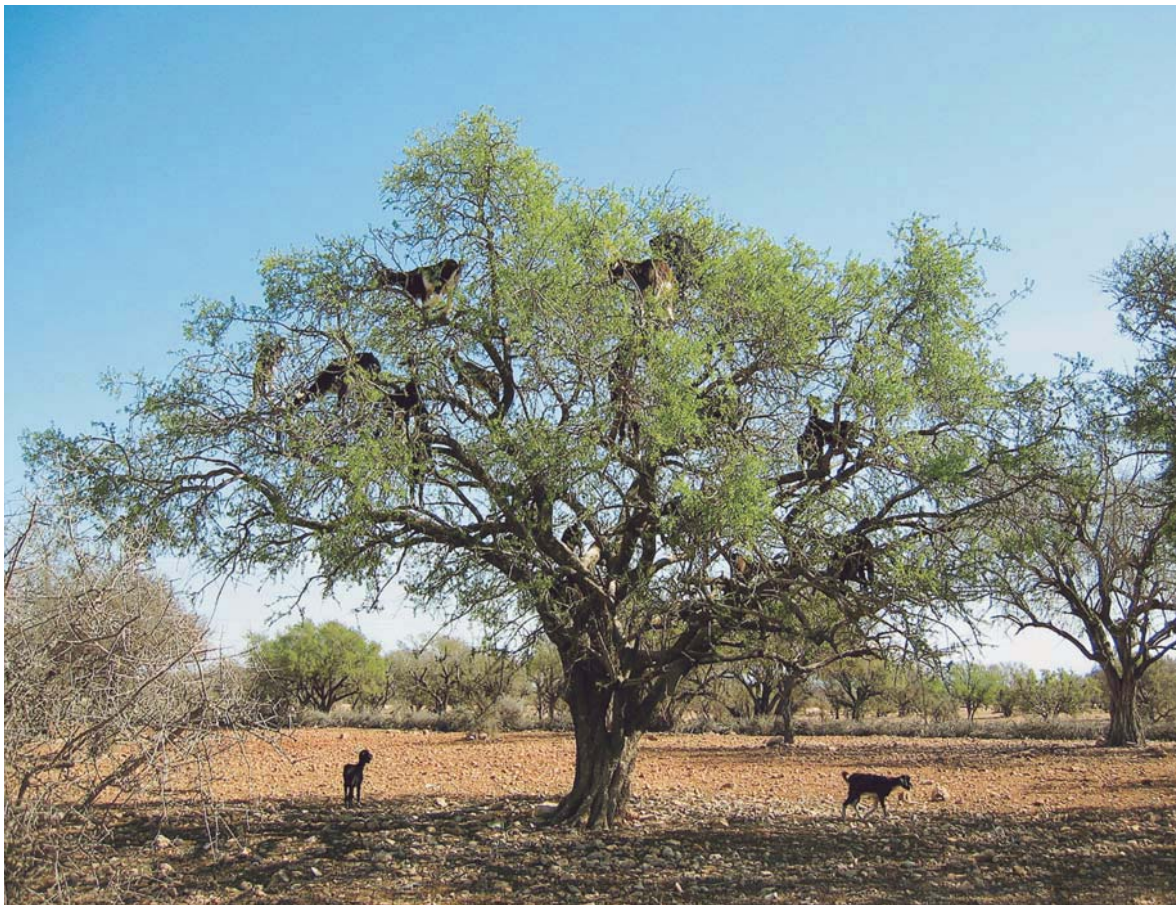
loppement social de la femme rurale : grâce à un accord entre le royaume du Maroc et la principauté de Monaco a été créée en 2002, dans la région de Taroudannt, la coopérative de Taitmatine qui emploie de façon permanente les femmes responsables de la récolte, du stockage et du traitement des fruits. Ces noix, qui ressemblent à de grosses olives, sont en effet stockées afin de répartir le travail tout au long de l'année. Il en faut 36 kg, c'est-à-dire 2,5 kg d'amandons, pour obtenir un litre d'huile…

Malgré ces intérêts, on assiste à une régression alarmante des arganeraies, aussi bien en surface qu'en densité. C'est l'effet de l'accroissement de la population, du surpâturage et de l'apparition des cultures intensives, comme le maraîchage sous serres. Si les arbres à la couronne sphérique large, dense et irrégulière, ont souvent remplacé leur sous-bois arbustif par des pelouses de Graminées xéro-thermophiles peu appétantes, celles-ci restent fréquemment parcourues par les troupeaux. Plusieurs colloques internationaux ont été organisés à Agadir en faveur de l'arganier, en 1991, 1995 et 1998. Et des projets de sauvegarde et de développement de l'espèce sont examinés dans la province d'Essaouira, depuis les journées d'étude de septembre 1995. Ainsi, le gouvernement marocain a-t-il décidé un certain reboisement, même si la patience est de mise car il faut 6 à 8 mois pour avoir une plante de 5 à 6 cm de haut et 25 à 30 ans pour obtenir un arbre qui donne des fruits.

Les steppes arborées à *Acacia* sont des formations caducifoliées (pendant l'été) présteppiques ou prédésertiques.

Le gommier du Maroc *(Acacia gummifera)* est une espèce du Maroc centro-méridional. Au nord d'Agadir, il se mélange avec l'arganier, mais il s'avance bien davantage, jusqu'à l'oued Oum-er-Rbia (vers Tadla). De même à l'intérieur, jusqu'au

Arganeraie du Souss (Maroc).



© P. Belleville

Sous l'effet de l'accroissement démographique, du surpâturage et du développement des cultures intensives, les arganeraies régressent en surface comme en densité. Les chèvres grimpent sur les arbres pour manger les feuilles et les fruits.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

bord des Atlas. L'*Acacia ehrenbergiana* et l'*Acacia raddiana* sont des espèces plus méridionales, franchement sahariennes. Leur ombre est appréciée sous un soleil brûlant, au milieu de paysages lunaires… L'aire d'*Acacia ehrenbergiana* est limitée par le Jbel Bani (à l'est de l'Anti-Atlas), tandis que celle d'*Acacia tortilis* subsp. *raddiana* remonte un peu plus jusqu'aux environs de Tazenakht et aux revers méridionaux du Jbel Sarhro. Dans le sud marocain, « dans la région de Goulimine, *Acacia raddiana* pénètre assez largement les peuplements d'arganier » (QUÉZEL *et al.*, 1995).

On peut trouver *Acacia raddiana* en Tunisie méridionale et au Proche-Orient, dans la basse vallée du Jourdain, sur les marges de la mer Morte, au nord-ouest du désert du Néguev (avec moins de 200 mm de pluies). Au Maroc, selon le Centre d'échange d'Information sur la biodiversité, les trois espèces peuvent organiser des climax présteppiques. Mais la croissance très lente de ces arbres ou arbustes et la pression anthropozoogène font que leurs aires, estimées pour le Maroc à un million d'hectares, régressent continuellement. Le gommier, lui, souffre des attaques d'un coléoptère redoutable, dont les larves séjournent dans le bois plus de deux ans avant de se nymphoser.

Dans le Garmsîr iranien, ce sont *Acacia arabica* et *Acacia nubica* qui constituent des fragments de brousse claire. Le Garmsîr désigne les « terres chaudes à hivers tièdes » mais où les coups de froid ne sont pas rares. Il englobe la plaine du golfe Persique, tout le Lout jusque vers 1 500 m d'altitude, la bordure sud du Grand Kavir et les cuvettes du Séistan et du sud-ouest de l'Afghanistan. Sous bioclimat aride (100 à 250 mm annuels), cette steppe arborée à acacias, qui compte aussi des palmiers nains *(Nannorrhops ritchieana)*, est surmontée vers 1 000-1 200 m par un étage à jujubiers *(Zizyphus spina christi, Zizyphus nummularia)* et à Myrtes. Mais, dès l'époque de l'Empire romain, « les rivages du golfe Persique, déjà très arides, avaient été rapidement privés de leur maigre végétation d'acacias et de palmiers nains (…) Selon le périple de la mer Érythrée, du bois de santal, mais aussi des poutres pour la construction de radeaux et du bois d'ébène, étaient importés [de] la côte de Malabar, vers les ports persans du Golfe, et ce commerce indique déjà une pénurie de bois dans la région » (PLANHOL DE, 1969). Les textes historiques permettant de poser des jalons, les étapes du déboisement en Iran ont servi d'exemple dans le chapitre 2, consacré à la fragilité de la végétation du bassin méditerranéen.

La steppe arborée (caducifoliée) à pistachier de l'Atlas et jujubier occupe encore certaines zones très sèches du Maghreb, alors qu'au Proche- et Moyen-Orient disparaît celle à pistachiers et amandiers.

En Afrique du Nord, le pistachier de l'Atlas *(Pistacia atlantica)* possède une plasticité remarquable. De fait, on peut le rencontrer aussi bien en plein Sahara que sur la chaîne du Rif, aux marges du bioclimat humide. Cependant, il est largement préférentiel du bioclimat semi-aride ou aride, où à lui seul il peut constituer la steppe arborée. Si au sud-ouest du Maroc il se mélange comme le gommier avec l'arganier, en Algérie il s'immisce dans la steppe à alfa et à armoise, et même dans le désert, au sud de Laghouat. Le long des oueds ou dans ces petites dépressions, à peine sensibles, remplies de limons et inondées pendant l'hiver, (comme celle de Tilrempt, traversée par la route de Ghardaïa) croissent les pistachiers appelés « betoum », arbres puissants de 10-15 m de hauteur, en compagnie des jujubiers qui protègent les jeunes spécimens contre les herbivores. *Pistacia atlantica* est capable de constituer des groupements climaciques (MONJAUZE, 1968).

Le jujubier *(Zizyphus lotus)* est un arbuste échevelé de 2 m de hauteur. Ses tiges en zigzag portent des épines à chaque nœud. Ses fruits, de la taille d'un petit pois, sont comestibles et ont un léger goût de pomme blette. Depuis quelques décennies, la recherche de combustible par les populations locales accroît la disparition de ces buissons d'épineux et la ruine de cet arbre remarquable mais fragile qu'est *Pistacia atlantica*, qu'il protège par effet de nurserie. Aujourd'hui cette végétation est très dégradée, réduite à des peuplements clairsemés et isolés. Particulièrement en Tunisie, où les pistachiers de l'Atlas et les jujubiers sont en très forte régression.

Au Proche et Moyen-Orient, les formations steppiques arborées à pistachiers et amandiers sont aujourd'hui très dégradées. Presque anéanties, elles sont remplacées le plus souvent par des steppes xérophytiques rases. Cependant, on les trouve encore sur la bordure semi-aride et aride à hivers froids ou très froids qui va du Sinaï au Sud-Est anatolien. *Pistacia atlantica* y est associé à divers amandiers : *« Amygdalus communis* subsp. *microphylla, Amygdalus arabica* en Anatolie, Syrie, Israël et Jordanie ; *Amygdalus orientalis,* sur les marges des steppes anatoliennes et orientales (…) commun dans le nord-est de l'Irak » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Bien représentée au début du Postglaciaire, cette steppe arborée a été victime de l'action anthropique surtout à l'époque romaine, et elle est actuellement à peine reconnaissable. Sur le plateau irano-afghan aux hivers froids, dans le Sardsîr (les « terres froides ») iranien aride et semi-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

aride, la steppe arborée à pistachiers et amandiers est également très dégradée (BOBEK, 1958 ; PLANHOL DE, 1969). D'autres pistachiers, comme *Pistacia mutica* (le térébinthe), *Pistacia vera, Pistacia khinjuk,* y sont accompagnés de jujubiers, de quelques genévriers et d'épineux (berbéris). Ces formations en lambeaux sont caractéristiques des piémonts caillouteux des montagnes qui bordent les bassins fermés de l'Iran intérieur. Car si dans l'ensemble le plateau irano-afghan apparaît comme de hautes terres d'altitude généralement supérieure à 1 000 m, on sait que des chaînes transversales le découpent en compartiments, dont le fond est nettement plus bas : à 600 m dans le Grand Kavir, 210 m dans le Lut, 460-480 m dans les cuvettes afghanes méridionales et du Séistan. En Afghanistan, plateaux, plaines et basses montagnes sont aussi le domaine d'une steppe arborée ou arbustive très fragmentaire. Des pistachiers, des amandiers, des chênes verts, des genévriers se rencontrent jusqu'à 1 200 m d'altitude dans les zones couvertes de lœss du nord (depuis la province de Hérat jusqu'à celle de Badahsan) et dans les basses montagnes du sud-ouest jusqu'au sud-est. Mais si la steppe arborée commence à partir de 600-700 m autour de certains bassins fermés du Khorassan (Nord-Est iranien), 800 m au pied des montagnes médianes de l'Afghanistan, elle démarre nettement plus haut autour du Grand Kavir (à 1 000 m) ou du Lut méridional et du Séistan (1 300 m) pour devenir franchement montagnarde. Elle monte jusqu'à 2000 m dans l'Hindou-Kouch, où une forêt sèche de genévriers la surmonte, et jusqu'à 2 500-2 700 m sur les reliefs de l'Iran central et sud-oriental où les cuvettes n'appartiennent déjà plus au Sardsîr mais au Garmsîr. On a d'ailleurs dit que les terres les plus basses de ce Garmsîr à hivers tièdes, celles où le palmier-dattier est en limite nord, conservent également quelques formations présteppiques : des acacias et à partir de 1 000 m des jujubiers. Enfin, il faut signaler sur les sables des cuvettes afghanes quelques formations édaphiques à saxaoul noir *(Haloxylon ammodendron)*, ce ligneux tortueux et aphylle typique des steppes de l'Asie centrale.

Paysage entre Hérat et Cagcaran (Afghanistan, 2003).



© E. Cerqueira

Au-dessus du village et de la ripisylve, vers 1 500 m d'altitude, de maigres forêts présteppiques (pistachiers, genévriers …) s'accrochent aux pentes de la montagne.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Les forêts des régions hors du bassin méditerranéen

En Californie, des lambeaux forestiers et des forêts reliques

La côte et les reliefs, des faciès similaires ?

La Californie est beaucoup moins riche en éléments arborés que le bassin méditerranéen. Mais son cortège floristique « reste très comparable si l'on met en parallèle des superficies analogues »: 4 400 espèces pour 324 000 km^2 en Californie, contre 4 200 espèces pour 300 000 km^2 au Maroc méditerranéen (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Et, contrairement à celles du domaine méditerranéen de l'hémisphère Sud, cette flore possède beaucoup d'affinités avec la végétation du pourtour de la Méditerranée, du fait qu'avant de « dériver » sur le magma de l'asthénosphère, les plaques de lithosphère américaine et européenne se trouvaient soudées (RAVEN, AXELROD, 1978). Aussi a-t-on cherché à classifier les différents étages selon les mêmes critères altitudinaux (thermiques) que pour le bassin méditerranéen, en adaptant toutefois la terminologie : étages thermo-californien, méso-californien, supra-californien (ou californien supérieur), montagnard-californien, oro-californien et alti-californien (QUÉZEL, SHEVOCK, 1982 ; QUÉZEL, BARBERO, 1989. Quant aux genres de ligneux communs aux deux régions, 35 sur les 60 présents en Californie le sont aussi autour de *Mare nostrum*, où pourtant certains ont disparu, tels *Sequoia, Sequoiadendron* ou *Tsuga.*

La disposition longitudinale du relief ne laisse que peu de place aux basses terres. Central Valley, la Grande Vallée californienne, s'étend sur 720 km mais n'a que 65 à 100 km de large. Faisant suite aux Cascades vers le sud, la Sierra Nevada qui s'élève jusqu'à 4 418 m au mont Whitney, point culminant des États-Unis sans l'Alaska, vient s'accoler, au col de Tejon Pass, à une série d'autres chaînes, les Transverse Ranges orientées d'ouest en est. Puis, comme un prolongement des Chaînes côtières (Coast Ranges), les Peninsular Ranges filent jusqu'à la pointe de la Baja California (Basse-Californie). Quant aux Coast Ranges, elles sont constituées de trois à quatre chaînes, mais dont les crêtes séparées par des vallées se situent en moyenne seulement entre 600 et 1 200 m d'altitude. Aussi, en ce qui concerne la présentation de leurs paysages végétaux, sera-t-il parfois peu commode de séparer ceux des basses terres de ceux des montagnes, d'autant que certaines formations des premières pentes, et même juxta-littorales, se retrouvent parfois en altitude. Ce qui est le cas par exemple de la forêt de Redwood, qui apparaît du niveau de la mer jusque vers 1 000 m, ou bien de celle à chênes sclérophylles dominants ou encore du maquis appelé « chaparral », lequel peut s'élever largement au-dessus de 1 500 m. Pour décrire la végétation des basses terres et des premières pentes, on pourra se limiter à l'étage thermo-méso-californien.

La direction sensiblement méridienne du relief a entraîné une interpénétration de la végétation euméditerranéenne et subméditerranéenne et l'existence de forêts reliques. La séparation des plaques européenne et américaine n'ayant débuté que vers la fin de l'ère secondaire, beaucoup de ligneux californiens sont les vestiges d'une flore tertiaire septentrionale commune à l'Amérique et à l'Asie, dominée par les sclérophylles dès le milieu de l'Éocène (AXELROD, 1975). Au moment des périodes de refroidissement de la fin de l'ère tertiaire (Pliocène final) et de l'ère quaternaire (phases glaciaires), cette flore a pu migrer vers le sud en Californie et jusqu'au Mexique vers des zones refuges littorales. Tel fut le cas de *Sequoia*, *Sequoiadendron* ou encore de *Tsuga*, alors que ces genres, dans le bassin méditerranéen, se sont éteints, la Méditerranée ayant joué un rôle majeur de barrière. Pourtant, la Californie a connu aussi des extinctions, puisque des genres comme *Ilex*, *Pistacia* ou *Ziziphus*, encore présents autour de *Mare nostrum*, y ont disparu.

Les forêts californiennes sont maintenant bien connues sur le plan de la typologie (BARBOUR, MAJOR, 1988) comme sur le plan général (JOHNSTON, 1994). Mais sur les rebords montagneux de la Grande Vallée et sur les pentes des Chaînes transverses et péninsulaires, les bois sont souvent remplacés par une formation buissonnante et arbustive. L'origine de ce chaparral présent surtout sur les substrats perméables et les versants face au sud pose problème : est-ce une formation secondaire de dégradation, ou bien est-il « climacique »? (chap. 5).

Au long du littoral des Coast Ranges : la forêt relictuelle perhumide de Redwood (fig. 8)

Surtout entre 30 et 800 m d'altitude, à l'étage thermo-méso-californien**,** les belles futaies de séquoia Redwood (*Sequoia sempervirens)* relaient dès le nord de la Californie la gigantesque forêt de conifères du Pacifique (la pluvisilve océanique). Occupant une bande de 8 à 75 km de large, qui descend sur 750 km depuis la Chetco River en Oregon jusque vers Big Sur dans la

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Santa Lucia Range, au sud de Monterey (presque sur le 36e parallèle), la forêt de Redwood pose « le problème de son intégration au biome méditerranéen californien » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

Le Redwood est célèbre pour sa taille et sa longévité. Un spécimen de plus de 112 m (367,8 pieds, mesure vérifiée dans les années 1970) n'a-t-il pas été jadis uniquement dépassé par un eucalyptus australien de plus de 114 m (375 pieds, mesure non vérifiée l'arbre étant coupé depuis longtemps) ? En fait, c'est Hyperion qui détient actuellement le record mondial des arbres avec 115,55 m (379,1 pieds) de hauteur. Découvert pendant l'été 2006 dans le Redwood National Park (au nord d'Eureka), baptisé du nom d'un Titan de la mythologie grecque, il détrône le célèbre Stratosphere Giant de 113 m du parc d'État Humboldt Redwoods (au sud d'Eureka). Il a 7 m (23 pieds) de diamètre… Beaucoup d'arbres ont 1 000 à 1 200 ans, le maximum enregistré étant 2 200 ans. Ce sont les anneaux de croissance qui permettent de connaître l'âge des séquoias, bien mieux que la hauteur ou le diamètre du tronc. Pourtant, l'extraction d'une mince tranche de bois n'est pas facile sur des arbres dont la base peut avoir 5 m de diamètre. Dans les Muir Woods, les arbres ont en moyenne entre 400 et 800 ans, le plus vieux aurait 1 200 ans. Située sur le mont Tamalpais (dans le comté de Marin), à 20 km au nord de San Francisco, cette forêt, achetée puis donnée au gouvernement fédéral par William Kent, a été déclarée en 1908 « National Monument » par le président Théodore Roosevelt, avant de porter le nom du célèbre voyageur écossais et auteur naturaliste John Muir.

Décrit à l'origine comme une espèce de cyprès (un *Taxodium*), le Redwood fut transféré en 1847 dans un genre nouveau (*Sequoia*) par le botaniste autrichien S. L. Endlicher, devenant ainsi un *Sequoia sempervirens*. Son cousin, le séquoia géant de la Sierra Nevada (chap. 8), d'abord placé lui aussi dans le genre *Taxodium*, puis *Wellingtonia* (créé pour lui), devint à son tour un membre du genre *Sequoia*, avant d'être classé en 1939 par le botaniste américain J. Buchholz dans un genre nouveau (*Sequoiadendron*) sous le nom de *Sequoiadendron giganteum*. Les feuilles des Redwoods ne dépassent guère 2 cm de long mais forment de petits bouquets aplatis, et présentent deux bandes de stomates blanchâtres en dessous. Cessant leur croissance à maturité, les cônes sont très petits (environ 2 à 3 cm), mais protégés par des écailles boursouflées et ridées. Ils tombent en général massivement en automne. Le tronc, à l'écorce très épaisse (parfois 30 cm), longuement sillonnée, fissurée, est complètement nu sur une hauteur d'au moins 30 m, mais il présente fréquemment à sa base un *burl*, une excroissance qui peut être énorme (jusqu'à 3 m de hauteur), une sorte de lignotuber qui rappelle le phénomène des *rootcrowns* chez le chêne vert ou l'arbousier. En effet, ces *burls*, utilisés dans l'industrie du meuble, ont une fonction reproductrice : coupés et mis dans l'eau, les plus petits donnent de nouvelles pousses. Bien que grands fournisseurs de cônes, les Redwoods se reproduisent aussi par voie végétative : rejets de souches, de *burls*, de branches tombées ; rejets aériens à partir de bourgeons dormants sur ou sous l'écorce ; rejets souterrains (drageons) sur des racines peu profondes (2 m maximum) rayonnant jusqu'à 30 m du tronc. Ces rejets forment parfois un « anneau de fée », un cercle de jeunes arbres, tel le *family circle* des Muir Woods.

Le Redwood forme, en peuplements presque continus au nord de San Francisco, 90 % d'une forêt relictuelle plus ou moins homogène et monostrate.

Il s'associe au nord à plusieurs grands conifères, comme le sapin de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*), l'épicéa de Sitka (*Picea sitchensis*), le grand sapin (*Abies grandis*), le Hemlock de l'Ouest (*Tsuga heterophylla*), ou encore le thuya géant (*Thuja plicata*). Les *Tsuga* ou Hemlocks sont très proches des épicéas (ou spruces), tandis que les *Pseudotsuga* sont des « faux-Hemlocks ». Ceux-ci diffèrent des *Tsuga* par leur feuillage souple et leur écorce fissurée, et des sapins par leur cône pendant. *Tsuga* (9 ou 10 espèces dont 4 en Amérique) et *Pseudotsuga* (7 espèces dont 2 en Amérique) sont des genres répandus de part et d'autre du Pacifique nord : en Amérique du Nord, en Chine, à Taïwan (des *Pseudotsuga*), dans l'Himalaya (des *Tsuga*) et au Japon (des *Tsuga*). Le sapin de Douglas (Douglas-Fir) n'est donc pas un vrai sapin, mais un *Pseudotsuga* à croissance spectaculaire, parfois gigantesque (souvent plus de 60 m). Son aire californienne s'étend surtout au nord mais descend dans les Coast Ranges au moins jusqu'aux Santa Cruz Mountains (près de Monterey), et dans la Sierra Nevada jusque dans la zone du Yosemite National Park. Le Kent Memorial Tree, l'arbre le plus haut des Muir Woods n'était-il pas, il y a quelques années, non un Redwood mais – comble de l'ironie – un Douglas-Fir atteignant pratiquement 85 m (273 pieds) ?! Le plus grand spécimen connu de cette espèce dépasserait même les 100 m… Grâce à ses dimensions et à l'absence de nœuds ou de défauts, le sapin de Douglas fournit le principal bois de construction d'Amérique du Nord, pour les constructions navales, la fabrication d'écluses, de pilotis, de panneaux de contreplaqué, la décoration et la menuiserie (éléments

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

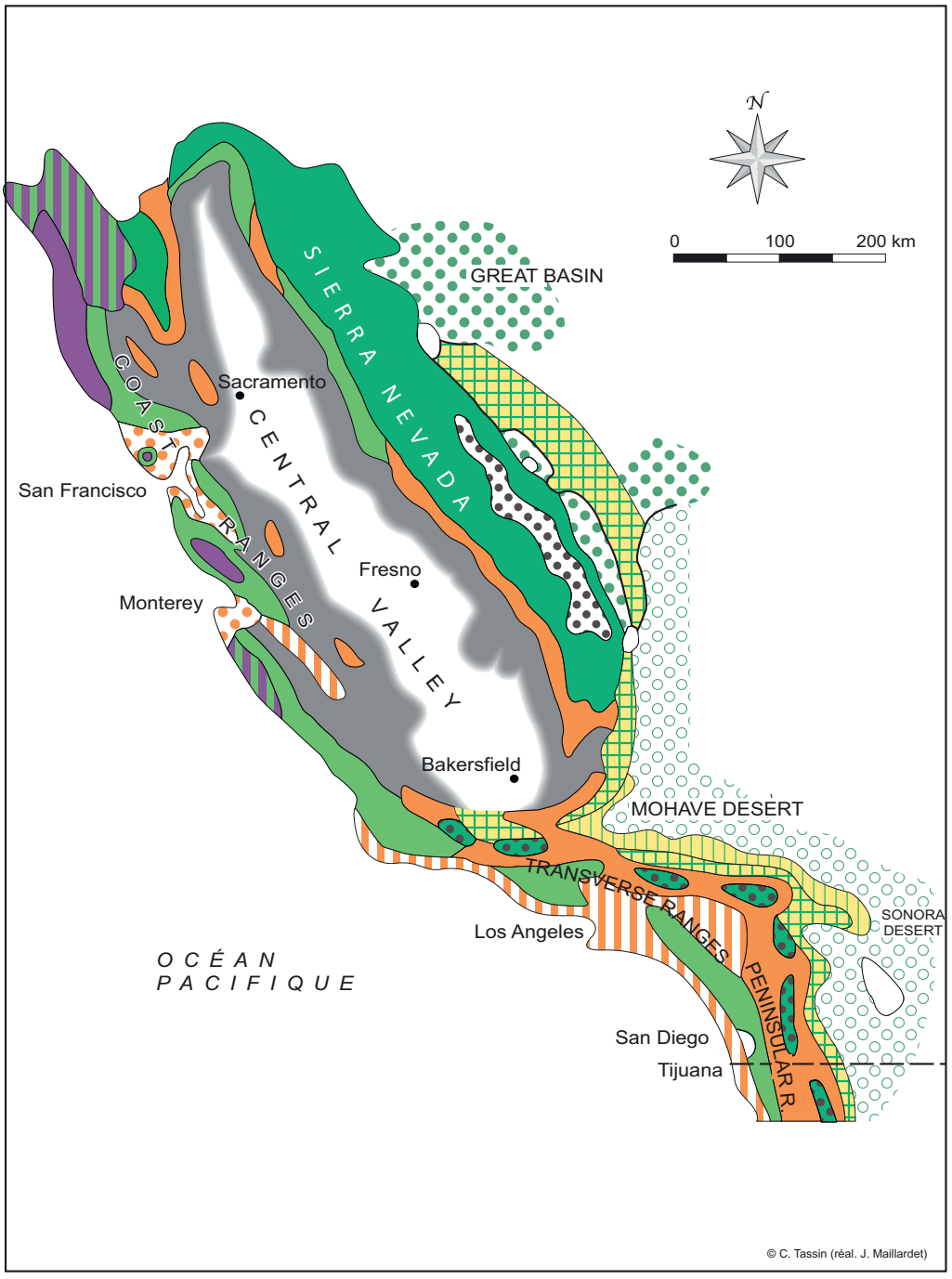
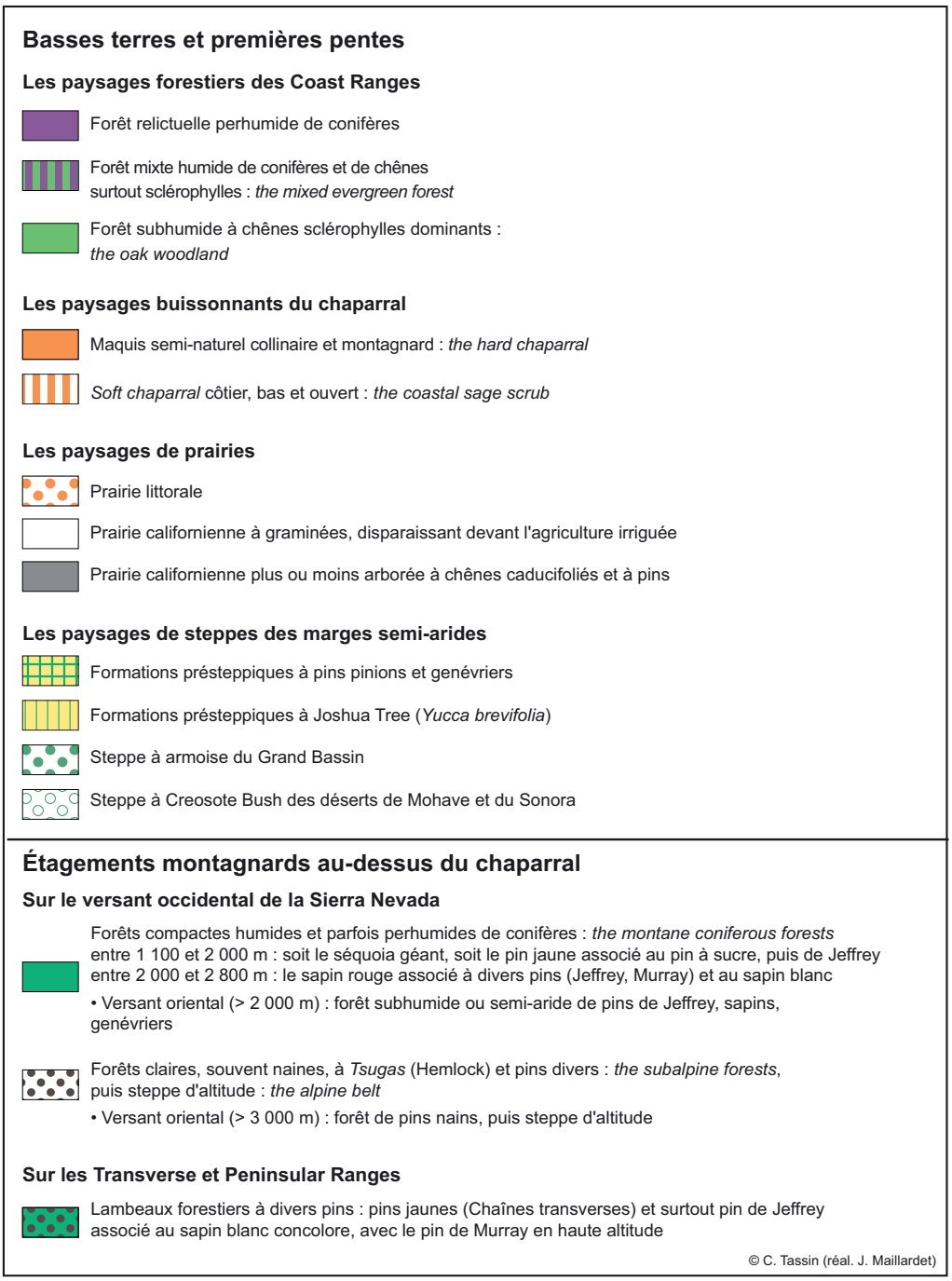


Figure 8
Les paysages végétaux de la région californienne.

en bois lamellé collé). Introduit en France continentale après que David Douglas eut envoyé en 1827 des graines en Angleterre, ce géant y est devenu la première essence de reboisement devant le pin maritime et le pin laricio.

Mais nombre de feuillus accompagnent aussi le Redwood, tels l'aulne rouge (*Alnus rubra*), l'arbousier Madrona (*Arbutus menziesii*), qui repousse facilement après incendie), l'érable à grandes feuilles (*Acer macrophyllum*) ou encore le tanoak (*Lithocarpus densiflora*), considéré comme un faux chêne avec ses glands à cupule piquante (comme la bogue des châtaignes), qui étaient autrefois moulus pour produire de la

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (fjauthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



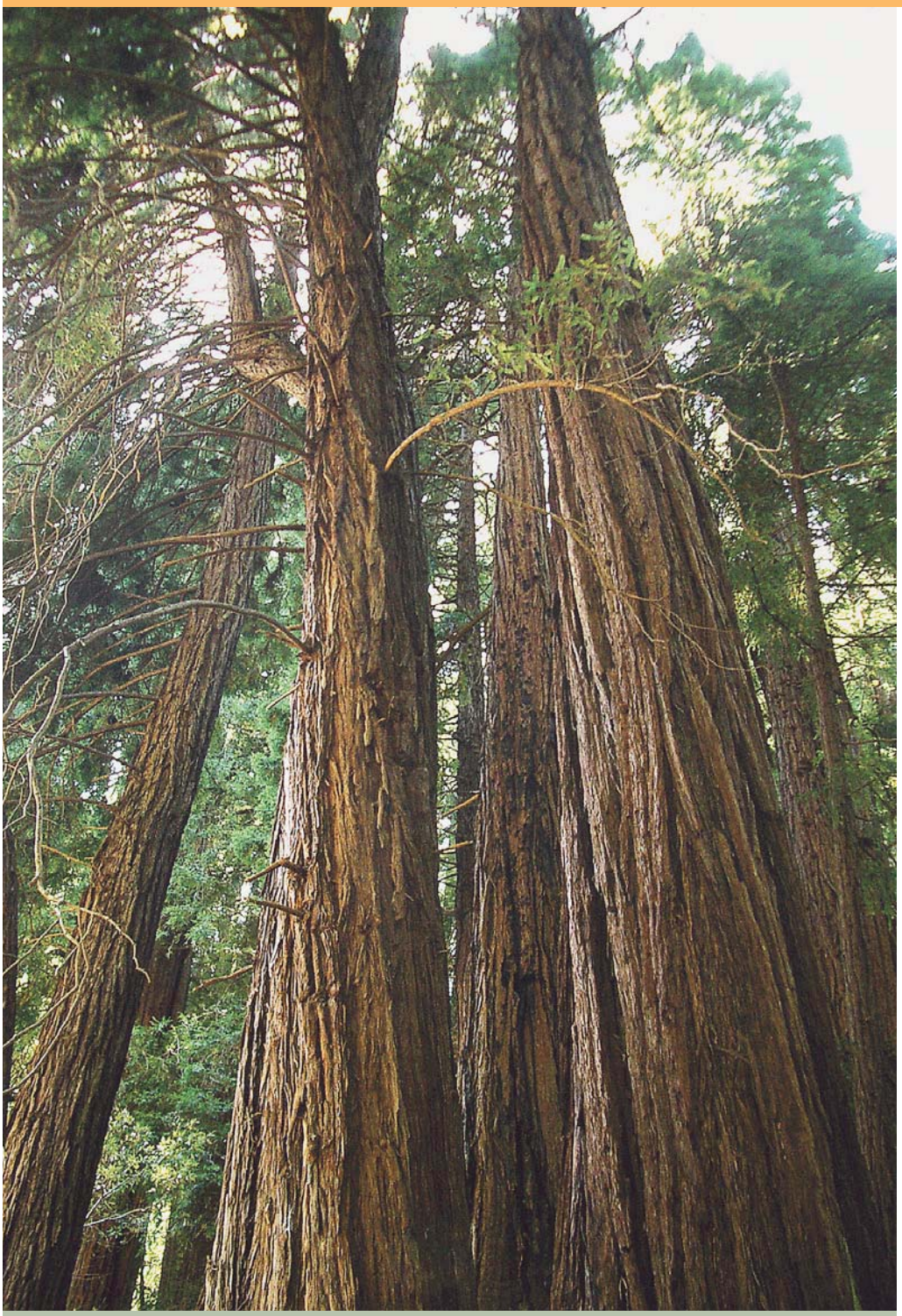
farine à pain (CAFFERTY, 2007). On rencontre aussi l'odorant California-Laurel (ou California-Bay), le Laurier californien (*Umbellularia californica*) aux fleurs jaunes, comme dans les Muir Woods où, tombé sur le sol, son tronc s'enracine à nouveau. Son bois est très apprécié en ébénisterie comme en sculpture (CAFFERTY, 2007). Dans le sous-bois sont favorisées les espèces ombrophiles, surtout les fougères (souvent sempervirentes), mais aussi des plantes qui fleurissent toute l'année comme les manzanitas, les rhododendrons, les violettes, ou encore les oxalis, souvent confondus avec le trèfle… En allant vers le sud, on retrouve les mêmes feuillus dans des formations de plus en plus éparses, où *Sequoia sempervirens* est associé à divers chênes sclérophylles (Live Oaks).

La présence du Redwood au long de cette côte « méditerranéenne » de Californie est entretenue par la forte hygrométrie d'un climat perhumide

très brumeux. Si on peut le rencontrer depuis le niveau de la mer jusqu'à 920 m d'altitude, c'est d'abord grâce aux 1 300 mm de pluies annuelles. Mais aussi grâce à l'inversion thermique déclenchée par le courant froid de Californie, qui apporte 200-250 mm de précipitations occultes entre mai et septembre. Les Muir Woods, dont les moyennes mensuelles varient de 4 °C à 21 °C, reçoivent 1 000 mm dans les vallées et 1 200 mm sur les pentes. Au nord de l'État, on trouve souvent le séquoia la tête dans le brouillard, à la fois dans des zones plates alluviales fréquemment inondées, où il forme des peuplements presque purs, et sur les pentes jusque sur les crêtes les moins exposées au gel et aux vents chargés d'embruns marins. La très rapide croissance de la biomasse, bien supérieure par unité de surface à celle des forêts tropicales, donne un bois facile à travailler – surtout le cœur rouge qui, comme son écorce, lui a donné son nom vernaculaire –, un bois résistant à la pourriture et au feu grâce au tanin qui remplace la résine, servant depuis longtemps à de multiples productions industrielles (charpente, meubles). Au sud, le Redwood est plutôt confiné aux vallées humides comme sur la Big Sur Coast où diminue la pluviosité hivernale, et où les incendies beaucoup moins rares menacent davantage ses compagnons et son sous-bois.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Le Redwood des Coast Ranges de Californie



© S. Camus

Futaie de *Sequoia sempervirens*

Associés à d'autres grands conifères et bon nombre de feuillus, les Coast Redwoods à écorce rouge vivent souvent la tête dans le brouillard. Ils relaient dès le nord de la Californie la gigantesque pluvisilve océanique du Pacifique.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© S. Blanchard

Sapins de Douglas dans les Muir Woods (au nord de San Francisco)

Associé au Redwood, le Douglas-fir n'est pas un vrai sapin mais un « faux Hemlock » (*Pseudotsuga menziesii*) parfois gigantesque (50-100 m), qui fournit le principal bois de construction d'Amérique du Nord. Introduit en France au XIXe siècle, il y est devenu la première essence de reboisement.



© C. Tassin

Feuilles et cônes du Coast Redwood

Les feuilles ne dépassent guère 2 cm de long, mais elles forment de petits bouquets aplatis. Elles ont deux bandes de stomates blanchâtres en dessous. Très petits cônes (2 à 3 cm), mais protégés par des écailles boursouflées et ridées.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



Feuilles du Coast Live Oak

Quercus agrifolia **ressemble aussi au chêne vert du bassin méditerranéen par ses feuilles ovales et plus ou moins dentelées, brillantes sur le dessus, vert pâle en dessous.**

© C. Tassin

Coast Live Oak *(Quercus agrifolia)*

Ce chêne côtier sclérophylle de la durisilve à grands Live Oaks (*the oak woodland*) s'associe également au redwood dans la *mixed evergreen forest*. À cause de sa taille (20-25 m de haut) et de sa large couronne (30 à 40 m), il est parfois appelé « chêne vert de Californie ».

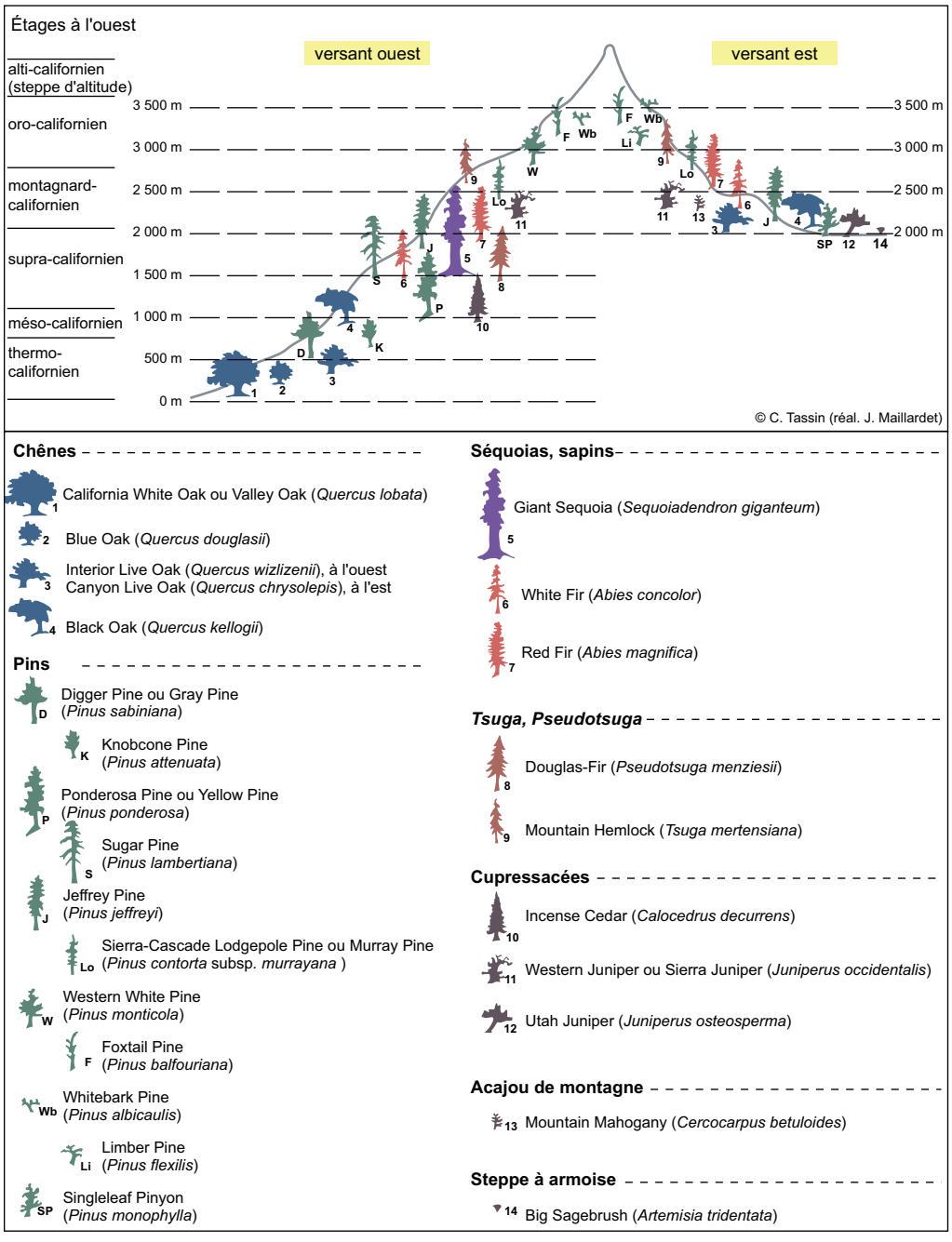
Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Dans le nord des Chaînes côtières : la forêt mixte humide de conifères et de chênes

Avec cette *« mixed evergreen forest »* des auteurs californiens (SAWYER *et al.*, 1988), l'interpénétration de la végétation devient encore plus nette car le Redwood s'associe curieusement non seulement à de grands conifères qui peuvent atteindre 60 m, le sapin de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) et le pin de Jeffrey (*Pinus jeffreyi*), mais aussi à des chênes caducifoliés, *Quercus kelloggi*, *Quercus garryana*, et surtout à des chênes sclérophylles (Live Oaks), *Quercus agrifolia*, *Quercus chrysolepis* (ZINKE, 1988).

Rencontré entre le niveau de la mer et 1 200 m d'altitude, à l'étage méso-californien, le sapin de

Figure 9
Distribution-type des principales essences forestières dans le sud de la Sierra Nevada californienne.
D'après Stephen F. Arno



Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Douglas ne forme que rarement des peuplements purs. Quant au pin de Jeffrey, il peuple bien davantage la Sierra Nevada que les chaînes côtières. *Quercus kelloggi*, c'est le chêne de Kellogg ou Black Oak, qui se répartit de l'Oregon central jusqu'au sud de la Californie, surtout dans les Coast Ranges et, aussi dans la Sierra Nevada, où il est présent jusqu'à l'étage supra-californien (fig. 9 et 10). Ce bel arbre est facile à reconnaître par ses feuilles vert foncé et lustrées sur le dessus (vert jaunâtre en dessous), avec leurs lobes angulaires profonds hérissés de pointes duveteuses. *Quercus garryana*, c'est le chêne garryana ou Oregon White Oak. Ses feuilles profondément lobées portent, comme celles du Black Oak, des poils en dessous mais elles ne présentent pas de dents pointues, leurs lobes étant quelque peu émoussés. Autre différence entre ces deux chênes décidus : à part quelques bosquets seulement dans la Sierra Nevada, *Quercus garryana* se rencontre surtout dans les Coast Ranges entre San Francisco et l'île de Vancouver, également dans les Cascades, dans la très riche forêt des monts Klamath. C'est dire que l'Oregon Oak est le seul chêne californien à dépasser très largement le domaine méditerranéen (États de l'Oregon, de Washington et sud de la Colombie britannique). Mais très héliophile, il est souvent éliminé par le sapin de Douglas auquel il est associé et qui croît plus vite que lui.

Quercus agrifolia, c'est le Coast Live Oak, le chêne côtier toujours vert qui arbore souvent ses 20- 25 m de haut, sur une bande d'environ 80 km de large (fig. 10). En le découvrant, des explorateurs de la côte californienne l'appelèrent « the Holly-leaved Oak », le chêne à feuilles de Houx (National Audubon Society, 2004), aussi ovales, brillantes et parfois piquantes. Mais en voyant les denses forêts de Coast Live Oak près de Monterey, Robert Louis Stevenson parla plutôt de *« bois pour meurtriers »*. Divisés en énormes branches dressées ou tordues, parfois étalées jusqu'à frôler le sol, leurs troncs qui peuvent avoir 3 m de diamètre supportent des couronnes de près de 40 m de large…

Quercus chrysolepis, c'est le Canyon Live Oak, qui ne pousse pas si haut (en général moins de 15 m), même si le plus grand connu fait 22 m, avec un tronc de 3 m de diamètre, dans un canyon ombragé de la Cleveland National Forest, dans le Comté de San Diego. Il est vrai que sa couronne peut être plus large que celle du Coast Live Oak (plus de 40 m). Dans les canyons des montagnes qui vont du sud-ouest de l'Oregon jusqu'en Basse-Californie, et de la Sierra Nevada (surtout son versant oriental) au désert de Mojave, le *chrysolepis* peut être reconnu par ses troncs multiples qui s'étalent souvent très largement presque au ras du sol. Quant aux feuilles, seul le contraste des couleurs – vert foncé brillant sur le dessus et gris bleuté pâle en dessous – est un moyen d'identification de l'espèce, leurs bords pouvant être lisses ou bien dentelés sur le même arbre.

Ce type de forêt mixte, de structure complexe qui descend au thermo-californien, jusqu'en position juxta-littorale (fig. 8), n'existe pas autour de la Méditerranée. Elle peut s'expliquer par la forte humidité qui règne sur le flanc occidental des montagnes côtières relativement chaudes du nord de la Californie. Cette formation peut être seulement comparée avec la laurisylve macaronésienne (le thermo-canarien perhumide), qui est restée en place dans les îles Canaries et à Madère après les périodes froides du Quaternaire.

Vers le sud : la forêt subhumide à chênes sclérophylles

Cette *«Oak woodland »* des auteurs californiens est adaptée à une sécheresse d'été plus forte (GRIFFIN, 1988). Les espèces caducifoliées sont d'ailleurs davantage présentes à l'étage thermo-californien. On retrouve donc, beaucoup plus nombreux à l'étage méso-californien, les chênes sempervirents *Quercus chrysolepis et Quercus agrifolia*, accompagnés de *Quercus wizlizenii*, l'Interior Live Oak, dont l'aire de répartition (fig. 10) ressemble beaucoup à celle du *chrysolepis* (Canyon Live Oak) : dans l'intérieur des vallées, sur les piémonts et les montagnes basses (fig. 9). Ce chêne sclérophylle est typique par sa largeur, souvent plus forte que sa hauteur (laquelle peut cependant atteindre 20 m), par ses nombreuses branches parallèles au sol, ce qui permet parfois de le reconnaître, les feuilles pouvant varier (à bords lisses ou dentés) sur un même individu tout autant que sur le Canyon Oak.

Cette durisilve à grands Live Oaks est « très semblable aux chênaies sclérophylles circumméditerranéennes à *Quercus ilex* ou à *Quercus coccifera* subsp. *calliprinos* » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). D'ailleurs, en Californie méridionale (et dans le nord de la Basse-Californie), le Coast Live Oak *(Quercus agrifolia)* s'associe à un chêne semi-sempervirent, Engelmann Oak *(Quercus engelmannii)*, comparable aux chênes de type *ithaburensis* rencontrés en Méditerranée orientale, sous bioclimat semi-aride. Parfois appelé le « chêne vert de Californie », *Quercus agrifolia* ne diffère de *Quercus ilex* que par son écorce lisse striée de brun et ses feuilles glabres, à part quelques poils sur l'envers près de la nervure principale. Quant au chêne d'Engelmann, c'est probablement le plus menacé

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

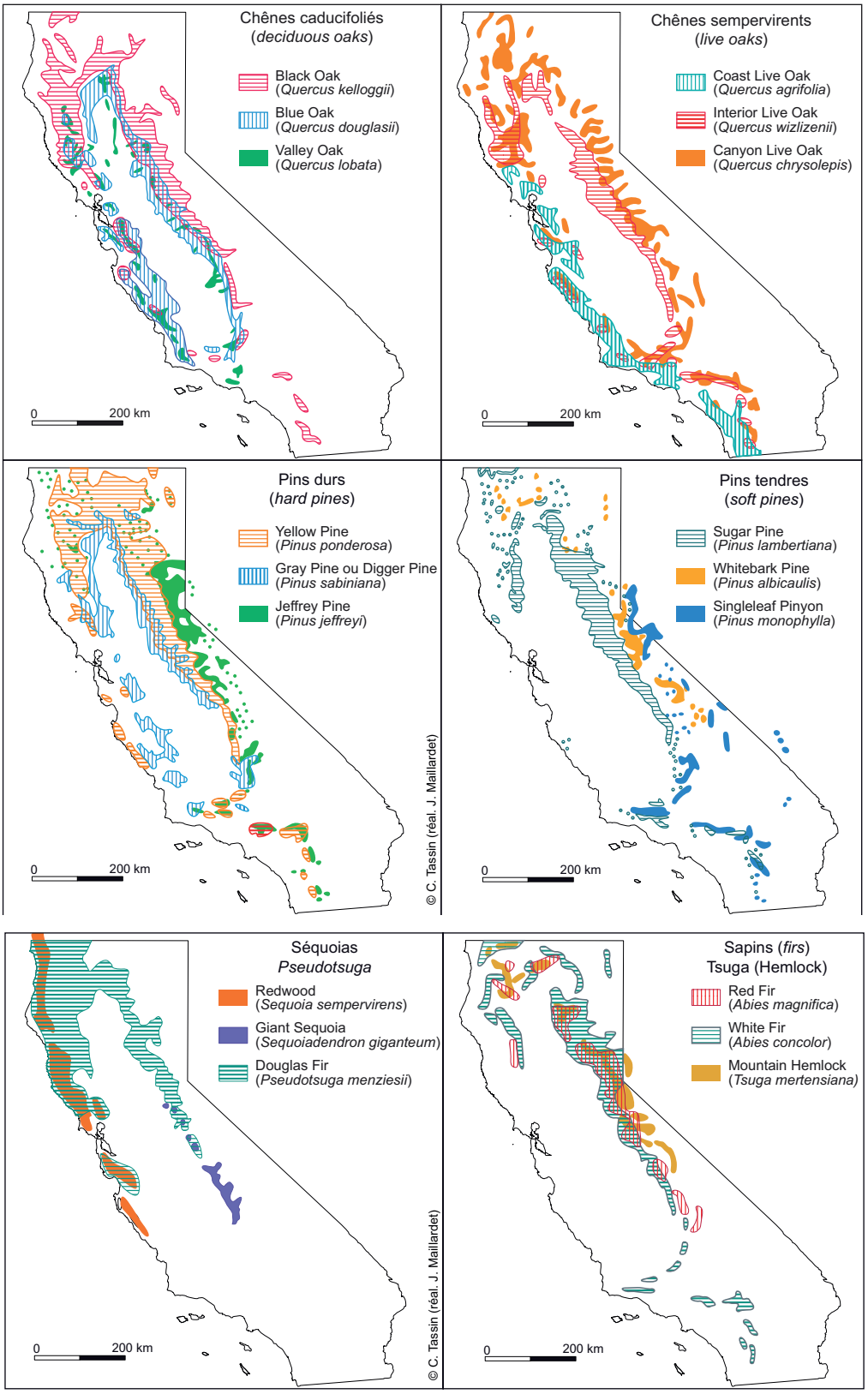


Figure 10
Aires de répartition de quelques essences forestières de Californie. D'après Griffin et Critchfield

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

de tous les chênes de Californie (PAVLIK *et al.*, 2006). Il ne dépasse que rarement les 10-12 m, car son tronc, blanchâtre et gris clair, qui ne fait guère qu'un mètre de diamètre, porte des branches angulaires. On le trouve à 90 % dans le comté de San Diego – dans la Black Mountain – mais aussi dans le comté voisin de Riverside, sur le plateau de Santa Rosa – autre bastion de l'espèce – où les revendications citoyennes et associatives ont fini par le protéger contre la suburbanisation. La réserve écologique du Santa Rosa Plateau est passée de 3 100 acres (près de 1 250 ha) à 8 300 acres (plus de 3 300 ha) en 1999. Aujourd'hui, *Quercus engelmannii* parsème la prairie du Plateau, dans un paysage arboré voisin de la dehesa espagnole (le terme « savane » est ici impropre), paysage également individualisé en Californie par les chênes sempervirents *Quercus agrifolia* et *Quercus wislizenii* et les chênes caducifoliés *Quercus lobata* et *Quercus douglasii.*

« Il faut y ajouter, comme dans le bassin méditerranéen, quelques conifères : le pin de Monterey *(Pinus radiata)*, le cyprès de Monterey *(Cupressus macrocarpa)* » (BIROT, 1965). Contrairement aux régions australes qui n'avaient pas de conifères xérophiles susceptibles d'envahir les durisilves dégradées, la Californie est la seule du domaine méditerranéen hors d'Europe à posséder un potentiel de pins et d'autres conifères xérophiles. Cependant, ils n'ont pas colonisé spontanément de grands espaces comme autour de la Méditerranée, ce qui est le cas pour les peuplements résiduels littoraux à Monterey Pine et à Monterey Cypress, écologiquement vicariants des peuplements à cyprès, pin d'Alep ou brutia du bassin méditerranéen.

Le pin de Monterey, espèce endémique ne couvrant qu'un peu plus de 5 000 ha, depuis le bord de mer jusqu'à 400 m d'altitude, dans seulement trois sites en Californie centrale (baie de Monterey et îlots voisins), constitue « un des arbres les plus plantés et envahissants du globe » (LAVERY, MEAD, 1998). Ce conifère, à l'écorce épaisse, brun foncé, profondément fissurée, aux aiguilles vert vif groupées par trois, peut en effet atteindre 30 à 45 m, et un peu plus à l'état cultivé. Et chaque année, la tige principale émet de un à cinq pseudo-verticilles de branches avec le même nombre d'entre-noeuds, ce qui produit des flèches d'accroissement de dimension importante. Croissant sur des sols acides, légers et secs, mais adapté à la forte humidité atmosphérique estivale née du courant froid, il convient aussi aux climats océaniques à pluviosité uniforme et à gelées rares, comme ceux du nord-ouest de l'Espagne, de Bretagne, ou même de Nouvelle-Zélande, où il est capable de résister aux vents forts (les westerlies) chargés d'embruns. Enfin, si certains pins de Californie, tout comme les chênes, peuvent survivre aux incendies en rejetant de souche, « ce qui est peu usuel » précise Pierre Birot, ils le font aussi grâce à leur caractère sérotineux. Bien qu'expulsant tout de même ses graines après quelques années sans le secours du feu, le pin de Monterey fait partie de ces « *closed-cone conifers* » dont les cônes ne s'ouvrent vraiment qu'après le passage de violents incendies (VOGL *et al.*, 1988)

Le pittoresque cyprès de Monterey (ou de Lambert) est un arbre dense, au port tourmenté par le vent et les embruns. Endémique des environs de Carmel et de la réserve d'État de Point Lobos, qui jouxtent au sud la péninsule de Monterey, cette splendide espèce peut atteindre 20 m de hauteur, malgré un tronc tordu et des branches très angulaires. Nécessitant un climat doux et humide, elle a pu servir de haie coupe-vent à Hawaii, en Nouvelle-Zélande, au Kenya, en Irlande de l'Ouest (comté de Galway), même en Bretagne et dans le sud de la France.

Mais d'autres pins, plus ou moins sérotineux, peuvent se rencontrer dans les basses terres :

Le Knobcone Pine (*Pinus attenuata*) est le plus répandu, mais de façon éparse, des « *closed-cone pines* » de Californie. Ses cônes forment des amas serrés de 3 à 5. Il pousse principalement dans les Coast Ranges, à partir du niveau de la mer. Le Lodgepole Pine ou pin vrillé (*Pinus contorta*), comprend deux sous-espèces côtières. *Pinus contorta* subsp. *contorta*, non sérotineuse, croît depuis le nord de la Californie jusqu'au sud-est de l'Alaska. Cette sous-espèce arbustive ou buissonnante est sans grande importance sur le plan forestier, mais elle contribue, grâce à sa résistance aux vents d'ouest, à fixer les dunes littorales. *Pinus contorta* subsp. *bolanderi*, souvent sérotineuse, est endémique du cap Mendocino, à l'extrême nord du domaine méditerranéen. Les arbres nains de la Mendocino Pygmy Forest poussent sur les sols pauvres, podzoliques (lessivés) des White Plains. Ils représentent sans doute un écotype de la sous-espèce précédente. Les autres sous-espèces de Lodgepole Pine n'appartiennent plus vraiment aux basses terres. Également non dépendant du feu pour sa reproduction, le Sierra-Cascade Lodgepole Pine, ou pin de Murray *(Pinus contorta* subsp. *murrayana)*, jalonne la Sierra Nevada, avant de réapparaître plus au sud jusqu'en Basse-Californie. À l'étage montagnard-californien (fig. 9), cet arbre au tronc droit et volumineux – de 1 à 2 m de diamètre – s'associe au Red Fir, le sapin rouge (chap. 8). Enfin, une quatrième sous-espèce de Lodgepole Pine (*Pinus*



© L. David

Cyprès de Monterey (Point Lobos State Reserve).

Endémique des environs de Carmel et de Point Lobos, cette splendide espèce au port tourmenté par le vent et les embruns peut atteindre 20 m de hauteur. Elle a servi de haie coupe-vent dans des pays au climat doux et humide (la Nouvelle- Zélande, l'Irlande ou la France).

Feuillage et cônes du cyprès de Monterey.



© L. David

Les cônes de *Cupressus macrocarpa* peuvent avoir 2 à 3 cm de diamètre. Le feuillage vert brillant n'est pas aromatique.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teut

contorta subsp. *latifolia)*, qui croît dans les Rocheuses du Nord en pouvant atteindre 30 m (COOMBES, 2002), possède des cônes sérotineux dont la résine fond aux alentours de 145 °F – environ 62 °C (LANNER, 2002).

Dans la Vallée centrale : le recul de la prairie à Graminées et des chênes caducifoliés

Coton, fruits et agrumes, vigne, riz, céréales et élevage ont fait fortement régresser les milieux marécageux. Autrefois vaste marécage mal drainé par la San Joaquin River, aux étangs asséchés en été, le sud de la plaine est devenu grâce à un réseau important de canaux une région très productive, et la Vallée centrale est aujourd'hui la première région agricole des Etats-Unis. Malgré tout, le long des cours d'eau subsistent des ripisylves où l'on rencontre les mêmes genres que dans le bassin méditerranéen. « Ainsi, le long du fleuve San Joachim, on rencontre le peuplier *Populus fremontii,* le platane *Platanus racemosa* et l'aulne *Alnus rhombifolia* » (GRABHERR, 1999). Et puis, sur les premières pentes des Coast Ranges comme de la Sierra Nevada, on peut retrouver la prairie plus ou moins piquetée de chênes caducifoliés (Valley Oak et Blue Oak), entre 200 m et 700 m en ubac ou 1 000 m en adret. Cette présence de chênes décidus à l'étage thermo-californien semi-aride n'a pas d'équivalent en Méditerranée, sauf celle du semi-caducifolié *Quercus ithaburensis* au Proche-Orient, assez comparable à celle – signalée plus haut – de *Quercus engelmannii* en Californie méridionale.

Le Valley Oak ou California White Oak *(Quercus lobata),* aux feuilles profondément lobées, est présent à très basse altitude (fig. 9). C'est sans doute le plus grand, le roi des chênes de Californie par sa taille (environ 30 m, mais jusqu'à 45 m), sa longévité (400 à 500 ans possibles) et sa beauté. Son port majestueux l'a fait comparer au chêne blanc de l'est des États-Unis, d'où l'appellation « California White Oak » reconnue par l'Office national des forêts, mais aussi au chêne pédonculé ou English Oak (*Quercus robur*) très commun en Europe. Déjà, en 1796, en explorant la vallée de Santa Clara, l'Anglais George Vancouver avait eu l'impression de parcourir un parc complanté d'English Oaks, au sous-bois complètement nettoyé ! Pourtant, *Quercus lobata* en diffère par ses longs rameaux qui pendent (certes à un âge avancé), ainsi l'appelle-t-on parfois « Weeping Oak », le chêne pleureur. Il diffère aussi par ses glands coniques sessiles (sans pédoncule) et qui peuvent être isolés, pas toujours groupés par deux. Mais ses feuilles aux profondes échancrures (7 à 11 lobes) et son épaisse écorce fissurée (souvent en damier) qui porte la couleur de l'étain et finalement ressemble à la peau d'un alligator ajoutent encore à la beauté de cette espèce décidue à la couronne ample qui ne forme plus aujourd'hui que des bois clairsemés, généralement en dessous de 600 m, dans des vallées alluviales aux sols riches, où la nappe phréatique est élevée… On peut tout de même le découvrir à 1 300 m d'altitude, sur les piémonts occidentaux de la Sierra Nevada… Les forêts de Valley Oak qui s'étendaient au XIXe siècle de part et d'autre de la Sacramento River et de la San Joaquin River ont été victimes du développement agricole et urbain, la baisse de la nappe les privant de l'eau nécessaire pour résister à la forte sécheresse des étés.

Actuellement, *Quercus lobata* apparaît encore sur deux lignes principales (fig. 10), l'une qui va du nord de la Vallée centrale (des environs de Redding) aux Transverse Ranges (entre les Tehachapi Mountains et la San Fernando Valley, au nord de Los Angeles), et l'autre, qui passe surtout par les vallées intérieures des Coast Ranges, depuis celle de la Eel River (comté de Mendocino) jusqu'à la vallée de la Santa Ynez River (comté de Santa Barbara), où les bosquets comptent parmi les mieux conservés. L'arbre est d'ailleurs également présent dans l'île de Santa Cruz et celle de Santa Catalina… Mais d'autres beaux spécimens peuvent aussi impressionner le voyageur au pied de la Sierra Nevada centrale, lorsqu'il se dirige vers le Sequoia National Park, par la vallée de la Kaweah River. D'abord éparpillés dans les prairies, on les voit bientôt se mélanger à d'autres chênes caducifoliés, les Blue Oaks, et déjà, aux chênes sclérophylles, les Canyon Live Oaks.

Le chêne de Douglas ou Blue Oak *(Quercus douglasii),* doit son nom au botaniste écossais David Douglas. En 1831, il l'appela « chêne bleu » pour son feuillage vert bleuté. Cette couleur et le contour oblong, très peu lobé, des feuilles (4 à 5 lobes parfois à peine marqués) distinguent nettement le Douglas des autres chênes. Pendant sa vie qui peut durer 2 ou 3 siècles, cet arbre atteint 12-18 m de haut, mais avec un tronc qui dépasse rarement les 60 cm de diamètre. Son écorce présente des écailles gris clair plus ou moins blanchâtres, qui s'allongent entre des fissures peu profondes. Son bois est si dense que des colons l'ont appelé « bois de fer ». Son habitat forme comme un anneau (discontinu) autour de la Grande Vallée, un peu comme *Quercus lobata* auquel il est parfois associé. Il couvre les vallées et les basses pentes des Coast Ranges, ainsi que les piémonts occidentaux de la Sierra Nevada où il pousse abondamment entre 150 m et 750 m (fig. 9). Formant comme le Valley Oak un piqueté

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Beau spécimen de Valley Oak (Kaweah River).

Quercus lobata est le roi des chênes de Californie par sa taille (jusqu'à 45 m), sa longévité (jusqu'à 500 ans) et son port majestueux, ses longs rameaux qui pendent et son écorce qui ressemble à la peau d'un alligator. Victime du développement agricole et urbain, cette espèce caducifoliée est encore très présente sur le pourtour de la Vallée centrale, en dessous de 600 m.

Feuilles de *Quercus lobata*.



© C. Tassin

Elles ont de profondes échancrures, entre 7 à 11 lobes.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuth

arborescent sur prairie proche des dehesas ibériques, le Blue Oak se rencontre surtout sur les pentes sèches et rocailleuses. Dans les Golden Hills au pied de la Sierra Nevada, à une quarantaine de miles au sud-est de Bakersfield, des chênes de Douglas de 5 à 15 m étalent lentement leurs branches basses sur des versants plus ou moins raides. À plus haute altitude, jusque vers 1 000 m, cette espèce forme des bois plus denses où il s'associe aussi aux chênes sclérophylles (Interior Live Oak et, dans les Coast Ranges, Coast Live Oak) et à des conifères (le Gray Pine).

Curieusement, le Gray Pine ou Digger Pine *(Pinus sabiniana)* et le Blue Oak ont presque exactement la même aire de répartition (fig. 10). Encerclant la Vallée centrale, du comté de Shasta jusqu'au nord des Chaînes Transverses (nord des comtés de Santa Barbara, Ventura et Los Angeles), les deux espèces occupent les pentes les plus sèches. Le Gray Pine, c'est le pin des piémonts, des basses montagnes, appelé aussi « Foothill Pine ». Il se rencontre communément entre 300 m et 1 000 m d'altitude, souvent associé au Blue Oak, au Valley Oak et à l'Interior Live Oak. Mais il est absent sur le versant oriental semi-aride de la Sierra Nevada et, curieusement, sur près de 90 km sur son piémont occidental, en face des Sequoia et Kings Canyon National Parks. *Pinus sabiniana* se distingue par ses longues aiguilles tombantes (jusqu'à 20-30 cm de long), vert grisâtre (on a parfois parlé de « pin fantôme ») et groupées par trois. Mais aussi par ses lourds cônes marron, qui protègent leurs grosses graines dans leurs écailles à griffes pointues, capables d'endommager les pneus d'une auto… Ces graines, parfois deux fois plus grosses que celles du pin pinyon, étaient jadis récoltées et consommées par les Indiens, comme le racontait John Muir au XIXe siècle : « Les Indiens grimpent dans les pins avec des bâtons pour en faire tomber les cônes, (…) tandis que les femmes les ramassent afin de les griller pour en extraire les graines » (ARNO, 1973). Devant ce spectacle, les colons qui appelaient « Diggers » les Indiens mangeurs de racines, ont fini par baptiser cet arbre « Digger Pine ».

Piqueté arborescent de chêne de Douglas (près d'Exeter, Californie).



© C. Tassin

Sur le piémont occidental de la Sierra Nevada, à l'est de Visalia, ce chêne décidu forme entre 150 et 750 m, sur des versants plus ou moins raides, un paysage proche des dehesas ibériques, un peu comme le Valley Oak auquel il est parfois associé.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Tronc et feuilles du Blue Oak *(Quercus douglasii)*.

Son feuillage vert bleuté le fit nommer « chêne bleu » par le célèbre botaniste écossais David Douglas. Son écorce fissurée en écailles couvre un bois dense appelé « bois de fer » par les colons.

Beaux spécimens de Gray Pine (versant de la Kern River).



© C. Tassin

Ce pin a presque la même aire de répartition que le Blue oak. Il occupe les pentes les plus sèches des piémonts, des basses montagnes (300-1 000 m), ici à l'extrême sud de la Sierra Nevada. Ses longues aiguilles tombantes vert grisâtre lui ont valu le nom de « pin fantôme ». Au premier plan, de jeunes Joshua Trees (*Yucca brevifolia*).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Cônes de Gray Pine *(Pinus sabiniana).* Les lourds cônes (de 15 à 25 cm de diamètre) de *Pinus sabiniana* portent des écailles à griffes pointues capables d'endommager les pneus d'une automobile.

Au Chili central, des taches forestières et des îlots reliques

En ce qui concerne les basses terres, de la Région IV (de Coquimbo-La Serena) à la Région VIII (du Biobio, ou de Concepción), le défrichement a laissé peu de place au climax forestier. À part quelques îlots de forêts hygrophiles à *Nothofagus*, la durisilve chilienne est constituée de taches forestières un peu ambiguës, très variées là où des mélanges floristiques ont été possibles. Mais dans les parties les plus sèches du domaine méditerranéen chilien, ces taches forestières passent à une formation arborée-arbustive plus claire, appelée « matorral ». Dans la dépression du Valle central et sur les versants face au nord, les plus ensoleillés, il s'agit d'une sorte de maquis plus ou moins sclérophylle ou désertique, d'ailleurs souvent remplacé par une sorte de brousse claire, l'espinal, des « formations appauvries, avec tapis graminéen et des succulentes » (Elhaï, 1968), grandement défrichées depuis des années pour la culture. Pour ce matorral chilien se pose le même problème que pour le chaparral californien : est-il d'origine naturelle ou secondaire ? (chap. 5)

Des vestiges hygrophiles des époques glaciaires

Les *Nothofagus* (hêtres australs), les bambous, les lianes, les fougères épiphytes ont pu migrer vers des zones refuges grâce aux grands reliefs méridiens et à leur division tripartite analogue à celle de la Californie : Cordillère littorale (Cordillera de la Costa), dépression interne (Valle central) et chaîne des Andes (Cordillera de los Andes). Au Postglaciaire, des îlots ont subsisté jusqu'au Norte Chico, qui reçoit pourtant à peine 200 mm de pluie par an, mais où « ils ont pu se maintenir grâce à l'humidité atmosphérique et aux brumes du littoral » (Borde, Santana Aguilar, 1980).

La célèbre forêt relique du Parque Nacional Fray Jorge est un véritable échantillon de *nebelwald* en plein Norte Chico semi-aride. L'hypothèse la plus probable concernant son existence correspond « à la rémanence de la forêt valdivienne, présente de manière continue durant le Pléistocène jusqu'au début de la dernière glaciation » (Squeo *et al.*, 2004). Aujourd'hui, la pluvisilve valdivienne ne dépasse pas le 38e parallèle, mais les bosquets reliques de Fray Jorge s'étendent sur les premières pentes de la chaîne côtière au sud de Coquimbo, vers 30°-31° de latitude. Leur isolement dans cette zone est « le résultat des changements climatiques et des variations du niveau de la mer durant les cycles glaciaires-interglaciaires du Quaternaire ». Mais leur conservation s'explique par la condensation des entrées océaniques sous forme de brumes et brouillards, l'allongement des *bosques* face à l'océan favorisant la capture de cette *neblina* stagnante devant le relief.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Protégée par son statut de parc national et son appartenance à la zone centrale de la réserve de biosphère de Fray Jorge créée par l'Unesco en 1977, cette forêt comprend trois arbres majeurs, hygrophiles et sempervirents. Le canelo ou boique *(Drymis winteri)* est un arbre qui peut atteindre 25 m de haut et peut se rencontrer très au sud, vers 55° de latitude (il tolère - 5 °C et quelques semaines de neige). Cette espèce est depuis longtemps vénérée par les Indiens mapuche, car source de vitamines C et symbole de chance et de paix. Bon nombre de traités ont été signés à l'ombre de cet arbre magique. Relégué dans les zones humides des bosquets de Fray Jorge, on le trouve au bord des cours d'eau, sur les versants exposés au sud – les plus frais – des *quebradas* (des ravines). Si le canelo forme les plus gros bosquets, d'autres espèces reliques sempervirentes, parfois plus sclérophylles, peuvent lui être associées. L'olivillo *(Aextoxicon punctatum)*, est un arbre de 20 à 25 m particulièrement abondant dans la pluvisilve tempérée du sud, que l'on observe en continu à partir de la région de Concepción. Dans la forêt de Fray Jorge, il apparaît en bois mixtes ou monospécifiques, mais seulement sur la façade ouest (au vent), celle qui reçoit directement les brouillards. Le petrillo *(Myrceugenia correifolia)* est une Myrtacée que l'on observe par contre plutôt du côté est (sous le vent). Cet arbuste ou arbre de 6 m au maximum est sans doute le plus résistant de la *rainforest* de Fray Jorge. Absent dans la forêt valdivienne, il pousse principalement dans la zone centrale « méditerranéenne ». À Fray Jorge, il forme parfois la strate inférieure de l'olivillo, mais aussi du canelo ou encore de l'arrayan macho ou espino blanco *(Rhaphithamnus spinosus)*.

Mais dans les patchs forestiers de Fray Jorge, on peut remarquer bien d'autres espèces hygrophiles, beaucoup d'arbustes, des plantes grimpantes et des épiphytes. Le chinchin ou roblecillo *(Azara microphylla)* aux feuilles ovales et lustrées, est un arbuste ou un petit arbre qui ne dépasse pas 5 m, dont l'aire méridionale s'étend de la VIIIe à la Xe Région, de Nuble à Chiloé. Le Yelmo *(Griselinia scandens)* est plus petit. Arbuste de 2 m maximum, à feuilles oblongues et brillantes mais plus claires, il est présent jusqu'à la XIe Région. Enfin, on pourrait s'attendre à rencontrer aussi le Copihue *(Lapageria rosea)*, cette plante grimpante dont les fruits au goût agréable peuvent être consommés s'ils sont à peine mûrs (pour éviter la dureté des graines), célèbre pour sa fleur en forme de cloche d'un rouge rosé délicat, devenue fleur nationale du Chili. Mais si on peut le trouver dans les zones humides de la Ve à la Xe Région, « le Copihue qui était jadis décrit à Fray Jorge n'y a jamais été retrouvé depuis des années », observe Yann Tracol, chercheur au Ceaza de La Serena, le Centre d'études avancées des zones arides (LOPEZ et TRACOL, 2006).

Au total, les bosquets de Fray Jorge n'occupent que 85 ha environ, mais ils sont loin de décliner (VAL DEL, *et al.*, 2006). Certes, le parc comprend des zones plus sèches, un *matorral costero* qui semble menacer les espaces boisés relictuels. La flore de ce maquis côtier sera évoquée au chapitre 5. Une couverture assez dense, des arbustes parfois bien développés à cause des brouillards s'observent sur les versants nord (les plus ensoleillés) des vallées littorales, mais aussi de l'intérieur. Tel est le cas du célèbre guayacan ou palo santo *(Porlieria chilensis)*, arbuste de 4 m aux fleurs bleues, de la famille des Zygophyllacées, qui ne supporte pas la neige, seulement un gel occasionnel à - 3 °C (ce qui représenterait le gel matinal typique au Chili central). Cependant, « en dehors de Fray Jorge le Guayacan est devenu rare, car il est fortement brouté par les chèvres et son splendide bois dur est utilisé dans l'artisanat, alors que ces animaux sont totalement exclus du parc depuis 1941 » (Y. Tracol, *comm. pers.*). Dans tous les patchs forestiers de Fray Jorge, on trouve des arbres de 200 ans couverts de mousses et de lichens, et les espèces sempervirentes à larges feuilles s'y régénèrent correctement. Pourtant, dans les années 1980 on croyait encore à la disparition de la forêt, à cause de sa forte fragmentation en *bosques* sur les hauteurs de Talinay (entre 450 et 600 m). Mais la canopée compte nombre de fougères épiphytes (comme *Polypodium feullei*) et de plantes grimpantes (comme *Sarmienta repens*), et le sous-bois beaucoup d'arbustes et des petites herbacées. Les scientifiques estiment que cette végétation obtient annuellement 350 mm d'eau, dont 200 mm grâce aux *camanchacas* (brouillards) générés par l'upwelling côtier et le courant froid de Humboldt, auxquels il faut rajouter tous les 2 à 10 ans les pulsions humides, les pluies diluviennes des phases chaudes d'El Niño (chap. 1). Ces brouillards sont plus abondants précisément pendant la saison sèche (d'octobre à avril), le niveau de l'inversion thermique créée au-dessus du Pacifique s'élevant davantage pendant l'été (CERECEDA, SCHEMENAUER, 1991). Une plantation mixte des trois espèces arborescentes dominantes a été réalisée vers le nord de la forêt de Fray Jorge, dans un secteur apparemment mal conservé, très morcelé. L'expérience a montré que c'est l'olivillo qui a les plus grandes chances de survie et de croissance, devant le petrillo et en dernier le canelo. Mais surtout elle a prouvé que le maintien ou la régression de ces trois espèces dépendent bien plus de leur taille et de leur qualité que des variables environnementales du microsite (MARTINEZ HERRERA, 2006).

La forêt relique de Fray Jorge (Norte Chico chilien)



© A. Maldonado, Ceaza

Patches de forêt hygrophile et sempervirente

Au sud de Coquimbo, sur les premières pentes de la Cordillera de la Costa, les bosquets de Fray Jorge n'occupent que 85 ha environ, mais ils sont loin de décliner malgré la proximité du *matorral costero*.



© A. Maldonado, Ceaza

Nouvelles pousses et fleurs de canelo *(Drymis winteri)*

Sur les versants frais et humides exposés au sud, le canelo ou boique forme les plus gros bosquets de Fray Jorge, au bord des cours d'eau et dans les *quebradas* (les ravines). Espèce hygrophile de la pluvisilve tempérée du Sud, il atteint 25 m dans le « Petit Nord », grâce aux brouillards générés par le courant froid de Humboldt.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© A. Maldonado, Ceaza

Olivillo *(Aextoxicon punctatum)*

Cet arbre qui peut atteindre 20-25 m et que l'on observe en continu depuis la pluvisilve tempérée, où il abonde, aurait de meilleures chances de survie et de croissance que le petrillo et surtout le canelo. Il apparaît seulement sur la façade ouest de Fray Jorge. Remarquer le brouillard côtier.



© A. Maldonado, Ceaza

Petrillo *(Myrceugenia correifolia)*

Cet arbuste (6 m au maximum), qui pousse dans la zone centrale « méditerranéenne », est sans doute le plus résistant de la *rain forest* relictuelle de Fray Jorge : il s'observe plutôt sur la façade est, moins tributaire des brouillards, mais il peut former la strate inférieure de l'olivillo ou du canelo.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© A. Maldonado, Ceaza

Yelmo

Le Yelmo est une autre espèce hygrophile de la forêt relique de Fray Jorge, un magnifique arbuste de 2 m maximum, aux feuilles alternes, oblongues et brillantes.

Une durisilve sur les premières pentes des montagnes

Il s'agit en fait de taches de forêts basses plutôt laurifoliées (à feuilles de type laurier), de hauteur équivalente à celle de la yeusaie adulte (Flore du Chili, site web ; LUEBERT, PLISCOFF, 2006). Sur le bas des montagnes, qui reçoit plus d'eau que la plaine centrale, les auteurs allemands ont distingué deux associations, à litre *(Lithrea caustica)* et à peumo *(Cryptocarya alba)* comprenant au total six types de forêts, caractérisées chacune par un arbre dominant.

Mais en 2006, les botanistes et géographes Federico Luebert et Patricio Pliscoff ont publié un atlas bioclimatique et végétal du Chili, qui comporte une carte des formations végétales du pays tout entier, lequel s'étire sur environ 4 000 km. Celle que nous autorisent à présenter ces chercheurs, avec en regard la partie centrale, est une carte modifiée (fig. 11) dont la légende distingue des formations végétales qui vont du désert absolu aux bois épineux, sclérophylles, caducifoliés, laurifoliés, ou encore résineux à conifères, en passant par divers aspects du matorral, plus ou moins désertique, épineux, sclérophylle ou caducifolié (LUEBERT, PLISCOFF, 2006).

Au nord, jusqu'à la province de Cochalgua (vers San Fernando), sur les chaînes côtières et les parties inférieures des pentes des Andes, les taches forestières sont diverses.

Il s'agit de « formations variées ouvertes de buissons ligneux xérophiles, avec un *Nothofagus* à feuilles caduques, le Roble Blanco… et des arbres à feuilles persistantes, coriaces, comme le Quillay, le Litre et le Boldo » (HYNDMAN STEIN, 1956). Le roble blanco ou roble de Santiago *(Nothofagus obliqua* var. *macrocarpa)* est un hêtre austral qui ne dépasse pas les 20-25 m. Les cartes de Luebert et Pliscoff et de Lopez et

Tracol corroborent cette description (Lopez, Tracol, 2006). Elles distinguent différents types de bois :

– des bois épineux, à partir du 31e parallèle, essentiellement sur le revers oriental de la Cordillère côtière, avec une exception à l'ouest, à la latitude de Rancagua.

– des bois sclérophylles, également à partir du 31e parallèle, sur la majeure partie de la Cordillera de la Costa, mais à partir du 32e parallèle sur le rebord andin.

– des bois caducifoliés, qui commencent au sud de cette zone (vers San Fernando), sur les premières pentes andines, au-dessus des bois sclérophylles.

Dans les provinces de Santiago et Valparaiso, les vallées abritées de la chaîne côtière contenaient autrefois des peuplements denses de palmier du Chili *(Jubaea chilensis)*, seule espèce sous cette latitude. Mais ces arbres mellifères ont été décimés par la fabrication du miel : il fallait les abattre pour en récolter la sève. Aujourd'hui protégés, ils émergent encore de la végétation sclérophylle du Parque Nacional La Campana, non loin de Valparaiso. Autrefois visité par Darwin (en 1834), ce parc de 8 000 ha contient la plus grande palmeraie du Chili. Mais l'on rencontre parfois quelques spécimens de ces géants de 25 à 30 m jusque dans le Norte Chico. Alors l'on pense à Rapa Nui, l'île de Pâques, à plus de 3 600 km du « Petit Nord » (sur le 27e parallèle), qui aurait possédé les plus grands palmiers du monde… Selon les analyses polliniques et anthracologiques du géographe et botaniste néo-zélandais John Flenley, ces arbres y étaient nombreux avant l'arrivée des Européens en 1722. Peuplée vers 900, l'île aurait compté jusqu'à 15 000 habitants au XVIe siècle, lesquels auraient fait progressivement disparaître les grands palmiers, utilisés pour les maisons et le transport des « Moai », les célèbres statues qui étaient taillées dans des carrières distantes du rivage.

Au sud de la province de Cochalgua (dès 35° sud), sur les premières pentes prédominent les *Nothofagus.* Il s'agit de trois autres espèces de *Nothofagus* à feuilles caduques, tandis qu'une autre, le Roble Pellin, apparaît dans la plaine vers 37°de latitude, disséminée dans les cultures de la province de Nuble. Les *Nothofagus* ou « faux hêtres », ainsi appelés par Blume en 1850, sont des arbres originaires de l'hémisphère Sud proches des hêtres de l'hémisphère Nord. Une quarantaine d'espèces pour la plupart sempervirentes peuplent surtout les forêts tempérées des îles montagneuses de Tasmanie (l'ouest) et de Nouvelle-Zélande (au sud-ouest de l'Île du Sud), alors que la façade pacifique tempérée (très arrosée) du Chili comprend essentiellement des *Nothofagus* caducifoliés (Braque, 1987), surtout entre 37° et 48° S, les limites du genre s'observant cependant vers 55° S (Terre de Feu) et 33° S (dans le parc national La Campana, à l'est de Valparaiso). Les forêts des collines qui bordent les Andes dans la province de Nuble et celle de Bio-Bio, au sud du domaine méditerranéen, sont donc relativement nombreuses et fournies, avec leurs *Nothofagus* à feuilles caduques (toujours des robles mais aussi des raulis), et l'apparition du célèbre coihue ou coiguë *(Nothofagus dombeyi)* à feuilles persistantes, qui prédomine ensuite dans la pluvisilve valdivienne, entre 38° et 44° S (chap. 8).

En Afrique du Sud, la forêt relique de Knysna

Une forêt afromontagnarde tempérée (fig. 12)

L'arrivée des pasteurs bantous au XVe siècle et la colonisation hollandaise puis anglaise ayant dégradé le couvert végétal sud-africain, on connaît mal les limites du prototype forestier de la région du Cap. La forêt de Knysna, seule relique hygrophile actuelle entre Le Cap et Port Elizabeth, ne devait pas atteindre la côte ouest ni même le cap de Bonne-Espérance. Car ses feuillus sempervirents avaient besoin des pluies copieuses qui arrosent les reliefs du littoral. Les restes de cette forêt, localisés entre 22° et 25° est, le long de la côte de l'océan Indien et sur les reliefs modérés avoisinants, dans une zone où l'on passe progressivement des pluies d'hiver « méditerranéennes » à des pluies en toutes saisons, présentent certaines affinités avec la forêt subtropicale laurifoliée de façade orientale, cela par l'abondance des espèces arborescentes et par la présence d'arbres caractéristiques comme les podocarpes *(Podocarpus),* gymnospermes à fruits charnus « que l'on trouve même dans les ravins de la montagne de la Table, près du Cap » (Birot, 1965). La forêt de Knysna appartient à la forêt afromontagnarde (*afromontane forest*) tempérée, dont les îlots réclament fraîcheur et humidité depuis la péninsule du Cap jusqu'au grand escarpement du Drakensberg, notamment au Lesotho et au KwaZulu-Natal, puis le long des terres hautes de l'Est africain (au-dessus de 2 000 m) jusqu'aux plateaux éthiopiens (Cowling, Richardson, 1995). On peut retrouver certains de ses arbres, tels les podocarpes Yellowwoods, sur les pentes du mont Kenya. À la pointe de l'Afrique, la latitude faisant apparaître les conditions tempérées à basse altitude, cette forêt a pu se développer pratiquement jusqu'en position juxta-littorale, et généralement en des-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

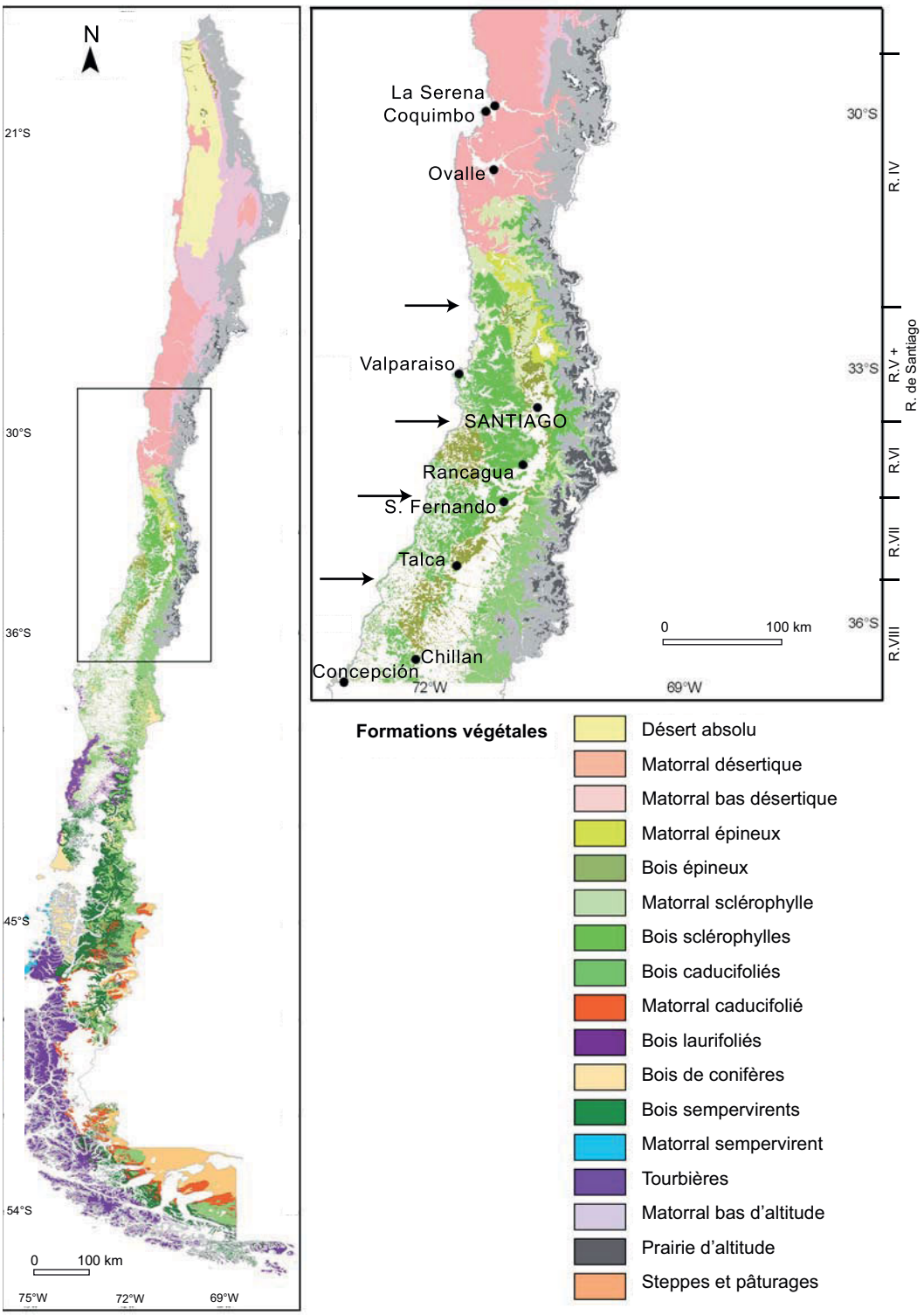


Figure 11
Les formations végétales du Chili central méditerranéen.
Carte modifiée de Federico Luebert et Patricio Pliscoff, 2006, avec autorisation des auteurs

sous de 1 000 m. Si, bien que dans la Région du Cap, elle occupe environ 60 000 hectares en poches isolées à partir de Kirstenbosch (dans la péninsule) et au long des montagnes de la côte sud, jusqu'aux districts de George et de Knysna où les peuplements peuvent dépasser 1,5 km^2.

La forêt de Knysna est limitée à des secteurs libres de gel où les pluies annuelles dépassent 800 mm, où les sols sont plus profonds et plus fertiles que ceux du fynbos environnant. Déclenchés par les vents desséchants, les incendies sont malgré tout assez rares dans cette végétation humide stratifiée d'arbres à feuilles persistantes, de lianes et d'épiphytes. À cause de l'ombre, le sous-bois est souvent absent, sauf en altitude où pousse une strate herbacée de fougères. D'un couvert forestier continu de 15-30 m de haut dépassent les caractéristiques podocarpes Yellowwoods. Pourtant la flore, composée d'environ 450 espèces, est relativement pauvre. Dans les parcs de la Garden Route qui mène à Knysna, les Yellowwoods au bois jaune sont parfois des géants, comme l'Outeniqua Yellowwood (*Podocarpus falcatus*), dont le plus célèbre, de 6 m de circonférence, nommé « Edward VII » trônerait dans la forêt de Diepwalle depuis au moins 600 ans. Avec ses 40 m, il dépasse en hauteur le Big Tree – pourtant plus gros – du Tsitsikamma National Park qui s'étend de Storms River Mouth à Nature's Valley. Une autre espèce, le *Podocarpus latifolius*, aux feuilles linéaires moins étroites, considérée comme le « vrai Yellowwood », est devenu l'arbre national d'Afrique du Sud. Le Yellowwood au bois dur très prisé est aujourd'hui protégé, au même titre que le Stinkwood *(Ocotea bullata)*, ou encore l'Ironwood (*Olea capensis)*, ces espèces ayant été exploitées dans le passé pour leur bois de construction.

Une forêt apparue dès l'ère tertiaire

Sous le climat chaud et humide qui commence à régner vers – 60 Ma, de grandes forêts pluvieuses subtropicales se développent au sud de l'Afrique, née de la fragmentation du continent de Gondwana entamée à l'ère secondaire (vers - 140 Ma). D'affinité gondwanienne, la flore forestière se trouve enrichie par des éléments tropicaux qui arrivent par le nord. Les « arbres gondwaniens » font partie des familles de Podocarpacées, Protéacées, Araucariacées, Casuarinacées et Cupressacées. Les « arbres tropicaux » appartiennent aux Anacardiacées, Caesalpinacées, Euphorbiacées et Sapindacées. Ces anciennes forêts étaient donc peu différentes de l'actuelle *afromontane forest*, même si beaucoup n'apparaissent plus dans la Région du Cap ou ailleurs en Afrique, où l'on ne peut noter par exemple la présence d'*Araucaria* ou de *Casuarina* indigènes. Plus curieusement, le genre gondwanien *Nothofagus*, très présent dans la sylve tempérée du Chili, de Nouvelle-Zélande et d'Australie fait également défaut sur le continent africain, alors que le genre *Podocarpus* largement répandu dans les forêts pluvieuses tempérées d'Afrique – dont celle de Knysna – existe dans une forêt à *Nothofagus* du Chili tempéré. Vers - 35 Ma débute un interlude plus sec et plus frais de 10 Ma qui augmente la flore d'un proto-fynbos, probablement né auparavant sur des pentes et des pics où la forêt n'avait pu s'installer. Dans cet ancêtre du maquis figurent ainsi ses trois composantes majeures, les Protéacées, les Éricacées et les Restionacées. Sont également présents des taxons de la famille des Épacridacées, proche des Éricacées, aujourd'hui éteinte en Afrique mais encore largement étendue dans le mallee, le maquis australien.

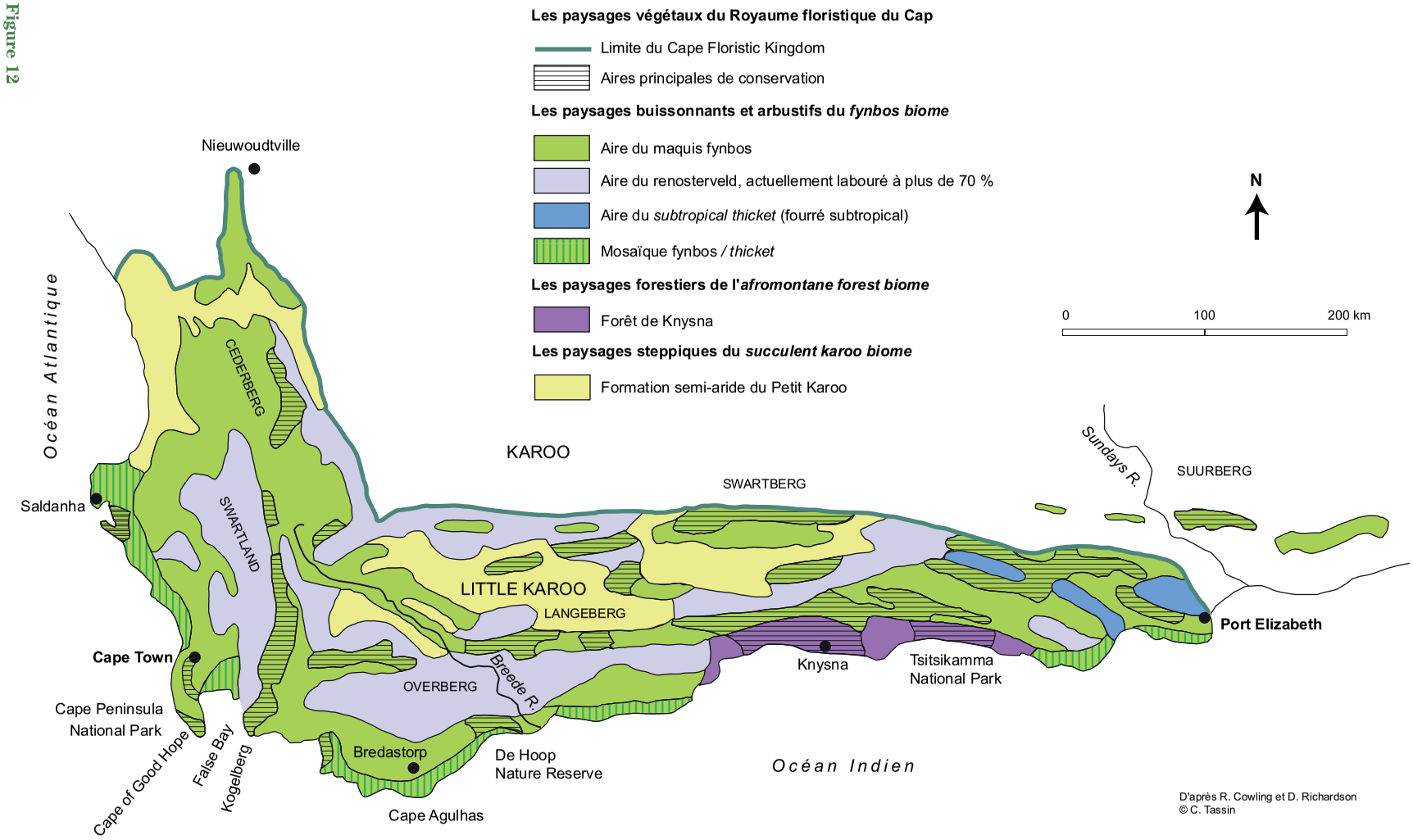
Au Miocène se produit la séparation de l'Antarctique et de l'Amérique du Sud, entre - 35 et - 25 Ma, et avec elle l'établissement de conditions glaciales, qui donnent naissance au courant froid de Benguela, vers - 13 Ma. Le climat plus sec et plus frais provoque le déclin des forêts et l'émergence du fynbos vers - 5 Ma, qui devient prédominant vers - 3 Ma, le développement du climat de type méditerranéen (vers - 4 Ma) augmentant la fréquence des incendies naturels (COWLING, RICHARDSON, 1995). La forêt, qui ressemble à l'*afromontane forest* subtropicale actuelle, subit comme le fynbos l'influence des glaciations de l'ère quaternaire. Chassée de la Région du Cap lors de la dernière glaciation, elle s'y serait ensuite enracinée sur certains sites édaphiques du sud et du sud-est moins pauvres, plus profonds et plus humides que les sols du fynbos, à la faveur du réchauffement postglaciaire holocène, et de l'augmentation progressive de la part des précipitations estivales dans les parties orientales, fait constaté aujourd'hui à partir de la Breede River (Swellendam, dans le Langeberg). Quant au fynbos, les cycles glaciaires-interglaciaires ne semblent pas avoir trop perturbé sa distribution en « îles » sur des sols infertiles dérivés de substrats de quartzites et de grès. D'une manière générale, bien qu'occupant 90 % du dernier 1,5 Ma, les glaciations n'ont pas causé d'extinctions entières d'écosystèmes, contrairement aux cycles pléistocènes de l'hémisphère Nord.

Actuellement, *l'afromontane forest* est l'un des trois biomes du Royaume floristique du Cap (*the Cape floral Kingdom*). Sa destruction pour le bois de construction ou la plantation d'espèces étrangères importées pose, à travers ses rapports avec le *fynbos biome* dominant, le pro-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Figure 12
Les paysages végétaux du Royaume floristique du Cap.



blème de sa conservation. Une plante invasive majeure des forêts est le Blackwood *Acacia melanoxylon.* La transformation en réserves se révèle insuffisante (chap. 10), il faut aussi protéger la reproduction, la faune pollinisatrice et distributrice des semences (oiseaux et mammifères). La végétation naine semi-aride du *succulent karoo biome* sera présentée au chapitre 5 avec le *fynbos biome*, qui d'ailleurs comprend aussi deux types de paysages arbustifs non fynbos, le renosterveld et le *subtropical thicket*. Comme pour le chaparral californien ou le matorral chilien, le problème de l'origine du fynbos sud-africain sera envisagé.

En Australie du Sud, les forêts d'eucalyptus

Un arbre universellement propagé

Déjà, en 1952, en accueillant des forestiers de 24 pays étrangers venus étudier l'eucalyptus pour la FAO, le ministre australien des Affaires étrangères désignait cet arbre comme « l'exportation la plus sensationnelle de l'Australie ».

Isolé depuis le Crétacé, ce genre endémique (de la famille des Myrtacées) s'est diversifié en plus de 700 espèces qui se sont répandues sous tous les climats de l'Australie. Ces ligneux ont été baptisés en 1788 par le botaniste français L'Héritier, à partir du grec *eucalyptos* (bien couvert), à cause de l'opercule qui protège le bourgeon avant l'éclosion, couvercle finalement expulsé par les nombreuses étamines d'une fleur sans pétales. Extrêmement plastique, l'eucalyptus peut dominer aussi bien les régions à étés secs que celles à étés humides. On le retrouve sous le climat subtropical de façade ouest (le type méditerranéen) comme de façade est (le type « chinois » d'E. de Martonne, ou « cantonnais » de G. Viers), avec quelques incursions dans le domaine tempéré et le domaine tropical. Redoutant les fortes gelées, l'eucalyptus s'est facilement adapté au climat méditerranéen. Introduit en Europe à la suite des voyages du capitaine Cook, notamment par le botaniste Sir Joseph Banks, il a vu sa culture exploser au XXe siècle, surtout dans les années 1950. Le gommier bleu *(Eucalyptus globulus)*, espèce idéale pour la fabrication de la pâte à papier, est la seule cultivée au Portugal, utilisée par le groupe Portucel Soporcel à cause de son bois rigide à filaments courts et très homogènes. Mais en Italie, c'est le gommier rouge *(Eucalyptus camaldulensis)* qui a été planté, afin d'assécher les zones humides. Et en Sicile comme en Algérie, les eucalyptus, dont la transpiration leur fait puiser une grande quantité d'eau du sol, ont contribué à la lutte contre la malaria dans des zones littorales marécageuses. Il existe aujourd'hui des peuplements d'eucalyptus dans une bonne cinquantaine de pays jusqu'à 40° de latitude, dont le Brésil qui tient la tête avec plus de 100 espèces cultivées depuis des décennies, mais aussi l'Argentine, l'Uruguay, le Paraguay, Cuba, le Cameroun, le Kenya, le Nigeria, la Tanzanie, la Libye, Madagascar, la Réunion, le Sri Lanka, l'Inde, l'Indonésie, la Malaisie… Sans oublier dans le domaine méditerranéen, « l'Europe du Sud avec plus de 750 000 ha, dont 400 000 ha en Espagne et 300 000 ha au Portugal [et] l'Afrique du Nord (surtout le Maroc) avec 280 000 ha » (SEIGUE, 1985), mais aussi le Chili, l'Afrique du Sud (les environs de Cape Town), et la Californie où l'eucalyptus sert de brise-vent aux plantations d'agrumes.

« Ce n'est pas le meilleur arbre du monde, mais c'est probablement celui qui se prête le mieux aux utilisations les plus diverses » (STIVENS, 1966). Première qualité : il s'adapte bien partout, à la condition que les hivers ne soient pas trop rigoureux. Tolérant des températures négatives jusqu'à - 7 °C., les eucalyptus sont en très grande majorité sempervirents. Seules quelques essences tropicales, qui perdent massivement leurs feuilles à la fin de la saison sèche, font exception. Les espèces les moins exigeantes, comme *Eucalyptus coccifera* qui tolère des froids de - 13 °C, ont été introduites en Grande-Bretagne. Mais pour ce qui est du domaine originel australien, cette relative aptitude à résister au froid ne joue pas, notamment dans les régions peu élevées de la zone subtropicale où les hivers sont doux (même les hivers subtropicaux de façade est, contrairement à ceux de l'hémisphère Nord). Quant à son adaptation à la sécheresse, l'eucalyptus la doit à son assez forte sclérophyllie. Ses feuilles coriaces, recouvertes d'une cuticule épaisse, se mettent en place mais tombent aussi plus rapidement sur le haut des branches centrales qu'à la base et sur les marges de la couronne. Si les jeunes feuilles ont une disposition horizontale comme celle des autres arbres, les feuilles adultes « prennent souvent une disposition verticale pour limiter l'échauffement » (HUETZ DE LEMPS, 1994). Quant au réseau de racines, souvent très développé, il permet d'accaparer toute l'eau des horizons supérieurs, au détriment d'un maigre sous-bois. Lorsque le climat devient trop aride, des racines boursouflées permettent à des eucalyptus nains de survivre pendant les années de sécheresse en emmagasinant de la sève et en s'enfonçant profondément dans le sable.

Deuxième qualité de l'eucalyptus, qui lui vaut la faveur des pays étrangers : sa rapidité de croissance. On a enregistré pour certaines espèces

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

des croissances de 6 ou 7 m pendant la première année, mais un arbre de 4 ans atteint facilement la taille de 6 m. « Chaque année, 2 à 3 séries de pousses d'ordre différent dans la ramification se développent, contre 1 seule série pour les arbres de la zone tempérée » (BIROT, 1965). Si des espèces naines existent dans les zones sèches, les eucalyptus australiens sont en général des arbres géants de plusieurs dizaines de mètres (parfois 90 m), le roi étant le Giant Mountain Ash *(Eucalyptus regnans)*, dont Henri Elhaï citait en 1968 un spécimen de 111 m dans les montagnes de l'État de Victoria. Cet accroissement vertigineux s'explique par leurs bourgeons de réserve et une assimilation chlorophyllienne stimulée par la lumière. Celle-ci pénètre facilement dans le feuillage léger, et entre des arbres peu serrés. Sur les plus jeunes, les feuilles sessiles sont ovales et opposées, mais par la suite elles sont alternes, pétiolées, très allongées et courbées comme des lames de faux (lancéolées et faucillées). Le tronc de l'eucalyptus ne porte pas d'anneaux de croissance, celle-ci est donc continue, même dans les périodes sèches ou fraîches, où les bourgeons détruits à l'aisselle des feuilles sont relayés par d'autres, sous-jacents, qui dorment enfoncés jusqu'au ras de l'écorce. « Ces bourgeons dormants sont à l'abri du feu, et servent d'organes de réserve pour les saisons où l'assimilation chlorophyllienne est insuffisante », écrit Pierre Birot, signifiant que les boisements d'eucalyptus peuvent s'accommoder d'un sous-bois combustible souvent incendié. Le feu est un facteur qui, avant la colonisation européenne, « a rendu possible l'installation et le maintien de la forêt d'eucalyptus dans de nombreuses stations de bonne qualité en Australie méridionale » (JACOBS, 1955). Aujourd'hui encore, les eucalyptus sont assez bien adaptés aux feux périodiques grâce à leurs bourgeons de réserve qui permettent leur régénération. Même les forêts humides de karri de l'extrême sud-ouest australien sont régulièrement dévastées par les incendies. Ceux-ci se développent facilement dans une atmosphère riche en vapeurs d'huiles qui, pendant les journées chaudes, se répandent en fortes quantités à travers le bush, créant la brume bleue caractéristique du paysage australien. Mais les feux sont aussi facilités par une litière épaisse et très combustible de feuilles sèches et de branches mortes. Le surnom de « *widow maker* » (faiseur de veuves) attribué au Ghost Gum (*Eucalyptus papuana)* viendrait des chutes fréquentes de ses branches, dangereuses pour les bûcherons ou les campeurs. Enfin, la croissance des eucalyptus semblerait plutôt favorisée par les graines qui tombent en masse sur le sol. Mais cette abondance de réserves nutritives compense mal la lente décomposition d'une litière pourtant fournie. Le problème de l'eucalyptus est l'appauvrissement édaphique : dans le bassin méditerranéen, où les eucalyptus ont largement servi au reboisement, la reconstitution humique du sol se fait mal, comparativement à la situation des cèdres ou des chênes sclérophylles dont la litière se décompose mieux et plus vite.

Troisième qualité de l'eucalyptus, celle de son bois. Sa dureté est pourtant variable. Par exemple, le Mountain Ash est plus facile à travailler que le karri, le géant de l'Australie occidentale au bois rouge d'une telle dureté que l'on a pu en faire des rails de chemin de fer. Mais le jarrah, rencontré aussi dans le sud-ouest, est également un des bois les plus durables, résistant au feu, à l'eau et aux insectes. Comme pilotis de jetée, il peut durer 50 ans, de même les poteaux de clôture ou les traverses de chemin de fer (en Afrique du Sud). « Des poutres du même bois ont été à peine carbonisées en surface dans des incendies qui avaient tordu de fortes poutres en fer » (STIVENS, 1966). Le bois du jarrah étant à peu près incombustible, on s'en sert également pour construire des cheminées. Suite à une commande de graines de jarrah par un Californien, un journal d'Australie occidentale avait titré ainsi un article : « il veut cultiver des briques réfractaires ! », anecdote rapportée par l'écrivain australien Dal Stivens. Mais l'eucalyptus ne donne pas que des bois solides et durables. Il sert de bois de feu comme au Brésil, en Afrique du Sud ou au Maroc, et à fabriquer du papier et des huiles essentielles. Il fournit un excellent nectar aux abeilles (notamment le karri). Contenu dans les feuilles, l'eucalyptol ou cinéol est recommandé en phytothérapie pour soigner les bronchites, la toux, les rhumes ou la sinusite, sous forme de fumigations, d'infusions, de décoctions, de gélules ou de pastilles, tandis que des cigarettes à l'eucalyptus sont censées lutter contre l'asthme.

Dans le Sud-Ouest, deux types principaux de forêts climaciques (fig. 13)

La forêt de karri *(Eucalyptus diversicolor)* est la plus fournie, grâce aux pluies copieuses d'hiver (de 1,50 m à 2 m), notamment dans le parc national du cap Leeuwin. Mais c'est dans la Vallée des Géants que tous les records de grandeur sont battus. D'ailleurs, dans cette région de Pemberton-Walpole où l'on trouve la variété Tingle tree, les maisons sont souvent en bois de karri. Un *tree top walk* en acier a été construit pour permettre aux touristes d'admirer la canopée à 40 m de hauteur. Mais avec leur fût lisse, leur bois rouge très dur et leurs feuilles qui tiennent 2 ans, les karri, hauts en moyenne de 75 m,

peuvent friser les 100 m, leur tronc dépassant alors 2,50 m de diamètre. Certains de ces géants auraient plus de 350 ans… Cette forêt sclérophylle humide est relativement claire avec un taux de couverture de 60 à 70 %. D'où la relative richesse du sous-bois, avec des acacias, des arbustes à feuilles de houx, des fougères et des herbes. *Acacia urophylla*, le Pointed-leaved Wattle aux feuilles à nervures claires bien marquées, est commun dans les forêts de karri et de jarrah. Les wattles appartiennent au genre *Acacia* et leur aire de distribution en Australie occidentale va de la forêt humide de karri aux semi-déserts de l'*outback*. Ils sont si répandus en Australie que l'un d'eux, le Golden Wattle *(Acacia pycnantha)* aux fleurs rondes, originaire de la région d'Adélaïde (de la péninsule Eyre à l'État de Victoria) est devenu l'emblème officiel de l'Australie. Tous les wattles ne sont pas forcément épineux. Dans le Leeuwin Naturaliste National Park pousse un petit Coastal Wattle épineux de 2 m *(Acacia littorea)*.

La forêt de jarrah *(Eucalyptus marginata)* occupe des zones moins humides (0,60 m à 1,20 m de précipitations), entre Gingin (au nord de Perth) et Albany, le long de la Albany Highway (dans la Darling Range). Cette forêt claire croît lentement. Elle vit sur des sols médiocres, graveleux, encroûtés de latérite ferrugineuse, grâce à son association à des champignons mycorhizes. Ses arbres conservent un port buissonnant tant que leur mise en place n'est pas assurée. Elle est plus basse que la forêt de karri, avec des fûts bien droits de 40 m au maximum, avec un bois plus dur que le séquoia ou le cèdre, qui passe avec l'âge d'un brun rougeâtre à un rose saumoné, enfin avec des feuilles qui durent 4 à 5 ans. Grâce à son vaste réseau radiculaire qui exploite au maximum le sol, le jarrah peut garder ses stomates ouverts pendant l'été et continuer son assimilation chlorophyllienne. Cependant, le marri *(Eucalyptus calophylla)* « prend sa place, ne dépassant guère 30 m, là où la croûte latéritique a été désagrégée et surtout dans les accumulations alluviales » (BIROT, 1965). Mais bien souvent le jarrah, le marri et le karri se côtoient, comme dans le parc national Shannon-D'Entrecasteaux, ou dans celui de la Porongerup Range, petit relief granitique de 12 km de long près de Mount Barker (au nord d'Albany). À Manjimup, non loin de Pemberton où les karri règnent en seigneurs, un jarrah aurait 500 ans.

Avec un taux de couverture plus faible et un sous-bois plus grand que la forêt de karri, cette forêt comporte aussi des espèces très sclérophylles, avec des petits eucalyptus et d'étranges plantes comme les Grass Trees (genres *Xanthorrhoea* et *Kingia*), arbres herbes avec leur toupet de feuilles filiformes portées sur un tronc d'au moins 2 m (chap. 5). Mais surtout il y a des Protéacées, ces plantes originaires de l'hémisphère Sud qui comptent plus de 60 genres et environ 1 400 espèces, bien représentées dans le Sud-Ouest australien par les genres *Banksia*, *Grevillea*, *Hakea*, *Isopogon* et *Dryandra*. En 2007, a été proposé le rattachement de *Dryandra* au genre *Banksia*, bien qu'on ne le trouve à l'état naturel qu'en Australie occidentale. Plus loin seront évoqués les genres *Mimetes*, *Leucadendron*, *Leucospermum* et surtout *Protea*, présents dans le fynbos sud-africain (chap. 5*)*.

Les *Banksia* forment sous les jarrah une strate inférieure de petits arbres sclérophylles toujours verts, atteignant souvent 5 à 10 m de haut, aux stomates peu nombreux, qui se ferment l'été pour réduire le temps de photosynthèse et éviter le dessèchement, sauf *Banksia attenuata,* le Coast Banksia, qui ne ferme ses stomates qu'en fin d'été, et qui abonde avec *Banksia menziesii* sous les jarrah de la région de Perth. Il y a plus de 70 espèces de *Banksia*, et leurs fleurs varient du jaune au rouge. Fleurs jaunes du *Banksia grandis*, très commun dans la Darling Range et dans la région d'Albany, du *Banksia baxteri*, très répandu dans le Fitzgerald Park (au nord-est d'Albany), ou encore du *Banksia lehmanniana* (aux fleurs pendantes)… Fleurs rouges du *Banksia coccinea* ou du *Banksia prostrata* (fleurs s'appuyant sur le sol) de la Stirling Range, au nord d'Albany… Fleurs orangées en forme de glands de *Banksia hookeriana* (Acorn Banksia)… Durs comme du bois, les fruits protègent les graines des animaux et du feu. Ces noix de *Banksia* tiennent leur nom de Sir Joseph Banks, le botaniste collectionneur qui accompagna le capitaine Cook dans sa découverte de l'Australie en 1770.

Les *Grevillea, Hakea, Isopogon* et *Dryandra* sont très proches des *Banksia*. *Grevillea quercifolia*, le grévillier à feuilles de chêne, pousse dans la forêt de jarrah entre Perth et Albany, tandis que *Grevillea bipinnatifida* est commun dans la Darling Range à l'est et au sud de Perth. *Hakea amplexicaulis,* arbuste de 3 m aux feuilles piquantes qui embrassent la tige, est également répandu dans les forêts entre Perth et Albany. En ce qui concerne les Dryandras, dont le nom vient du botaniste suédois Jonas Dryander, ami de Joseph Banks, on peut remarquer le spectaculaire *Dryandra formosa* de la Albany-Stirling Range, arbuste de 2-3 m aux longues feuilles étroites et dentelées (comme une crémaillère), mais aussi *Dryandra praemorsa*, arbuste de même taille, à feuilles au bout tronqué, rencontré au sud de Perth dans la

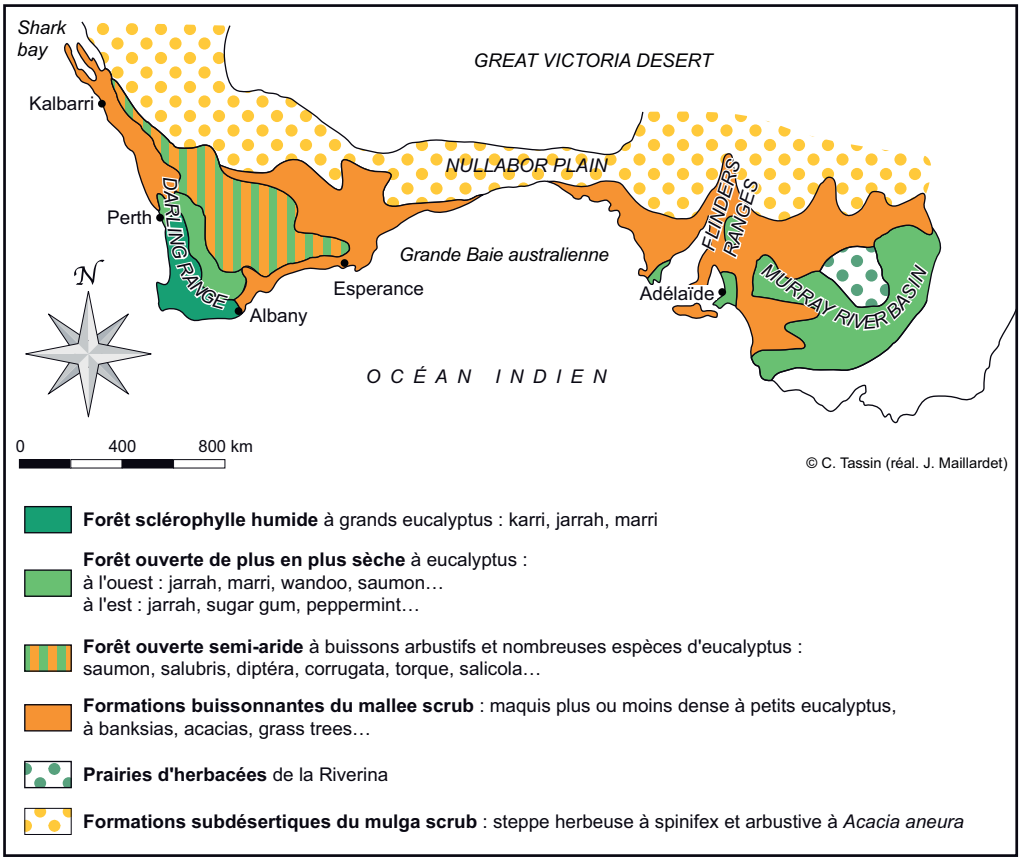
Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Darling Range. Enfin, *Isopogon divergens* est un buisson épineux d'environ 1 m, à têtes de fleurs coniques (Coneflowers), qui appartient plutôt à la strate inférieure des forêts ouvertes (*open forests*) et du mallee scrub (Central and Northern Wheatbelt).

La dernière strate, au niveau du sol, comporte des touffes d'Éricacées entre lesquelles poussent des plantes carnivores, les *Drosera*. *Hibbertia* et *Bossiaca*, analogues à nos bruyères, ont des petites feuilles xérophiles mais un enracinement moins développé que celui des arbres (HUETZ DE LEMPS, 1994). Elles doivent fermer leurs stomates, les forêts d'eucalyptus apportant moins d'ombre que les arbres méditerranéens eurafricains. Très répandues, les droséras poussent même aux endroits les plus ombragés, comme sur la Porongerup Range. *Drosera erythrorhiza* est très commun dans la forêt de jarrah de la Darling Range. « *Drosera pallida* est très courant à l'ombre des forêts de karri. Et dans la plaine, on trouve *Drosera occidentalis* dans les dépressions tourbeuses humides, ou *Drosera androsacea* sur gravier latéritique, *Drosera paleacea* sur les bancs de sable fin » (LAVAYSSIÈRE, 1996). Une plante carnivore des plus répandues est *Drosera peltata*, espèce à feuilles arrondies et à fleurs blanches de sols pauvres et acides, de 20 cm de haut, qui entre en dormance l'été, réduite à son tubercule, pour repousser en automne, croître l'hiver et fleurir précocement en fin d'hiver et au début du printemps (vers septembre-octobre). Présente dans le Sud-Ouest, cette plante à variétés diverses l'est également sur tout le continent australien, en Tasmanie, en Nouvelle-Zélande (dans l'Île du Nord), et dans le Sud-Est asiatique, du Japon à l'Inde. La présence des plantes carnivores tiendrait à la pauvreté en éléments nutritifs des sols latéritiques rouges d'Australie, ces paléosols formés sous climat tropical à saison sèche prononcée ne renfermant que 20 à 50 % de l'azote contenu dans ceux du bassin méditerranéen. Avec leurs poils gluants et leur fluide digestif, les droséras capturent et digèrent de petits insectes à la surface des feuilles, satisfaisant ainsi « leurs besoins en azote, si important pour la synthèse des acides aminés et donc des protéines ».

Au bord de ces forêts plus ou moins humides à grands eucalyptus commencent d'autres forêts

Figure 13
Les paysages végétaux en Australie du Sud.



Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

sclérophylles, de plus en plus sèches et ouvertes en direction du nord-est.

Il s'agit d'abord d'une forêt claire à eucalyptus, qui reçoit environ 450 à 650 mm de pluies. On y retrouve le jarrah et le marri, avec d'autres espèces comme l'eucalyptus wandoo et saumon. Cette forêt ouverte est une véritable mosaïque de communautés végétales, installée sur des sols gravelo-argileux, produits d'altération granitique du socle truffés de lentilles de sable. Elle couvrirait une aire de 500 km sur 150 km jusque dans les environs de Perth. À 30 km à l'est de la ville, la forêt de Kalamunda la met en contact avec la forêt à jarrah, marri et *Banksia* installée au nord et au sud de la cité sur une largeur de 10 à 30 km, sur les sols calcaires bien drainés de la zone côtière. Une extraordinaire orchidée, la White Spider Orchid *(Caladenia longicauda)*, montre sa fleur de 20 cm de large dans le sous-bois de la forêt ouverte à eucalyptus wandoo.

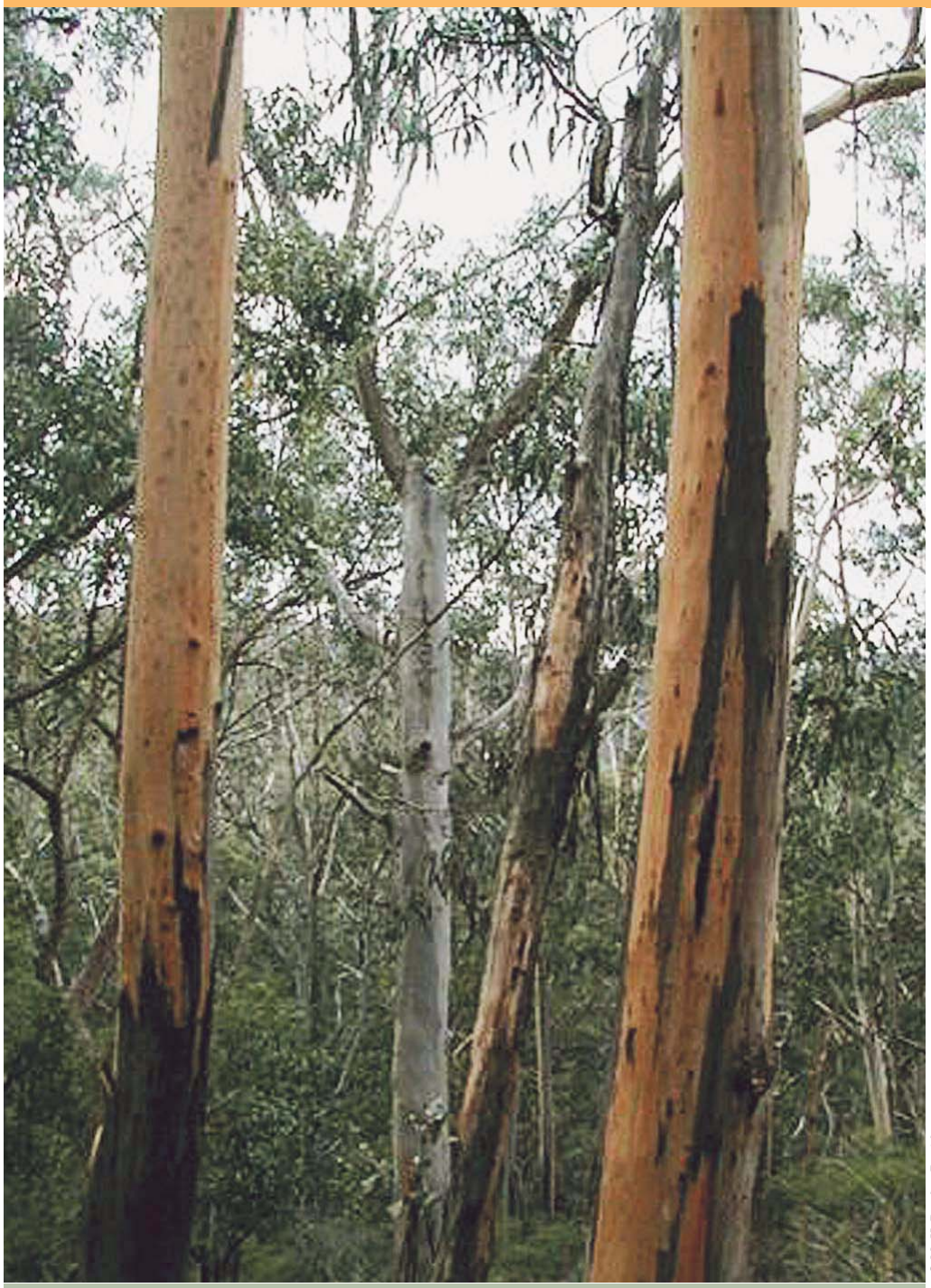
Vient ensuite une autre forêt claire cette fois semi-aride, qui ne reçoit plus que 250 à 450 mm de précipitations. Beaucoup plus ouverte, sur des sols latéritiques à substrat granitique, cette forêt ouverte très sèche est formée de nombreux buissons arbustifs qui se développent au sein d'une matrice arborée composée de très nombreuses espèces d'*Eucalyptus* : *salubris, diptera, corrugata, salicola*… Les forêts ouvertes font la transition avec le mallee scrub, qui comprend aussi des eucalyptus mais plus petits et des *Banksia, Dryandra, Hakea, Grevillea*. Ce maquis sclérophylle, qui s'étend encore plus au nord et à l'est, sera présenté avec les autres formations buissonnantes rencontrées hors du bassin méditerranéen (chap. 5).

Mais ces forêts ouvertes ont été défrichées au profit d'une « ceinture à blé » aux terres parfois devenues stériles. La Wheatbelt s'étend à l'est de Perth (jusqu'au-delà de Wave Rock), entre la Great Eastern Highway (qui va de Perth aux Goldfields de Kalgoorlie) et la Albany Highway. D'immenses domaines, nés de plusieurs phases de colonisation agricole, notamment après la dépression des années 1930 mais surtout dans les années 1960, associent la culture du blé à l'élevage des moutons – surtout mérinos – qui pâturent en continu sur des enclos ou sur les éteules. Les défrichements des forêts ouvertes et du scrub n'ont souvent laissé que de vastes prairies et champs cultivés parfois stériles, ponctués ça et là de quelques eucalyptus. L'érosion déclenchée par les défrichements du XXe siècle et par les labours devenus intensifs a souvent abouti à la salinisation des terres, très forte par exemple dans la région de Hyden et Wave Rock. À l'est d'York, il ne resterait qu'un seul lac d'eau douce et, entre Hyden et Southern Cross, on traverse d'immenses plaines sableuses couvertes de petits arbustes, de Myrtacées frutescentes comme *Verticordia*, aux belles fleurs plumeuses (*featherflowers*).

Enfin, parmi les espaces boisés du Sud-Ouest australien, il faut mettre à part les forêts claires à base de Paperbark Trees *(Melaleuca preissiana)*. Entre Geraldton et Albany, ces arbres, parfois de belle taille, occupent les zones marécageuses ou inondables l'hiver, notamment les lits des cours d'eau temporaires. Ils tirent leur nom vernaculaire de leur écorce qui pèle en paquets pendants et peut se déchirer aisément, comme du papier buvard.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Les forêts à eucalyptus et Protéacées du Sud-Ouest australien



© M.-H. Prades-David

Forêt de grands eucalyptus

Les forêts climaciques plus ou moins humides du Sud-Ouest australien comprennent 3 espèces géantes : le karri (75 m en moyenne), le jarrah (40 m maximum) et le marri (30 m maximum), les deux dernières se rencontrant également dans les forêts ouvertes plus ou moins sèches, à très nombreuses espèces d'eucalyptus.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© P. Belleville

Branche d'eucalyptus (forêt ouverte près de Perth)

La fonction chlorophyllienne est stimulée par la lumière qui pénètre facilement à travers le feuillage. Les eucalyptus sont sempervirents, mais sur les arbres jeunes leurs feuilles sont sessiles, ovales et opposées, et ensuite alternes, pétiolées, lancéolées et courbées comme des lames de faux.

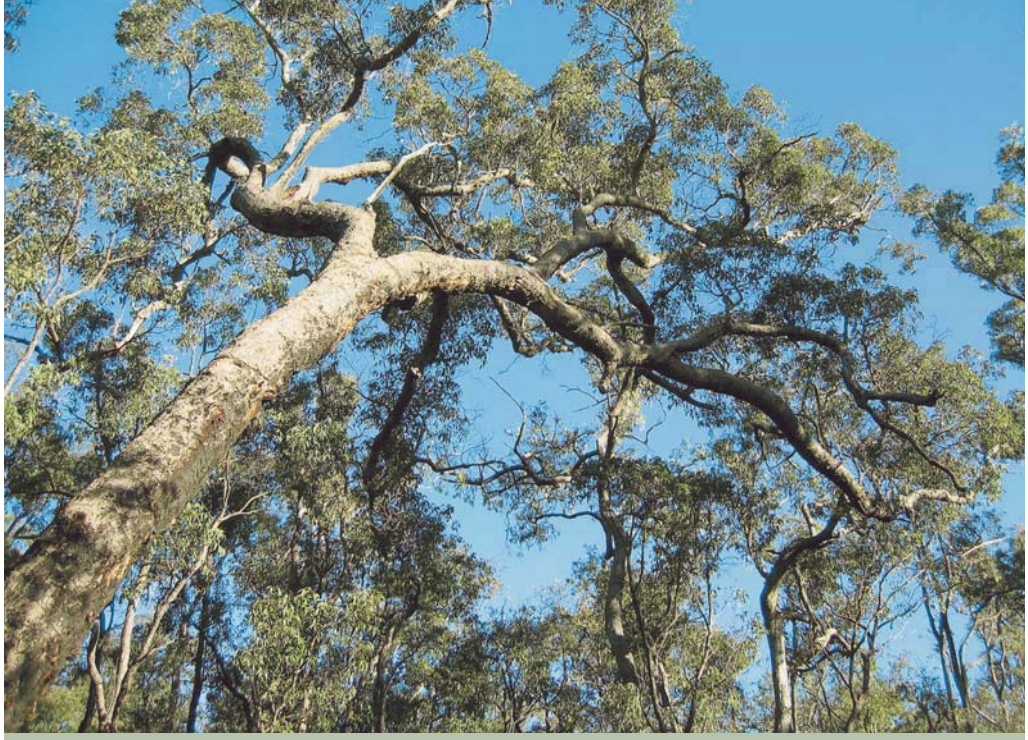


© C. Gaillard-Tassin

Bois de jarrah et champs de céréales (Wheatbelt, fin septembre 2008)

Les défrichements du XXe siècle n'ont souvent laissé que des lambeaux de forêt claire (ici entre Perth et Wave Rock). Plus dur que le séquoïa ou le cèdre, très résistant au feu, à l'eau et aux insectes, le jarrah *(Eucalyptus marginata)* peut durer 50 ans comme pilotis de jetée, poteau de clôture ou traverse de chemin de fer.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© P. Belleville

Forêt claire à eucalyptus (environs de Perth)

Dans cette *open forest* qui reçoit environ 450 à 650 mm de pluies, on retrouve le jarrah et le marri, mais aussi d'autres espèces comme l'eucalyptus wandoo et le saumon.



© P. Belleville

Banksia menziesii

Cette espèce, qui abonde dans la région de Perth, forme sous les jarrah une strate de petits arbres sclérophylles toujours verts qui appartiennent à la famille des Protéacées, ces belles plantes originaires de l'hémisphère Sud. Il existe plus de 70 espèces de *Banksia*, et leurs fleurs varient du jaune au rouge.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Gaillard-Tassin

Raspberry Jam Wattle *(Acacia acuminata)*

Appartenant au genre *Acacia*, les wattles en Australie occidentale se rencontrent de la forêt humide de karri aux semi-déserts de l'*outback*. Ce spécimen des zones sèches pousse de Shark Bay à Esperance, ici près de Wave Rock. Ses fleurs ressemblent à des écouvillons, et son bois fraîchement coupé sent la confiture de framboise.



© P. Belleville

Banksia hookeriana

Cette espèce a des fleurs orangées densément groupées en gros épis en forme de glands, d'où son nom vernaculaire *acorn banksia*. Ses feuilles, longues et étroites, sont dentelées comme des scies.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Gaillard-Tassin

Dryandra

Autres Protéacées proches des *Banksia*, des *Grevillea* et *Hakea*, les *Dryandra* tirent leur nom du botaniste suédois Jonas Dryander, ami de Joseph Banks. Les 90 espèces connues ne se rencontrent que dans le sud-ouest de l'Australie.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Gaillard-Tassin

Isopogon divergens

Ce buisson épineux d'environ 1 m de haut, à fines feuilles divergentes, est présent dans le centre et le nord de la Wheatbelt. La forme plus ou moins conique des fleurs d'*Isopogon* a valu à ces Protéacées le nom commun de *coneflowers*.



© P. Belleville

Drosera peltata

Plante carnivore de 20 cm de haut, à floraison précoce (fin d'hiver-début du printemps), qui entre en dormance l'été. Très répandue sur tout le continent australien, en Nouvelle- Zélande et dans le Sud-Est asiatique, de l'Inde au Japon.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© P. Belleville

Xanthorrhoea pressii

Très commun dans le Sud-Ouest, ce Grass Tree ne fleurit pas régulièrement chaque année, mais toujours après un incendie.

Dans la région d'Adélaïde, la forêt dévastée par les incendies

Autour d'Adélaïde, il n'y a donc pas de véritables forêts, mais seulement des lambeaux de forêt ouverte. Dans cette *open forest*, on rencontre le jarrah mais aussi des eucalyptus très balsamiques comme le Sugar Gum et le Peppermint, avec en sous-bois des acacias et des *Casuarina*, arbres à feuillage persistant qui ressemblent à des pins. Le genre *Casuarina* comprend cependant de nombreuses espèces, parfois classées dans un genre apparenté, *Allocasuarina*, auquel appartient le Desert Oak du Centre rouge australien. Pour la qualité de son « bois de fer », son aptitude à fixer les sables et sa résistance au vent, le Casuarina est aujourd'hui planté dans une vingtaine de pays. Et le journaliste australien Warwick Cooper raconte, dans *Australia Now*, que les boulangers de son pays s'en sont servis jusqu'aux années 1950, « parce qu'il brûle en dégageant beaucoup de chaleur et en laissant une fine cendre blanche ».

Le mallee scrub occupant l'essentiel des surfaces, on observe ces lambeaux de forêt ouverte dans les zones un peu moins sèches. Le maquis sclérophylle étend ses fourrés surtout au nord de la région d'Adélaïde, sur plus de 1 200 km d'est en ouest, en gros dans la zone qui ne reçoit que 200 à 400 mm de pluies, pratiquement comme dans la région du Sud-Ouest (fig. 4 et 13). La forêt ouverte se rencontre davantage quand les précipitations dépassent les 400 mm, comme sur le mont Lofty et les monts Flinders, et à l'est du bassin du Murray, depuis Naracoorte jusqu'au-delà de la Riverina, dont les sols argileux permettent le passage à la prairie d'herbacées. Dans les Flinders Ranges, une forêt très ouverte d'eucalyptus occupe le fond de la vallée Aroona, mais ne forme qu'un étroit liseré au-dessus de ses versants découpés par des bad lands, les sommets ne montrant que quelques peuplements épars. Au total, il s'agit bien de lambeaux, comme le montre par exemple l'aire de répartition du Sugar Gum *(Eucalyptus cladocalyx).* Car si cet arbre au bois dur et résistant à la sécheresse est couramment planté dans les fermes de l'ouest de l'État de Victoria, ses peuplements naturels n'existent plus guère que dans le sud des Flinders Ranges, dans l'est de la péninsule Eyre (entre Coffin Bay et Cowell) et dans l'île Kangourou (Kangaroo Island).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Chapitre 4

Matorrals, pinèdes et steppes en Méditerranée



© C. Tassin

Ce document est la propriété exclusive de F

Proposé en 1961 par Charles Sauvage, le terme de « matorral » désigne des formations buissonnantes essentiellement sempervirentes, qui participent à la dynamique des formations arborescentes. Dans le bassin méditerranéen, ces paysages sont en fait une mosaïque où s'imbriquent plusieurs types comme les garrigues ou les maquis, déterminés par de multiples facteurs, le climat local (la longueur de la saison sèche, les vents…), le sol, l'exposition, l'importance des activités humaines (anciennes destinations des terrains : pacages ou cultures), la colonisation ou non par les pins, les reboisements artificiels, l'évolution régressive ou progressive. Dans les séries régressives, la diversité des conditions locales (surtout climatiques et humaines) place les matorrals à différents stades de dégradation. Et lorsque celle-ci a pu aller très loin, dans des régions très sèches à fort impact humain, comme au sud et à l'est de la Méditerranée, la destruction des matorrals suit la déforestation, M. Barbero et P. Quézel parlant « d'une véritable dématorralisation » qui peut conduire à une steppisation ou une thérophytisation, l'installation de pelouses à plantes annuelles. Les steppes herbacées et arbrissélées qui bordent le désert seraient pour partie issues d'une dématorralisation des « forêts présteppiques ». Leur caractère climacique est aujourd'hui souvent contesté. Par contre, sur le revers septentrional de la Méditerranée, où la déprise rurale favorise l'embroussaillement, les matorrals sont plutôt placés dans des processus progressifs avec l'expansion des résineux. Souvent considérées comme des forêts de remplacement « paraclimaciques », ou comme le modèle expansionniste capable de recoloniser rapidement les espaces découverts à la suite d'une perturbation, les pinèdes tiennent une place importante dans les successions végétales secondaires des bas pays (chap. 2).

photo > **Progression de la garrigue et du pin d'Alep, absent il y a 40 ans derrière le village perché de Saint-Jean-de-Cuculles (garrigue montpelliéraine).**

Les maquis, dégradations des chênaies sempervirentes sur sols siliceux

La distinction entre maquis et garrigues relève d'un fondement édaphique : les maquis se développent sur des sols siliceux, alors que les garrigues s'étendent sur des sols calcaires. Et en milieu méditerranéen où l'eau est rare, cette différence intervient dans l'aspect général de ces formations buissonnantes : la garrigue est plus ouverte que le maquis parce que les sols y sont discontinus, sur des versants calcaires beaucoup plus rocheux que les versants sur roches siliceuses (cristallines ou métamorphiques) – à l'exception de certains grès.

Une formation buissonnante dense et fermée

En France, on rencontre le maquis dans les Maures, dans l'Estérel et sur Port-Cros (îles d'Hyères) ou encore dans les Albères (Pyrénées-Orientales), mais surtout en Corse d'où il tire son nom : « *macchia* » signifiant « tache », le maquis c'est le rempart naturel, la broussaille qui fait comme une tache dans les paysages. « Prendre le maquis », c'est s'enfoncer dans « les myrtes et les arbousiers, au milieu de grandes masses de granit » comme Orso, le frère de Colomba (dans le roman de Prosper Mérimée), afin d'échapper aux poursuites, à l'autorité. La généralisation de ce nom d'origine corse n'est pas étonnante pour une végétation présente depuis des millénaires dans cette île presque entièrement siliceuse, granitique (à l'ouest) et schisteuse (à l'est). En effet, les analyses polliniques des paléobotanistes comme Maurice Reille (de 1975 à 1999) ont permis d'établir qu'aux basses altitudes, sur la côte occidentale, régnaient vers les VIIe et VIe millénaires d'immenses étendues de maquis à bruyère arborescente et arbousiers pratiquement exemptes de chênes caducifoliés, ceux-ci colonisant plutôt le versant oriental. Le maquis corse se serait donc installé au Postglaciaire, depuis la fin du Boréal (vers 7 500 ans BP) jusqu'à la fin de la période Atlantique (vers 4 700 BP), lié sans doute au début aux incendies naturels. Mais les défrichements anthropiques accrus aux phases climatiques suivantes, Subboréal et surtout Subatlantique (tabl. 2), ont détruit ce maquis d'origine et favorisé l'extension du chêne vert et des espèces caractéristiques du maquis actuel, le chêne-liège n'ayant été privilégié que tardivement pour son écorce. L'étude anthracologique de charbons de bois fossiles du lac de Creno (en Corse centrale) a mis en évidence la fréquence des feux d'origine humaine et son rôle dans le façonnement des paysages corses (REILLE *et al.*, 1999 ; CARCAILLET, VANNIÈRE, 2004).

Ainsi, les maquis sont-ils des formations secondaires liées en général à des perturbations d'origine anthropique. Les incendies et le surpâturage, de plus en plus répétitifs, ont fait régresser les chênaies sempervirentes, excluant les grands arbres, détruisant les jeunes plants, ne favorisant que les herbes et les pyrophytes, et surtout des buissons inextricables dédaignés par les moutons et les chèvres. D'où cette « formation d'arbustes et d'arbrisseaux touffus, ne laissant pas voir le sol entre eux et serrés au point d'empêcher la marche » (GAUSSEN, 1933), densité qui s'explique par un sol développé sur roches mères cristallines (granite), métamorphiques (gneiss, micaschistes et schistes) ou sédimentaires détritiques (dépôts argilo-sableux et grès), un sol siliceux assez épais, plus ou moins poreux mais riche en argile (silicate d'alumine hydraté), où les racines peuvent s'enfoncer facilement.

Les types de maquis

Le maquis haut est un premier stade de dégradation. C'est une formation arbustive luxuriante pouvant atteindre trois ou quatre mètres de haut, composée essentiellement d'arbousiers et de bruyère arborescente, dont la densité empêche souvent le développement d'un sous-bois et la régénération du chêne-liège. Ces deux espèces principales font sa splendeur, *Erica arborea* avec ses longues grappes de fleurs blanches très fournies, et *Arbutus unedo*, l'arbre aux fraises, qui à l'automne porte en même temps ses clochettes blanchâtres et ses fruits rouge orangé de l'année précédente. Mais on trouve aussi la filaire à feuilles étroites, le laurier-tin, le myrte, et le calycotome épineux, autres espèces de la strate buissonnante de la suberaie. S'il s'agit d'une ancienne chênaie verte sur sol siliceux, on rencontre alors quelques bouquets d'yeuse accompagnés de cades et de nerpruns, enchevêtrés de lianes comme la salsepareille ou le chèvrefeuille des Baléares.

Le maquis bas à bruyères est un stade plus avancé de la dégradation. Il s'entrouvre davantage, ce qui « facilite l'installation de deux nouvelles Éricacées qui caractérisent non seulement ce maquis mais aussi beaucoup de landes du milieu atlantique : la callune *(Calluna vulgaris)* et la bruyère à balai *(Erica scoparia)* »

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

(GUITTONNEAU, HUON, 1992). Alors, la végétation peut devenir quasi impénétrable avec le foisonnement des cistes, des genêts, du calycotome épineux *(Calicotome spinosa)*, et en Corse, du calycotome velu *(Calicotome villosa)*. Au printemps, la beauté sauvage du maquis bas frappe le promeneur par sa palette de couleurs allant du blanc de la bruyère arborescente, des myrtes ou des cistes, au violet foncé de la lavande à toupet *(Lavandula stoechas)* en passant par les cistes roses ou l'or des genêts et des immortelles *(Helichrysum stoechas* sur le continent, *H. italicum* en Corse). Tandis qu'au crépuscule, en été comme au printemps, l'ensemble exhale des senteurs incomparables, renforcées par la présence du thym (sur le continent), du romarin ou du buplèvre *(Bupleurum fruticosum)*, sous-arbrisseau à très forte odeur abondant dans les Albères, l'Estérel et en Corse.

Le maquis bas à cistes, ou cistaie, souligne l'intensité et la fréquence des incendies, par exemple en Provence cristalline ou en Corse. L'espèce principale, le ciste de Montpellier est souvent exclusive. Ses petits massifs aux belles fleurs blanches à cœur jaune ne dépassent guère 1 m de haut, mais ils tolèrent peu la concurrence. Riche en composés hydrocarbonés, très pyrophile, *Cistus monspeliensis* entretient souvent un cycle de la végétation combustible, régénérée par les feux. Le dessèchement des vieux cistes facilite le développement de l'incendie, après quoi l'espèce l'emporte à nouveau sur les autres dans la conquête du sol nu, grâce à son énorme production de minuscules semences dont « la levée de dormance » est déclenchée par la température du sol, et dont la prolifération étouffe les autres végétaux. Mais au printemps, pendant la floraison, d'autres cistes ajoutent parfois leur splendeur aux maquis bas les moins denses, avec les fleurs blanches plus grandes à cœur jaune des cistes à feuilles de sauge *(C. salvifolius)*, et les grandes fleurs roses des cistes cotonneux calcicoles *(C. albidus)*, remplacés en Corse par les cistes de Crète *(C. creticus)*.

La pelouse à hélianthème est le stade ultime de la dégradation des chênaies sempervirentes sur sol siliceux. Elle forme souvent des clairières au cœur du maquis, où les ligneux ont totalement disparu, laissant la place aux espèces annuelles comme *Trifolium* (les trèfles) ou *Erodium* (les becs de grues). *Tuberaria guttata* (l'hélianthème à gouttes), dont la tige pubescente peut mesurer 40 cm, possède de longues grappes de fleurs jaunes aux pétales tachés de noir vers la base.

Le maquis corse vers Nonza.



© D. Marteau

Maquis haut arboré, formation luxuriante où les chênes-lièges sont ici relativement nombreux, l'arbousier n'empêchant pas toujours leur régénération.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Maquis à cistes (Maures occidentales).

Maquis mosaïque où une cistaie, témoin de l'intensité et de la fréquence des incendies, s'étend entre des arbousiers (à gauche) et des bruyères arborescentes (à droite). Tout au fond, des chênes-lièges.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teut

Le maquis corse

D'après les descriptions de Jacques Gamisans, des maquis plus ou moins hauts se développent aux basses pentes, sur un étage méso-méditerranéen. Si l'on excepte, aux adrets, un liseré côtier discontinu de végétation thermo-méditerranéenne caractérisé par l'oléolentisque, les clématites et les plantes grasses, le maquis corse s'étend, selon l'exposition, de 1 à 100 m et 700-900 m d'altitude. Les bruyères, qui abondent et voisinent souvent avec les filaires, montent parfois au-delà de 1 000 m, plus haut que les arbousiers qui, sur les adrets, s'arrêtent vers 800 m. Le ciste de Montpellier, qui couvre aussi de grandes surfaces sur les pentes ensoleillées, plus que le ciste velu ou à feuilles de sauge, monte également jusqu'à 800 m. Ces cistaies sont souvent truffées de calycotomes épineux, buissons serrés qui peuvent atteindre la taille d'un homme, et de genêts de Corse *(Genista corsica)* qui les rendent impénétrables. Mais il y a aussi les plantes aromatiques, qui donnent au maquis son odeur suave, chaude, épicée. « On reconnaît la Corse, les yeux fermés, à son parfum » aurait dit Napoléon. Car on y rencontre le lentisque avec sa senteur résineuse, le myrte avec ses feuilles utilisées en parfumerie, le buplèvre très odorant, mais aussi le cytise, la lavande à toupet, le chèvrefeuille, le cyclamen, la clématite, le romarin, l'herbe à barons *(Thymus herba-barona)* avec son odeur de citronnelle qui remplace le thym, absent en Corse, enfin, au milieu des cistes, l'asphodèle avec ses belles grappes de fleurs blanches odoriférantes. « Un frais parfum sort des touffes d'asphodèles » écrivait Victor Hugo dans *La Légende des siècles*.

Des bouquets de chênes verts, de chênes-lièges et de chênes pubescents surgissent, en même temps que d'énormes rochers, dans l'épaisse végétation. Le chêne vert se mêle encore au maquis jusque vers 500 m, avant de constituer davantage des forêts claires. C'était jadis un arbre très précieux, pour l'alimentation des porcs à demi-sauvages et pour la production de charbon et de bois de chauffage. Quant au chêne-liège, en bouquets ou perdu au milieu de l'impénétrable *macchia*, il forme parfois des peuplements étendus, comme dans la partie sud-est de l'île où il est encore exploité. Entre 500 et 800 m, le maquis se glisse dans les châtaigneraies jadis plantées par l'homme, mais il gagne aussi les champs abandonnés. Enfin, les cistaies vont jusqu'à former un sous-étage de la forêt de pins maritimes (surtout au sud-est).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Le maquis des Maures

Le massif ancien des Maures forme avec l'Estérel la Provence cristalline. Il est séparé de la Provence calcaire par une dépression périphérique permienne (fin de l'ère primaire) et triasique (début de l'ère secondaire), bourrée de grès et d'argiles rouges détritiques aux sols lithochromes (colorés par la roche mère). Sur les granites et roches métamorphiques de ses plateaux et ses dômes étagés (jusqu'à 779 m), entaillés par les rivières, se sont développés – comme dans la dépression – des sols siliceux plutôt riches et profonds. La végétation y croît plus rapidement qu'en pays calcaire car les grès poreux, et les schistes par leur feuilletage, favorisent la rétention d'eau.

La forêt originelle comprend surtout des chênes sclérophylles mais aussi caducifoliés. Les chênes verts s'observent notamment en zone côtière ou sur certaines pentes abritées de l'intérieur, tandis que les chênes-lièges et les chênes blancs occupent des zones plus humides, par exemple sur les versants nord où sont installées aussi des forêts de châtaigniers, autrefois développées par l'homme. Des pins maritimes avaient été plantés pour le bois de sciage et la pâte à papier. Mais après les grands froids de 1956, la régression de ces pinèdes attaquées par une cochenille, et fragiles devant l'incendie, a profité aux chênes-lièges (moins sensibles au feu) qui végétaient sous leur épais couvert. Enfin, surtout sur les grès du pourtour permien (la plaine des Maures), on rencontre de magnifiques pins parasols avec leurs sous-bois de cistes et de bruyères, côtoyant parfois les chênes-lièges et les pins maritimes. Somme toute, les Maures sont une obscure suberaie dominée par de majestueux châtaigniers, dont le nom vient du provençal « *maoro* » qui signifie « sombre ».

Le paysage actuel est celui d'un maquis mosaïque plus ou moins dégradé, entrecoupé de forêts. Cette diversité s'explique par la forte récession de la production de liège (il ne reste qu'un seul leveur de liège – ou écorceur à la hache – qui habite Collobrières), le vieillissement d'une châtaigneraie mal entretenue, excepté aux abords de Gonfaron, Collobrières ou de La Garde-Freinet, enfin par les grands incendies, particulièrement dévastateurs à partir de 1965 (pendant les années noires de 1980, 1990 et 2003).

Ce maquis mosaïque comprend des formations plus ou moins fermées :

– maquis épais à bruyères arborescentes et arbousiers, où croissent aussi le myrte, le lentisque, le cade, le calycotome épineux et le genêt, et où les grands arbres ont parfois disparu, maquis où se cachait Gaspard Bouis, « ce bandit au grand cœur » du XVIIIe siècle qui détroussait les riches pour donner aux pauvres, et qui inspira Jean Aicard dans son roman *Maurin des Maures*.

– maquis plus bas, riches en Éricacées et en cistes, embaumés de lavande des Maures, d'asphodèles et de narcisses, et des senteurs d'encaustique de l'immortelle. Les Éricacées (bruyère arborescente, bruyère à balais, callune), le calycotome épineux, la lavande stéchade, le ciste à feuilles de sauge et le myrte sont les meilleurs révélateurs des sols siliceux acides.

– enfin, formations plus ouvertes comme les pelouses à hélianthèmes et orchidées...

L'exemple éloquent du site entièrement siliceux du vallon de Saint-Daumas montre ces paysages particulièrement diversifiés. Depuis 1999, près du Cannet-des-Maures, le CEEP (Centre d'études des écosystèmes de Provence) possède 97 ha de ce vallon encaissé de la bordure nord du massif, ombragé et humide l'hiver, mais chaud et sec l'été. Issu d'une dégradation liée à l'incendie, un maquis haut à base de bruyère arborescente et d'arbousier, plus ou moins arboré avec des chênes-lièges et des pins maritimes, y couvre environ 46 ha, tandis qu'un maquis bas peu arboré à base de callune, de cistes et de filaires occupe une partie du site au niveau des grès de la dépression permienne. Quant aux formations arborées plus évoluées, elles couvrent environ 20 ha pour la suberaie humide, 6 ha pour les pinèdes pures de pin maritime mésogéen, et 2 ha pour la châtaigneraie issue du recépage de vieux vergers. Mais il existe de nombreux intermédiaires entre toutes ces catégories, auxquels s'ajoutent les habitats aquatiques, également diversifiés, comme les sources, les ripisylves ou les dépressions humides…

La végétation de la presqu'île de Sicié, étudiée par Jean-Claude Autran, montre la transition avec la végétation de la Provence calcaire occidentale. Comme les îles d'Hyères, cette zone constitue pourtant la terminaison cristalline au sud-ouest de la Provence siliceuse des Maures et de l'Estérel. Et l'ancienne forêt de chênes verts (et parfois de chênes-lièges) s'est dégradée en différents types de maquis, mais « la transition est marquée par une régression de l'est vers l'ouest de plusieurs espèces caractéristiques de la Provence cristalline » (AUTRAN, 1974). Le maquis élevé est assez peu répandu à Sicié, contrairement aux Maures. Ainsi l'arbousier, la bruyère arborescente, la bruyère à balai y sont moins représentés ; pourtant, tout en se raréfiant, ils s'avancent jusqu'au massif calcaire de Bandol. Mais on trouve plutôt un maquis bas à callune et dorycnium buissonnant, et surtout un maquis impénétrable à calycotome épineux, lentisque, fi-

hi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

laire et salsepareille, qui passe souvent insensiblement à la cistaie. L'abondance des cistes (de Montpellier, à feuilles de sauge ou cotonneux) ainsi que la présence de pelouses (à Graminées, à immortelles, inules visqueuses ou asphodèles) formant des clairières entre les zones de maquis ou de cistaies, montre la profonde dégradation de la végétation. Enfin, J.-C. Autran signale que « deux formes de garrigues, qui semblent déborder de la Provence calcaire voisine », peuvent s'observer sur les phyllades du massif de Sicié : garrigue à chêne kermès, et sur des versants secs et chauds, garrigue à romarin. Selon R. Molinier, c'est la transition entre le climat tiède et humide de la Provence cristalline et celui, moins chaud et plus sec de la Provence calcaire, qui peut rendre compte du débordement local et de l'imbrication des aires géographiques des végétaux (MOLINIER, 1956).

Le massif des Maures subit cycliquement des feux de forêt. En 2003, 10 000 ha ont été dévastés : en 1990, 9 000 ha avaient déjà été détruits mais ils s'étaient reconstitués en quelques années. En fait, les chênes-lièges à l'écorce protectrice redonnent vite des feuilles trois mois après la première pluie. Et si les arbousiers et les bruyères sont beaucoup plus inflammables, ces espèces conservent leurs racines, et en trois ou quatre ans les carcasses calcinées disparaissent dans un nouveau maquis.

Actuellement, une dynamique progressive peut s'observer dans certaines zones humides, avec le développement de jeunes chênes caducifoliés. Cependant, si la perte paysagère peut paraître plus ou moins limitée, l'effet est dévastateur pour la faune et les hommes. Le problème du mitage augmente aujourd'hui les risques de feux à répétition : la forêt, qui appartient à une multitude de petits propriétaires, n'est plus exploitée ni entretenue, et les nombreuses propriétés construites en son sein gênent le travail des pompiers. Depuis 2003, on a certes interdit certaines constructions et obligé à débroussailler, mais les propriétaires rechignent, à cause de l'atteinte paysagère et de la facture du débroussaillage.

Le massif ancien des Maures.



© C. Tassin

Sur les sols siliceux de ses plateaux ou de ses dômes étagés, entaillés par les rivières, la végétation croît plus vite qu'en pays calcaire. Au premier plan, chênes blancs et maquis à cistes et calycotome épineux *(Calicotome spinosa)*.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Maquis arboré à chênes (Maures).

Sous les chênes sclérophylles et caducifoliés, pelouse et maquis bas à cistes de Montpellier et myrtes. Comme les Éricacées, le calycotome ou encore la lavande stéchade, le myrte et certains cistes, surtout le ciste à feuilles de sauge, sont des espèces révélatrices des sols siliceux acides.

Maquis arboré à pins parasols.



© C. Tassin

Sur la bordure septentrionale du massif des Maures, maquis d'arbousiers et surtout de bruyère arborescente, sous couvert très discontinu de pins pignons. Au premier plan, petit buisson de filaires aux feuilles étroites.

Les garrigues, dégradations de la chênaie verte sur sols calcaires

Véritable complexe géographique aux formes différenciées, dont on retrouve aujourd'hui les richesses, plantes culinaires ou pharmaceutiques, champignons, gibiers et poissons, bois d'outillages, huiles et parfums, matériaux de construction (DELOBETTE, DORQUES, 2003), la garrigue est le résultat de facteurs naturels (pédologiques, climatiques) et humains (les usages agro-sylvo-pastoraux).

Une formation buissonnante ouverte

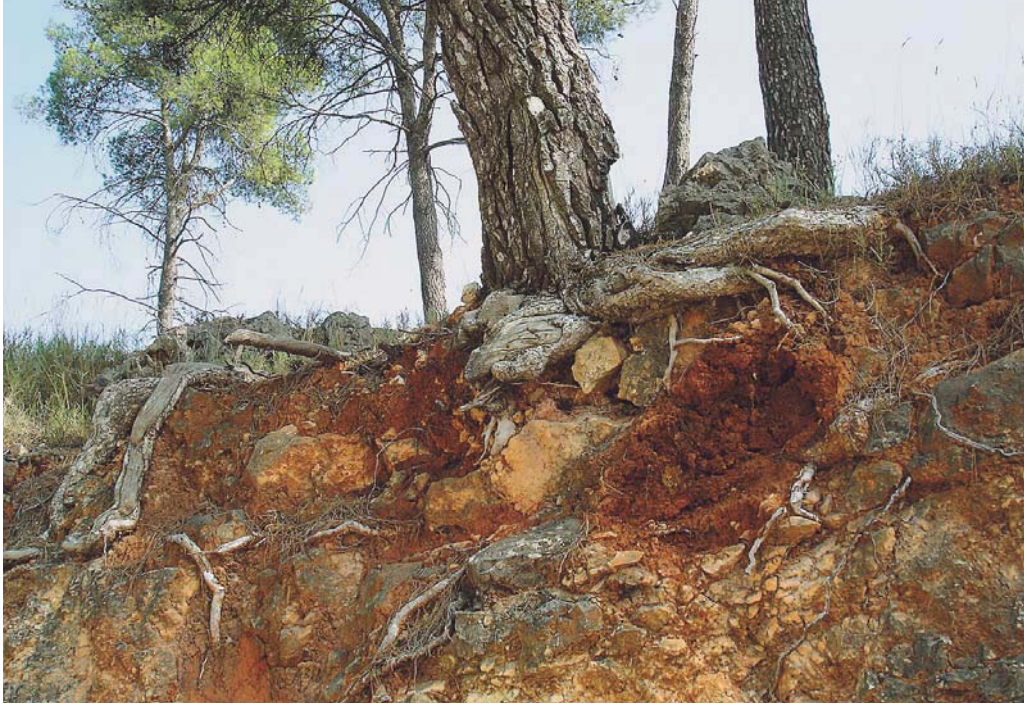
De nombreuses taches de sol nu

Le mot « garrigue » contiendrait une racine celtique (*gar, gal*) signifiant « rocher », rappelant que cette formation végétale se rencontre en pays calcaire, où les versants sont plus rocheux qu'en pays siliceux. Si la garrigue est plus ouverte que le maquis, c'est d'abord parce que les sols sont discontinus et que les plantes qui s'installent dans les fissures des rochers ont peu de chance de trouver l'eau à faible profondeur à cause de la karstification. Assez bien développé sous la forêt de chênes (chap. 3), le sol brun humifère, décalcifié par le lessivage des pluies, a souvent disparu sous la garrigue à cause de l'érosion facilitée par cette ouverture de la végétation, qui laisse apparaître un sol rouge entre des plaques de calcaire nu. Ce sol rouge fersiallitique ou « terra rossa », qui est une argile de décalcification bien rubéfiée par le fer déshydraté, serait un sol fossile (un paléosol) hérité d'une période plus humide (de l'ère tertiaire) d'où sa décarbonatation totale. Une sécheresse saisonnière aurait fabriqué l'oxyde de fer (l'hématite). Et c'est ce sol fossile, colonisé par la forêt au cours de la dernière phase postglaciaire, qui aurait servi de roche mère dans la genèse du sol brun forestier (chap. 3), l'érosion amorcée dans la garrigue entraînant ensuite une bonne partie de ces sols, nettoyant même les lapiez, les fissures de dissolution karstique. Mais ces considérations paléoclimatiques sur la formation des sols rouges doivent être nuancées par le fait que la dessiccation et la rubéfaction peuvent reprendre dans un sol brun avec l'ouverture de la végétation, avec la dégradation anthropique qui conduit à la garrigue : « l'humus se minéralise (…) les oxydes de fer libérés peuvent se déshydrater à nouveau sous l'action des rayons solaires » (DUCHAUFOUR, 2001). D'autres travaux ont montré des sols rouges en cours de formation au Liban.

Des espèces surtout thermophiles et xérophiles

Les plantes de la garrigue supportent des températures très élevées et une sécheresse prolongée en été. Elles luttent contre la dessiccation grâce à la sécrétion d'huiles volatiles par les nombreuses plantes balsamiques, notamment les Labiées (thym, romarin, sauge, lavande…) dont la pellicule émise embaume la végétation et « contribue à inhiber la transpiration, même pour les feuilles voisines non odoriférantes » (BIROT, 1965). La composition floristique de la garrigue résulte surtout du surpâturage, des défrichements et des incendies répétés. Le mot « garrigue » dériverait aussi de « garric, gari ou garou », c'est-à-dire l'arbre du rocher, la « garouille », le chêne kermès, cet arbuste qui a profité de l'attaque du chêne vert par l'homme. Cette origine du mot garrigue montre l'importance de cette espèce dans la dynamique de cette formation. On sait que le chêne kermès, présent sur tout le pourtour méditerranéen, est l'un des constituants du sous-bois de la forêt de chêne vert, remplaçant même celui-ci en Méditerranée orientale. On sait aussi que sur les roches calcaires compactes « ses racines occupent toutes les diaclases disponibles et qu'avec l'interruption des feux, leur taille devient suffisante pour gêner le développement des plantules de chênes » (BIROT, 1965). C'est la disparition de l'yeuse, « modèle de résistance » pourtant habilité à lutter contre les perturbations, qui permet le développement du chêne kermès. Si les pratiques ancestrales, les usages agro-sylvo-pastoraux millénaires qui avaient fait reculer la forêt mixte de chênes sclérophylles et caducifoliés ont grandement disparu, la dégradation anthropique est précipitée par les incendies répétitifs, notamment de pins d'Alep, « modèle expansionniste » capable, on l'a vu, de recoloniser rapidement les espaces découverts. D'une manière générale, « la garrigue apparaît comme une formation végétale dégradée et instable (…) qui tend sans cesse, soit à se dégrader encore davantage, soit à s'enrichir en arbustes ligneux » (DUGRAND, 1964). La destruction de la forêt et de son sol favorise la multiplication de pyrophytes et de plantes dédaignées par le troupeau, et si l'attaque se renforce, s'installent alors une garrigue plus basse, puis une maigre lande et enfin une pelouse ouverte. Si la dégradation peut s'arrêter ou devient beaucoup moins fréquente, cette pelouse évolue en sens inverse vers la lande et la garrigue basse, puis la garrigue arbustive et

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Sol fersiallitique de garrigue (Comunidad Valenciana, Espagne).

Argile de décalcification rubéfiée par le fer déshydraté (terra rossa) remplissant des poches de sa roche mère calcaire. Sol probablement fossile hérité d'un paléoclimat tropical à saison sèche, qui aurait servi lui-même de roche mère au sol brun forestier, l'érosion amorcée dans la garrigue ayant ensuite fait disparaître les horizons humifères et argileux brunifiés.

arborée, et une certaine régénération forestière, laquelle, contrairement à la destruction qui peut être instantanée, peut durer des décennies, voire des siècles. Parmi les botanistes ou géographes qui ont finement décrit les divers stades dynamiques de la garrigue, il faut citer Raymond Dugrand, les exemples qui suivent sur les types d'évolution s'inspirent en premier de son œuvre qui reste fondamentale aujourd'hui (DUGRAND, 1964).

Deux types principaux de dégradation

La garrigue est largement développée sur les collines et les plateaux calcaires du pourtour de la Méditerranée, où le vocabulaire est copieux : *erme* (terre inculte), *tomillar* (thym abondant), *romeral* (romarin abondant), *carrascal* (avec chêne kermès). Et c'est en Méditerranée orientale, où une sécheresse plus longue se combine avec une dégradation anthropique encore forte, que la végétation est la plus ouverte, comme les matorrals secondaires : la phrygana grecque ou le batha israélien. Mais finalement, selon la dureté du substrat calcaire on peut distinguer deux grands types de garrigues, qui reflètent aussi des différences d'usages des terres.

La garrigue à chêne kermès, dégradation sylvo-pastorale sur calcaires durs

En quelques millénaires, les coupes répétées, les feux et le surpâturage ont éliminé les arbres de la forêt climacique de chênes sclérophylles et caducifoliés. Toutes les espèces compagnes de l'yeuse sont d'ailleurs présentes dans la série régressive. Dans le taillis de chêne vert, où celui-ci par sa capacité à rejeter de souche s'impose au pubescent, s'ouvrent des clairières vite envahies par les pyrophytes comme les cistes, et des arbrisseaux spinescents comme le genêt épineux et le genévrier oxycèdre, dédaignés par les troupeaux. Mais les coupes et les feux répétés aboutissent à l'installation d'une garrigue basse à chêne kermès, espèce pyrophyte extrêmement ramifiée qui résiste longtemps au feu avec, on le sait, ses nombreuses branches souterraines. Pourtant, les bergers ayant eu tendance à brûler régulièrement ces arbustes aux feuilles épineuses, dont les nombreux rejets courent sur le sol, la dégradation a parfois continué, l'érosion faisant apparaître la roche calcaire, et surtout un paysage de pelouse constitué essentiellement d'espèces herbacées annuelles. Cette pelouse à brachypode rameux (à « baouque »), très résistante au feu avec ses rhizomes, peut occuper de vastes zones ouvertes, mais aussi se glisser dans la garrigue et les sous-bois des chênes verts. Jaunissant durant la saison sèche, elle se pare au printemps de jolies couleurs, avec les fleurs violettes ou jaunes des iris *(Iris lutescens)*, les fleurs roses ou blanches des cistes, les fleurs jaunes du phlomis

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Dynamique régressive dans une garrigue à chêne kermès.

Dans la garrigue montpelliéraine, les coupes répétées, les feux et le surpâturage ont abouti à une garrigue basse à chêne kermès, ici très dégradée en pelouse à brachypode rameux et asphodèle. Au loin, chênes verts et pins d'Alep.

(Phlomis lychnitis), du buplèvre *(Bupleurum fruticosum)*, ou encore de la rue fétide *(Ruta chalepensis*), arbrisseau à odeur désagréable. Mais, les feux et le pâturage se renouvelant fréquemment, le terme ultime de la dégradation est la pelouse ou lande à euphorbe et asphodèle. Grâce à ses tubercules racinaires qui résistent à l'incendie, l'asphodèle, délaissé par les moutons, y pousse à l'abri de toute concurrence.

Mais aujourd'hui, la déprise rurale au nord de la Méditerranée permet souvent à la dynamique progressive de l'emporter. La garrigue dépasse alors les stades de blocage auto-entretenus par les incendies et l'on observe souvent une garrigue boisée qui semble se diriger vers le « modèle de résistance », l'installation de chênes verts sous le couvert des pins d'Alep, voire un « modèle de stabilisation » avec l'installation de chênes pubescents. Cependant, la régénération de la chênaie, lorsqu'elle est menée à bien, peut « demander un siècle, comme dans la région de Montpellier » (BIROT, 1965). L'évolution progressive peut partir aussi de la pelouse (ou la lande arbustive) évoquée précédemment, mais seulement quand les feux et le pâturage s'arrêtent et n'ont pas rendu la dégradation irréversible en érodant presque complètement le sol.

La garrigue à romarin, dégradation agro-pastorale sur calcaires marneux

Plus broussailleuse, elle ressemble au maquis bas des sols siliceux. Outre un romarin qui abonde avec la bruyère multiflore, on y rencontre l'ajonc de Provence *(Ulex parviflorus)* ou encore le genêt scorpion *(Genista scorpius)* qui rappelle le calycotome, lequel peut aussi se développer dans la garrigue. Le romarin et le thym fleurissent dès janvier, mais c'est encore le printemps qui fait exploser les couleurs : fleurs bleu pâle à bleu-violet de l'aphyllante de Montpellier, dont les touffes de feuilles font penser à des joncs, fleurs rose vif du ciste cotonneux, fleurs jaunes de la coronille *(Coronilla juncea)*, qui précèdent celles de la lavande ou de la stéhéline douteuse *(Staehelina dubia)*, dont les petits capitules purpurins donnent, en fin de floraison, des paquets de filaments plumeux.

La garrigue à romarin proviendrait surtout d'usages agro-pastoraux, l'homme ayant défriché la forêt originelle de chêne blanc et chêne vert pour cultiver des terres plus ou moins marneuses. Sur les friches, fréquentes au nord de la Méditerranée, s'installent des plantes pionnières à grand pouvoir de propagation (des plantes sociales) comme l'inule visqueuse *(Inula viscosa)*, le plantain *(Plantago cynops)* ou le bouillon

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Buplèvre, garrigue de Saint-Guilhem-le-Désert.
Arbuste aromatique à feuilles persistantes, presque sessiles, à nervure médiane marquée. Ombelles à fleurs jaunes à nombreux rayons. Distribution éparse, notamment garrigues à chênes kermès.

blanc *(Verbascum sinuatum)* et sur les terres plus caillouteuses la lavande aspic *(Lavandula latifolia)*, le thym, la stéhéline douteuse et parfois l'ornithogale *(Ornithogalum umbelletum)*. Au bout de 2 à 5 ans commence à se développer une pelouse haute à brachypode de Phénicie *(Brachypodium phoenicoides)*, avec une flore très variée : Poacées, Crucifères, Fabacées (ou Légumineuses), plantes aromatiques comme la sauge ou le fenouil…Plus haut que le brachypode rameux – il atteint souvent 50 à 70 cm –, le brachypode de Phénicie (l'autre baouque) étouffe en 4 à 10 ans de son tapis serré les plantes pionnières. C'est une espèce des sols meubles et épais, les terres marneuses lui convenant parfaitement comme les sols siliceux, mais que la dorycnie (ou badasse) peut menacer. Si les feux deviennent rares ou s'arrêtent, se développent « les stades préforestiers (…) avec des essences héliophiles, amies du soleil, qui ont tôt fait, le jour où une strate les recouvre, de disparaître par étiolement ». Ce sont les garrigues à cistes, espèces « capables de résorber différents stades post-culturaux (ceux à *Staehelina* ou à *Dorycnium* par exemple) » (DUGRAND, 1964). Ce sont aussi les garrigues à cade ou à genêt d'Espagne *(Spartium junceum)*, qui permettent la croissance des chênes en étouffant les herbacées. Enfin, la garrigue à romarin se développe sous le couvert des pins d'Alep, ce « modèle expansionniste » qui peut s'installer dans n'importe quel stade de l'évolution (post-incendie, post-cultural, préforestier). L'homme a souvent défriché la garrigue à romarin pour cultiver les terres marneuses. Mais aujourd'hui, au nord du bassin méditerranéen, la déprise rurale, un arrêt ou une rareté des feux, peuvent permettre une certaine réinstallation des chênes sous les bois de pins d'Alep.

Enfin, la garrigue de chêne kermès qu'on trouve parfois sur les calcaires marneux peut conduire, par évolution régressive, à une garrigue à romarin. *Quercus coccifera* s'étend à partir des bordures des champs laissés à l'abandon. Mais à cause de son enracinement assez superficiel, sur les pentes il est remplacé par le buis moins vulnérable face à l'érosion. La coccifériaie ou la buxaie sur sols marneux mène souvent à la garrigue à romarin, lequel résiste mieux au déchaussement grâce à sa forte racine pivotante. Le stade ultime de la dégradation étant cette fois la pelouse à aphyllante *(Aphyllanthes monspeliensis)*, plante qui réussit à survivre grâce à son cône de racines pivotantes qui s'enfoncent jusqu'à 30 cm de profondeur.

thi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Friches envahies par l'inule visqueuse.

Pour cultiver les terres plus ou moins marneuses de la garrigue montpelliéraine, l'homme a souvent défriché la forêt de chênes ou la garrigue à romarin. La déprise rurale actuelle, l'arrêt ou une rareté des feux permettent une certaine recolonisation forestière.



© C. Tassin

Garrigue à romarin et touffe d'aphyllante *(Aphyllanthes monspeliensis)*.



La pelouse à aphyllante de Montpellier, seule espèce du genre *Aphyllanthes*, est le stade ultime de la dégradation de cette garrigue sur calcaire marneux.

Une stabilité de plus en plus appréciée

Le maintien d'espaces ouverts dans les pays en déprise

Pour Roger Prodon, un reboisement généralisé et systématique peut se révéler négatif pour la biodiversité : le manque de lumière ferait disparaître « beaucoup d'espèces à forte valeur patrimoniale liées aux espaces ouverts » (Les écologistes de l'Euzière, 2004). Pour Philippe Martin, le feu qui avait sa place dans l'économie traditionnelle, et que l'on avait « banni de notre culture », doit être réhabilité pour maintenir les matorrals dans les arrière-pays en déprise, d'autant que « le danger potentiel d'une mise en continuité d'espaces forestiers autrefois restreints, d'anciennes zones cultivées aujourd'hui couvertes de petits arbres, de zones périurbaines noyées sous les pinèdes, fait craindre des catastrophes d'un genre nouveau au cours des prochaines décennies » (MARTIN, 1997-2005). S'il affirme également que le feu constitue désormais la principale menace pour les espaces boisés méditerranéens, Thierry Tatoni précise malgré tout qu'aujourd'hui, « si l'on peut encore parler de forêt agressée, c'est au regard de l'expansion des habitations, et non plus de l'intervention des incendies ou du pâturage » (TATONI, 2007). Les solutions ? Le feu toléré en dehors des zones à risque ? Le morcellement des espaces par le brûlage dirigé ? (chap. 10)

Le facteur de la stabilité : la fréquence des incendies

Composante naturelle ou anthropique du milieu méditerranéen, le feu apparaît « comme un facteur majeur d'organisation des paysages, s'exprimant à travers les processus (…) de résilience, c'est-à dire les modalités de récupération des systèmes perturbés » (TATONI, 2007). On a vu au chapitre 2 qu'une stabilité temporaire des communautés végétales dépend d'incendies de petite taille et pas trop fréquents (de 10 à 15 ans selon les écosystèmes). Cela vaut pour les garrigues et les pelouses comme pour les maquis et les espaces boisés, qui dans ce cas peuvent présenter une forte résilience, une importante capacité à résister à la perturbation, tout en conservant l'essentiel de leurs propriétés et de leur composition floristique.

Au Levant espagnol (entre Alicante et Valence), un matorral à romarin et ajonc dominé par le pin d'Alep a pu se reconstituer en 10 ans. Certaines phryganes grecques le feraient même en moins de 10 ans, ainsi que les maquis des piémonts pyrénéens. Un autre exemple espagnol, cette fois sur terrain siliceux, un matorral à bruyère arborescente et calycotome épineux du nord-est de la Catalogne, a montré de très nombreux rejets d'espèces préexistantes.

Au Portugal, depuis les graves incendies déclenchés surtout entre 2003 et 2006, le Parque Natural da Arrabida montre une reconstitution assez rapide d'une garrigue ou d'un maquis. Située le long du littoral entre Setubal et Sesimbra, (dans la presqu'île de Setubal au sud de Lisbonne), la Serra da Arrabida est surtout une montagne calcaire et dolomitique, mais aussi marno-calcaire, qui tombe de façon abrupte (de 500 m) sur la mer, dans un cadre grandiose d'une rare beauté. Le parc Naturel a été créé en 1976, en grande partie en propriété privée. Outre des bois de chênes décidus *(Quercus faginea)*, de pins maritimes (dans les vallées) parfois associés à des pins parasols, et des landes couvertes de thym (*tomilhais*) ou de Graminées (*ervedos*), il comprend surtout des garrigues et même des maquis (sur les sols siliceux). D'ailleurs, plus denses et plus broussailleuses sur les sols marno-calcaires, les garrigues ressemblent souvent au maquis. Ce magnifique matorral, sûrement l'un des plus beaux d'Europe, a été dévasté dans l'été 2004 par un incendie difficilement contrôlable sur cette montagne escarpée, où la petite route touristique entre Outao et Portinho est difficile, pleine de virages. La suburbanisation menaçant aussi le parc Naturel, l'on s'efforce maintenant de surveiller la reconstitution de la végétation. En revisitant ces paysages à la fin de l'été 2007, on pouvait se rendre compte de la relative rapidité de cette repousse. Certes, les surfaces brûlées apparaissaient encore comme des endroits de désolation, mais un peu en dessous des longues tiges calcinées, bras qui semblaient implorer la protection d'un ciel pur, on pouvait découvrir, souvent à hauteur d'homme, les nombreux rejets et les nouvelles pousses déjà denses. En comparant avec l'épais matorral à arbousiers, lentisque, bruyère arborescente, épargné par le feu, où poussent quelques chênes verts, ou avec celui, parfois moins haut et plus ouvert, qui dévale vers l'océan, on pouvait trois ans après retrouver l'essentiel des espèces préexistantes. Notamment les chênes kermès, nombreux sur le calcaire massif, les arbousiers sur la dolomie ou, surtout sur les sols marno-calcaires, le romarin, la bruyère arborescente, le myrte, la stéhéline douteuse et les cistes (ciste de Montpellier, cotonneux ou encore ladanifer)… Un matorral en pleine renaissance – malgré encore des plaques de sol nu – où il est parfois déjà difficile de pénétrer, lorsque foisonnent aussi le lentisque et le térébinthe, ou bien s'enchevêtrent la salsepareille et les filaires, les genévriers de Phénicie, les petits oléastres et le buplèvre...

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Le Parque Natural da Arrabida (Portugal)



© C. Tassin

La Serra da Arrabida

Montagne surtout calcaire et dolomitique qui tombe de 500 m sur l'océan Atlantique, à l'ouest de Setubal. Magnifique matorral qui montre ici des buissons de chêne kermès, genévrier, lentisque (à gauche), de filaire et buplèvre (à droite), où s'enchevêtre la salsepareille.



© C. Tassin

Surfaces brûlées, trois ans après l'incendie

Dévastée en partie par le grave incendie de l'été 2004, la végétation repousse rapidement, notamment les arbousiers, la filaire à petites feuilles, le lentisque et les cistes.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

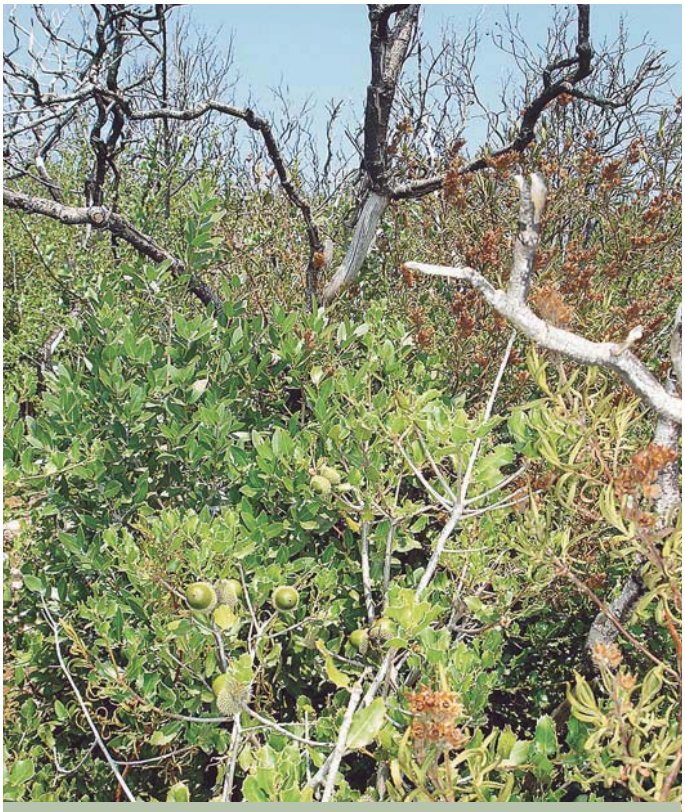
Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Garrigue à chêne kermès non incendiée (2007)

Le parc comprend surtout des garrigues. Comme l'arbousier sur les sols dolomitiques ou siliceux, le chêne kermès est très répandu sur le calcaire massif. La stéhéline douteuse qui l'accompagne ici donne en fin de floraison des paquets de filaments plumeux.



© C. Tassin

Repousse du chêne kermès incendié (2007)

Comme celle de l'arbousier, elle est rapide, 3 ans après l'incendie. La suburbanisation menaçant aussi le parc naturel, on s'efforce aujourd'hui de surveiller la reconstitution des espèces préexistantes du matorral.

L'exemple de la garrigue montpelliéraine

Si les garrigues ont leurs dynamiques propres sur différents sols calcaires et face aux diverses perturbations, leurs paysages forment souvent une mosaïque, comme le montrent celles du Bas-Languedoc. Sur un même plateau calcaire peuvent s'étaler les bois de chênes verts et de pins d'Alep, les fourrés de chênes kermès, les garrigues à cistes ou à genévriers, à thym ou à romarin, les pelouses à Graminées, les dalles calcaires à lichens…

La partie centrale des garrigues du Bas-Languedoc

Le Bas-Languedoc est un couloir de plaines et de plateaux, large de 30 à 50 km, situé entre la montagne et la mer, c'est la partie méditerranéenne de l'ancienne province historique, qui s'allonge du défilé de Salses au petit Rhône. Et sur les cartes, « la zone des garrigues », c'est la région de piémont du Massif central comprise entre la bordure sud des Cévennes et les plaines de Nîmes et Montpellier, un gradin constitué de plateaux étagés qui descend vers la plaine, de 430 m à 80-90 m. Dans le détail, des sédiments d'âge secondaire et tertiaire, affectés de plis sud-ouest/nord-est fracturés par des failles, donnent de menus reliefs, des collines pierreuses, des crêtes calcaires et des dépressions rougeâtres... Pour Paul Marres et Raymond Dugrand, la région a été conquise par le chêne pubescent et l'érable de Montpellier après la dernière période froide quaternaire, ces deux caducifoliés supportant un hiver qui n'était pas encore méditerranéen, puis, avec le réchauffement et l'assèchement, conquise par « la chênaie d'yeuse qui se mêle aux pubescents, contenant ces derniers dans les ubacs et les stations plus fraîches, et les repoussant vers le haut » (DUGRAND, 1964). La garrigue montpelliéraine, c'est au nord-ouest de la cité un quadrilatère correspondant surtout à l'étage 280-300 m et compris entre deux vallées, celle de l'Hérault à l'ouest et celle du Lez à l'est, et deux zones déprimées, le bassin marneux de Saint-Martin-de-Londres au nord et l'étroit couloir de roches tendres de Saint-Paul-et-Valmalle au sud. Elle présente plusieurs paysages morphologiques (fig. 14). Au nord, c'est le pli anticlinal érodé du Pic Saint-Loup, qui de sa forte escarpe dissymétrique (658 m) domine le bassin de Saint-Martin-de-Londres, qu'il chevauche. Mais le pli de Viols-le-Fort qui le prolonge vers l'ouest ne donne qu'un lourd bombement peu visible dans la topographie. Au centre, des plateaux calcaires d'âge secondaire (Jurassique) s'étendent sur plus des trois-quarts de la région étudiée par R. Dugrand, seulement interrompus au nord-est par la combe ovale de Mortiès, creusée au pied du Saint-Loup dans les marnes du Lias, et au sud par des bassins allongés qui les découpent en lanières le long de failles plus ou moins parallèles, de direction méridienne ou sud-ouest/nord-est, bassins de La Boissière-Argelliers, de Montarnaud-Vailhauquès, de Saint-Gély-du-Fesc et des Matelles, ce dernier étant bordé à l'ouest par la longue faille de Saint-Jean-de-Cuculles. Enfin, au sud, ces bassins « débouchent dans un sillon de direction est-ouest vers lequel ils s'inclinent et s'élargissent : le couloir de Saint-Paul-et-Valmalle » (DUGRAND, 1964). Cet étroit synclinal creusé dans des roches détritiques de l'ère tertiaire (surtout les grès et marnes de l'Eocène), les sépare du pli anticlinal jurassique de Montpellier qui, de plus en plus vaste vers l'ouest, a d'ailleurs glissé vers le nord sur son avant-pays crétacé et tertiaire jusqu'à ce couloir. Il s'agit là encore d'un pli chevauchant analogue à ceux de Viols-le-Fort et du Saint-Loup, dont la combe liasique de Murviel-lès-Montpellier fait écho à celle de Mortiès au nord.

Dans les années 1960, « des aspects contrastés et typiques » (Dugrand, 1964)

Aux portes de la ville : une garrigue dépouillée

Le géographe Raymond Dugrand étudie la garrigue dans le quadrilatère Juvignac – Grabels – Bel-Air – Saint-Georges d'Orques. Sur ce plateau essentiellement jurassique, la variété des substrats, calcaire marneux, dolomitique ou conglomératique (la brèche oligocène des Matelles), ne semble avoir que peu d'influence sur le paysage végétal, puisque celui-ci peut se résumer à seulement deux formations qui s'interpénètrent : la brousse à kermès et la pelouse à brachypode rameux. La raison en incombe à une dégradation extrême, une multiplication des abus humains depuis le XVIIIe siècle due à la proximité de la ville. Au nord et nord-est de ce quadrilatère, la brousse à kermès couvre presque entièrement le sol, sauf dans des clairières à brachypode rameux. Ne dépassant pas 1 ou 2 mètres, le kermès est accompagné de quelques filaires, genêts scorpions, cades et lentisques, tandis que dans les trouées façonnées par les incendies s'impose la pelouse à brachypode, thym et lavande. Mais ces clairières sont surtout développées au sud et sud-ouest du quadrilatère, entourant des plaques de kermès aplaties sur le

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

sol et brûlées périodiquement. Le surpâturage, responsable de l'appauvrissement extrême, y a aussi favorisé nombre d'espèces inalibiles (refusées par les moutons), tels le panicaut, la carline, les euphorbes ou le phlomide.

Sur les versants marneux des bassins méridionaux : la lande à romarin

La domination du romarin sur des pentes assez fortes montre la force de l'érosion dans ce domaine des accumulations tertiaires (éocènes et oligocènes). À l'est de la ferme de la Fenouillède, entre les bassins de La Boissière et de Montarnaud, R. Dugrand distingue trois parties sur ces versants. En haut où l'érosion est modérée, la lande à romarin et bruyère multiflore est plus ou moins couverte par des chênes verts et des pins d'Alep très espacés. Au milieu et vers le bas, où sévit davantage l'érosion, le pin devient rare sur ces sols instables alors que le romarin domine franchement grâce à sa racine pivotante. Enfin, en bas du versant, « aussi bien dans la zone d'érosion que dans les premiers atterrissements », la pelouse à aphyllante et à choin *(Schoenus nigricans)* résiste à l'enfouissement colluvial.

Sur les tables de calcaire du centre : la garrigue boisée à chêne vert

Mais la structure de ce taillis dépend de multiples facteurs, comme la fréquence des coupes, l'exposition, la présence de vallées asséchées, et surtout la nature du calcaire. La strate arbustive qui accompagne les groupes isolés de chênes verts, témoins de l'ancienne futaie, est plus serrée sur le calcaire tendre crétacé ou tertiaire que sur le calcaire dur jurassique. Sur certains sols siliceux, la garrigue fait place à un maquis inextricable où l'yeuse est encore l'espèce dominante accompagnée du pubescent, de l'arbousier, et de la bruyère arborescente. Sur le calcaire et les grès à dragées de quartz du Crétacé, tout près de Montarnaud et d'Argelliers, ce maquis est même colonisé par des pins maritimes « d'abord plantés par l'homme », et des pins de Salzmann « peut-être apportés de Saint-Guilhem par les troupeaux transhumants » (DUGRAND, 1964).

Sur les hauts plateaux au nord-ouest : une mosaïque où domine la lande à buis

Sur les anciennes terres céréalières, cette lande arborée à buis est en situation progressive (friche-pelouse-lande). Au sud de Saint-Martin-de-Londres, elle se présente sous la forme de bosquets arbustifs et d'une pelouse herbacée ou chaméphytique recouvrant toujours plus des deux tiers du sol. Dans cette région éloignée, aux sols squelettiques et au climat plus rigoureux (cf. les - 29°2 à Saint-Martin-de-Londres relevés le 5 février 1963 contre - 19°3 à Bel-Air et - 16°7 à Montpellier), la viticulture n'avait pu succéder à la céréaliculture en crise, et les terres furent abandonnées aux moutons, lesquels ont d'ailleurs ralenti la progression. Mais sur les calcaires massifs, impossibles à cultiver, existe une lande plus boisée, un véritable taillis à buis en situation régressive. Parcouru par les troupeaux, ce taillis est donc différent de la lande arborée issue de la friche abandonnée, même quand la dégradation l'en rapproche sur le plan physionomique. Car au milieu des chênes verts, des pubescents et des buis se développent en effet nombre de clairières à brachypode.

Dans le sillon tectonique du Lez : une garrigue à l'aspect de pinède

Juchés sur les petites collines de calcaire marneux, entre les bassins marneux voués au vignoble, les pins d'Alep ont profité de la viticulture, qui repoussait les feux et le pâturage, pour se développer à partir des pins plantés près des maisons de maître. Dans ces années 1960, la progression sous les pinèdes est relativement rapide, comme le montrent les nombreuses strates à recouvrement assez élevé du bois des Grases, à l'est de Saint-Gély-du-Fesc : pins non jointifs de 6 à 10 m de haut, pins tortueux de 4 à 6 m, pins de 2 à 4 m avec chênes verts et leurs compagnons habituels, enfin strate chaméphytique et herbacée (bruyère multiflore, romarin, aphyllante, brachypodes…)

Une reconquête forestière en cours

Jusqu'aux années 1960, la relative stabilité de la garrigue

Dans la garrigue montpelliéraine, à la veille de la Révolution, n'existe plus guère de forêt sclérophylle, les besoins grandissants des villes n'ayant cessé de la faire reculer. Après 1850, l'économie traditionnelle entre en crise, les charbonnières s'éteignent peu à peu et les « bouscatiers » (les coupeurs) sont en voie de disparition, la ville ne consomme plus vraiment de bois. Pourtant, en 1964, alors que s'accélère l'exode rural, R. Dugrand écrit : « théoriquement, la garrigue est entrée depuis plus d'un demi-siècle dans un nouveau cycle de progression végétale (…) mais nul *saltus* n'est devenu forêt sauf par transformation en pinède »… Il donne alors les raisons de cette relative stagnation : forte érosion des sols, élevage du mouton toujours présent, même supérieur à celui des régions voisines (il y a 200 à 300 têtes en moyenne par domaine). Pendant 8 mois, les grands troupeaux parcourent la

garrigue, de septembre jusqu'en juin, mois où par les drailles ancestrales débute la transhumance vers les Causses et l'Aubrac. Dans les taillis de chênes verts, les pinèdes à pins d'Alep ou les landes à buis, ils broutent tous les feuillus, surtout le nerprun alaterne, les chèvrefeuilles et même le cade. Mais les lieux de pacage les plus appréciés sont les pelouses à brachypode rameux et surtout de Phénicie, avec leurs Graminées, Légumineuses, Ombellifères (le fenouil), et Liliacées (l'aphyllante). Cependant, les terrains de parcours tendent souvent vers la pelouse à asphodèle, les feux pastoraux encore répétitifs multipliant dans la brousse à kermès ou les cistaies les espèces inalibiles.

Depuis les années 1960, « trois processus de transformation » (Cheylan, 2001)

La crise des campagnes – les transformations du secteur agricole et l'accélération de l'exode rural – ainsi que le recul des grands incendies entraînent une certaine recolonisation forestière. Si dans les bassins le vignoble fait peau neuve après la crise de surproduction, il n'en va pas de même pour l'élevage ovin des collines et des plateaux, activité majeure pendant des siècles mais sur le point de s'éteindre. Ainsi la pression sur la végétation s'est-elle relâchée, engendrant une vraie remontée biologique, car « les vastes zones de parcours ne sont pas réutilisées d'un point de vue agricole, du fait de la pauvreté du sol et de l'importance des travaux nécessaires pour obtenir une récolte rentable » note Manuel Ibanez, dont les observations portent sur 77 communes de l'Hérault et du Gard qui représentent une bonne part de la zone étudiée par R. Dugrand. Cependant, la péri-urbanisation, conséquence de la métropolisation, nuit à la « fonctionnalité des écosystèmes » et entraîne « une destruction quasi irréversible du milieu naturel » (Ibanez, 2005). Capitale régionale très attractive, qui concentre la majorité des activités économiques et des services, l'agglomération de Montpellier, d'après l'Insee, continuera d'augmenter fortement sa population au moins jusqu'en 2015. Après la périphérie immédiate et la plaine littorale, l'étalement et le mitage péri-urbains gagnent aujourd'hui les garrigues, mettant en danger des écosystèmes jusqu'alors interdépendants, qui se trouvent morcelés ou détruits, ou encore pollués, notamment par l'expansion des surfaces goudronnées et bétonnées. Manuel Ibanez donne l'exemple de Saint-Mathieu-de-Tréviers, au pied du pic Saint-Loup, passé de 500 habitants en 1962 à plus de 3 700 en 1999. Entre 1962 et 1994, les surfaces bâties ont été multipliées par cinq, certes de part et d'autre de la route principale, dont le trafic s'est d'ailleurs densifié, obligeant à partir de 2008 à l'aménagement de ronds-points dispensateurs de directions nouvelles rapides, mais aussi autour du vieux village et sur la colline des Avants autrefois totalement non bâtie. La nécessaire amélioration d'un réseau routier de plus en plus surchargé ne peut qu'accroître la dynamique périurbaine, en amenant d'autres habitants ne travaillant pas sur place, et en augmentant les migrations quotidiennes de main-d'œuvre (les « migrations pendulaires »). « Dans un rayon de 25 km autour de Montpellier, entre 70 et 95 % des actifs travaillent dans l'agglomération » (Ibanez, 2005).

La dynamique de fermeture actuelle

Procédant des transformations humaines et économiques de ces 40 dernières années, cette dynamique donne un visage nouveau à la mosaïque végétale étudiée par Raymond Dugrand. Les aspects qui sont décrits ici s'inspirent de quelques-uns des récents relevés de végétation que nous avons effectués dans les types de garrigue présentés en 1964.

Sur les plateaux jurassiques : la garrigue boisée à chêne vert

Cette évolution progressive se remarque notamment dans la Znieff (Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique) du pic Saint-Loup et de l'Hortus. Derrière l'entité paysagère de la région du Saint-Loup, on découvre une certaine variété des espèces végétales en fonction de la topographie, de l'exposition et des sols. Sur les flancs sud (aux adrets), la garrigue boisée de chêne vert a bien progressé. Sur le glacis d'éboulis périglaciaire (würmien) de la falaise calcaire de l'Hortus, les chênes verts possèdent un sous-bois relativement dense (cade, filaire, lentisque, laurier-tin, térébinthe, nerprun, kermès bas). Et, très souvent, une strate supérieure de pins d'Alep de belle taille les recouvre. En bas, des chênes blancs sont parfois installés non loin des sources : l'Hortus connaît une inversion d'étage. Sur le versant sud de l'anticlinal chevauchant du Saint-Loup, l'érosion a tranché les couches du Jurassique et du Lias : malgré l'altitude, les bois d'yeuse s'élèvent au-dessus de la combe viticole de Mortiès jusqu'au sommet au sol rare et xérique du pic, corniche de calcaire lithographique relevée à la verticale (658 m). Le chêne vert y couvre ses compagnons habituels (kermès, cade, filaires, alaterne, térébinthe, lentisque, salsepareille, thym, romarin, lavande…), dont les arbustes forment souvent de gros buissons. Et malgré l'exposition à l'adret, l'altitude et le climat plus humide permettent la présence de nombreux

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

chênes pubescents, bien visibles aussi (surtout à l'automne) avec l'érable de Montpellier et des lianes vivaces (salsepareille, clématite…) dans les bas-fonds marneux de Mortiès, et sur les flancs exposés plus ou moins à l'ombre (nord et ouest) des collines vallonnées qui ondulent entre la combe et la faille de Saint-Jean-de-Cuculles. Enfin, la présence de nombreux arbousiers révèle l'importance du facteur édaphique : tout d'abord, le sol sur dolomie au-dessus du village de Saint-Jean-de-Cuculles, puis de l'autre côté de la combe de Mortiès, jusque dans les environs de la Figarède, un sol siliceux sur calcaires noduleux parfois entièrement silicifiés… Il faut mentionner ici que les bassins marins, où se sont déposées les couches marno-calcaires qui ont donné la combe dans l'axe de l'anticlinal du Saint-Loup, ont été gratifiés par les vents du Lias de 5 à 10 % de silice. La dolomie, quant à elle, est composée essentiellement d'un carbonate double de magnésium et de calcium, qui a précipité dans des lagunes marines. Mais sa teneur chimique, ainsi que les faciès et sa couleur (blanche, grise ou beige) dépendent de ses conditions de sédimentation. Attaquée par l'eau de pluie, la partie la plus soluble de la roche s'arénise en sable fin, en dégageant les célèbres reliefs ruiniformes, tels ceux de Montpellier-le-Vieux ou du cirque de Mourèze. L'arbousier, mais aussi le pin de Salzmann, le genévrier de Phénicie, le ciste à feuilles de sauge ou encore l'immortelle *stoechas* affectionnent les terrains dolomitiques. Sur les éboulis du versant nord (à l'ubac) du Saint-Loup, la garrigue boisée se rapproche davantage de la forêt primitive avec ses nombreux chênes blancs. Face au creux synclinal, en partie occupé par la vigne, ils dominent le plus souvent les chênes verts et leurs compagnons pourtant de belle taille : cade, filaires, kermès, térébinthe, genêt épineux, buis. Le pubescent, qui contrairement à l'yeuse recherche le maximum d'humidité, est ici présent sur la totalité de l'ubac.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

La garrigue montpelliéraine : une dynamique progressive



© C. Tassin

Évolution progressive de la lande à buis, au nord de Viols-le-Fort

Cette lande est nettement plus haute qu'il y a 40 ans. Derrière une garrigue arbustive à buis, lavande et euphorbe, apparaît une garrigue de plus en plus boisée avec des cades qui dépassent les buis et, tout au fond, le térébinthe, l'yeuse, la filaire, et même le chêne blanc.



© C. Tassin

Évolution vers la garrigue boisée à romarin, à l'ouest de Montarnaud

Au sud-ouest du bois de Montlobre, sur le versant marneux du bassin de Montarnaud, la lande à romarin des années 1960 est devenue garrigue arborée. Sous des chênes verts et des pins d'Alep de belle taille, le romarin, qui était l'essence dominante, est concurrencé par la bruyère multiflore, mais aussi le genêt scorpion et la filaire.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Recolonisation forestière au nord de Montarnaud

Les pubescents qui s'allongeaient déjà il y a 40 ans dans la vallée du ruisseau de la Garonne en raison du micro-climat d'humidité sont aujourd'hui gigantesques. Près du lieu-dit Les Chênes, ils dépassent aujourd'hui les volumineux chênes verts.



© C. Tassin

Pins d'Alep sur la faille de Saint-Jean-de-Cuculles

Totalement absents il y a 40 ans, ils apparaissent dans la garrigue buissonnante derrière le village, avec ici des cades énormes de 3-4 m couverts de salsepareille, un érable de Montpellier et un buisson de lentisque. Visible dans la topographie sur des kilomètres, le plan de faille (ici au premier plan) subit partout un véritable assaut du pin d'Alep.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Le fort développement des pinèdes dans le couloir du Lez

Depuis la fin de l'élevage ovin et des feux pastoraux, les pinèdes se développent sur les collines marno-calcaires, comme ici sur le Serre de Montalet, en face du Pont Romain.



© C. Tassin

Lande à romarin sous pinède dans le couloir du Lez

Dans l'ancien chemin du Triadou, près du lieu-dit les Terrousses, sur les feuillets d'un calcaire marneux très gélif s'étend une garrigue à romarin avec des bouquets de cade, d'aphyllante, de thym, de lavande… Contrairement à celle des bassins marneux méridionaux, elle est bien dominée par les pins d'Alep, sauf sur les pentes où seule peut s'accrocher la racine pivotante du romarin.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Garrigue près de Saint-Jean-de-Cuculles, un an et demi après l'incendie

En février 2005, la filaire à petites feuilles, le ciste de Montpellier et la pelouse à graminées ont déjà envahi l'espace incendié.



© C. Tassin

Garrigue près de Saint-Jean-de-Cuculles, cinq ans après l'incendie

Fin mai 2008, autour des pins d'Alep calcinés, la garrigue a retrouvé l'essentiel de sa structure et de sa composition floristique : les cistes de Montpellier, les kermès, les filaires, les lentisques et les jeunes pins couvrent déjà largement le sol.



© C. Tassin

Relative stabilité de la garrigue dépouillée à plaques de kermès

À l'est de Bel-Air , malgré la diminution des abus humains aux portes de la ville, la brousse à chêne kermès reste un tapis épineux d'un mètre d'épaisseur qui couvre entièrement le sol. Ciste et genêts d'Espagne en fleurs.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Au nord de Viols-le-Fort : vers la garrigue arbustive ou boisée à buis

En dehors de quelques parcelles encore vouées au pacage, ces formations ne sont plus parcourues par les grands troupeaux. Ainsi, la lande à buis décrite par R. Dugrand est-elle actuellement beaucoup plus dense et plus haute. Entre Mas de Bouis et Roussières (à l'est du bois de Bouis), les chênes verts assez nombreux ont maintenant 4 m de haut et le cade qui peut atteindre 2 à 3 m dépasse souvent le buis. Cette évolution vers une garrigue boisée est remarquable dans les anciens taillis de dégradation, notamment à l'est du bois de Garone. Sur les calcaires massifs très lapiazés du Jurassique (du Tithonique) ou lacustres de l'Éocène moyen, se rencontrent de grands chênes verts (avec quelques pubescents) couvrant plus ou moins d'abondants et hauts buissons de buis et de cade. Le buis est ici une espèce bien enracinée qui remplace le chêne kermès totalement absent. La végétation est souvent impénétrable, entre de toutes petites clairières à brachypode, à genêt scorpion et à plaques de calcaire nu. Sur les faces nord de ces bois (bois de Mounié, bois de Garone), les pubescents deviennent nombreux. La montagne de la Selette qui culmine à 530 m, autrefois largement livrée à des formations ouvertes de dégradation (encore marquées sur certaines cartes) est aujourd'hui couverte d'une garrigue boisée à buis et à nombreux chênes verts et térébinthes. La végétation est beaucoup moins discontinue sur le sommet.

Dans les bassins marneux : vers la garrigue boisée à romarin et bruyère multiflore

En revisitant les versants entre les bassins de La Boissière et de Montarnaud à l'est de la Fenouillède, on s'aperçoit que la lande à romarin est devenue une véritable garrigue boisée. Notamment sur les marnes et brèches calcaires éocènes qui, vers Bel-Air, vont recouvrir (en discordance) le pli de Montpellier. Le romarin et la bruyère multiflore, toujours prédominants parmi des filaires et un genêt scorpion abondants, y dépassent souvent le mètre de haut, ayant parfois la taille d'un homme sous un couvert discontinu d'yeuses et de quelques pins d'Alep. Autre exemple de garrigue plus ou moins boisée à romarin sur calcaire marneux : le Pioch de Lirou. Il est situé sur la brèche oligocène des Matelles, qui est le résultat de l'érosion des reliefs créés par les failles. Le romarin et le cade prédominants sont accompagnés du buis et de l'aphyllante, sous des pins d'Alep et des chênes verts de tailles diverses en pleine croissance. Au nord de Montarnaud, on passe de plus en plus à la forêt mixte. Les volumineux chênes verts y sont dépassés par des pubescents, eux-mêmes parfois dominés par des pins maritimes ou de Salzmann. Comme il y a 40 ans, sur des sols alluviaux et

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

frais, plus ou moins siliceux, les chênes caducifoliés s'allongent dans la vallée du ruisseau de la Garonne tels un trait de scie au milieu des chênes sclérophylles, mais aujourd'hui beaucoup paraissent vraiment gigantesques. Raymond Dugrand expliquait leur présence par le microclimat d'humidité créé par l'ombre du versant oriental : de fait, en dessous du Bois de Paturascle, la dénivellation atteint au moins les 150 m… Au sud de Viols-le-Fort, sur des sols rouges conglomératiques à quartz règne un maquis arboré. La hauteur et la densité des chênes verts et des arbousiers très nombreux, accompagnés de quelques pubescents, de buissons de romarin, bruyère arborescente, de cade et térébinthe, montrent la marche progressive vers un climax forestier, une forêt métastable. Enfin, à l'ouest de Grabels, une garrigue plutôt basse (1 m à 1,50 m en moyenne) subit la franche conquête du pin d'Alep. Cette garrigue à chêne kermès, romarin, bruyère multiflore, cade et buis s'étend sur un sol relativement siliceux, à substrat de calcaire lacustre et grès rouges à dragées de quartz datant du Crétacé supérieur. Profitant aujourd'hui de l'arrêt du pastoralisme et des incendies, freinés notamment par des éclaircissements au bord de la route, les pins d'Alep y sont déjà assez nombreux sur les parties plates, mais les beaux spécimens sont encore assez clairsemés et les petits conquérants (de 0,30 m à 2 m en général) boudent nettement les fortes pentes aux sols moins stables.

Dans le couloir du Lez : la forte expansion des pins d'Alep

À l'est comme à l'ouest de la route qui conduit de Saint-Mathieu-de-Tréviers à Montpellier par Prades-le-Lez, on retrouve la garrigue sous des pins très nombreux et de belle taille (souvent 10 m de haut). Sur les collines marno-calcaires éocènes, entre Grabels et Saint-Gély-du-Fesc ou du Serre de Montalet (à l'ouest du Triadou), les pins d'Alep foisonnent au-dessus des chênes verts et des gros buissons de kermès, envahissant même au bas des pentes la garrigue basse à *coccifera*, romarin, cade, filaires, thym et lavande. Au bois des Grases, au nord-est de Saint-Gély-du-Fesc, sous les grands pins d'Alep, la lande à romarin, bruyère, brachypode et thym comporte aujourd'hui de nombreux buissons de kermès. Non loin de là, entre Saint-Gély-du-Fesc et les Matelles, moins nombreux, les pins sont rattrapés par de grands chênes verts d'au moins 4 m de hauteur. Depuis la fin de l'élevage ovin et des feux pastoraux, les pinèdes sont moins menacées mais pas exemptes d'incendies, car très inflammables. Cependant, les zones brûlées sont assez vite recolonisées, comme la colline du bois du Mas de Piquet, en bordure de la voie express qui mène de Saint-Gély-du-Fesc à Montpellier, où l'été d'après l'incendie (2006) repoussaient tout autour des troncs calcinés de pins le lentisque, la filaire *angustifolia*, l'aphyllante et la salsepareille, alors que le laurier-tin, le cade et la bruyère multiflore peinaient davantage à réapparaître. De même, tout près de Saint-Jean-de-Cuculles, cinq ans après l'incendie de 2003, on constatait une assez bonne reconstitution de la végétation : sur une zone hérissée de troncs de pins d'Alep, les cistes, les kermès, les filaires, les lentisques et les jeunes pins couvraient déjà très largement le sol.

Mais c'est peut-être au pied de Saint-Jean-de-Cuculles qu'on peut le mieux observer le sous-bois complexe des pinèdes. Ce village perché en bordure de la dépression du Lez est de plus en plus entouré par les pins d'Alep, contrairement aux années 1960 où le paysage était assez dépouillé (DUGRAND, 1964).

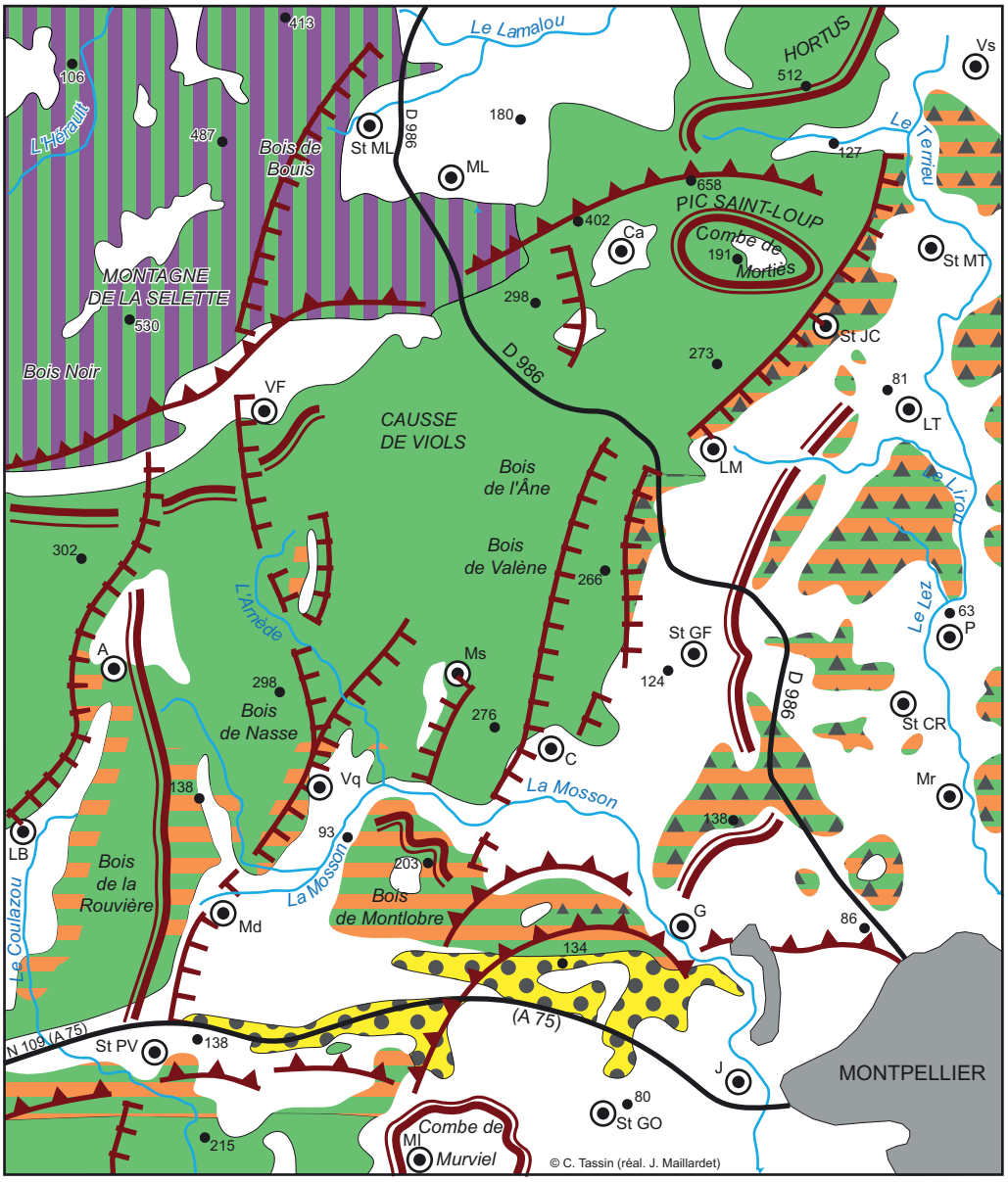
Sur la pente derrière le village, où grimpe la route de Cazevieille, les buissons de cade (3-4 m de haut) et de lentisque ont colonisé les friches où traînent encore des oliviers, avec, sur le haut seulement, l'érable de Montpellier et quelques chênes verts. Mais surtout, des pins d'Alep, certes très clairsemés mais souvent de belle taille, et totalement absents il y a 40 ans, sont en train de coloniser cette garrigue buissonnante. Comme partout sur le plan de faille, qui subit un véritable assaut…

Cependant, c'est sur les collines marno-calcaires (crétacées, éocènes ou oligocènes) qui courent au pied du village que se développent de belles pinèdes (qui peuvent atteindre plus de 10 m de hauteur), comme sur la colline du Bosquet et des Cazarels, entre l'ancien chemin du Triadou et le Pont Romain. Près du lieu-dit les Terrousses, sur les feuillets d'un calcaire marneux très gélif, s'étend une garrigue à romarin avec bouquets de cade, aphyllante, thym et lavande, et de nombreuses plaques de sol nu ou de pelouse à brachypode, carthame laineux, lavande et fenouil. Contrairement à celle des bassins marneux méridionaux, cette lande à romarin est aujourd'hui bien dominée par des pins d'Alep parfois volumineux, sauf sur les pentes nues et dégradées où seul s'accroche le romarin grâce à sa racine pivotante. Pourtant, en ce lieu, leurs branches avaient tendance à noircir et se dessécher (un peu avant 2007), peut-être victimes d'attaques cryptogamiques. Des chancres peuvent se développer « sur les rameaux et à l'aisselle des branches (…) et entraîner la mort des rameaux situés au-dessus d'eux » (BEDEL, 1986). Mais peut-être aussi cette espèce qui est ici en limite de son aire de répartition se trouve-t-elle de ce fait plus sensible à des stress physiologiques ou pathologiques, comme pendant la canicule de

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

2003 à 2006, malgré sa résistance notoire à la sécheresse. Des travaux du CNRS ont montré en 1997 que l'ozone conduit à un dépérissement du pin d'Alep en augmentant sa sensibilité à la sécheresse. Mais, victoire inexorable de l'espèce expansionniste ? Au nord comme au sud de ce lieu, partout sur la colline du Bosquet, les pins d'Alep en excellente santé dominent de leur haute stature une garrigue exubérante à chênes verts avec de gros buissons en sous-bois (kermès, cade, lentisque, térébinthe, filaires, nerprun, buis). La taille (au moins 5-6 m) et le port majestueux des chênes verts, entre les Cazarels et le Pont Romain, indiquent que la reconquête sur ce versant sud de la colline va bon train. Pourtant, en 2004 et 2005, l'yeuse a subi dans le couloir du Lez l'attaque des chenilles du *Bombyx disparate*. Ces chenilles (non urticantes) peuvent, à partir de fin avril, défolier totalement les arbres. Au printemps 2004, 20 000 ha de garrigues de l'Hérault et du Gard ont perdu 60 % de leurs feuilles. Heureusement en 2006, l'attaque s'est arrêtée, sans doute à cause du manque de feuillage disponible, accru par une re-feuillaison insuffisante, pouvant entraîner de très fortes mortalités par famine.

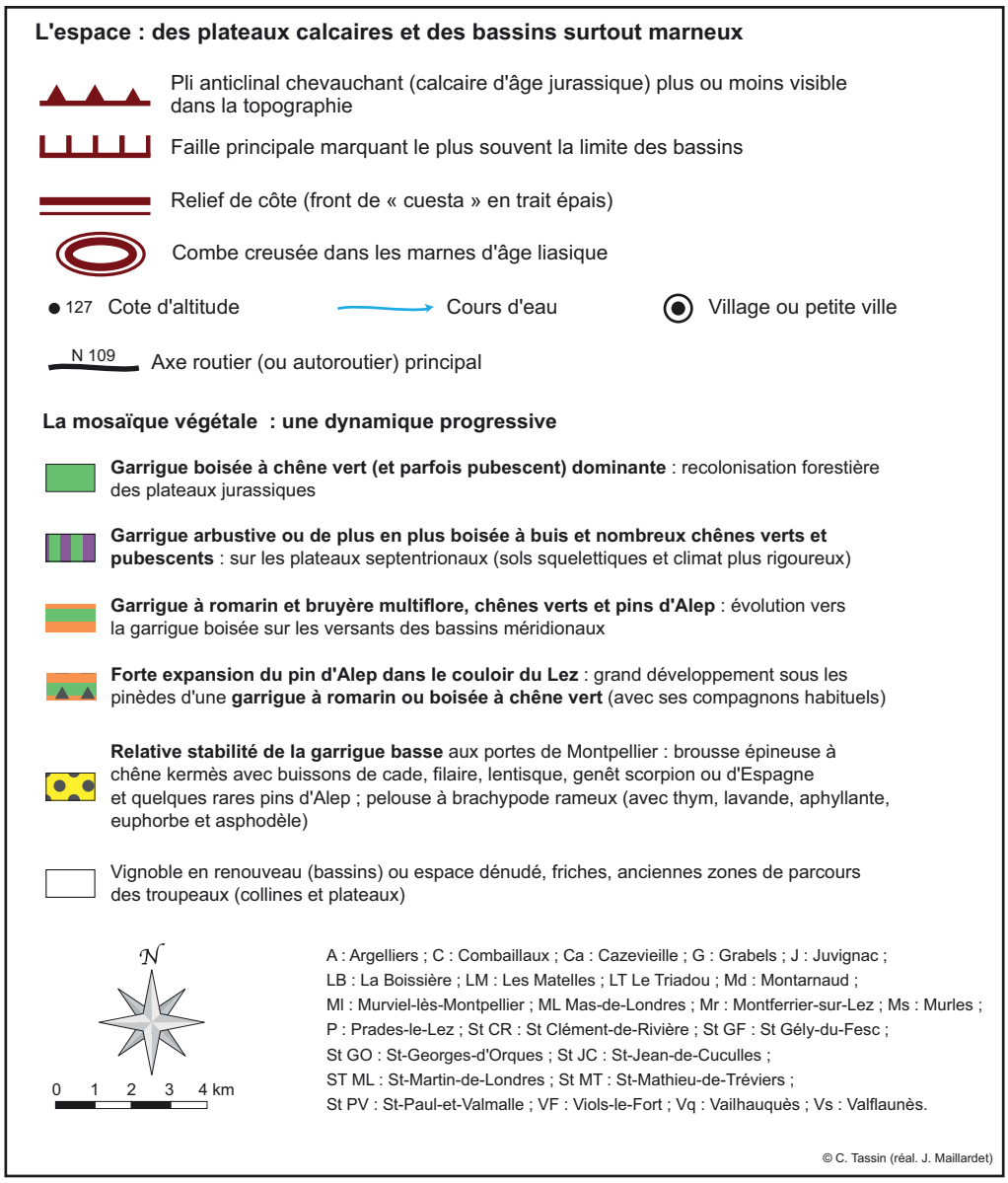
Figure 14
La progression végétale récente dans la garrigue montpelliéraine.



Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Aux portes de Montpellier : la relative stabilité de la garrigue basse

Mais certaines pelouses, qui sont restées des lieux de pâture, voient aussi leur évolution ralentie ou bloquée, telle la pelouse à asphodèle et euphorbe de Cazevieille, au pied du Saint-Loup. Ou encore les pelouses et petites landes post-culturales citées par R. Dugrand au nord de Roussières, qui sont encore parfois des pacages à brachypode rameux et aphyllante, à peine clairsemés de petits bouquets de buis, de cade, de térébinthe, de genêts scorpions ou de rosiers sauvages. Certes, la pelouse à aphyllante peut s'étoffer, comme vers le Gardiol dans le bassin de Saint-Martin-de-Londres, où, sur les poudingues issus de l'érosion du Saint-Loup, elle est gagnée par le buis, le romarin, le cade, le genêt scorpion et quelques rares petits pins d'Alep. La progression est plus marquée près de Bel-Air, où elle passe à une brousse spinescente assez ouverte à buissons de kermès, genêts scorpions, filaires et cade. Cependant, quand on l'éclaircit, pour protéger la garrigue à romarin du feu, la pelouse à aphyllante reste relativement stable, même si l'on y perçoit la menace ennemie du brachypode de Phénicie, capable de l'étouffer, à son aise sur un bas de pente un peu plus épais. Quant à la garrigue dépouillée aux portes de la ville, dans l'ensemble elle est restée basse. Certes la possibilité d'évolution progressive » évoquée par



Raymond Dugrand il y a 40 ans s'est en partie réalisée : « au milieu de la brousse à *Coccifera* (…) les maigres fourrés épineux où dominent filaires, genêts scorpion, cade, et même lentisques » sont aujourd'hui de gros buissons d'environ 0,50 m à 2 m de haut, où l'on rencontre quelques rares pins d'Alep. Mais si cette garrigue a gagné sur la pelouse à brachypode, celle-ci est toujours là, entre Trois-Dames et Foncaude. Au brachypode rameux s'ajoutent le thym, la lavande, l'aphyllante, le panicaut, le genêt scorpion, le ciste et parfois le genêt d'Espagne, l'euphorbe et l'asphodèle marquant l'ultime dégradation. Quant aux plaques de kermès aplaties au milieu de cette pelouse, décrites et photographiées près du Mas-Neuf, elles ont certes un peu poussé et se sont densifiées, mais elles restent un paysage de désolation qui ne bouge guère, formant comme près des Trois-Dames un tapis épineux d'un mètre d'épaisseur qui couvre entièrement le sol. Cette relative stabilité dans une zone où les abus humains ont fortement diminué pourrait peut-être quelque peu répondre à la question posée par R. Dugrand, sur l'évolution de la plasticité d'espèces confrontées à des dégradations successives : « hier la brousse à kermès pouvait être encore une formation pré-forestière, ne tend-elle pas à devenir de nos jours un pseudo-climax ? » (DUGRAND, 1964).

Au nord, l'expansion des pinèdes en basse altitude

Partout, les pins sont essentiels dans les paysages méditerranéens, que ce soit sur les côtes, les collines ou les montagnes. Dans les basses terres, ils participent souvent aux matorrals dans des stades transitoires préforestiers, où ils peuvent former des forêts de remplacement métastables, dites « paraclimaciques ». Certaines pinèdes, pourtant, seraient plutôt « climaciques ». Beaucoup de ces résineux se rencontrent depuis le littoral jusqu'à des altitudes élevées en individus de plus en plus clairsemés, tels le pin d'Alep (2 800 m au Maroc), le pin brutia (2 000 m en Turquie), le pin maritime (2 200 m au Maroc) et le pin parasol (1 800 m au Liban). Mais ces quatre conifères sont avant tout thermophiles, caractéristiques de terres plus ou moins basses, des étages thermo- et méso-méditerranéens. Alors que d'autres, comme le pin sylvestre et le pin noir, se rencontrent plutôt à l'étage montagnard-méditerranéen, même s'ils peuvent parfois descendre très bas : 200 m en ubac sur la Sainte-Baume ou l'Étoile pour le pin sylvestre, et 500 m dans le Conflent pour le pin de Salzmann, sous-espèce de pin noir souvent reléguée dans des stations difficiles. Ils seront présentés avec la végétation des montagnes (chap. 8).

Les pinèdes à pin d'Alep ou à pin brutia

Le pin d'Alep *(Pinus halepensis)* ou pin blanc est surtout occidental, jusqu'en Grèce. Bien que son nom se réfère à une ville de Syrie, on ne le trouve guère dans le bassin oriental que dans la région turque voisine d'Adana ou en Israël, en Jordanie et en Cyrénaïque. En Afrique du Nord, il peut être présent pratiquement partout, des bords de mer jusque sur les massifs présahariens, où on peut le rencontrer en compagnie de l'yeuse, du chêne-liège, du thuya de Berbérie, et du genévrier thurifère ou de Phénicie. Cependant, il est absent au Maroc atlantique et sur les côtes d'Oranie, de Kabylie et de Kroumirie. En Tunisie et en Algérie, il est bien répandu entre 0 et 1 200-1 400 m (2 000 m dans les Aurès), alors qu'au Maroc on l'observe entre 200 et 2 600 m (2 800 m dans le Haut Atlas). Bien développé dans l'est de la péninsule Ibérique où il pénètre dans les terres, mais aussi en France méditerranéenne et en Grèce (en Attique et dans le Péloponnèse), il ne dépasse pourtant pas 300-500 m en France méridionale et 600-800 m dans les péninsules européennes. Abondant en Provence, sauf dans une bonne partie des Maures et de l'Estérel, il devient rare en Languedoc à l'ouest de Montpellier (du couloir du Lez), mais réapparaît en Roussillon. En Corse, il n'est représenté que par une station d'origine anthropique (non spontanée), autour de Saint-Florent, au nord du désert des Agriates. Sur les côtes italiennes et dalmates, il est beaucoup moins répandu, mais au sud de Split « il paraît s'étendre actuellement (…) car il colonise puissamment les terres anciennement cultivées » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

Le pin brutia *(Pinus brutia)* ou pin rouge est encore plus répandu que le pin d'Alep, qu'il remplace dans le bassin oriental. On le rencontre dans la Thrace grecque et turque, en Anatolie méditerranéenne où il peut s'élever aussi haut que *Pinus halepensis* (jusque vers 2 000 m), dans la Syrie littorale, dans la montagne libanaise, en Crète et à Chypre. Le brutia est lui-même remplacé par trois taxons qu'Ibrahim Nahal lui rattache comme sous-espèces : *P. pithyusa* sur le pourtour de la mer Noire, *P. stanckwiczii* en Crimée, et *P. elderica* en Transcaucasie et au Kurdistan iranien (NAHAL, 1977).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Des exigences écologiques voisines (Ne'eman, Trabaud, 2000)

Le pin d'Alep est le plus xérophile et thermophile des pins méditerranéens. Ce résineux qui peut atteindre 20 m de haut possède des aiguilles vert vif de 5 à 10 cm de longueur, droites et souples, hémi-circulaires en coupe transversale, condensées – presque parallèlement – à l'extrémité des rameaux. Ses cônes pédonculés sont nombreux et persistants. Il a un tronc souvent tortueux, à plaques longitudinales grisâtres, d'où le nom de pin blanc. Dans la forme forestière typique, les branches basses sont mortes, le tronc est flexueux et le houppier, clairsemé, est éclaté sur plusieurs niveaux. S'accommodant de la plupart des sols, sauf des sols trop franchement siliceux comme dans les Maures et l'Estérel où il est remplacé par le pin maritime, il affectionne – comme dans le couloir du Lez – les calcaires marneux et les marnes, « à condition qu'ils soient bien drainés car il craint beaucoup l'hydromorphie » (Bedel, 1986). Mais on le trouve aussi sur les calcaires compacts et leur terra rossa (comme en Provence), à condition qu'ils soient fissurés. Par contre, il refuse totalement les sols sablonneux, salins, gypseux ou limoneux : en 1995, Henry-Noël Le Houérou a montré que s'il colonise largement les steppes rocailleuses à alfa, il est vraiment absent des steppes limoneuses à armoise (Le Houérou, 1969, 1995). Sur le plan bioclimatique, le pin d'Alep est une espèce héliophile qui résiste bien à la sécheresse estivale. Il peut se rencontrer depuis le bioclimat aride inférieur (7 à 8 mois secs), sur les bords du Sahara, jusqu'au bioclimat humide (1 à 3 mois secs), mais surtout au semi-aride et au subhumide (3 à 7 mois secs, avec 350 à 700 mm de précipitations). D'une manière générale, il ne tolère pas les excès d'humidité pluviométrique, ni même atmosphérique comme au Maroc atlantique ou en Oranie, Kabylie et Kroumirie littorales, où toute l'année règne une forte humidité relative… Mais le pin d'Alep est aussi une espèce frileuse. S'il « supporte des froids exceptionnels de - 15° à - 18 °C, à condition qu'ils soient de courte durée, et qu'ils interviennent avant le démarrage de la végétation » (Bedel, 1986), c'est néanmoins une moyenne des températures du mois le plus froid voisine de 0 °C qui donne sa limite septentrionale, si l'on se base sur la répartition du pin d'Alep en France (Nahal, 1986 ; Quézel, Barbero, 1992).

Le pin brutia est moins xérophile et moins frileux que le pin d'Alep. Il diffère de ce dernier par une silhouette plus dense, de jeunes rameaux brun rougeâtre, et non verts ou jaunâtres, (d'où le nom de pin rouge), par des aiguilles plus longues (10 à 18 cm) et un peu plus grosses, et des cônes sessiles (ou très courtement pédonculés). Comme le pin d'Alep, il n'aime pas les sols mal drainés, mais les calcaires marneux fissurés ou friables. Mais plus que lui, on le trouve aussi sur des calcaires compacts notamment, sur tout le revers méditerranéen du Taurus (Quézel, Pamukçuoglu, 1973). Et certains milieux édapho-géomorphologiques de Méditerranée orientale, comme les roches vertes et surtout les dolérites et les gabbros, moins résistants, sont également très favorables au pin brutia, à Chypre (Barbero, Quézel, 1979) et dans le Taurus occidental et oriental (Akman *et al.*, 1978, 1998). Le pin brutia est plus résistant au froid et demande des précipitations plus élevées. D'après P. Quézel et M. Barbero, son aire sur le climagramme d'Emberger est décalée vers le haut (du bioclimat semi-aride inférieur au bioclimat humide tout entier) et déborde un peu à gauche (jusqu'à l'étage montagnard-méditerranéen), vers des valeurs moyennes voisines de - 4° ou - 5 °C.

Des groupements transitoires ou climaciques ?

La valeur dynamique de *Pinus halepensis* et *Pinus brutia* reste encore discutée, même si celle du pin brutia est sans doute mieux connue à l'heure actuelle que celle du pin d'Alep.

Dans les basses terres, en bioclimat subhumide et humide, le pin d'Alep – bien davantage que le pin brutia – constitue des pinèdes paraclimaciques. Cela semble d'autant plus évident que la stratégie expansionniste qu'on lui connaît trouve actuellement son terrain dans la déprise agricole des pays du nord du bassin, dont il occupe rapidement les matorrals, les friches et les anciennes zones de parcours, ainsi que les zones incendiées. Le choc thermique du feu permettant l'ouverture des cônes sérotineux et la dispersion des graines ailées (plus mobiles que les pignes)… Le pin d'Alep est un « occupateur de places vides, il ne caractérise aucun groupe écologique et on peut le trouver à tous les stades d'évolution de la forêt méditerranéenne » (Bedel, 1986). En France, l'essentiel des peuplements sont des formations transitoires dont les pins, à l'instar de ceux qu'on a décrits dans le couloir du Lez au nord de Montpellier, se sont installés sur des parcelles arrivées à des stades d'évolution diverses, aussi bien dans le taillis d'yeuse, que dans un matorral à cistes ou à romarin, à kermès ou à buis, ou encore sur une pelouse à brachypode, et qui évoluent à l'heure actuelle vers la forêt à chênes sclérophylles et parfois la forêt mixte avec des pubescents. En Italie et en Espagne (notamment en Catalogne), on retrouve la même dynamique, comme en Israël où cependant l'évolution se fait vers une

formation à chêne calliprinos avec la présence du cyprès toujours vert (mont Carmel). Quant au pin brutia, il a beaucoup moins tendance à constituer de telles formations transitoires, peut-être à cause d'un moindre dynamisme des chênes sclérophylles ou caducifoliés. Malgré tout, Pierre Quézel parle de stades paraclimaciques évoluant vers ces forêts de chênes, « surtout caducifoliées (…) au nord d'Izmir et jusque sur les rives sud de la mer de Marmara » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

Sous les mêmes conditions bioclimatiques, le pin brutia peut constituer – plus que le pin d'Alep – des groupements climaciques. Il faut préciser que la notion d'un monoclimax climatique (dépendant surtout du climat régional) ne permet pas d'expliquer la répartition de la végétation en Méditerranée orientale, soumise à une forte hétérogénéité des roches mères et des sols, et à d'importantes modifications climatiques locales souvent dues au relief et à l'exposition des versants (NAHAL, 1974). Des groupements à *Pinus brutia* seraient climaciques à Chypre, où sur le littoral il est associé au cyprès toujours vert *(Cupressus sempervirens)* et au genévrier de Phénicie, mais aussi en Crète et surtout en Anatolie méridionale et au Liban… Ce rôle climacique du brutia peut également exister à des altitudes élevées, là encore à cause de la faible présence (voire l'absence), dans certaines zones, des chênes sclérophylles et caducifoliés. Mais peut-être aussi à cause d'un pastoralisme ancien intensif en forêt, celui des nomades, les Yürük (vocable apparu au XVe siècle, signifiant « celui qui marche »), dont les troupeaux pâturaient en toutes saisons : l'été, dans les forêts et les alpages du Taurus et l'hiver, dans les plaines du Méandre et de Cilicie, en passant par les côtes caro-lyciennes et pamphyliennes. En 1958, Xavier de Planhol a décrit ce nomadisme entre la plaine pamphylienne (d'Antalya) et la région des lacs pisidiens (région de Burdur et Isparta), mouvements renforcés entre le XVIe et le XVIIIe siècle par l'arrivée de tribus de l'Anatolie du Sud-Est. Profitant de sa grande connaissance de la langue turque pour recueillir un maximum d'informations, le géographe a étudié, à travers une description régionale, un problème général qui devait avoir son influence sur le façonnement des paysages (anthropiques et naturels) anatoliens : le passage de la vie nomade à la vie sédentaire, celui du pastoralisme à l'agriculture. Même si depuis quelques décennies ces groupes nomades atteignent « un degré de pulvérisation extrême » (PLANHOL DE, 1958), ils continuent de monter plus ou moins régulièrement à l'estive à cause de la pression paysanne sédentaire. Quant aux forêts de pin d'Alep, ce serait aussi une sous-représentation du genre *Quercus* qui leur donnerait alors un caractère climacique, comme en Provence à l'est de Marseille, ou dans les îles de la côte dalmate au sud de Split, ou encore les peuplements thermo-méditerranéens sur marnes du nord du Péloponnèse (TRINAJSTIC, 1984 ; BARBERO, QUÉZEL, 1976).

Aux étages thermo-méso-méditerranéens, mais cette fois au sud, sous bioclimat semi-aride et aride, le pin d'Alep forme bien plus qu'au nord des ensembles climaciques. Cela en l'absence quasi totale de toute autre essence forestière majeure. C'est sans doute le cas en Jordanie semi-aride où il s'associe le genévrier de Phénicie, mais surtout au Maghreb où il est très développé et devient franchement montagnard : si les peuplements du Maroc sont surtout paraclimaciques (ACHHAL *et al.*, 1980 ; BARBERO *et al.*, 1981), ceux d'Algérie (KADIK, 1983) et de Tunisie (LE HOUÉROU, 1969 ; EL HAMROUNI, 1992) seraient souvent climaciques, aussi bien d'ailleurs dans les zones les plus basses que sur

Groupement climacique à pin brutia (Chypre).



© M.-A. Coudray-Tassin

Le rôle climacique de *Pinus brutia* qui existe sur le littoral cypriote peut se retrouver en altitude, où les feuillus sclérophylles et caducifoliés sont absents, ici au bord de la route qui mène au mont Troodos.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

la dorsale tunisienne, ou encore sur les hautes plaines où la matorralisation de la végétation climax peut d'ailleurs aboutir, comme on le verra plus loin, à la steppisation.

Les pinèdes à pin maritime ou à pin pignon

Le pin maritime ou pin mésogéen : une distribution occidentale

Le pin maritime *(Pinus pinaster)* calque le plus souvent sa répartition sur celle du chêne-liège, sur les côtes de l'Atlantique jusqu'en Aquitaine et sur le rivage occidental de la Méditerranée, mais au Maroc, il participe aussi à des matorrals. L'exemple provençal montre que la disparition du pin maritime peut favoriser la réinstallation des espèces de la suberaie. À partir de 1958, 120 000 ha de pinèdes furent détruits dans le Var et les Alpes-Maritimes par « l'action conjuguée d'une cochenille et d'insectes phytophages comme le petit charançon du pin et le scolyte » (GUITTONNEAU, HUON, 1992), ce qui les rendit sensibles aux incendies. S'ensuivit alors une véritable explosion des espèces héliophiles – dont le chêne-liège – qui végétaient sous les pins.

Après la dernière glaciation, l'espèce s'est différenciée en trois sous-espèces, à partir de zones refuges situées dans l'est et le sud de l'Espagne (CARRION *et al.*, 2000). La sous-espèce atlantique *(*subsp. *atlantica)*, variété à tronc légèrement sinueux, à ramifications latérales espacées et redressées, est très répandue dans les zones du littoral atlantique du Portugal, de l'Espagne et du sud-ouest de la France, donc aussi hors du domaine méditerranéen, où elle a été souvent utilisée pour le reboisement (comme dans les landes de Gascogne ou en Sologne). La sous-espèce méditerranéenne *(*subsp. *mesogeensis)*, variété au tronc plus droit et à ramifications horizontales, regroupe les peuplements de

Pins maritimes près de Setubal (Portugal).



© C. Tassin

Craignant les hivers très rigoureux, *Pinus pinaster* croît plutôt le long des côtes. Au sud de Lisbonne, la sous-espèce atlantique profite de sols sablonneux et de précipitations occultes générées par les eaux fraîches de l'océan.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

l'Espagne méditerranéenne, de Provence, de Corse et Sardaigne et du littoral nord-tyrrhénien de l'Italie. La sous-espèce maghrébine (subsp. *hamiltonii* ou *maghrebiana)* est surtout présente au Maroc, en Tunisie septentrionale et sur les côtes d'Algérie (Constantinois).

Résineux de grande taille, essentiellement calcifuge, apprécié pour sa croissance rapide, le pin maritime croît en bioclimats humide et subhumide. Espèce de pleine lumière, aux aiguilles vert foncé de 10 à 20 cm, épaisses et très dures, pointues et persistantes (4 ans), incurvées en gouttières sur des rameaux courts, il peut atteindre 30 à 40 m de haut avec un houppier clair et irrégulier, essentiellement plat et plutôt étalé. Son écorce, gris pâle sur les jeunes arbres, devient rougeâtre noir et se fissure en plaques très épaisses chez les sujets adultes. Il pousse plutôt sur des sols sablonneux, siliceux, sauf la sous-espèce maghrébine qui habite des sols calcaires ou calcaro-marneux. Il croît aussi plutôt le long des côtes, car il craint les hivers très rigoureux, des températures prolongées inférieures à - 15 °C. Bien représenté à l'étage thermo-méditerranéen et fréquent au méso-méditerranéen, le pin maritime peut cependant atteindre le supra-méditerranéen. « Bien développé dans les Bouches-du-Rhône, le Var et les Alpes-Maritimes, du littoral jusqu'à 700 ou 800 m d'altitude, en Corse, bien que présent parfois sur le littoral, il ne forme de très belles pinèdes qu'entre 700 et 1 000 m d'altitude comme dans le massif forestier de l'Ospedale ou dans la vallée de la Restonica près de Corte » (GUITTONNEAU, HUON, 1992). En Ligurie aussi il atteint facilement 1 000 m, et 1 500 m en Espagne, tandis qu'au Maroc il devient franchement montagnard (dans le Haut et Moyen Atlas).

Le pin pignon ou pin parasol : des peuplements spontanés ou artificiels

Malgré sa faible diffusion, *Pinus pinea* est présent en Méditerranée occidentale et orientale. Cultivé depuis l'Antiquité, « il est presque aussi caractéristique du monde méditerranéen que l'olivier pour le touriste » (BIROT, 1965). À l'ouest, on le trouve dans la péninsule Ibérique (notamment au sud-ouest), sur les côtes italiennes (notamment en Toscane ou dans le Latium), ainsi que dans le sud-est de la France où il ne s'éloigne jamais trop du littoral : en Camargue, dans les Maures et l'Estérel (notamment dans la plaine périphérique siliceuse des Maures, près de Vidauban), et en Corse (dans la région de Porto-Vecchio). À l'est, on le rencontre ça et là dans quelques îles grecques ou en Anatolie égéenne, ainsi qu'au Liban d'où sa diffusion a été effectuée par les Romains, qui importaient ses graines comestibles ou pignons. Des études anthracologiques en Espagne et polliniques en Provence ont cependant montré une spontanéité des peuplements, attestant de la présence du pin parasol en Méditerranée occidentale bien avant les Romains.

Préférant les sols sablonneux profonds et relativement frais (non arides), le pin pignon est « présent du thermo- au supra-méditerranéen, en bioclimats humide et subhumide, avec un optimum évident à l'étage méso-méditerranéen » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Bien sûr il affectionne les littoraux ensoleillés, où il est un excellent stabilisateur des lignes de rivage : 40 % des boisements français sont concentrés dans le Var, où il ne dépasse pas 450 m. Mais on le trouve aussi à 1 000 m en Espagne et en Turquie, et même à 1 800 m au Liban. Car cette espèce héliophile et xérophile est assez résistante au froid hivernal (bien que plus sensible que le chêne vert), ce qui fait qu'on a « la surprise de la trouver au centre de la Vieille Castille » (BIROT, 1965). Cette caractéristique climatique, conjuguée avec une faible exigence édaphique, explique aussi son implantation à des fins ornementales en dehors de son aire, notamment en Vendée et en Bretagne (golfe du Morbihan et pays bigouden). Le pin parasol qui étend loin ses racines en surface se développe bien sur les arènes sablonneuses provenant de la désagrégation des granites et granulites (granites à deux micas), des grès permiens (plaine des Maures) et des dolomies, ainsi que sur les sols sableux des dunes littorales qu'il contribue à fixer (l'Espiguette, en Camargue). Par contre, il vient mal en terrains compacts, argileux ou trop calcaires. Mais la production de graines comestibles et son « port particulier en boule, la beauté de son feuillage et de son ombrage, l'absence d'un sous-bois épineux, représentent aussi des centres d'intérêt » (GUITTONNEAU, HUON, 1992), C'est assez précocement que le pin parasol élabore son port caractéristique, en se ramifiant rapidement en tiges secondaires, toutes à peu près de la même vigueur. Puis, quand l'arbre atteint 20 à 25 m, le bourgeon terminal stoppe sa croissance, au contraire des branches latérales qui s'étalent tandis que les plus basses se détachent du tronc. Il fournit alors un ombrage qui peut couvrir plus de 100 mètres carrés, offrant la meilleure protection contre le soleil méridional, chantée par le poète Georges Brassens dans sa *Supplique pour être enterré sur la plage de Sète :*

> Est-ce trop demander : sur mon lopin,
> Plantez, je vous prie une espèce de pin,
> Pin parasol de préférence
> Qui saura prémunir contre l'insolation
> Les bons amis venus faire sur ma concession,
> D'affectueuses révérences.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Si au stade juvénile on le distingue mal des autres pins, on peut malgré tout l'identifier par :

– des aiguilles vert bleuâtre, plus longues que celles du pin d'Alep, et moins longues que celles du pin maritime ;

– des aiguilles souples et non piquantes, au contraire de celles du pin maritime ;

– des cônes plus ronds, mais moins longs que ceux du pin maritime ;

– des cônes à maturation triennale, l'arbre portant en permanence des pignes à trois stades de maturité différents ;

– des graines (les pignons) beaucoup plus grosses que celles des autres pins et dépourvues d'ailettes, contrairement à celles du pin d'Alep qui se propagent beaucoup plus facilement ;

– des graines comestibles protégées par une coque ligneuse dure, récoltées à la fin de l'automne et en hiver : « c'est un produit typique avec des qualités gustatives très fines » observe René-Nicolas Vernier, chef de restaurant parisien, qui agrémente de pignons ses recettes inspirées de la cuisine italienne.

Enfin, « la valeur dynamique du pin pignon n'est pas facile à circonscrire » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Son ombre freine la croissance de la végétation arbustive et limite ainsi le développement des broussailles en sous-bois. Les pinèdes à *Pinus pinea* sont d'ailleurs moins vulnérables aux incendies que celles à *Pinus halepensis* ou à *Pinus pinaster* avec leurs troncs aux grosses écailles et leurs houppiers plus épais donc moins aérés et plus humides. Donc, si le peuplement reste dense, son sous-bois est pauvre, constitué le plus souvent d'espèces annuelles, « mais lorsqu'il s'entrouvre, apparaissent alors les plantes de l'oléolentisque, genévrier de Phénicie, myrte, lentisque, puis les espèces de la cistaie » (GUITTONNEAU, HUON, 1992). Sur les littoraux sableux dunaires du Portugal (Algarve), d'Espagne (près de Huelva, Cadiz et Malaga), ou d'Italie et de France (Camargue, golfe du Lion), les pins parasols s'associent souvent au genévrier de Phénicie et aux cistes. Dans la plaine gréseuse des Maures, ils ont un sous-bois pauvre de cistes et de bruyères *(Erica arborea et scoparia)*, et vivent parfois en formations mixtes avec les autres pins ou les chênes sclérophylles (souvent *Quercus suber*, mais aussi *Quercus ilex*). Au Liban, toujours sur substrat gréseux, ils sont l'essence dominante (dès 400 m), associée au myrte et au lentisque, et plus haut, à *Pinus brutia*, comme en Turquie occidentale (avec aussi le chêne calliprinos et la lavande *stoechas*).

Au sud et à l'est de la Méditerranée, des steppes herbacées

Dans les régions semi-arides du Maghreb et du Proche-Orient, « les différents niveaux de dégradation ne sont pas forcément liés » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

Dans les plaines sèches, la thérophytisation possible

La matorralisation, qui couvre plus de la moitié de la région méditerranéenne, est générale en Afrique du Nord et fréquente au Proche-Orient. Si les matorrals ont pu exister bien avant l'extension de l'action humaine, comme le maquis corse à bruyère arborescente aux VIIe et VIe millénaires (cf. les travaux de Maurice Reille, cités plus haut), leur développement reste lié à l'accroissement des dégradations anthropozoogènes, des usages agro-sylvo-pastoraux. Contrairement au revers septentrional de la Méditerranée où règne la déprise rurale, sur le revers méridional et oriental la déforestation et le pâturage intenses, notamment dans les nombreuses montagnes de ces régions, placent souvent ces écosystèmes dans des processus très régressifs. Surtout dans les forêts présteppiques des zones semi-arides, où la dégradation a installé plusieurs types physionomiques de matorrals : à éphedra, à genêt et calycotome, à xérophytes en coussinets, à cistes, ou encore à euphorbes… La destruction des matorrals qui suit la déforestation est due à une recherche accrue de combustible et au surpâturage. Marquant une étape supplémentaire dans la dégradation, le dessouchage généralisé des arbustes installe d'abord un matorral secondaire à chaméphytes basses (lavande, thym, romarin, genêt, coronille…). En Méditerranée orientale, notamment en Grèce ou en Anatolie occidentale, ces phryganas sont très répandues à cause de l'extension des feux pastoraux, de la place prise par les terres de parcours depuis le recul de l'agriculture traditionnelle. L'assèchement progressif et l'érosion des sols ne laissent souvent subsister qu'une maigre végétation basse à genêts, à pimprenelle épineuse *(Sarcopoterium spinosum)*, arbuste hémisphérique (de 0,60 m au maximum), très ramifié, aux extrémités épineuses et aux feuilles vite caduques, ou encore à euphorbe hérisson (0,20-0,60 m), fortement épineuse avec ses rameaux de l'année précédente qui persistent. Mais lorsque le surpâturage est permanent, comme au Maghreb, l'érosion et l'assèchement des sols s'accentuent dans les matorrals secon-

daires, entraînant le dessouchage des chaméphytes. Alors s'installent des pelouses à plantes annuelles, disséminées par les troupeaux, on passe à la thérophytisation qui renforce encore l'érosion. En Afrique du Nord, ce phénomène touche des dizaines de milliers d'hectares, « où les arbres encore en place correspondent à de véritables fossiles vivants appelés à disparaître au cours des prochaines décennies » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Depuis les années 1980, de nombreux chercheurs ont décrit ces pelouses plus ou moins denses dominées par les Graminées qui gagnent de nombreuses formations arborées, vouées à une probable disparition aussi bien dans les zones montagneuses que dans les zones basses, les cédraies du Haut Atlas ou des Aurès, les arganeraies du Souss, les tétraclinaies du Maroc oriental, les pinèdes des Atlas telliens ou les chênaies et suberaies du Rif.

Dans les zones semi-arides, la steppisation fréquente

En Afrique du Nord, il s'agit de steppes herbacées à recouvrement non jointif, composées en majorité de Graminées (alfa, sparte) et de chaméphytes basses (armoise blanche) mais aussi de plantes halophiles (Chenopodiacées) autour des dépressions salées. Mais l'origine de ces steppes pose problème : proviennent-elles toujours, dans ces milieux secs, de l'anthropisation des steppes arborées ? Pour certains auteurs, elles sont l'ultime stade de régression des forêts présteppiques à acacia, à pistachier de l'Atlas ou encore à pin d'Alep. En effet, pour n'expliciter que l'exemple de ces pinèdes, ce serait l'exacerbation des influences anthropozoogènes qui transformerait ces formations – climaciques, sous bioclimat semi-aride (cf. *supra*) – en matorrals à chaméphytes dominés par le romarin et les cistes, puis en steppes à alfa, lesquelles cèderaient à leur tour la place à des « structures à thérophytes, puis à espèces toxiques ou épineuses rejetées par les troupeaux » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

Les steppes herbacées et arbrissélées, transition avec le désert

Au Proche-Orient, pas toujours des steppes de basses terres

Les steppes de l'Anatolie intérieure à hiver froid sont à dominante d'armoise (*Artemisia fragrans*) et de harmel (*Peganum harmala*). Cette dernière espèce est une plante toxique vivace, très ramifiée (0,30 à 0,60 m de haut), de sol sec sablonneux ou rocailleux, à souche ligneuse et rhizomateuse, à fleurs à cinq pétales elliptiques blanc verdâtre, et étamines jaune pâle,

Village entre Malatya et Elâzig (Turquie).



© C. Tassin

Paysage de steppe herbacée extrêmement rase, dans l'Anatolie intérieure à hiver froid. Importance du déboisement et du surpâturage.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Nomade kurde entre Siverek et Diyarbakir (Turquie sud-orientale).

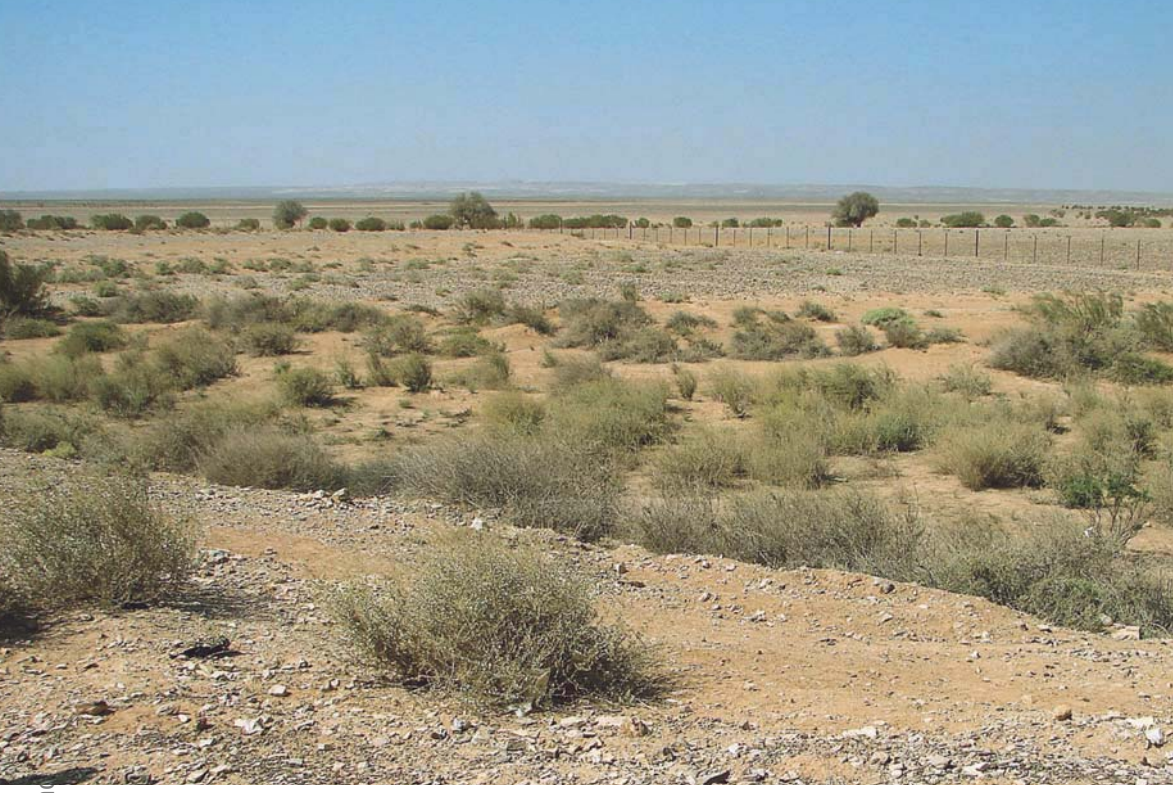
Steppe avant tout graminéenne, où les galettes de bouse séchée devant la tente rappellent la rareté du combustible ligneux.

Berger dans la vallée de l'Euphrate (Syrie).



© C. Tassin

Dans les steppes herbacées et arbrissélées syriennes, comme ici près de Dayr Az-Zor, le surpâturage d'un cheptel ovin de plus en plus nombreux contribue fortement au processus de désertification.



© F. Cerqueira

Steppe près de Qasr Amra (Jordanie).

À 60 km à l'est d'Amman, la steppe subdésertique compte encore quelques fruticées.

que l'on trouve aussi malgré son autre nom – rue de Syrie – en Afrique du Nord, sous le vocable de « harmel Sahara ». Mais surpâturées et dégradées, ces steppes qui recouvrent les plateaux d'Anatolie centrale (autour de 1 000-1 200 m d'altitude) et même une grande partie des hautes terres d'Anatolie orientale, sont souvent constituées de *Thymus squarrosus*, ou de Graminées comme autour du grand lac salé (le Tuz Gölü) dans le triangle Ankara-Konya-Kayseri qui re-

Nomades près d'Hérat (Afghanistan, 2003).



© E. Cerqueira

Les tentes sont installées dans une steppe herbacée rase, relativement maigre.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yah

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

çoit moins de 300 mm de précipitations. Résultat d'un déboisement précoce (cf. *infra*), les steppes de l'Anatolie intérieure présentent souvent d'immenses étendues rases, à peine sillonnées de rubans de saules ou de peupliers accompagnant les cours d'eau temporaires.

Les steppes des plateaux syrien et jordanien comportent des Graminées, des plantes vivaces à bulbes, des espèces buissonnantes. En Syrie, à l'est de la chaîne du Jebel Ansariyah où les précipitations tombent rapidement à 600 mm puis à 300 mm, et l'altitude à moins de 1 000 m et même à moins de 500 m, c'est doucement qu'on passe à la steppe herbeuse puis au semi-désert et au désert, la gradation se faisant, de manière générale, d'ouest en est et du nord au sud. Reverdie par les pluies, cette steppe se couvre, avec les premières chaleurs, de fleurs de toutes sortes : iris, renoncules, Labiées, Ombellifères… Mais le surpâturage d'un cheptel ovin qui a quadruplé pour atteindre 15 millions de têtes de bétail au cours des années 1980 et 1990, renforcé par la culture de l'orge et l'abattage (ou l'arrachage) des arbustes fourragers pour le bois de feu ont accéléré l'érosion et le processus de désertification des steppes syriennes, attirant ainsi l'attention de la FAO (chap. 10).

Au Maghreb, des steppes dites de « plaines » ou de « piémonts »

On parle en fait de « hautes plaines » qui, de l'est algérien à l'est marocain, finissent par monter à plus de 1 000 m d'altitude… Un simple rappel : la distinction entre un plateau et une plaine ne repose pas vraiment sur l'altitude, plutôt sur leur rapport avec le réseau hydrographique (encaissé ou non).

On distingue généralement trois types principaux de steppes, à composition floristique relativement pauvre (Le Houérou, 1995). Les steppes herbacées sont dominées par des Graminées pérennes, surtout la steppe à alfa *(Stipa tenacissima)* : autrefois, c'était une véritable mer sur les sols sableux et caillouteux pulvérulents des hautes plaines. Mais sur les sols argileux peu salés règne plutôt la steppe à sparte *(Lygeum spartum)*, et sur les sols sableux des dunes et du bord des oueds ou des chotts s'installe le drinn *(Aristida pungens)*, Graminée saharienne recherchée par les camélidés. Quant au diss *(Ampelodesmos mauritanica)*, il remplace au contraire l'alfa dans les zones trop humides, ainsi le trouve-t-on déjà dans l'oléolentisque, même en Espagne. Les steppes arbrissélées sont dominées par des sous-arbrisseaux ligneux, telle la steppe à chih ou armoise blanche *(Artemisia herba alba).* Cette plante aux fleurs jaunes ou rougeâtres, aux feuilles veloutées et blanchâtres, à odeur de camphre, pousse sur les sols plus limoneux. Sur les sols sableux, on rencontre parfois des formations post-culturales avec l'armoise champêtre *(Artemisia campestris)* ou l'arfej *(Rhanterium suaveolens)*. Enfin, les steppes salées ou halophiles s'étendent autour des chotts. Elles constituent de bons pâturages pendant la saison sèche, lorsque les autres steppes n'offrent plus guère de ressources fourragères. La steppe à plantes halophiles existe aussi dans le sud-est de l'Espagne (dans le triangle Albacete-Almeria-Alicante), jusqu'à 700 m d'altitude, la steppe à alfa et à sparte couvrant les basses pentes et les dépressions non salines.

La steppe à alfa, à sparte et armoise constitue le paysage marquant des hautes plaines, entre les Atlas tellien et saharien, du Maroc oriental à la dépression algérienne du Chott El Hodna.

En Algérie, ces hautes plaines qui font 500 km de long et 100 à 180 km de large s'abaissent d'ouest en est d'environ 1 100 m jusqu'à des altitudes relativement basses, à moins de 400 m. L'alfa, Graminée à rhizome, s'étend généralement entre les isohyètes 200 et 400 mm, couvrant encore au Maghreb plus de 3 millions d'hectares, ses racines adventives pouvant s'enfoncer profondément dans le sol. Ses feuilles (de 0,50 à 1,20 m) qui sont déployées et vertes durant la période de végétation (de mars à juillet), sinon enroulées et jaune gris, sont très coriaces et nervurées sur la face supérieure. Comparables aux inflorescences de l'avoine, les fleurs apparaissent vers la fin avril-début mai. En Algérie, l'alfa abonde encore dans les hautes plaines, de la frontière marocaine à la frontière tunisienne, surtout à l'ouest où son aire atteint les monts des Ksour et déborde dans le Tell, atteignant même le littoral. Aux abords d'Aïn Sefra, le couloir du Feïdjet El Betoum (le Défilé des pistachiers) est en fait une assez large plaine où règnent l'alfa et le drinn. À l'est, la steppe à alfa et à armoise s'étend autour de Ksar Chellala, Djelfa et Boussada, jusqu'aux montagnes d'Ouled Naïl avant de rencontrer le désert du Sahara, autour de Laghouat. Elle gravit donc les premières pentes des reliefs, les piémonts de l'Atlas saharien, mais aussi des Bibans et de l'Aurès. Au Maroc oriental, les nappes à alfa couvrent aussi de vastes superficies, à peu près la moitié des nappes algériennes, qu'elles prolongent à l'est de la Moulouya, gravissant encore les premières pentes atlasiques. Sur les sols riches en éléments fins, on rencontre également d'immenses étendues d'armoises. En Tunisie, la superficie occupée par la steppe à alfa (et à sparte) est beaucoup moins grande. Réduite de moitié du début du XXe siècle aux années 1960, on la trouve encore de Feriana à Gafsa et l'ouest de Kairouan.



© C. Tassin

Steppe à alfa devant l'Atlas saharien (Algérie).

La steppe à alfa, sparte et armoise constitue le paysage marquant des hautes plaines, entre les Atlas tellien et saharien. Son caractère climacique est aujourd'hui discuté.

Alfa près d'Almeria (Espagne).



© C. Tassin

Graminée à rhizome, *Stipa tenacissima* se rencontre généralement entre les isohyètes 200 et 400 mm, ses racines adventives pouvant s'enfoncer profondément dans les sols sableux et caillouteux.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Un caractère climacique discuté

La steppe à alfa serait pour certains auteurs l'ultime stade de régression des forêts présteppiques. « En direction du désert, et spécialement en Afrique du Nord-Ouest, des steppes incontestablement naturelles prolongent les formations fermées méditerranéennes » écrit Henri Elhaï , avant de citer ces vastes étendues d'alfa et d'armoise blanche des hautes plaines, « capables de se mêler sur les premières pentes des reliefs aux arbres méditerranéens (pin d'Alep, genévriers, chêne vert) qui formeront les forêts claires des hauteurs » (ELHAÏ, 1968). Cette position est aujourd'hui débattue par certains auteurs (DJEBAILI, 1990 ; QUÉZEL, 1991 ; LE HOUÉROU, 1995) : la steppe à *Stipa tenacissima* ne constituerait pas vraiment un climax, mais elle se serait considérablement étendue sous l'effet de l'action humaine. Pour ces auteurs, beaucoup de groupements steppiques dériveraient de la dégradation de la steppe à alfa, qui subit elle-même des impacts importants, constituant ainsi des stades alternatifs stables, mais sans qu'on puisse vraiment affirmer que celle-ci est climacique (AIDOUD *et al.*, 2006). D'ailleurs, au nord des hautes plaines, la présence éparse du jujubier, de l'A*cacia raddiana* et même du pin d'Alep dans les steppes arbrissélées peut suggérer leur ancienne appartenance à des forêts présteppiques, qui auraient été défrichées tout au long du XXe siècle… Mais finalement, au Maghreb, « les données historiques précises font encore défaut pour déterminer exactement, dans le paysage steppique actuel, la part respective des steppes primitives et des steppes secondaires issues de l'action anthropozoogène » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

Le cas des steppes centro-anatoliennes semble plus sûr : elles résulteraient bien de la succession des activités humaines. « Il paraît à peu près établi aujourd'hui que c'est l'action de l'homme qui est à l'origine de l'installation quasi générale de ces paysages de steppes » écrit Pierre Quézel, qui évoque les étapes de leur genèse, connues grâce aux recherches surtout palynologiques réalisées dans les années 1970-80 (AKMAN, QUÉZEL, 1996). Déjà dans les années 1950, par une recherche minutieuse des vestiges forestiers qui pouvaient subsister dans la steppe centro-anatolienne, Selman Uslu était arrivé à cette conclusion que la limite inférieure de la forêt avait dû se trouver plus basse qu'on ne le supposait. Des reliques plus ou moins rabougries de chênes (*Quercus pubescens*, *Quercus infectoria*) de pins (*Pinus nigra*) et de genévriers furent trouvées, même à proximité des rives du grand lac salé (près de Koç hisar, à 940 m d'altitude), ce qui permit à Selman Uslu d'évaluer à 50-55 % les surfaces initialement boisées, et d'affirmer le caractère anthropogène de la majeure partie des steppes anatoliennes, dont la végétation plus ou moins buissonnante ne dépassait pas à l'époque 7 % de la superficie (USLU, 1959). En Anatolie centrale, les forêts qui avaient succédé aux steppes (arborées ou non) de l'époque glaciaire würmienne, et qui avaient donc fini par couvrir la moitié de la surface totale, ont subi un déboisement précoce (dès le Néolithique et l'Âge du bronze). En effet, l'action des premières communautés agro-pastorales fit disparaître très tôt cette forêt peu résistante, tandis que l'insécurité progressive et l'explosion du pastoralisme provoquèrent la réinstallation du paysage de steppe graminéenne parsemée d'arbres et d'épineux. Cependant, la superficie des steppes centro-anatoliennes, « au cours de ces 30 dernières années, s'est réduite considérablement, sans doute de 60 à 80 % en moyenne » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Car la céréaliculture de type *dry-farming* », aujourd'hui hypermécanisée, a fait disparaître beaucoup de terrains de parcours, même dans les parties les plus sèches, comme autour du lac salé où les précipitations ne sont jamais inférieures à 200 mm par an (ce qui correspond approximativement à la limite de la culture pluviale).

Des steppes herbacées sensibles à la désertification

Nombre d'auteurs mettent aujourd'hui l'accent sur ce phénomène qu'il ne faut cependant pas généraliser (AIDOUD, TOUFFET, 1996 ; AIDOUD *et al.*, 2006 ; LE HOUÉROU, 1969, 1995). Plusieurs études de cas y ont été consacrées : sur le Sud oranais (AIDOUD, 1989), sur la région du Djebel Amour (BENSOUIAH, 1997), sur la région d'El Aricha, près de la frontière marocaine (KHALDOUN, 1995), ou encore sur la steppe à alfa de Rogassa, au sud du Chott Ech-Chergui (SLIMANI, 1998). Par ailleurs, l'URBT d'Alger, l'Unité de recherche sur les ressources biologiques terrestres, assure un suivi diachronique du phénomène de désertification dans le Sud-Ouest oranais, *in situ* et par télédétection. Bien avancée dans les hautes plaines, sauf sur les pentes des Atlas, la dégradation apparaît très forte dans le Sud oranais et au sud de l'Atlas saharien (vers Laghouat). Suivies pendant une vingtaine d'années, notamment par Ahmed Aidoud, les trois steppes du Sud oranais ont révélé une forte variabilité interannuelle de leur composition et leur production floristiques (surtout pour les thérophytes). À titre d'exemple, A. Aidoud montre qu'une variété rare de brachypode n'a été relevée que quatre fois en vingt ans dans deux stations, et toujours en un ou deux exemplaires. Cette variabilité floristique

inter-annuelle est plus grande que celle de la pluie. Alors que le rapport entre ces deux variabilités, calculé par H.-N. Le Houérou en 1996, est de 1,5 pour l'ensemble des régions arides, A. Aidoud montre qu'il est plus élevé pour les trois steppes : 2,16 (AIDOUD, 1989). On saisit la dégradation continuelle, l'effondrement de la production d'une année à l'autre.

Les principaux facteurs de cette dégradation sont surtout d'ordre anthropique : exploitation intensive de l'alfa, surpâturage accentué par la sécheresse et l'augmentation de la population et des besoins (LE HOUÉROU, 1995 ; BARBERO, QUÉZEL, 1995). Le phénomène a d'abord été enclenché par l'exploitation irrationnelle de l'alfa. Autrefois exporté à l'état brut, l'alfa fournissait la fibre pour la fabrication d'un papier de haute qualité et d'ouvrages tressés : ceintures, corbeilles, chaussures ou encore chapeaux. Trempées dans l'eau pendant une journée, les feuilles, souples et résistantes, se déployaient, étaient lissées et blanchies au soleil. Aujourd'hui, la pâte à papier est produite sur place, à Kasserine en Tunisie, à Baba Ali et Mostaganem en Algérie. En Tunisie, l'arrachage de l'alfa demande près de 30 000 personnes durant 4 mois de l'année, tandis que sa transformation mobilise 1 000 ouvriers permanents. Les steppes à alfa d'Afrique du Nord ne couvriraient guère plus de 3 millions d'hectares contre 8 millions dans les années 1950. Dans le Sud oranais, suivi par A. Aidoud, « en moins de 10 ans la quasi-totalité des nappes de plaines a disparu, soit près d'un million d'hectares », régression due à la cueillette industrielle (de 1862 aux années 1970) mais aussi au surpâturage.

Aujourd'hui, le principal facteur de désertisation des steppes, c'est en effet le surpâturage, déjà accentué depuis des décennies par la sécheresse. La durée de la saison sèche aurait augmenté de 2 mois entre les périodes 1913-1938 et 1978-1990. L'alfa n'est pas vraiment une plante fourragère en raison de sa haute teneur en cellulose et en lignine, mais en année sèche les espèces pérennes sont particulièrement menacées par les troupeaux des nomades. Le chameau ou le cheval peuvent malgré tout consommer les feuilles d'alfa, et les ovins, qui constituent 80 % du cheptel, attaquent les jeunes pousses tendres qui se développent en végétation active de mars à juillet, ainsi que les espèces herbacées et les petits ligneux qui forment le cortège de *Stipa tenacissima*.

Mais surtout, le surpâturage est accentué par l'accroissement des besoins d'une population et d'un cheptel plus nombreux. Situées, selon un proverbe bédouin, « depuis la ligne de semoule jusqu'à la ligne de palme », les steppes des hautes plaines sont vouées depuis le VIIe siècle au pastoralisme ovin et caprin, associé à la culture céréalière de subsistance plus ou moins itinérante. Mais depuis 40 ans, l'augmentation de la population et des niveaux de vie a entraîné celle de la pression pastorale dans ces steppes, domaine privé de l'État algérien depuis 1975, mais libre d'accès car gérées selon le droit coutumier des communes. Le cheptel ovin a plus que triplé, de riches éleveurs venus du Tell transportant leurs troupeaux par camion sur les pâturages. Tandis que les pasteurs nomades, passés à la culture céréalière sur les meilleurs parcours, se sédentarisent et maintiennent un troupeau plus important sur les terres les moins fertiles.

Les principaux indicateurs actuels de ce processus de désertification sont la stérilisation des terres et l'appauvrissement du couvert végétal.

Les caractères du sol se détériorent, ses réserves en eau et sa fertilité diminuent, favorisant l'érosion et l'ensablement. La régression générale du couvert végétal pérenne et de sa biodiversité, au profit de thérophytes « éphémères », renforce l'érosion éolienne et hydrique. Enfin, le recul de la productivité de la phytomasse, d'espèces clés comme l'alfa et l'armoise, appauvrit considérablement les pâturages, au profit du sparte – qui ne supporte qu'un mouton sur 10 ou 20 hectares – ou au profit d'espèces de dégradation (souvent toxiques) délaissées par les troupeaux comme le serr *(Atractylis serratuloides)*, ou d'espèces post-culturales comme l'arfej *(Rhanterium suaveolens)*. « Beaucoup de formations cartographiées en 1999 sont récentes » écrit D. Nedjraoui, chercheur à l'URBT.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Chapitre 5

Les maquis hors bassin méditerranéen



© Y. Tracol, Ceaza

Ce document est la propriété e

La présence de formations buissonnantes dans le domaine méditerranéen s'expliquerait aussi par le manque d'eau ou les terrains plats (GRABHERR, 1999). Pour nombre d'auteurs, le chaparral californien, le matorral chilien, le fynbos sud-africain et le mallee australien se démarqueraient partiellement des maquis purement anthropogènes du bassin méditerranéen : ils seraient semi-naturels. Après avoir acheté en 1989 le domaine du Rayol sur la corniche des Maures, le Conservatoire du littoral a introduit dans ses jardins botaniques quelques-unes des plantes de ces écosystèmes originaux.

Le chaparral californien et la végétation présteppique

En Californie méridionale surtout, le chaparral est « une sorte de maquis d'arbustes et de buissons, qui dépassent rarement deux mètres de haut » (HUETZ DE LEMPS, 1994). Le nom qui a été donné à ces formations ligneuses par les Espagnols – premiers occupants européens –

photo > ***Chuquiraga oppositifolia*****, belle Astéracée dans le matorral du Cerro Paita (Norte Chico chilien).**

Le chaparral californien et les marges semi-arides

Un maquis semi-naturel

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Le chaparral dans les Peninsular Ranges

Hard chaparral **bien représenté en versant sud à l'étage méso-californien : formation dense qui ressemble au maquis, comprenant surtout des chênes buissonnants sclérophylles (Shrub Live Oaks), du chamise et des manzanitas (au premier plan).**



© C. Tassin

Chaparral à chamise (chamisal)

Arbuste aux aiguilles toujours vertes et collantes, très commun dans tous les chaparrals, mais très présent aux adrets, ***Adenostoma fasciculatum*** **émet des substances toxiques qui gênent la germination des autres espèces. La photo de juin montre ses pyramides de petites fleurs blanches.**

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Scrub Oak en fleur *(Quercus berberidifolia)*

Ce chêne buissonnant à feuilles persistantes de 2 à 5 m de haut a une large distribution, il pousse entre 300 m et 1 500 m sur les pentes sèches et les sols peu profonds.



© C. Tassin

Leather Oak *(Quercus durata)*

Cet autre Shrub Live Oak à large distribution porte des feuilles convexes particulièrement coriaces, parfois bordées de petites dents plus ou moins pointues.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Desert Scrub Oak *(Quercus turbinella)*

Ses feuilles sont dentelées et piquantes comme celles de *Quercus berberidifolia*, mais de couleur vert grisâtre sur le dessus. Cette espèce subdésertique très xérophile ne supporte pas l'ombre, d'où sa répartition limitée en Californie (désert Mojave).



© C. Tassin

Toyon en fleur *(Heteromeles arbutifolia)*

Cet arbuste sempervirent (Rosacée) doit son nom scientifique à ses feuilles oblongues et à bords dentés comme celles de l'arbousier. Seule espèce du genre *Heteromeles*, le toyon, appelé aussi Christmas-berry à cause de ses nombreux fruits rouges, pousse en dessous de 1 200 m dans le chaparral et les espaces boisés.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Acajou de montagne *(Cercocarpus betuloides)*

Le Birchleaf Mountain-mahogany n'a de rapport avec le véritable acajou des tropiques que par la couleur de son bois. Ses « feuilles de bouleau » sont dentelées et ses fruits sont des akènes ornés de magnifiques plumets ondulants, qui se remarquent sur les piémonts comme sur les versants (ici, près de la frontière mexicaine, dans le sud du San Diego County).



© C. Tassin

Céanothe ou lilas de Californie

Les *Ceanothus* sont des arbustes ou petits arbres généralement sempervirents qui peuplent les chaparrals et les espaces boisés, et que l'on cultive souvent comme plantes d'ornement.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Chaparral à manzanitas (piémont sud de la Sierra Nevada)

Très résistants à la sécheresse, les manzanitas sont nombreux dans les chaparrals méridionaux. Ils appartiennent au genre *Arctostaphylos*, dont 56 espèces sur 60 sont originaires de Californie.



© C. Tassin

Bigberry manzanita *(Arctostaphylos glauca)*

Poussant du niveau de l'océan jusque vers 1 400 m, le grand manzanita de Los Angeles (5-7 m) a des feuilles ovales vert grisâtre et, comme les autres espèces, des branches et des tiges rouges et lisses. Manzanita vient de l'espagnol *manzana*, qui désigne les drupes semblables à de petites pommes.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

***Soft chaparral* côtier (arrière-pays d'Oceanside)**

Formation basse et ouverte appelée aussi *coastal sage scrub*, formant parfois une mosaïque avec le *hard chaparral*. La présence d'espèces pionnières post-incendies comme la sauge noire (Black Sage, ici au premier plan) témoigne de l'importance des perturbations.



© C. Tassin

***Hard chaparral* incendié et *soft chaparral* (Peninsular Ranges)**

Probablement climacique sur les versants secs et ensoleillés, le chaparral s'est étendu à des zones boisées plus humides lors des incendies. Une trop grande fréquence des feux, naturels ou provoqués, a sans doute abouti à la formation ouverte de type *soft chaparral*, d'ailleurs plus largement répandue à l'est et au sud de Los Angeles.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Joshua Tree *(Yucca brevifolia)*

Ce magnifique yucca, qui peut atteindre 12 m, est ainsi nommé parce qu'il rappelait aux Mormons le prophète Josué suppliant Dieu tout en guidant les Hébreux dans le désert. En Californie, on rencontre de vastes populations dans le Joshua Tree National Monument, à 200 km à l'est de Los Angeles.



© C. Tassin

Formations présteppiques à chollas et yuccas

Les chollas sont des cactus opuntias dont les guirlandes d'épines dorées et argentées s'illuminent sous la lumière rasante. Le Teddy Bear Cholla *(Opuntia bigelovii)* qui peut harponner les passants jusqu'à détacher une branche est connu sous le nom de « cholla sauteur ».

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© N. Scellier

Steppe à armoise du Grand Bassin (Nevada)

Malgré son nom, le Big Sagebrush n'est pas une sauge mais une armoise à feuilles trilobées *(Artemisia tridentata)* qui couvre des millions d'hectares dans le Grand Bassin et sur le plateau du Colorado, marquant la limite nord des vrais déserts. En Californie, on la trouve à l'est de la Sierra Nevada, associée au Singleleaf Pinyon (le pin à une aiguille, unique au monde) et à des genévriers.



© C. Tassin

Formations subdésertiques à Creosote Bush *(Larrea tridentata)*

Cet arbuste est si fréquent dans les semi-déserts américains qu'on a parlé d'un « *Larrea tridentata* biome ». En Californie, il est très présent dans le Mojave Desert, associé au Joshua Tree, et dans le Colorado Desert qui prolonge le Sonora, où il s'associe au cactus saguaro.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© M.-A. Coudray-Tassin

Feuillage et fleurs du créosote

Très résistants, les créosotes, régulièrement espacés, luttent pour l'eau. Des floraisons, ainsi qu'un renouvellement des tiges et des feuilles peuvent se produire en dehors du printemps après une pluie suffisante.



© M.-A. Coudray-Tassin

Fruits du créosote

Les petits fruits sphériques qui couvrent l'arbuste pendant la sécheresse sont totalement enveloppés de poils blanc rouillé.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

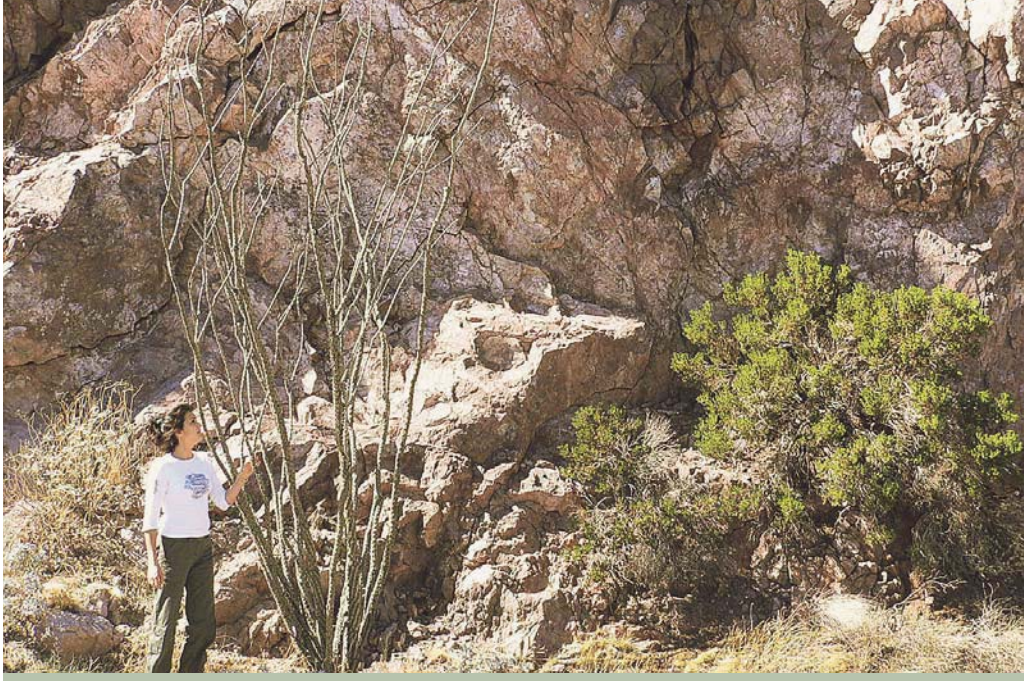


© C. Tassin

Mesquite *(Prosopis glandulosa)*

Abondante dans le Sud-Ouest étatsunien, cette Mimosacée phréatophyte possède de très longues racines capables de prélever l'eau des nappes. Les « haricots » du mesquite sont comestibles et son bois très dur est recherché pour la construction.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© M.-A. Coudray-Tassin

Ocotillo *(Fouquiera splendens)*

Très abondant dans le sud-est de la Californie, ce « cône à l'envers » peut dépasser 6 m de hauteur. Dans le désert Mojave, il s'associe au créosote, et dans le Sonora, il côtoie plutôt le Palo Verde et le cactus saguaro.



© C. Tassin

Rameaux feuillés et fleur d'ocotillo

Les feuilles apparaissent à l'aisselle des grosses épines en mars-avril, en même temps que les bouquets rouge vif au bout des tiges, mais aussi après les gros orages. Elles peuvent vivre environ cinq semaines.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Semi-désert à cactus saguaro et Blue Palo Verde

Le saguaro *(Carnegiea gigantea)* est un « cierge » qui peut atteindre 12-15 m, peser 9 tonnes et vivre deux cents ans. Endémique au désert du Sonora, il est protégé dans le Saguaro National Park près de Tucson. Arbre décidu épineux à l'écorce lisse bleu vert, le Blue Palo Verde *(Cercidium floridum)* a donné son nom à une bourgade et des montagnes du désert du Colorado.



© N. Scellier

Cardon (Basse-Californie)

Souvent confondu avec le saguaro, *Pachycereus pringlei*, qui craint le gel, se rencontre surtout en Basse-Californie, notamment dans la vallée des Géants, au sud de San Felipe. C'est le cactus le plus grand et le plus lourd du monde (jusqu'à 20 m et 25 tonnes). Ses branches partent près de la base du tronc.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Cactus orgue et cactus tonneau (Arizona)

L'Organ Pipe Cactus *(Stenocereus thurberii)* est formé de nombreuses tiges qui sont moins hautes que le tronc unique du saguaro (5 ou 6 m au maximum). Le California Barrel Cactus *(Ferocactus acanthodes)* porte ses fleurs en couronne au sommet de sa tige.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

dérive du terme « *chaparro* » qui désignait en Espagne des formes de végétation arbustive, comportant des chênes buissonnants appelés « *chaparras* ». Dans ce maquis qui couvre 5 % de l'État, les auteurs californiens distinguent souvent un « *hard chaparral* », surtout collinaire et même montagnard, d'un « *soft chaparral* » côtier.

Le *soft chaparral :* une formation littorale, basse et ouverte

Le « *southern coastal scrub* » (MOONEY, 1988) présente « certaines analogies physionomiques avec les cistaies et les tomillares [peuplées de thym] de la Méditerranée » (BIROT, 1965). Il est dominé par *Artemisia californica* et divers *Salvia, Baccharis, Eriogonum, Haploppapus*, végétaux à minces tiges ligneuses et à feuilles molles et aromatiques qui se dessèchent pendant l'été, ou encore *Ceanothus megacarpus,* le Big Pod Mountain Lilac, un céanothe de 1 à 4 m qui affectionne les sols côtiers sablonneux. On peut le rencontrer à l'étage thermo-californien tempéré et chaud (P de 300 à 500 mm, et *m* de 5 à 8 °C), et la prairie de Graminées *(Stipa)* qui le remplace dans les plaines argileuses au nord de Monterey, associée à certaines de ses espèces *(Artemisia et Baccharis)*, pourrait en dériver après une période de fréquentes perturbations (incendies et pâturage). Ce *soft chaparral* n'est pas plus climacique que la prairie littorale. Sur les premières pentes, il semble en corrélation dynamique avec le *hard chaparral* à chênes sclérophylles, formant parfois avec lui une mosaïque où la présence d'espèces pionnières post-incendie comme la sauge noire – Black Sage – *(Salvia mellifera)* témoigne de l'importance des perturbations. Dans l'arrière-pays entre San Diego et Oceanside, la sauge noire se reconnaît aisément, malgré sa fréquente hybridation avec la sauge blanche *(Salviana apiana)*, à ses feuilles vert foncé et ses beaux glomérules de fleurs bleu lavande, qui en desséchant deviennent noirs mais restent sur les tiges à la fin du printemps (d'où son nom). Lorsque les incendies sont trop rapprochés, les buissons sont éliminés et le soft chaparral – qu'on appelle aussi « *the coastal sage scrub* » – se substitue au hard chaparral ou directement à la forêt à chênes sclérophylles dominants (BIROT, 1965). Mais « certaines formations à pins littoraux et à cyprès, de plus en plus résiduelles vers le sud de la Californie, pourraient représenter au moins localement les formations potentielles forestières du soft chaparral ou de la prairie littorale » écrit Pierre Quézel, qui précise cependant que rien n'est sûr en « l'absence quasi totale d'arbres indigènes à cet étage » (QUÉZEL, 1979). Bien que plus nombreux que dans le bassin méditerranéen, les genres de conifères thermophiles de Californie (6 *Pinus* contre 3 et 10 *Cupressus* contre 2) semblent plutôt jouer un rôle mineur – comme nous l'avons vu avec le pin et le cyprès de Monterey (chap. 3) – dans la constitution des paysages végétaux littoraux. Différence certes remarquable avec les conifères d'altitude, encore plus nombreux, dont la place dans les paysages de montagne californiens est au contraire dominante dès l'étage supra-californien (chap. 8).

Le *hard chaparral :* un enchevêtrement d'espèces sclérophylles

Cette formation rappelle les maquis circumméditerranéens. Surtout caractéristique de l'étage méso-californien (HANES, 1988), elle s'étend dans l'ensemble entre 200-300 m et 1 600-1 700 m (parfois plus de 2 000 m) d'altitude. La répartition géographique des chaparrals distingue parfois plusieurs types : le chaparral à chamise, le chaparral à manzanitas *(Arctostaphylos)*, à céanothe *(Ceanothus)*, ou à chênes sclérophylles de petite taille (Shrub Oaks). Mais, d'une façon générale, « le chaparral est bien représenté dans les secteurs les plus secs, sur les substrats perméables et les versants sud. Là sont les espèces les plus caractéristiques » (ELHAÏ, 1968).

Des arbustes ou petits arbres de la famille des Rosacées

Le chamise ou Greasewood *(Adenostoma fasciculatum)* est un arbuste de 0,60 m à 3,5 m de haut. Ses feuilles toujours vertes sont réduites à des faisceaux d'aiguilles collantes, et ses rameaux montrent à leurs bouts, de mai à juillet, de belles inflorescences pyramidales (de 4 à 10 cm de long), formées de petites fleurs blanches. Le chamise est très commun en dessous de 1 500 m d'altitude dans tous les chaparrals, il pousse aussi dans le *coastal scrub* et les forêts ouvertes, notamment sur les piémonts qui entourent la Vallée centrale.

Le toyon *(Heteromeles arbutifolia)* est un arbuste ou petit arbre qui peut mesurer jusqu'à 5 m de haut, parfois plus. Il doit son nom scientifique à ses feuilles toujours vertes, oblongues (de 5 à 10 cm) et à bords dentés comme celles de l'arbousier *(Arbutus unedo)*. C'est la seule espèce du genre *Heteromeles*, où il a été placé après avoir appartenu au genre *Photinia.* Groupées en inflorescences terminales, ses fleurs blanches n'apparaissent que de juin à août, tandis que de novembre à janvier ses nombreux fruits rouges (de 5 à 10 mm de diamètre) font de

cet arbuste sempervirent une espèce particulièrement attractive pour la décoration, d'où ses autres noms : Christmas-berry (baie de Noël) ou California-holly (houx de Californie). Si le toyon pousse en dessous de 1 200 m dans le chaparral et les espaces boisés, on le voit aussi qui orne les abords des maisons ou des motels.

L'islay ou Hollyleaf-cherry *(Prunus ilicifolia)* est un arbuste qui peut devenir un arbre de 15 m de hauteur. Cette espèce sempervirente aux fruits rouge violet doit son nom scientifique à ses feuilles piquantes comme celles du houx *(Ilex aquifolium)*. Dans les Channel Islands, au large de Los Angeles, existe cependant une sous-espèce aux feuilles à bords lisses.

L'acajou de montagne ou Birchleaf Mountain-mahogany *(Cercocarpus betuloides)* est un arbuste ou petit arbre de 2 à 8 m. Ses « feuilles de bouleau », elliptiques (12 à 25 mm), dentelées et festonnées, sont plus ou moins enroulées en dessous. Cette espèce sempervirente, dont les fruits (des akènes) ont au bout de leur apex de magnifiques plumes ondulantes de 5 à 7 cm de longueur, se remarque facilement sur les piémonts et les versants de la plupart des montagnes de Californie, jusqu'à 2 400 m. Elle n'a certes aucun rapport avec le véritable acajou des tropiques, seule la couleur de son bois brun rougeâtre semble être à l'origine de son nom vernaculaire. Dans la Sierra Nevada, c'est un arbuste de moins de 9 m de hauteur qui pousse sur les pentes rocheuses du piémont occidental, une autre espèce aux feuilles à bords lisses, le Curl-leaf Mountain-mahogany *(Cercocarpus ledifolius)*, peuplant uniquement les pentes subdésertiques à l'est de la Sierra (ARNO, 1973).

Parmi les Rhamnacées, surtout des céanothes

Les *Ceanothus* ou lilas de Californie (*California-lilac*) sont des arbustes ou des petits arbres sempervirents et parfois décidus. Ils peuvent être si élégants avec leurs feuilles à 1 ou 3 nervures bien marquées, et surtout leurs fleurs généralement bleues ou blanches à 5 sépales et pétales disposées en magnifiques inflorescences, qu'on les cultive souvent comme plantes d'ornement.

Sur les 45 espèces de *Ceanothus* existantes, 43 sont originaires de Californie, et toutes ne peuplent pas que les chaparrals, mais également des espaces boisés (STUART, SAWYER, 2001). Un bel exemple est celui du Buckbrush ou Wedgeleaf ceanothus *(Ceanothus cuneatus)*, le céanothe aux feuilles en forme de petites semelles (de moins de 3 cm), qui de mars à mai ouvre ses fleurs blanches, bleu pâle ou lavande, jusqu'à 1 800 m d'altitude, du sud de l'Oregon à la Basse-Californie, excepté dans les zones très sèches (Central Valley) et les déserts. Sa taille est tout à fait modeste : 2,5 m au maximum. Le Blue Blossom *(Ceanothus thyrsiflorus)* aux fleurs bleu pâle à bleu foncé, qui se répand abondamment après les coupes forestières ou les incendies, est souvent recherché comme plante d'ornement (même en Europe). Sa présence sur les côtes humides du nord de la Californie et du sud de l'Oregon (en dessous de 600 m) explique que le tronc peut atteindre jusqu'à 25 cm de diamètre et 9-12 m de hauteur (dans le Curry County, en Oregon). Un autre céanothe moins grand (jusqu'à 4 m), cette fois aux feuilles décidues et à longues inflorescences de 10-15 cm au bout des branches, le Deerbrush *(C. integerrimus)* aux fleurs blanches, bleu pâle ou même rose, occupe à peu près les mêmes habitats, un peu moins côtiers cependant, entre 150 m et 2 100 m d'altitude. Mais sa répartition est beaucoup plus vaste puisqu'on peut le trouver depuis l'État de Washington jusqu'en Arizona et au Nouveau-Mexique. Sans doute du fait que cette espèce, abondante après les perturbations (incendies, coupes), constitue une étape transitoire dans la reconstitution des forêts. Si jadis les Indiens faisaient du savon avec ses fleurs, le Deerbrush est aujourd'hui grandement une essence d'ornement. Enfin, on peut citer le Hairy Ceanothus *(C. oliganthus)* qui peut atteindre 5 m de hauteur, aux feuilles poilues et aux fleurs bleu blanchâtre, qui apparaît aussi dans les forêts comme dans le chaparral, du nord au sud de la Californie mais seulement tout au long des montagnes côtières. Deux variétés cependant, plutôt séparées géographiquement : l'une aux feuilles et aux rameaux couverts de poils qui pousse dans le sud, et l'autre (le Jim Bush) avec des poils seulement en dessous des feuilles et des rameaux glabres qui apparaît dès les Chaînes transverses et pousse dans le nord.

Mais les *Ceanothus* se rencontrent communément dans les divers chaparrals. Le premier exemple qui semble vraiment caractéristique de ces formations, c'est le Chaparral Whitethorn *(C. leucodermis)* aux fleurs bleu pâle et aux branches rigides, rondes et souvent épineuses, qui se répartit à des altitudes modestes sur le piémont ouest de la Sierra Nevada comme dans les Chaînes côtières au sud de San Francisco, ou les Chaînes péninsulaires jusqu'en Basse-Californie. Une espèce particulièrement appréciée par la dent des daims (STUART, SAWYER, 2001), contrairement au Bigpod Mountain Lilac *(C. megacarpus)* aux fleurs blanches à lavande pâle, caractéristique des chaparrals côtiers depuis le comté de Santa Barbara jusqu'au sud de la Californie.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Celui-ci, comme le précédent, peut atteindre 3 à 4 m de haut, s'il occupe des sols sablonneux ou bien drainés, par exemple dans le *coastal sage scrub*. Enfin, deux autres exemples de céanothes sont plutôt caractéristiques des chaparrals des montagnes du Sud californien : le Hoaryleaf Ceanothus *(C. crassifolius)*, aux « feuilles chenues », vert olive sur le dessus mais couvertes de beaux poils blancs en dessous, qui pousse jusqu'à 1 000 m d'altitude, et le San Diego Mountain Lilac ou Sierra Blue Ceanothus *(C. cyaneus)* aux belles grappes de fleurs bleues.

Le California Coffeeberry *(Rhamnus californica)* et le Buckthorn ou Spiny Redberry *(Rhamnus crocea)* sont d'autres Rhamnacées. Le Coffeeberry est un arbuste toujours vert (jusqu'à 5 m) aux rameaux rougeâtres, aux feuilles oblongues et dures à nervure centrale marquée, ses fruits ressemblant à des cerises de café avant de devenir noires. Quant au Buckthorn, c'est aussi un arbuste sempervirent, mais qui ne dépasse guère 2 m de haut et dont les branches épineuses portent des fruits rouges.

Des manzanitas très résistants à la sécheresse

Ces arbres ou arbustes sont donc très nombreux dans les chaparrals de Californie méridionale. Dans les montagnes de Santa Monica, on rencontre le grand manzanita de Los Angeles de 5-7 m, le manzanita Bigberry *(Arctostaphylos glauca)*, avec ses feuilles ovales vert grisâtre et ses fleurs blanches teintées de rose qui contrastent avec la couleur rouge foncé de son écorce. Mais on le trouve aussi bien dans le *soft chaparral* côtier à sauge noire que vers le sud-est, dans les formations semi-arides à pinyons et genévriers ou même à yuccas (Joshua Trees). Dans le chaparral des montagnes de San Diego poussent bon nombre de manzanitas, dont *Arctostaphylos otayensis* au feuillage gris-vert mais vert jaunâtre quand il est jeune, ou encore le manzanita mexicain *(A. pungens)* aux feuilles étroites vert clair, aux fleurs blanches et à l'écorce lisse brun rougeâtre, dont l'aire s'étend jusque dans la région de Los Angeles et Monterey, et dans les déserts Mojave, de l'Arizona et du Mexique, aussi bien dans le chaparral que dans la forêt de pins jaunes ou de chênes sclérophylles.

56 espèces d'*Arctostaphylos* sur environ 60 sont originaires de Californie (Stuart, Sawyer, 2001). Leurs branches et leurs tiges sont typiquement rouges et lisses. Et leurs inflorescences donnent des fruits, des drupes qui ressemblent à de petites pommes *(manzana*, en espagnol) d'où le nom commun donné à ces espèces. Si le grand Bigberry de Californie méridionale, que l'on vient d'évoquer, pousse dès le niveau de la mer (jusque vers 1 400 m), le manzanita Parry *(A. parryana)*, beaucoup plus petit (2 m maximum), aux feuilles rondes ou elliptiques vert brillant et aux drupes marron rougeâtre, se rencontre plutôt entre 1 200 m et 2 300 m dans le *montane chaparral* et les forêts de conifères des Chaînes transverses, où l'on remarque ses branches rouge foncé étalées. En ce qui concerne les chaparrals et les bois des plus basses altitudes (entre 100 et 1 200 m), il faut plutôt citer le Common Manzanita *(A. manzanita)* qui pousse autour de Central Valley, mais également au nord des Coast Ranges et dans les Klamath Mountains où, recevant de plus en plus d'eau, il peut atteindre 7 m. Certains manzanitas sont d'ailleurs des espèces plutôt spécifiques du Nord californien : le Glossyleaf *(A. nummularia)* que l'on trouve jusqu'à 750 m tout au long de la Chaîne côtière, le manzanita de Bolinas *(A. virgata)* en bordure de la forêt de Redwood, dans le comté de Marin, ou encore le manzanita velu ou Hairy Manzanita *(A. columbiana)* dans la forêt de sapins de Douglas, qui s'observe du niveau de la mer jusqu'à 750 m au nord de San Francisco… Enfin, il faut évoquer le célèbre raisin d'ours – la busserole – *(Arctostaphylos uva-ursi)* qui existe aussi dans l'Ancien Monde, petit arbuste de 60 cm au maximum, aux feuilles oblongues de 1 à 2 cm, vert foncé brillant sur le dessus et vert clair en dessous, aux denses inflorescences blanches teintées de rose et aux petits fruits rouge brillant (de 6 à 12 mm). Ses branches, qui s'étalent souvent en prenant racine, protègent le sol contre l'érosion. En Californie, cette espèce peut pousser à diverses altitudes : jusqu'à 60 m entre la péninsule de Point Reyes (près de San Francisco) et la frontière de l'Oregon, mais aussi de 2 400 m à 3 200 m sur le versant oriental de la Sierra Nevada. Son aire s'étend jusqu'au Canada et en Alaska, dans les Montagnes Rocheuses, l'est des États-Unis et en Eurasie. En Europe, il existe sous la forme de deux arbrisseaux nains du domaine arctique-alpin, c'est un bon témoin du contact entre l'Europe et l'Amérique du Nord à l'ère tertiaire. Sur la face nord de la Sierra Sagra (au nord de Grenade), on peut le rencontrer vers 2 000 m d'altitude (variété *crassifolius*).

D'autres espèces peuplent encore le chaparral

Elles appartiennent à différentes familles :
– des Éricacées et des Graminées, dont un brome et une avoine ;
– une Lamiacée, la sauge noire – Black sage – *(Salvia mellifera),* arbrisseau décidu de 1 à 2 m très aromatique, aux fleurs bleu lavande pâle qui

attirent les abeilles, espèce pionnière post-incendie (plus ou moins paraclimacique) caractéristique du *soft chaparral* côtier (jusqu'à 350-360 m environ) ;

– une Anacardiacée baptisée Poison Oak *(Toxicodendron diversilobum),* arbuste aux feuilles caduques et très toxiques, ressemblant à celles du framboisier et pouvant causer de graves dermatoses ;

– quelques yuccas, comme le cierge du Seigneur *(Yucca whipplei),* avec sa rosette de feuilles sur le sol et sa spectaculaire inflorescence de 2 à 6 m de haut, dans les chaparrals ou les bois de la Sierra Nevada et du Sud-Ouest californien. Dans les San Gabriel Mountains, au nord de Los Angeles, on rencontre la subsp. *parishii*, l'une des 5 sous-espèces connues.

Les chênes buissonnants sclérophylles, espèces les plus caractéristiques

Bien plus petits que les Tree Live Oaks de la forêt mixte ou xérophylle, les Shrub Live Oaks sont présents sur les versants sud mais dominent peut-être davantage sur les faces nord où leur germination réussit mieux (climat moins sec, plus grande abondance de la litière), même si le chaparral y apparaît moins vigoureux. Selon Henri Elhaï, le chamise largement présent aux adrets « y émet des substances toxiques qui empêcheraient bien des germinations ». On a longtemps pensé que le plus abondant des Shrub Oaks était le California Scrub Oak *(Quercus dumosa)*, car son nom a été appliqué à pratiquement tous les chênes buissonnants du chaparral. Mais depuis qu'ont été isolées d'autres espèces comme *Q. berberidifolia* (très répandu), *Q. turbinella* ou *Q. pacifica* (tous deux à répartition plus restreinte), le *Quercus dumosa* « vrai » est devenu le Coastal Scrub Oak, une espèce côtière limitée.

Parmi les Shrub Oaks à large distribution, il faut citer le Scrub Oak, le Tucker Oak et le Leather Oak (PAVLIK *et al.*, 2006).

– C'est *Quercus berberidifolia* qui est maintenant le Scrub Oak le plus répandu – c'est d'ailleurs là son nom vernaculaire. Cet arbuste de 2 à 5 m de haut pousse entre 300 et 1 500 m sur les pentes sèches et les sols peu profonds des montagnes californiennes (sur les piémonts occidentaux seulement, pour la Sierra Nevada).

– Le Tucker Oak *(Quercus john-tuckeri)*, autrefois connu sous le nom de *Quercus turbinella* subsp. *californica* parce qu'il ressemble énormément au Desert Scrub Oak *(Quercus turbinella),* a une répartition beaucoup plus large que ce dernier, du moins en Californie, notamment dans les formations à pinyons, genévriers ou Joshua Trees du comté de San Bernardino, ou dans le chaparral semi-désertique des Transverse Ranges. Mais son importance sur les pentes sèches des Tehachapi Mountains et dans les Coast Ranges du sud tiendrait de son hybridation avec le Blue Oak.

– Quant au Leather Oak *(Quercus durata)* à feuilles particulièrement coriaces, c'est un arbuste de 1 à 3 m qui affectionne souvent les roches vertes (serpentine) des Coast Ranges et du versant ouest de la Sierra Nevada. Dans les San Gabriel Mountains cependant, il pousse sur des sols granitiques.

Parmi les Shrub Oaks à répartition plus restreinte, il faut citer le Coastal Scrub Oak, le Desert Scrub Oak, et le Muller Oak (PAVLIK *et al.*, 2006).

– Le Coastal Scrub Oak, *le Quercus dumosa* « vrai », est une espèce rare, limitée comme son nom l'indique aux basses altitudes (jusque vers 3-400 m) le long des côtes sud-californiennes et du nord de la Baja California. Arbuste de 3 m au maximum, aux branches raides mais au port arrondi (comme s'il avait été taillé), il se distingue par la présence de poils visibles à l'œil nu sous des feuilles qui peuvent être piquantes (comme celles du chêne kermès). L'Island Scrub Oak *(Quercus pacifica)* est lui aussi limité à certaines basses pentes côtières et surtout aux îles, les Channel Islands.

– Le Desert Scrub Oak (*Quercus turbinella)* ne supporte pas l'ombre. Comme celles de *Quercus berberidifolia,* ses feuilles sont dentelées et piquantes, mais de couleur vert grisâtre sur le dessus. Les glands ont un court pédoncule de 1,5 cm de longueur. Toutefois cet arbuste très xérophile, à répartition limitée en Californie (désert de Mojave et Basse-Californie) peut devenir un arbre de 7 m de haut et se rencontrer jusqu'en Arizona, au Nouveau-Mexique et même dans l'ouest du Texas.

– Le Muller Oak *(Quercus cornelius-mulleri)* a été récemment reconnu comme distinct des deux chênes sclérophylles précédents (PAVLIK *et al.*, 2006). Sa distribution s'étend d'ailleurs à 1 000-2 000 m d'altitude entre la côte et le désert, des montagnes San Bernardino ou du Joshua Tree National Monument à la Basse-Californie, surtout sur les sols granitiques des Chaînes péninsulaires, souvent dans le chaparral proche du demi-désert. La canopée très dense de cet arbuste de 2-3 m de haut est formée d'épaisses feuilles parfois dentelées et épineuses, au dessus vert grisâtre et au dessous couvert de poils blanchâtres. Les glands sont oblongs et souvent pointus.

Un écosystème semi-naturel

Beaucoup d'auteurs californiens considèrent le chaparral comme une formation climacique.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Peut-être l'est-il sur les versants tournés vers le sud ou vers l'est, les plus secs et les plus ensoleillés, mais les incendies ont largement contribué à son extension. Plus de la moitié de ses espèces broussailleuses rejettent de souche : les chênes buissonnants mais aussi le chamise, arbuste nettement inutilisable, favorisé par le feu et par sa capacité à émettre des toxines qui empêchent la croissance d'autres plantes. À la base des chamises, on trouve souvent des *burls* qui résistent à la chaleur, phénomène déjà évoqué pour le Redwood (chap. 3). Quant aux espèces qui ne rejettent pas, leur germination est malgré tout favorisée par le feu : en faisant craquer l'enveloppe de la graine, il la rend perméable à l'eau. C'est le cas pour certains manzanitas qui ne rejettent pas d'un *burl* après l'incendie, et pour beaucoup de *Ceanothus*, végétation transitoire souvent abondante : le Deerbush (*Ceanothus integerrimus)* déjà cité, mais aussi le Mountain Whitethorn *(C. cordulatus)* et le Coast Whitethorn *(C. incanus)*, le Tobacco Brush *(C. velutinus)* et le Blue Blossom *(C. thyrsiflorus)*, bel arbre à fleurs bleues des régions côtières du Nord californien qui peut atteindre 12 m dans le sud-ouest de l'Oregon (cf. *supra*).

Mais le chaparral est aussi considéré comme une formation secondaire en équilibre avec le feu (QUÉZEL, 1979). « Sa croissance est lente et souvent il est dévasté par un nouvel incendie » (HUETZ DE LEMPS, 1994), une trop grande fréquence des feux, naturels ou provoqués, ayant sans doute abouti à la formation ouverte de type *soft chaparral,* voire à la prairie littorale graminéenne, où sévit une forte érosion des sols. Au total, le caractère climacique du chaparral est largement discuté, d'autant plus que « son évolution vers des structures dominées par les *Quercus* sclérophylles ou divers *Pinus* paraît, au moins localement, envisageable » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). À l'état naturel ce maquis occupait sans doute les versants les plus secs, mais les hommes l'ont étendu dans des zones forestières plus humides. « Il est très probable que sur les versants tournés vers le sud, ainsi que dans une bande marginale au contact du demi-désert, les conditions hydriques sont telles que le chaparral représente le véritable climax » (BIROT, 1965).

Des formations présteppiques, à l'est des chaînes californiennes

À l'étage méso-californien, dominent des formations à pins pinyons, à grosses graines comestibles.

Le « pin à une aiguille », le Singleleaf Pinyon *(Pinus monophylla),* est unique au monde parmi les 110 espèces qui existent (LANNER, 2002 ; PETRIDES, 2005). Ses associés sont des genévriers – l'Utah Juniper *(Juniperus osteosperma)* – mais aussi divers arbustes et chaméphytes – comme l'armoise Big Sagebrush *(Artemisia tridentata)* – qui appartiennent parfois au chaparral (comme le Big Berry manzanita, le chamise ou le Desert Scrub Oak, *Quercus turbinella*). Autrefois présent dans les environs du Mojave Desert et du Kings Canyon, le Singleleaf Pinyon a vu son aire s'étendre avec le réchauffement postglaciaire (LANNER, VAN DEVENDER, 1998). Assez résistant au froid, il pousse entre 900 m et 2 800 m dans la Sierra Nevada, surtout sur son versant oriental et les montagnes qui le bordent (White, Inyo Mountains et Panamint Range), mais aussi très largement dans le Grand Bassin (jusque dans l'ouest de l'Utah), hors de l'actuel domaine méditerranéen californien. Au sud, on le rencontre dans les Chaînes transverses et péninsulaires, jusqu'en Basse-Californie. Selon Ronald M. Lanner, la dissémination des graines (non ailées) est assurée par les geais, capables d'en avaler 40 et « de voler cinq miles sans s'arrêter pour les cacher dans le sol » (LANNER, 2002). Deux autres pinyons ont une répartition géographique extrêmement réduite. Le Sierra Juarez Pinyon *(Pinus juarezensis)* à 5 aiguilles est grandement confiné à sa montagne éponyme de Basse-Californie. Et le Parry Pinyon *(Pinus X quadrifolia)*, qui pousse lui aussi de part et d'autre de la frontière mexicaine, est peut-être, avec son nombre inhabituel et variable d'aiguilles (parfois 4), une espèce hybride de ce pin et du Singleleaf.

L'étage thermo-californien voit des formations clairsemées à genévrier californien, à éphédra et à *Yucca.* P. Quézel et M. Barbero ont mis en exergue le parallèle entre ce thermo-californien présteppique et certaines formations semi-arides des Atlas marocains à genévrier de Phénicie, genévrier oxycèdre et éphédra. Poussant du nord au sud de l'État, le genévrier californien *(Juniperus californica)* étend son aire aux zones semi-désertiques de l'est, du Mojave Desert au nord-ouest de l'Arizona. Dans les montagnes de San Bernardino, cet arbuste qui peut dépasser 4 m occupe l'étage à Creosote Bush, juste en dessous de celui à Singleleaf Pinyon et Utah Juniper (LANNER, 2002). Le Nevada Tea *(Ephedra nevadensis)* est l'espèce d'éphédra la plus répandue dans les déserts nord-américains (Californie, Nevada, Utah, Arizona), surtout sur les sols sablonneux. Bien que les fines tiges vertes de cet arbuste de 1 à 2 m portent comme les gymnospermes de petits cônes, elles n'ont ni aiguilles ni feuilles, seulement de petites écailles décidues de 5 à 6 mm de longueur. Le Joshua Tree *(Yucca brevifolia)*, ou arbre de Josué, ainsi nommé parce qu'il rappelait aux Mormons le prophète qui suppliait Dieu en guidant les Hébreux dans le

désert, croît dans le Mojave Desert », où l'on trouve aussi le cierge du Seigneur *(Yucca whipplei)* cité plus haut. Mais on le rencontre également plus à l'est, jusqu'en Utah et en Arizona. En Californie, son aire s'étend entre 600 et 1 800 m, dans les zones plates mais également sur les pentes, souvent associé au Sagebrush et aux genévriers, et dans le Joshua Tree National Monument – à 200 km à l'est de Los Angeles – on peut l'admirer dans de vastes populations denses. Ce magnifique yucca très photographié pour ses rosettes de feuilles dures et pointues comme des baïonnettes au bout des branches, et pour ses bouquets de fleurs blanc verdâtre au bout des tiges, l'est aussi pour sa haute stature qui peut atteindre plus de 12 m. Plus la plante est âgée, plus elle possède de branches. Et bien que les troncs fibreux – où persistent les feuilles mortes – ne forment pas d'anneaux de croissance, on évalue sa longévité à au moins 200 ans.

Le contact avec les formations steppiques et subdésertiques

La steppe à armoise

Malgré son nom local, le Big Sagebrush n'est pas une sauge mais une armoise aromatique à feuilles trilobées, *Artemisia tridentata*, un arbuste de 0,50 m à 3 m qui couvre des millions d'hectares dans le Grand Bassin et sur le plateau du Colorado. Cette espèce présente bon nombre d'adaptations à la sécheresse : de profondes racines puis d'autres plus étalées pour drainer l'eau, une certaine persistance des feuilles entre la fin de l'été et le printemps, ce qui prolonge la photosynthèse, des poils dont la couleur claire (blanc argenté) modère la température à la surface des feuilles, et dont les odorants terpènes éloignent les insectes et les petits herbivores. Pour beaucoup d'auteurs, *Artemisia tridentata* marque la limite nord des vrais déserts, le début d'une vaste steppe (TAYLOR, 1998). Cependant, elle étend aussi son aire en Californie, associée, on l'a vu, aux pins pinyons et aux genévriers, et à certains chênes sclérophylles bas. Cette espèce, qui existait plus au sud aux époques froides (on a trouvé du Big Sagebrush fossilisé en Arizona), contribue actuellement à la stabilité de l'écosystème du Grand Bassin, mais parce qu'elle empêche l'extension des pâturages elle est considérée comme nuisible par les éleveurs. Pourtant, petite anecdote, son esthétique – sans doute digne de la déesse Artémis ? – est telle qu'un jour le botaniste Ronald J. Taylor en a fait un arbre de Noël…

Les semi-déserts à Creosote Bush

Cet arbuste *(Larrea tridentata)* est si fréquent qu'on a parlé d'un *Larrea tridentata biome* (TAYLOR, 1998). Encore tout à fait présent dans le sud-est de la Californie, dans le Mojave Desert et le Colorado Desert, extension occidentale du Sonora Desert, il y forme des populations pures ou de vastes communautés avec le Bur Sage *(Ambrosia dumosa)*. Sur les pentes plus élevées, ses buissons de 0,60 m à 4 m de haut s'associent au Joshua Tree dans le Mohave Desert, et au cactus saguaro dans le Sonora Desert. Le vocable « Creosote » (prononcer « cree-uh-sote ») fait référence à l'odeur de goudron végétal, très forte par temps humide, que dégagent ces nombreux buissons sempervirents. Très résistants, les créosotes luttent pour l'eau, régulièrement espacés. Lorsque celle-ci est accessible, leurs belles fleurs jaune vif se détachent sur les petites feuilles rondes, vernissées, vert foncé. D'autres floraisons peuvent donc apparaître en dehors du printemps, après une pluie suffisante, de même qu'un renouvellement des tiges et des feuilles. Mais pendant les fortes sécheresses estivales, le feuillage prend une couleur vert olive, qui contraste plus fortement avec le gris cendreux de son petit compagnon plus ou moins décidu, le Bur Sage, et des tiges centrales finissent par mourir, tandis que l'arbuste se couvre de petits fruits sphériques (d'environ 5-6 mm de diamètre), totalement enveloppés de poils blanc rouillé. La résine du Creosote Bush fournit encore de nombreux médicaments aux Indiens papago du sud de l'Arizona.

D'autres plantes du désert, sur la bordure « méditerranéenne »

Dans le désert de Sonora (au Mexique et en Arizona) mais aussi dans le désert du Colorado et de Borrego qui le prolonge jusqu'à Salton Sea et les Chaînes péninsulaires, croissent des espèces qui craignent le gel mais sont très résistantes à la sécheresse.

L'Ironwood *(Olneya tesota)* a un bois extrêmement dur. C'est un arbre qui peut atteindre 8-9 m, être aussi large que haut (LITTLE, 2005), dont le tronc gris vert filandreux ne flotte pas. L'hiver, ses branches épineuses perdent plus ou moins leurs feuilles composées de folioles de 8 mm de long (4 à 9 paires).

Le Blue Palo Verde *(Cercidium floridum)* a une écorce lisse bleu vert. « Palo verde » signifie « bâton vert ». Cet arbre de la même taille que l'Ironwood, également épineux et décidu, a des feuilles généralement groupées par deux et composées chacune de 2 à 4 paires de folioles qui ont 6 mm de long. Il est particulièrement abondant dans les plaines sableuses et le long des cours d'eau intermittents (les *washs*) du Colorado Desert, où il a donné son nom à une bourgade et à des montagnes (au sud de Blythe). Mais une

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

autre espèce à l'écorce jaune vert préfère les *bajadas*, les pentes montagneuses : en Californie, le Littleleaf (ou Foothill) Palo Verde *(Cercidium microphyllum)* pousse uniquement au sud de Lake Havasu City, dans les Whipple Mountains.

Le mesquite *(Prosopis glandulosa)* a de très longues racines. Le mesquite est une Mimosacée phréatophyte, dont les longues racines (jusqu'à 18-20 m) vont prélever l'eau des nappes. S'il abonde dans le Sud-Ouest étatsunien et le nord du Mexique, il est aussi tout à fait commun dans le Sud-Est californien, « apparaissant jusque dans la San Joaquin Valley, où il aurait été planté il y a 120 ans » (STUART, SAWYER 2001). Comme celles du Palo Verde, ses folioles sont elliptiques (mais plus étroites), alignées sur des feuilles composées groupées par deux, mais bien plus longues (5 à 10 cm contre 1 cm) avec leurs 7 à 20 folioles. Et comme pour le Palo Verde et l'Ironwood, ses fruits sont de grandes gousses, qui se contractent entre leurs graines. Ces « haricots » sont comestibles et le bois très dur sert pour le chauffage et la construction (charpente, clôture).

L'ocotillo *(Fouquiera splendens)* est une espèce magnifique. Très abondante dans le sud-est de la Californie, jusque dans l'ouest du Texas et au Mexique, elle mérite bien son épithète. Selon Ronald J. Taylor, son nom provient d'un mot aztèque « *ocotle* » qui signifie « pin », affecté du diminutif espagnol *illo*. Mais ce petit pin, avec ses longues tiges fortement épineuses, pratiquement sans branches et souvent sans feuilles, ressemble plutôt à un cône à l'envers qui peut dépasser 6 m de hauteur. Et l'on pense alors à une autre espèce du genre *Fouquiera* qui semble avoir elle aussi la tête en bas, une étrange carotte renversée de plus de 10 m de hauteur qu'on trouve en Basse-Californie, le cirio ou boojum *(Fouquiera columnaris),* « à la fois flexible et solide comme le roseau, couvert d'épines et de minuscules feuilles, [et qui] résiste aux pires sécheresses et aux ouragans » (ROBERT, 2003). Les plus beaux spécimens de cirios se rencontrent peut-être sur le 29e parallèle dans le Parque National del Desierto Central de Baja California, entre la mission de San Borja et Bahia de Los Angeles. Les feuilles de l'ocotillo apparaissent en mars-avril, en même temps que les fleurs qui se rassemblent en bouquets rouge vif au bout des tiges. Mais qu'un gros orage survienne dans l'année, et en cinq jours *Fouquiera splendens* refait des feuilles capables de vivre cinq semaines, alternative qui peut, selon Janice Emily Bowers, se produire plus de 5 à 6 fois l'an (BOWERS, 1993). Avec ses grosses épines rigides, cet arbuste « sert à la construction de clôtures impénétrables et au support des toits de chaume » (TAYLOR, 1998). Si dans le Mojave Desert, l'ocotillo s'associe au Creosote Bush, dans le Sonora Desert, il côtoie plutôt le Palo Verde et le cactus saguaro, dans des paysages fascinants, protégés dans nombre de parcs où dès le début du printemps l'on peut admirer des tapis de fleurs aux teintes éclatantes, qui se fraient un chemin à travers l'armure épineuse des arbustes ou des cactus aux mille couleurs : pissenlits du désert de Mojave, verveine des sables du désert de Borrego, pâquerettes blanches, *Eriophyllum* jaunes sous les arbres de Josué…

Les cactées sont des plantes succulentes (qui emmagasinent l'eau). Le cactus saguaro (*Carnegiea gigantea)* en forme de cierge, représente une espèce géante qui peut atteindre 12-15 m, peser 9 tonnes et vivre au moins deux cents ans. Son immense réseau de racines étendu au ras du sol lui permet d'absorber en une seule averse jusqu'à 800 litres d'eau, qu'il stocke dans sa chair spongieuse soutenue par un tube de tiges ligneuses juxtaposées. Endémique au désert de Sonora, le superbe saguaro – prononcer « sah-wah-roh » – aux belles fleurs blanches qui s'épanouissent la nuit, et aux fruits rouges comestibles, est protégé dans le Saguaro National Park près de Tucson, mais quelques peuplements épars apparaissent aussi en Californie près du Bas-Colorado. Tandis qu'en Baja California, notamment dans la Vallée des Géants au sud de San Felipe, un autre cactus qui craint fortement le gel, le cardon *(Pachycereus pringlei)*, souvent confondu avec le saguaro, serait le plus grand et le plus lourd du monde (jusqu'à 20 m et 25 tonnes)... Mais par ses branches bien dressées, presque aussi grosses que son unique tronc, qui se forment au bout de 75 ans – quand il mesure 4 ou 5 m (BOWERS, 1993), le saguaro se distingue plus aisément du cactus orgue *(Stenocereus thurberii)* de l'Organ Pipe Cactus National Monument (en Arizona du sud), moins haut et formé de nombreuses tiges (de 5 à 6 m au maximum). Il faudrait aussi évoquer le California Barrel Cactus, le cactus tonneau *(Ferocactus acanthodes)*, qui porte ses fleurs en couronne au sommet de sa tige, et puis les nombreux opuntias (souvent hybrides), les Prickly-Pears ou Chollas (prononcer « tchoya »), qui comptent 200 espèces, dont 21 en Californie (MORHARDT, 2004), surtout le remarquable Teddy-Bear Cholla *(Opuntia bigelovii)* qui peut harponner les passants jusqu'à détacher la branche. Très abondants dans les plaines caillouteuses du Colorado Desert, les « chollas sauteurs » forment de splendides communautés – parfois impénétrables – en association avec le Creosote Bush. Et lorsqu'on les découvre sous la lumière rasante, on reste sans voix, devant ces guirlandes d'épines dorées, argentées, qui les illuminent…

Le matorral et l'espinal chiliens

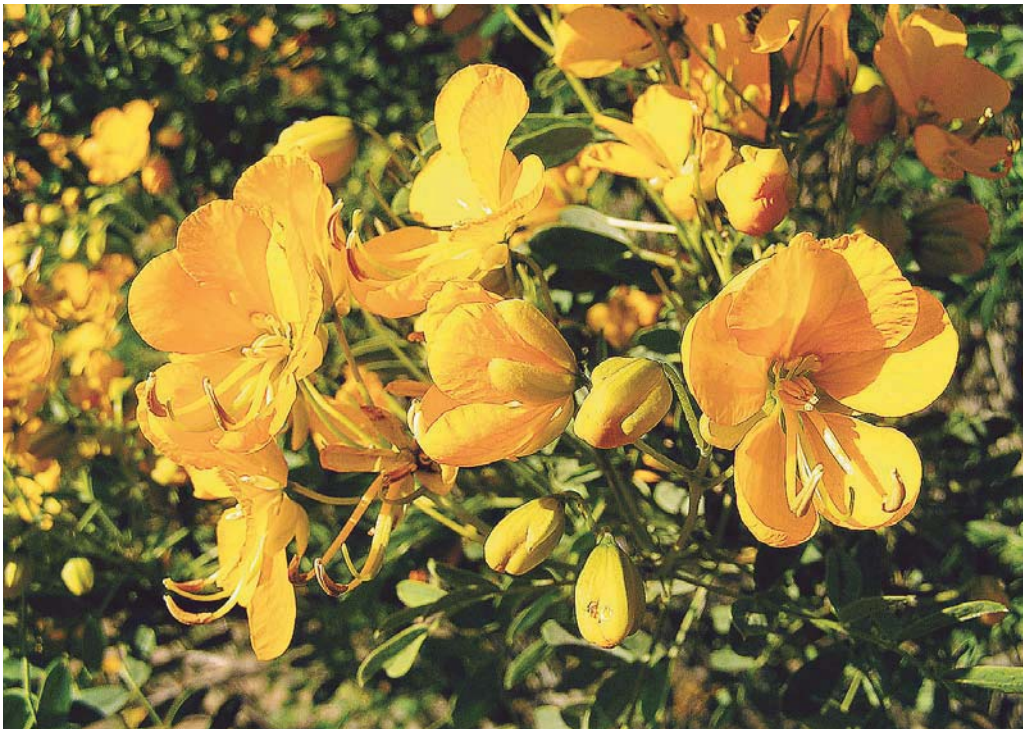
Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© Y. Tracol, Ceaza

Paysage de matorral du Norte Chico

Formation buissonnante à épineux et cactées. L'alcaparra *(Senna cumingii)* est un arbuste aux fleurs jaunes à 5 pétales que l'on rencontre sur les versants ensoleillés des vallées.



© Y. Tracol, Ceaza

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© Y. Tracol, Ceaza

Fleur d'azulillo

Pasithea coerula **est une magnifique Liliacée qui ne dépasse guère 0,60 m de haut. On la rencontre de la zone désertique à la zone océanique, mais uniquement sur les versants nord ensoleillés, car elle craint la neige.**

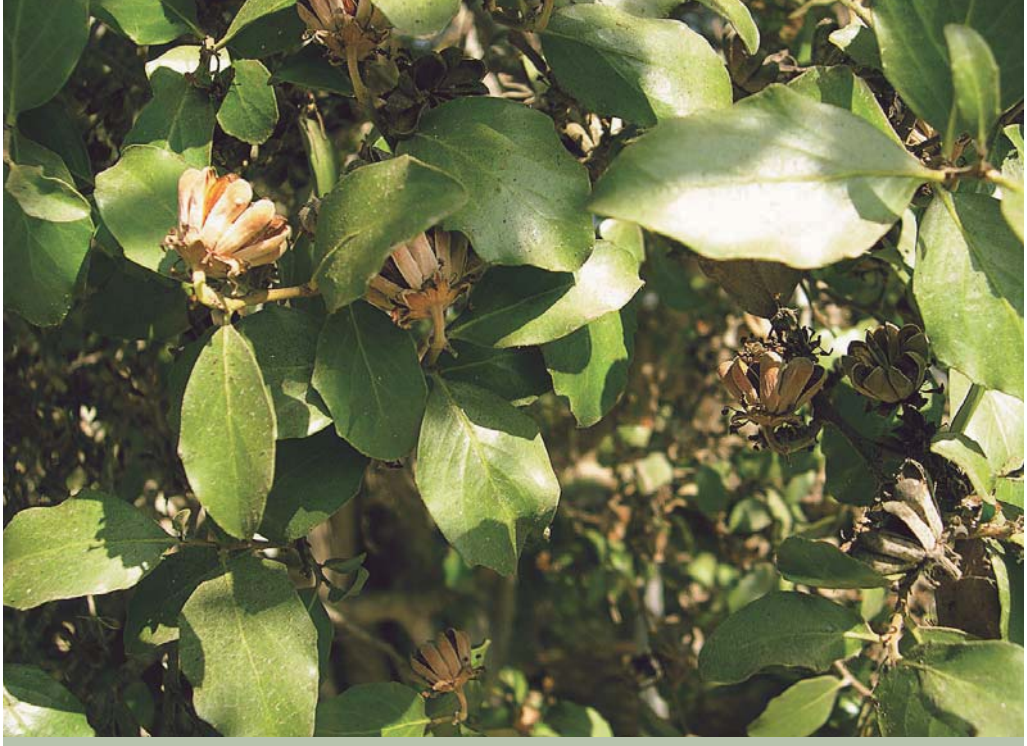


© Y. Tracol, Ceaza

Quillay ***(Quillaja saponaria)***

Cette autre espèce endémique du matorral chilien, qui se rencontre encore dans presque toute la zone « méditerranéenne » entre le Rio Limari et le Rio Biobio, est un arbre qui peut atteindre les 20 m. L'extraction de la saponine de son écorce explique sa forte régression.

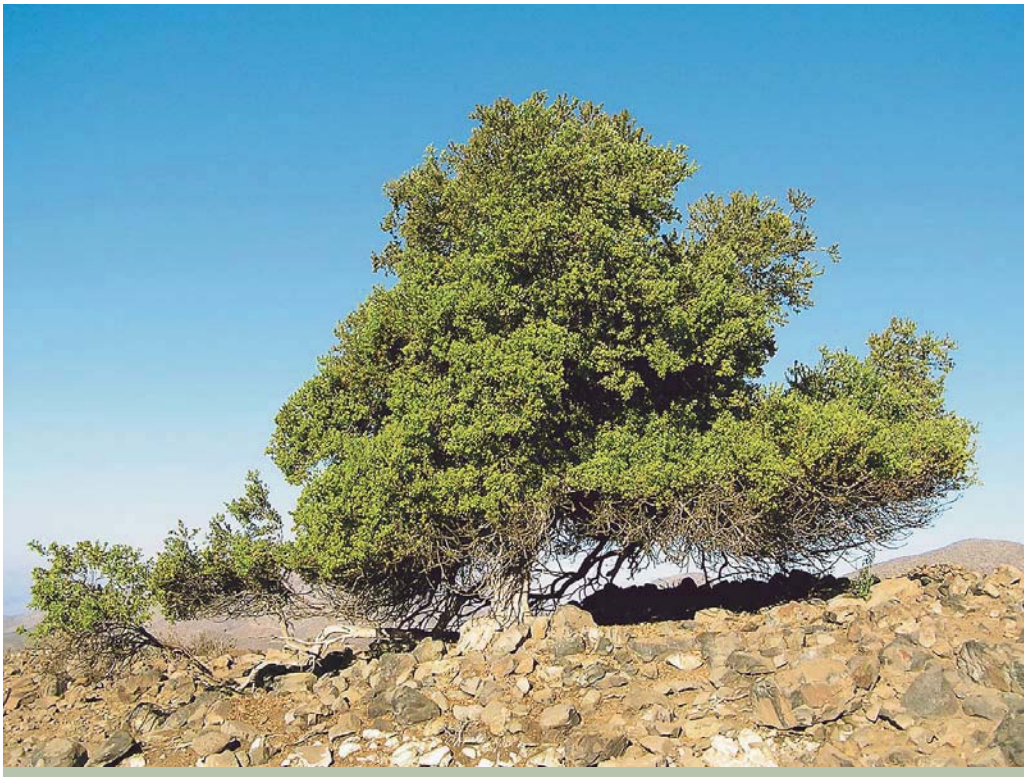
Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© Y. Tracol, Ceaza

Feuilles et fleurs de quillay

De novembre à janvier, cette Rosacée toujours verte montre de beaux corymbes de petites fleurs blanc crème, qui donnent des capsules de fruits en étoiles, à nombreuses graines ailées.



© Y. Tracol, Ceaza

Litre *(Lithrea caustica)*

Cette Anacardiacée est très présente dans le matorral chilien, sur les versants nord ensoleillés, car elle ne tolère pas la neige. Son bois très dur, au grain uni, donne un beau poli aux objets de luxe.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© Y. Tracol, Ceaza

Feuilles et fruits du litre

À la base des feuilles très coriaces, à pétiole court et à nervures parallèles très marquées, qui peuvent produire de fortes éruptions cutanées, des fleurs jaunes donnent naissance à des grappes de drupes.



© Y. Tracol, Ceaza

Le *matorral costero* dans le Parque Fray Jorge

Sur le littoral aux fréquents brouillards, entre La Serena et Valparaiso, le matorral est souvent plus dense qu'à l'intérieur, à la même latitude. Beau paysage de marguerite côtière *(Bahia ambrosioides)* et de cactus (copao et quisco).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© Y. Tracol, Ceaza

Fruit du copao

Eulychnia acida **est un cactus de la région de Coquimbo qui peut atteindre 3 m et dont les fruits sont comestibles.**



© Y. Tracol, Ceaza

Oreja de zorro (oreille de renard)

Aristolochia bridgesii **forme de véritables tapis entre les succulentes du** ***matorral costero*****.**

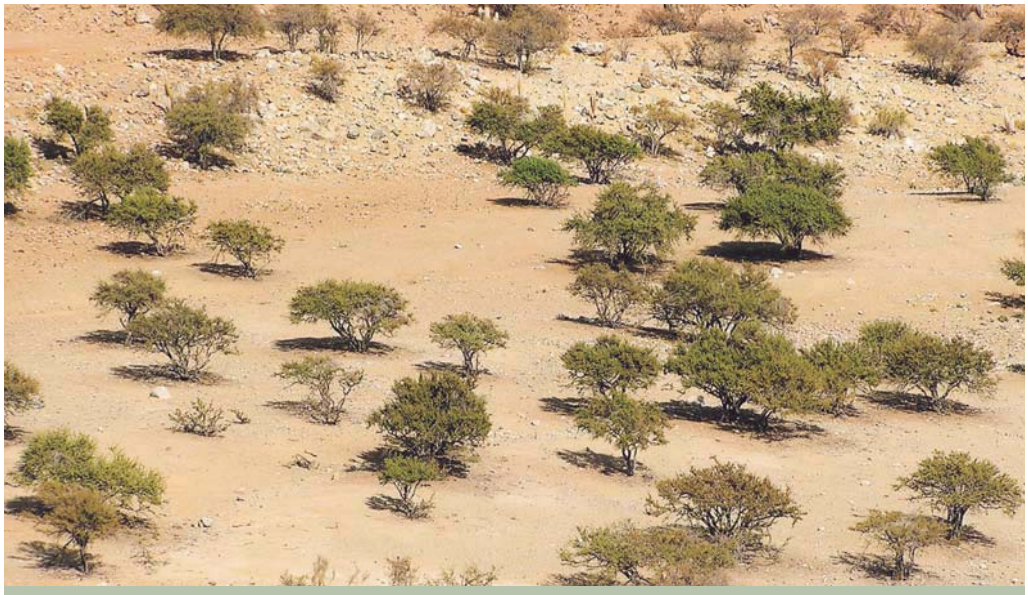
Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© Y. Tracol, Ceaza

Chagual ou puya

Puya chilensis **est une Broméliacée qui craint le gel et pousse surtout sur les côtes. Sa dense rosette de feuilles laniérées et crochues peut piéger les oiseaux ou les petits animaux et coloniser de larges espaces. Mais il lui faut parfois vingt ans pour fleurir, ses fleurs jaune verdâtre se massent au bout d'un épi qui peut atteindre 2 m.**



© Y. Tracol, Ceaza

Espinal à *Acacia caven* (Norte Chico)

L'espinal est une formation appauvrie née d'une dynamique régressive, de pratiques agro-sylvo-pastorales qui ont fait disparaître les arbres du matorral au profit de l'espino (*Acacia caven*), épineux et héliophile, au port en parasol. On pense à recréer des systèmes herbe-arbre, là où l'espinal est fortement dégradé comme ici sur le versant oriental de la Cordillère côtière.

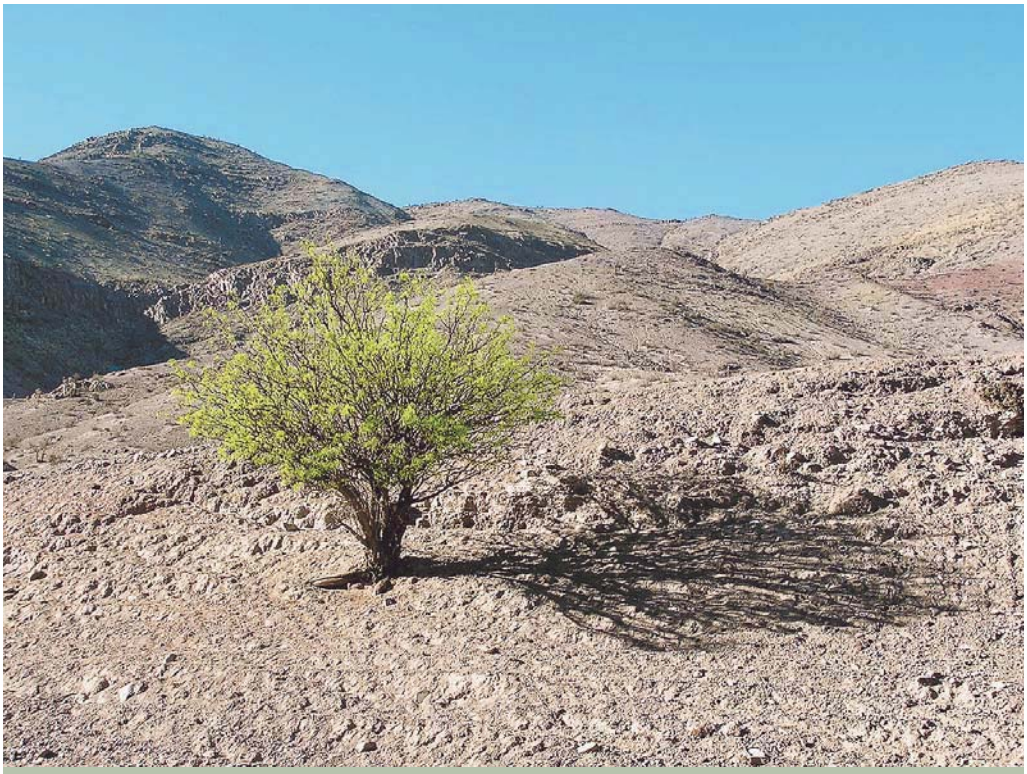
Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© Y. Tracol, Ceaza

Feuilles, fleurs et fruits de l'*Acacia caven*

Les feuilles composées à très petites folioles (1 à 3 mm) peuvent être caduques ou persistantes. Les fleurs, groupées en glomérules jaunes très parfumés, apparaissent avant la feuillaison au début du printemps (d'août à octobre). Les fruits qui ont jusqu'à 10 cm de long contiennent de nombreuses graines.



© Y. Tracol, Ceaza

Algarrobo ou caroubier épineux

Comme le mesquite de Californie, l'algarrobo est un prosopis bien adapté à la sécheresse. La valeur nutritive des gousses du *Prosopis chilensis* pour le bétail est comparable à celle de l'orge ou du maïs.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Le matorral et l'espinal chiliens

Dans le Chili « méditerranéen », l'humidité atmosphérique, les brouillards créés par le courant froid (les *Camanchacas*), mais aussi la fraîcheur de l'été et la faiblesse des vents compensent des précipitations peu abondantes (350 à 400 mm dans la plaine centrale), permettant ainsi à des lambeaux de la durisilve de subsister jusque vers le 30e parallèle (chap. 3). Mais les taches forestières sont souvent remplacées par le matorral ou l'espinal.

Le matorral, des espèces buissonnantes endémiques

Versants sud, humides et frais : un matorral épais

Sur les pentes des multiples indentations façonnées par les ruisseaux dans les collines, on dirait une forêt basse avec ses fourrés d'arbustes et ses arbres clairsemés à feuilles persistantes et coriaces, qui appartiennent au Royaume floristique néotropical, et qu'on ne trouve qu'au Chili, comme le boldo, le quillay, le peumo, le litre ou le mayten, au sous-bois d'épineux comme l'espino. Tandis que toujours à l'ombre, au fond de ces vallons, le myrte du Chili *(Luma chequen)*, arbuste toujours vert de quelques mètres de haut, exhale sa forte odeur de framboise.

Le boldo *(Peumus boldus)* est un arbuste ou petit arbre de 3 à 15 m de haut. Son nom dérive probablement de la langue indienne araucan. Il a des fleurs jaunes et ses feuilles coriaces, brillantes sur le dessus et couvertes de poils rugueux, ont des propriétés médicinales. Longs de 3 à 7 cm et larges de 1 à 5 cm, leurs limbes sont entièrement recourbés en dessous. Tolérant un gel à - 5 °C, le boldo se rencontre malgré tout plutôt sur les versants ensoleillés, entre l'Aconcagua et l'Osorno, de la IVe à la Xe Région (Flore du Chili, site web), donc bien au-delà du domaine méditerranéen (lequel s'étend de la IVe à la VIIIe Région).

Le quillay ou Soapbark Tree » *(Quillaja saponaria)* est une espèce quasi miraculeuse. Cette Rosacée toujours verte est un arbuste ou un arbre qui peut atteindre 20 m de haut, aux feuilles ovales, brillantes et coriaces, bien nervurées mais plus ou moins dentées. Ses fleurs blanc crème, qui apparaissent de novembre à janvier dans de belles inflorescences planes (des corymbes), donnent des fruits en forme de capsules, groupés en étoiles, à nombreuses graines ailées. Mais surtout, son écorce contient beaucoup de saponine, un produit qui sert à fabriquer des vaccins, des détergents, des insecticides, des dentifrices ou encore un shampooing contre la chute des cheveux. Depuis quelques années, un produit augmentant la productivité des raisins a même été lancé sur le marché, et en 2002 un autre produit réduisant les vapeurs acides a été mis en service dans les mines de cuivre du Chili. Extraite à partir de l'arbre entier, la saponine est largement responsable d'une régression de l'espèce. Le quillay se rencontre encore dans presque toute la zone « méditerranéenne » entre le Rio Limari (au sud de Coquimbo) et le Rio Biobio (vers Concepción), dans les régions littorales comme dans la Vallée centrale, mais davantage sur les versants nord, plus ensoleillés.

Le peumo *(Cryptocarya alba)* étend son aire – comme le boldo – hors du domaine méditerranéen. Entre Coquimbo et Valdivia (IVe-IXe Région), cet arbre (de parfois 20 m de haut) au feuillage dense et aux fruits rose rougeâtre pousse en petits bosquets dans les ravins sombres et humides, sur les pentes ombragées exposées au sud (Flore du Chili, site web). Ses feuilles coriaces, brillantes sur le dessus et blanchâtres en dessous, au contour ovale et légèrement ondulé, sont très aromatiques. Les fruits sont comestibles, et l'écorce produit du tanin pour la mégisserie.

Le litre *(Lithrea caustica)* est une Anacardiacée très présente dans le matorral chilien. Il pousse davantage sur les versants nord ensoleillés, car il ne tolère pas la neige, seulement des gels occasionnels à - 3 °C (gels typiques des basses terres du Chili central). C'est un arbuste ou un petit arbre de 1 à 5 m (qui peut dépasser 10 m), dont les feuilles ovales très coriaces, à pétiole court et à nervures parallèles très marquées, peuvent produire de fortes éruptions cutanées. À la base de ces feuilles, des fleurs jaunes donnent des grappes de drupes gris clair de 5 à 8 mm de diamètre. Le bois très dur, au grain uni, qui donne un beau poli, sert à la fabrication d'instruments agraires et d'objets de luxe.

Le mayten *(Maytenus boaria)* est comme les précédentes une espèce sempervirente. Haut de 3 m à 15 m au moins, il a un tronc épais et lisse (de parfois un mètre de diamètre) avec d'étroites fissures verticales, et des branches pendantes aux longues feuilles vert foncé sur le dessus (jusqu'à 9 cm), lancéolées et finement dentées. Très petites, les fleurs apparaissent de septembre à décembre, groupées à la base des feuilles. Présent au Pérou, au Brésil et en Argentine, le mayten occupe au Chili les versants et les prairies ensoleillés, accompagnant souvent les cours d'eau.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Versants nord, plus ensoleillés : un matorral bas, riche en acacias et cactus cierges

Les espèces buissonnantes y sont fréquentes. On peut donner quatre exemples, de taille décroissante :

– L'alcaparra *(Senna cumingii)*, arbuste de 5 m au maximum, aux fleurs jaunes à 5 pétales. Bien que tolérant un gel occasionnel, il occupe des zones de basse altitude, sur les versants ensoleillés des vallées.

– Le guayacan ou palo santo *(Porlieria chilensis)*, Zygophyllacée d'environ 4 m aux fleurs bleues, très appréciée des chèvres et utilisée dans l'artisanat. Devenue rare dans le matorral, cette espèce ne résiste plus guère que dans le parc Fray Jorge où les parcours des chèvres sont interdits depuis 1941.

– La flourensia *(Flourensia thurifera)*, Astéracée qui forme des buissons clairsemés jusqu'à 1,5 m de hauteur. Ses fleurs sont également jaunes, mais comportent de 7 à 14 pétales.

– L'azulillo *(Pasithea coerula)*, Liliacée qui ne dépasse guère 0,60 m de haut, aux magnifiques fleurs bleu violacé. Son aire de distribution va de la IIe à la Xe Région, c'est-à-dire de la zone désertique à la zone océanique. Mais uniquement sur des versants face au nord, car si elle accepte des gels occasionnels (à - 3 °C), elle ne tolère pas la neige.

Cependant, sur les versants ensoleillés, c'est l'espino *(Acacia caven)* qui est l'arbuste le plus fréquent du matorral. Entre Coquimbo et Concepción, on le rencontre aussi bien sur les coteaux que dans les plaines et la steppe. C'est un petit arbre de 2 à 6 m de hauteur de la famille des Mimosacées, aux grandes épines blanches (2 cm), dont les feuilles composées à très petites folioles (1 à 3 mm) peuvent être caduques ou semi-persistantes. Ses fleurs, groupées en glomérules jaunes très parfumés, s'épanouissent au tout début du printemps (d'août à octobre) avant la feuillaison. Ses fruits (jusqu'à 10 cm de long) portent de nombreuses graines vertes. La grande plasticité écologique de l'*Acacia caven* est prouvée par sa grande extension géographique, allant du bioclimat per-aride (de 160 à 200 mm de précipitations et de 8 à 9 mois secs) au bioclimat humide (environ 1 000 mm de précipitations et de 3 à 4 mois secs).

Quant aux cactus, ils deviennent de plus en plus nombreux au nord du 32e parallèle. Leur nombre s'accroît en effet quand on passe du *matorral esclerofilo* et *espinoso* au *matorral desértico* (fig. 11), c'est-à-dire du matorral sclérophylle à la steppe buissonnante à épineux, euphorbes et cactées du Norte Chico. Sur le littoral aux fréquents brouillards, on rencontre le quisco *(Echinopsis litoralis)* de 2 m seulement, mais remarquable par ses magnifiques fleurs blanches de 10 cm de diamètre et ses épines couvertes de lichen. Un autre cactus du matorral de la région de Coquimbo est le copao *(Eulychnia acida)* qui peut atteindre 3 m, et dont les fruits sont comestibles. De magnifiques spécimens ornent la région d'Ovalle (près de Banaza) et la vallée de l'Elqui, sur son versant sud, à l'est de La Serena. Mais quatre *Eulychnia* existent au Chili, comme par exemple *Eulychnia breviflora* au sud de Coquimbo, le long des falaises rocheuses. Un autre cactus, le *Copiapoa coquimbana*, voit son aire de distribution s'étirer sur 180 km de part et d'autre de cette ville, espèce que l'on peut découvrir dans le sable face au Pacifique. Du Rio Choapa au Rio Elqui, où le climat est encore de type méditerranéen, on le trouve surtout sur les falaises de la côte, mais du Rio Elqui au Rio Huasco (au-delà de Coquimbo) le climat beaucoup plus sec et un relief plus accidenté le relèguent davantage vers l'intérieur (jusqu'à 65 km dans les vallées). Plus célèbre est un autre quisco *(Echinopsis chilensis)*, le cactus cierge du Chili, qui peut atteindre 7 à 8 m de haut comme dans le Parque Nacional La Campana, et que l'on peut admirer, en exposition nord, jusque vers le Rio Maule (province de Talca), car c'est l'un des rares cactus à tolérer un certain gel et quelques chutes de neige par an.

Face aux brouillards océaniques, un matorral côtier résistant

Ce *matorral costero* peut s'observer entre La Serena et Valparaiso, c'est-à-dire essentiellement dans le Norte Chico. C'est une formation ouverte moins haute (mais parfois plus dense) qu'à l'intérieur. Avec les cactus, on y trouve souvent des espèces typiquement littorales. La capucine grimpante *(Tropaeolum tricolor)* est une plante qui vit des réserves de ses tubercules. Le palo de yegua *(Fuschia lycioides)* est un arbuste de 2 à 3 m de haut qui perd ses feuilles en été, mais porte de belles fleurs rose vif en étoiles à 4 branches durant les autres saisons. Tandis que les aristoloches *(Aristolochia chilensis, Aristolochia bridgesii)* forment avec leurs oreilles de renard (oreja de zorro), un véritable tapis entre les succulentes. Mais on pourrait encore citer la magnifique marguerite côtière *(Bahia ambrosioides)*, le palito negro *(Heliotropium stenophyllum)*, arbuste côtier qui ne dépasse pas 2 m et ne supporte pas le gel, ou le palo gordo *(Vasconcellea chilensis)*, appelé aussi papaye sylvestre, arbuste de 2 m beaucoup plus rare que l'on découvre parfois dans les chaînes littorales (de la IVe à la Ve Région). Alors

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

que le guayacan ou palo santo *(Porlieria chilensis)* est une Zygophyllacée qui se rencontre aussi bien dans le matorral côtier qu'à l'intérieur (chap. 3), le chagual *(Puya chilensis)* est une Broméliacée qui craint le gel et pousse surtout sur les côtes (versants nord), depuis la région de La Serena jusqu'à la latitude de Talca. Ses denses rosettes de feuilles laniérées vert grisâtre portent des épines crochues qui peuvent piéger les oiseaux et les petits animaux. Des masses de fleurs jaune verdâtre se dressent au bout d'épis qui peuvent atteindre 2 m. Le chagual, qui se répand par compensation, peut coloniser de larges espaces, mais sa croissance est lente, il lui faut parfois une vingtaine d'années pour fleurir.

L'espinal, forme dégradée du matorral

Une brousse claire à espino *(Acacia caven)* dominant

Depuis des années, l'espino était l'espèce qui caractérisait le mieux la végétation de la plaine centrale et des collines environnantes. Notamment sur le versant oriental de la Cordillère côtière, avec son port en parasol comme celui des acacias de la savane africaine. On y trouvait aussi quelques caroubiers épineux, un tapis de Graminées et des succulentes, dont le grand cactus cierge (BORDE, SANTANA-AGUILAR, 1980). Mais la plupart des formations du matorral constituées par cet arbre ont été défrichées pour la culture. Et actuellement, seuls sont occupés des secteurs non cultivés comme les fonds de vallée ou les collines rocailleuses, mais par des formations appauvries, les *espinales*, qu'on peut rencontrer dans toute la zone de climat méditerranéen, surtout depuis le 32e parallèle (le Rio Petorca) jusqu'au 37e parallèle (le Rio Laja). Les riches terres volcaniques de la Vallée centrale, qui profitent pleinement de la fonte des neiges et des glaciers des Andes, se sont transformées en un grand jardin méditerranéen qui fait penser à une Italie agricole des antipodes. L'intense anthropisation, les cultures céréalières, maraîchères et fruitières, la viticulture ainsi que l'élevage ovin et bovin (à viande) ont entraîné une dégradation très avancée du matorral puis de l'espinal.

« Dans le Norte Chico semi-aride, l'espinal à cactées ne conserve souvent que quelques arbres » explique la géographe Yveline Poncet (comm. pers.), dont la participation au développement agricole du Norte Chico lui a montré la force du surpâturage caprin. Près du col de Las Cardas, au nord d'Ovalle, dans l'une des chaînes transverses qui recoupent la Cordillera de la Costa, les chèvres n'ont souvent laissé que des xérophytes bas, des cactus et seulement quelques rares acacias et algarrobos (caroubiers épineux). Même constat dans la région du Rio Limari, « où ne règne parfois qu'une petite propriété irriguée qui multiplie les espèces cultivées pour échelonner ses ventes ou un élevage caprin transhumant axé sur le fromage » (Y. Poncet). Comme les mesquites de Californie, les algarrobos du Chili sont des prosopis *(Prosopis chilensis)* bien adaptés à la sécheresse, recevant parfois moins de 100 mm de pluies annuelles (comme dans le désert de l'Atacama, dans la IIe Région). Ces arbres de 5 à 10 m, à la cime arrondie, que l'on trouve jusque dans la zone centrale (VIe Région), généralement à basse altitude, à l'intérieur des vallées et des ravines (les *quebradas*), ainsi qu'au Pérou, en Bolivie et dans le nord-est de l'Argentine, servent pour le chauffage mais aussi l'alimentation du bétail, leurs gousses ayant une valeur nutritive comparable à celle de l'orge ou du maïs. Dans la vallée de Pichasca, à 50 km au nord-est d'Ovalle, les petites exploitations qui apparaissent dès qu'elles peuvent recevoir l'eau des Andes, ne laissent la place qu'à quelques spécimens de faux poivrier ou pimiento boliviano *(Schinus molle)*, une Anacardiacée qui ressemble au palo verde californien. Cet arbre, qui peut atteindre 10 m dans les ripisylves, se rabougrit lorsque l'altitude diminue la température et les ressources hydriques du sol.

Bon nombre de ligneux ont donc disparu du matorral et de l'espinal. Cela en raison des besoins en combustible, comme au Norte Chico, ou des besoins agricoles et industriels (exemple du bois de quillay). On a donc cherché, dans un premier temps, à planter des eucalyptus *(E. globulus)*, des pins *(Pinus insignis, P. radiata)* ou des peupliers d'Italie *(Populus nigra italica)*, surtout dans la province de Talca, jusque dans la région de Concepción. Cependant, aujourd'hui, on pense plutôt à réhabiliter les *espinales* à *Acacia caven*, qui ne subsistent plus guère que sur les sols les plus pauvres. La couverture arborée dans les collines (les lomas) est devenue très faible, seuls les *espinales* des fonds de vallée conservent un taux de recouvrement de 25 à 50 %.

Des tentatives pour l'amélioration du système agro-sylvo-pastoral

Déjà, en 1986, dans sa thèse dirigée par l'ingénieur agronome Michel Etienne, lequel avait étudié l'effet du pâturage caprin au Norte Chico, Carlos Ovalle avait présenté une *Étude du système écologique sylvo-pastoral à* Acacia caven. Pour des chercheurs comme Ovalle ou Olivares, les arbres ne peuvent qu'améliorer la production fourragère sous-jacente, leur couvert engendrant un microclimat favorable, et

jouant sur les réserves en eau et la fertilité du sol. Cependant c'est surtout en fond de vallée, où l'espinal atteint un meilleur développement (un plus fort taux de couverture arborée) qu'un enrichissement de la strate ligneuse pourrait constituer un système sylvo-pastoral plus productif. Pour recréer des systèmes herbe-arbre là où l'espinal est fortement dégradé, les espoirs se portent sur l'introduction d'espèces à croissance assez rapide comme le Tagasaste *(Chamaecytisus proliferus)* ou certains acacias (dont *A. caven*), et ayant un taux de fixation d'azote élevé comme le Tagasaste. Le Caroubier épineux *(Prosopis chilensis)* et le chêne-liège *(Quercus suber)* représenteraient également un potentiel intéressant mais à plus long terme, étant donnée leur très lente croissance. « En fait, une combinaison à cycles de vie complémentaires devrait permettre d'augmenter la diversité, la production, et la stabilité de ces agrosystèmes » (OVALLE *et al.*, 1995).

Le matorral, un maquis semi-naturel ?

La plupart des auteurs pensent que l'espinal est issu de pratiques agro-sylvo-pastorales, notamment du surpâturage. Il est vrai que quelques auteurs ont aussi émis sans aucune réserve l'hypothèse d'un climax de savane arborée d'*Acacia caven*, pourtant il est davantage admis que l'espinal est né d'une dynamique régressive qui a fait disparaître les arbres du matorral et proliférer (dans un premier temps) cette espèce épineuse plus héliophile, et moins exigeante quant aux sols, qu'est l'espino. Aujourd'hui, il envahit encore certains pâturages abandonnés...

Quant au matorral, une certaine convergence physionomique et structurelle avec le chaparral (ARROYO *et al.*, 1995) inciterait à voir en lui une formation climacique, tout au moins dans les secteurs les plus secs, comme en Californie. Mais le *matorral coste*ro qui s'observe entre La Serena et Valparaiso, relativement dense face aux brouillards, est-il comme le *soft chaparral* côtier une forme dégradée, ou alors plus ou moins climacique ? D'ailleurs, la forte destruction végétale qui s'est généralisée dans les basses terres du Chili central (exploitation du bois pour le chauffage et l'industrie minière, cultures irriguées, élevage caprin) pourrait témoigner d'une origine secondaire du matorral… Il reste pourtant que les recherches du géographe Jean Borde ont permis d'établir que ce maquis existait déjà au début du XVIIe siècle (vers 1602-1605), et qu'à l'époque l'anthropisation espagnole n'en pouvait être la cause (BORDE, SANTANA-AGUILAR, 1980)… Alors le matorral chilien, écosystème semi-naturel, tel le chaparral californien ?

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Le fynbos d'Afrique du Sud



© M.-H. Prades-David

Une diversité et un endémisme floristiques remarquables

Le fynbos de la Région du Cap est un maquis arbustif et buissonnant (a) dont les arbustes sont surtout des Protéacées (b) et les buissons des Éricacées, espèces à 70 % endémiques unies à la faune par des symbioses vitales. Le soui-manga (c) a un bec recourbé, adapté à la forme en tube coudé des fleurs.



© M.-H. Prades-David

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© M.-H. Prades-David

Le *coastal fynbos* près du cap de Bonne-Espérance

Le fynbos côtier, qui s'étend en général du bord de mer jusque vers 150 m d'altitude, comprend beaucoup de Protées, d'Éricacées et de Restionacées basses. On y rencontre des autruches et des babouins.



© M.-H. Prades-David

Le *mountain fynbos* près du Cap

Dans le fynbos de montagne, les arbres sont souvent endémiques, tel *Leucadendron argenteum*, le Silver Tree au feuillage argenté de la péninsule du Cap, visible ici au premier plan.
Le genre *Leucadendron* appartient à la famille des Protéacées, comme *Mimetes, Leucospermum* et surtout *Protea*.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© M.-H. Prades-David

Protée royale (*Protea cynaroides*).

Les protées sont des espèces à feuilles coriaces qui peuvent devenir de beaux arbustes de 1 à 3 m. S'ouvrant dès la fin de l'hiver austral, la fleur nationale d'Afrique du Sud peut dépasser 20 cm de diamètre. Elle est parfois plus grosse qu'une tête humaine. Elle se dessèche en été, ici en février, au Jardin botanique du Cap.



© M.-H. Prades-David

Protea repens

Arbuste de 1,50 m à feuilles persistantes, allongées comme celles de l'olivier, qui poussent tout autour des rameaux. Ses fleurs, ici pas encore ouvertes, présentent un beau dégradé de couleurs qui passe du jaune au rose.

hi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© M.-H. Prades-David

La fleur *pincushion* de *Leucospermum reflexum*

Comme le genre *Protea*, le genre *Leucospermum* (famille des Protéacées) est également bien représenté dans le *mountain fynbos*.





© M.-H. Prades-David

Leucospermum cuneiforme* et sa fleur *pincushion

De nombreuses espèces de *Leucospermum* ont des fleurs en « pelote d'épingles » de diverses couleurs.

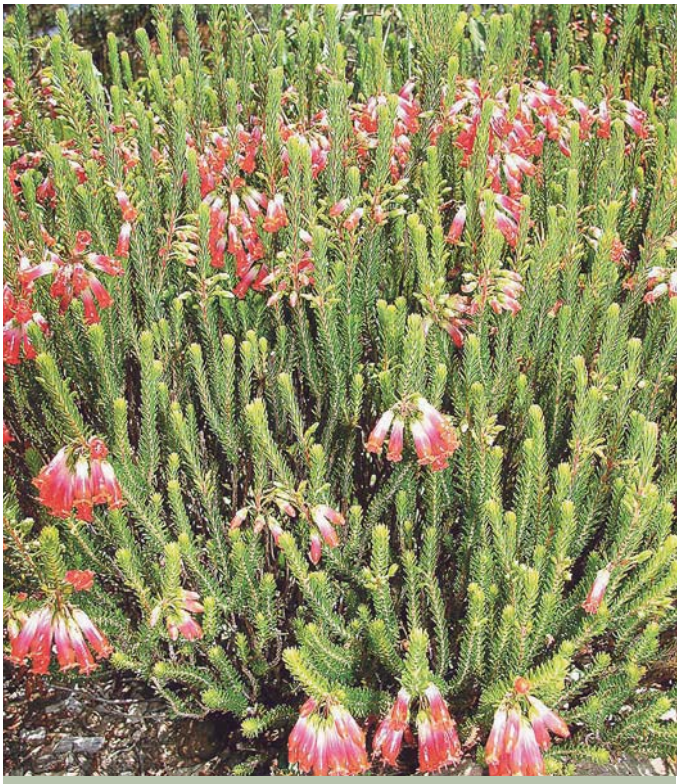
Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© M.-H. Prades-David

Leucospermum erubescens

Arbuste à feuilles persistantes qui peut pousser jusqu'à 2 m de haut, en buisson dense à grandes grappes de fleurs.



© M.-H. Prades-David

Erica regia

Par son port et ses feuilles entourant les tiges, la bruyère Elim Heath fait penser au daphné garou de Méditerranée. Ses délicates clochettes, blanches à la base, sont rose violet puis rouges.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© M.-H. Prades-David

Roseaux, parc de Kirstenbosch

Les Restionacées foisonnent aussi dans le fynbos avec les genres *Restio* et *Elegia*.



© M.-H. Prades-David

Astéracées, montagne de la Table (Le Cap)

Avec plus de 1 600 espèces de pâquerettes (« *daisies* ») et de succulentes (dont les Aizoaicées ou « vygies »), les Astéracées sont la famille la mieux représentée dans le fynbos.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Le fynbos ou bushveld d'Afrique du Sud

Dans la Région du Cap, hors les reliques forestières de Knysna (*afromontane forest*), règne un maquis appelé fynbos ou bushveld (en afrikaaner populaire), qui dans certaines zones devient moins dense et prend l'aspect de garrigue, comme dans le *coastal fynbos* des alentours du cap de Bonne-Espérance, où se promènent antilopes, autruches et babouins.

La formation arbustive dominante du *fynbos biome*

Le *fynbos biome* : un des trois biomes du Royaume floristique du Cap (fig. 12)

Le Royaume floristique du Cap est très différent des autres royaumes floristiques mondiaux définis par Good et Takhtajan, qui couvrent tous d'énormes surfaces, enjambant parfois plusieurs continents : Royaume boréal ou holarctique, en Amérique du Nord et en Eurasie ; paléotropical, en Afrique et en Asie méridionale ; néotropical, en Amérique centrale et du Sud ; australien ; antarctique. Le Royaume boréal occupe 40 % de la superficie terrestre, alors que le Royaume du Cap en couvre moins de 0,04 %, mais contient 3 % des espèces végétales du monde. Sa classification comme l'un des six royaumes mondiaux, sur moins de 90 000 km^2 au sud-ouest de la province du Cap et surtout au sud et à l'ouest de la province, tient donc d'abord à sa très forte biodiversité. C'est l'un des 34 hotspots de biodiversité identifiés dans le monde. La diversité locale (diversité alpha), c'est-à-dire le nombre d'espèces sur des superficies allant du mètre carré à 1 000 m^2, est certes comparable à celle du bassin méditerranéen. Mais la diversité au niveau des communautés, des habitats (diversité bêta), et celle enregistrée au niveau des paysages (diversité gamma), sont bien plus grandes (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Mais the Cape Floral Kingdom se définit aussi sur la base de son exceptionnel endémisme. Sur plus de 9 000 espèces répertoriées, 70 % ne se trouveraient nulle part ailleurs dans le monde. À elle seule, la péninsule du Cap contiendrait 2 600 endémiques, c'est-à-dire davantage que la Grande-Bretagne (selon le magazine *New Scientist*). Mais plus frappante encore est la forte concentration de plusieurs de ces espèces dans de tout petits secteurs : Gavin W. Maneveldt explique que certaines endémiques sont entièrement cantonnées dans des aires moins grandes qu'un terrain de football ou de rugby ! (MANEVELDT, 1996). Dans le Royaume floristique du Cap existent trois biomes : *le fynbos biome* qui domine avec son maquis sur 70 000 km^2 entre Port Elizabeth et Clanwilliam ; le biome forestier de *l'afromontane forest* (chap. 3) ; et le biome semi-aride du *succulent karoo*. Avec le nama-karoo, la savane, le désert et la prairie, l'État sud-africain compte en tout sept biomes. Le *fynbos biome* est un ensemble d'écosystèmes défini par un environnement climatique à pluie d'hiver et la prédominance d'une végétation arbustive. On y observe trois types de paysages buissonnants : le fynbos, le plus étendu (46 000 km^2), et deux formations non fynbos, le renosterveld et le *subtropical thicket*.

Le fynbos : un maquis sur sols pauvres

On le trouve dans des zones basses ou montagneuses qui reçoivent généralement plus de 500 à 600 mm de pluies annuelles. Les colons hollandais l'appelèrent « *fijnbosch* », sans doute à cause de la taille réduite de la végétation et de ses feuilles. Beaucoup de plantes, en effet, ont un aspect éricoïde avec leur port rameux et leurs feuilles souvent minuscules et en écailles. Mais *fijnbosch* est devenu « fynbos », vocable que l'on traduit parfois par « *fine bush* » ou « joli buisson », peut-être à cause de ses espèces à feuilles persistantes et des splendides fleurs innombrables qui s'épanouissent au printemps : asters, immortelles, géraniums, iris, lys et surtout protées, dont la célèbre protée royale *(Protea cynaroides)*. Parfois plus grosse qu'une tête humaine (avec plus de 20 cm de diamètre), la fleur nationale d'Afrique du Sud s'ouvre dès la fin de l'hiver (en août-septembre) dans de multiples coloris allant du blanc au vert en passant par l'argent, le jaune, le rose, le rouge… C'est aussi dans le fynbos que l'on trouve un tiers des 1 800 fleurs appartenant à la famille des Iridacées, dont plus de 70 glaïeuls endémiques, ainsi que les deux tiers des 250 espèces de géraniums qui croissent naturellement sur la planète. Le fynbos est caractérisé par quatre formes principales de croissance. Les arbustes à feuilles coriaces sont surtout des Protéacées et les buissons des Éricacées (HUETZ DE LEMPS, 1994), les roseaux sont des Restionacées et les géophytes des plantes à bulbes, l'importance relative de ces éléments permettant de définir divers types de fynbos. Le *proteoid fynbos*, à forte couverture arbustive (1,5 m de hauteur minimum) et aux fleurs très colorées l'hiver, s'étend principalement à moins de 1 000 m d'altitude jusqu'aux plaines littorales. « Il est très commun à la base des montagnes, où se sont accumulés de profonds sols colluviaux » (COWLING, RICHARDSON, 1995). L'*ericaceous fynbos* fait dominer ses bruyères sur des pentes humides de montagne

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

(Langeberg, Outeniqua, Tsitsikamma…) où les pluies mieux réparties dans l'année à partir de Swellendam (Langeberg) peuvent atteindre 1 500 mm. Sur les basses pentes sèches comme celles du Cederberg, mais aussi sur les dunes côtières, règne parfois un *dry fynbos* qui ressemble un peu au type précédent, mais avec une maigre couverture en Éricacées et en Restionacées, et des Protéacées plutôt rares. Dans les basses terres, le *dry fynbos* rejoint une végétation de type non-fynbos, le renosterveld et le *succulent karoo*. Le *restioid fynbos* prédomine dans des sites trop secs (P < 400 mm) ou alors gorgés d'eau, mal drainés, qui privilégient les plantes herbacées au détriment des arbustes. Vers l'est, où les pluies estivales se conjuguent avec des sols relativement fertiles, les restios diminuent au profit d'un *grassy fynbos* dont les herbacées appartiennent à des genres répandus en Afrique tropicale (*Eragrostis, Heteropogon, Tristachya...*). Au total, « les Restionacées, toujours présentes, sont le seul trait caractéristique du fynbos » (COWLING, RICHARDSON, 1995).

Le renosterveld : la prédominance des Astéracées

Le renosterveld se distingue par l'absence des restios et l'extrême rareté des protées. Il tire son nom du renosterbos (*Elytropappus rhinocerotis*), un arbuste sempervirent de la famille des Astéracées aux petites feuilles dures, dont la couleur grise rappelle sans doute la peau du rhinocéros noir qui vivait autrefois dans la Région du Cap. Le couvert arbustif élevé, uniformément gris, du renosterveld résulterait d'un surpâturage continu, les troupeaux des pasteurs nomades les Khoi Khoi (Hottentots) et des éleveurs européens ayant rendu plus rares les plantes herbacées. Toutefois, cette formation est très riche en géophytes appartenant à la famille des Iridacées, des Liliacées et Orchidacées. Le renosterveld s'étendait surtout dans les basses terres proches de la côte ouest (le Swartland) et de la côte sud (l'Overberg), sur des sols fertiles à texture fine (argiles, limons) aujourd'hui labourés à 70 % (notamment pour la céréaliculture). Quand les précipitations annuelles dépassent 600 mm, le renosterveld est remplacé par le fynbos, et en dessous de 250 à 300 mm, c'est le Succulent karoo qui lui succède. « En devenant plus sec, le paysage de fynbos passe à celui du Succulent karoo, fréquemment par une bande de renosterveld » (COWLING, RICHARDSON, 1995).

Le *subtropical thicket* : un maquis sans les formes typiques du fynbos

Ce fourré subtropical, arbustif ou forestier, bas et non stratifié, est souvent impénétrable mais résistant au feu, contrairement au fynbos et au renosterveld. Dominée par des arbres et des arbustes succulents ou sclérophylles sempervirents, souvent épineux, cette végétation présente des affinités avec la flore subtropicale située à l'est de la région du fynbos, où elle apparaît sur les littoraux les plus chauds et les plus secs. Une végétation similaire s'étend également en direction des tropiques. Dans le Cape Floral Kingdom, le *subtropical thicket* occupe surtout des vallées à l'est, sur des sols riches et bien protégés du feu qui lui permettent de se régénérer : c'est le Valley Buhsveld. Lorsque la pluviosité annuelle dépasse 800 mm, le fourré subtropical cède la place à la forêt afromontagnarde. Et dans des conditions xériques (P < 300 mm), il est remplacé par le *succulent karoo*, qui le laisse cependant subsister dans des ripisylves. Sur les dunes des côtes occidentale et méridionale, où il forme parfois des mosaïques avec le fynbos, c'est le *strandveld*, comme sur le littoral de Walkerbaai.

Une physionomie, reflet de sa richesse floristique exceptionnelle

« Avec plus de 7 000 espèces végétales concentrées sur 46 000 km^2, le niveau de biodiversité du fynbos est le plus fort du monde » (COWLING, RICHARDSON, 1995).

Des arbustes de 1 à 3 m de la famille des Protéacées

Ce nom leur a été donné en 1735 par Linné, le père de la taxinomie, par référence à la mythologie grecque. Leurs fleurs spectaculaires font comme le dieu Protée, elles peuvent changer de forme à volonté… Les genres les plus abondants sont sans doute *Mimetes, Leucospermum, Leucadendron* et surtout *Protea* (les protées ou Sugarbushes).

Le genre *Mimetes* est bien représenté dans la Kogelberg Nature Reserve (à l'est de la Valsbaai ou False Bay) où une forte concentration d'espèces fait la richesse de son *mountain fynbos*. L'une de ces espèces, *Mimetes stokoei*, aujourd'hui disparue, portait d'ailleurs le nom du botaniste Stokoe qui herborisa sur les pics de Kogelberg au début du XXe siècle.

Le genre *Leucospermum*, lui aussi, est bien représenté dans le *mountain fynbos*, par de nombreuses espèces (il y en a 150 dans l'hémisphère austral) aux fleurs en pelote d'épingles (*pincushion*) de diverses couleurs, orange comme chez *Leucospermum erubescens* ou *L. gueinzii*, jaune clair et cramoisi chez *L. reflexum*, jaunes puis rouges comme chez *L. oleifolium* ou *cuneiforme*, que l'on rencontre jusqu'à 1 200 m

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

d'altitude, et dont la très longue floraison dure jusqu'en été (février).

Le genre *Leucadendron* est surtout connu par le Silver Tree *(Leucadendron argenteum)*, un bel arbuste au feuillage argenté qui se termine en bouquet au bout des branches, un peu comme les feuilles de l'ananas. Il pousse seulement dans la péninsule du Cap et près de Stellenbosch. On peut en admirer de toutes tailles aux Kirstenbosch National Botanical Gardens de Cape Town. Mais on citera aussi le pom pom *(Leucadendron discolor)*, aux feuilles ovales bleu-gris et prenant des teintes violettes en hiver…

Le genre *Protea* est exclusivement originaire d'Australie et d'Afrique du Sud. On le trouve d'un bout à l'autre du fynbos, entre Vanrhynsdorp (à l'ouest) et Port Elizabeth (à l'est), sur la côte (dans le *coastal fynbos*) comme en montagne (dans le *mountain fynbos*), « dans les dépressions, les petits ravins, les vallées et sur les pentes sud des collines où les plantes utilisent l'humidité souterraine accumulée pendant les mois d'hiver » (MOULLEC, 2004*)*. Les Sugarbushes poussent en effet dans des endroits ni trop secs ni trop humides, sur des sols généralement pauvres et acides, mais bien drainés, des sols siliceux gréseux (comme ceux de la montagne de la Table qui domine Cape Town), schisteux ou sableux (comme ceux du *west coastal fynbos*). On connaît déjà la magnifique King Protea *(Protea cynaroides)*, dont les fleurs aux multiples coloris se dessèchent en été, et dont les feuilles vert foncé et luisantes sur le dessus font penser à celles du poirier. C'est l'eau souterraine qui permet à la protée royale de se contenter de 300 mm de précipitations. Mais on pourrait également citer la *Protea repens*, aux feuilles allongées (comme celles de l'olivier) poussant tout autour des rameaux, et dont les fleurs et les longs boutons portent un beau dégradé de couleurs, qui passe doucement, depuis la base, du jaune au rose… D'autres sont plutôt typiques du *coastal fynbos*, telle *Protea obtusifolia* aux fleurs en écailles jaunes et rouges, la Sugarbush de Bredastorp, ville située à une cinquantaine de kilomètres au nord du cap des Aiguilles (pointe la plus méridionale d'Afrique)… Si dans le fynbos le genre *Protea* est représenté par 450 espèces différentes (dont 85, rien qu'au Cap), toutes cependant ne sont pas des arbustes mais également des plantes basses, et les protées naines de montagne comptent parmi les plus belles.

D'autres genres contiennent parfois très peu d'espèces, comme *Aulax* qui n'en possède que trois, dont la superbe *Aulax cancellata* aux innombrables plumets de fleurs jaune d'or, ou *Orothamnus* qui n'est représenté que par *Orothamnus zeyheri*, la célèbre Marsh Rose en voie de disparition mais régénérée par le feu dans le Kogelberg en 1968-70. Le Kogelberg est le cœur floristique du fynbos, où 1 417 espèces ont été répertoriées sur 240 km^2. La Saga de la Marsh Rose sera évoquée au chapitre 10 avec les stratégies de conservation de la biodiversité.

Des buissons très riches en Éricacées

Ils comptent 625 espèces de bruyères sur les 740 existant dans le monde, qui portent souvent de magnifiques grappes de fleurs roses et blanches à la forme de tube coudé, dans lesquelles des oiseaux au bec recourbé, les souimangas, viennent aspirer le nectar. Dans le *mountain fynbos*, on peut par exemple remarquer Nine-pin Heath *(Erica mammosa)* avec ses grappes épaisses de clochettes rose violet, ou Elim Heath *(Erica regia)* aux délicates petites fleurs qui virent lentement (de la base au sommet) du blanc au rose violet et enfin au rouge. Le port d'*Erica regia* et ses feuilles entourant les tiges font penser à celui du *Daphne gnidium*. Victimes d'incendies trop fréquents, certaines bruyères ont disparu du fynbos, comme *Erica verticillata*, qu'on peut seulement admirer aujourd'hui au parc de Kirstenbosch, avec ses clochettes rose violet.

Un foisonnement de Restionacées avec les genres *Restio* et *Elegia*

Parmi les roseaux les plus beaux, on retiendra *Restio festuciformis* qui ressemble à notre *Festuca* et n'est donc pas vraiment un roseau mais une touffe herbacée (de 50 cm de haut), dont les larges bractées, vert brillant quand elles sont jeunes et vert doré pendant la floraison, frémissent en permanence sous la brise. Et parmi les *Elegia*, il faut citer les célèbres Cape Reeds ou roseaux du Cap *(Elegia Capensis)*, qui couvrent plus de 5 % du fynbos, comblant souvent les zones herbacées créées par les incendies.

Les Astéracées, famille la mieux représentée avec de nombreuses succulentes

Le fynbos compte en effet plus de 1 600 espèces de Daisies (pâquerettes) et de Vygies (succulentes, comme *Lampranthus*, qui fleurit en hiver et au printemps), dont près de la moitié d'endémiques. Son extrême richesse en plantes succulentes se remarque sur les falaises et les sites secs : Aizoacées, Aloacées, Euphorbiacées, Crassulacées (ou Stonecrops). Mais il est aussi très riche en géophytes (1 400 espèces), plantes à bulbes qui se développent au printemps telles les Amaryllidacées, les Liliacées, les Orchidacées (type *Disa…*) et les Iridacées, dont beaucoup sont aujourd'hui des fleurs domestiques très ap-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

précieées : les freesias, les glaïeuls, les iris, les *Moraea* – 20 espèces dans la péninsule du Cap – ou encore le *Watsonia meriana* ou Bugle Lily, qui peut atteindre 2 m.

Fynbos côtier et fynbos de montagne

Le *coastal fynbos* peut s'étendre du bord de mer jusqu'à 150 m d'altitude. Sur les sables de la côte occidentale, depuis les Cape Flats jusqu'à St. Helenabaai, il comprend beaucoup d'Éricacées et de restios basses (comme *Metalasia*) mais aussi des protées telles que le Dune Yellowbush. Sur les calcaires de la côte sud, depuis Danger Point (à l'ouest du Kaap Agulhas) jusqu'à Mossel Bay, prédominent également les protées telles que Bredastorp Sugarbush *(Protea obtusifolia)*, évoquée plus haut.

Le *mountain fynbos* s'étend dans une bande en forme de croissant. Si on exclut quelques prolongements discutables hors du Cape Floral Kingdom – car pauvres en espèces – au-delà de la rivière Sundays, depuis le Suurberg jusqu'à Grahamstown, cette bande commencerait aux environs de Niewoudtville (à 280 km au nord de Cape Town) pour s'arrêter vers Port Elizabeth. Les pluies y varient généralement de 250 à 800 mm par an, et parfois plus de 1 500 mm, notamment sur le rebord montagneux qui se dresse à l'est de Cape Town jusqu'au Cedarberg (Sederberge) à 200 km au nord. Dans le *mountain fynbos*, la végétation comprend des Éricacées, des *Restio*, et beaucoup d'arbustes appartenant au genre *Protea* (dont les protées à cônes). Les arbres sont plus rares et souvent endémiques, comme le Silver Tree de la péninsule ou le Clanwilliam Cedar *(Widdringtonia cedarbergensis)* du Cedarberg, qui est d'ailleurs un cyprès plutôt qu'un cèdre.

Le *succulent karoo* : une steppe à succulentes et à xérophytes

Le Petit Karoo est une plaine plus ou moins ondulée dont l'altitude va de 800 m à 1 500 m à l'est, où les précipitations annuelles (hivernales) vont de 20 à environ 250-300 mm et les températures estivales atteignent souvent 40 °C. Remarquablement riche avec ses 5 500 espèces, la végétation est dominée par des buissons nains souvent succulents comme les Aizoacées (vygies, ou mésembs – Mésembryanthémacées), les Crassulacées, les Euphorbiacées, les Aloacées, sur des sols pourvus en nutriments. Le *succulent karoo* présente la plus forte concentration d'espèces succulentes des régions semi-arides du monde (2 000 espèces de mésembs). Les Éricacées y sont à peine présents et les Protéacées et les *Restio* totalement absents, mais il est riche en géophytes. Et les plantes annuelles (Astéracées) fleurissent massivement au printemps, sur les terres dégradées. Car deux siècles de surpâturage ont érodé le sol. Le nom de « karoo » vient d'un mot du vocabulaire des pasteurs nomades Khoi Khoi, qui signifie « sec ». Des cultures se sont aussi installées dans les zones marginales, utilisant les captages d'eau du fynbos. Aujourd'hui, moins de 0,5 % de la surface du *succulent karoo biome* a été vraiment conservée. Plus de 1 000 espèces sont classées rares et en danger (COWLING, RICHARDSON, 1995). Heureusement, il y a peu d'espèces invasives. Sur la côte, au nord-ouest du Cape Floral Kingdom, on passe au désert du Namib avec des Mimosées et la célèbre *Welwitschia mirabilis* qui survit grâce aux précipitations occultes. Cette plante extraordinaire, qui pourrait avoir plus de 1 500 ans, dont les 2 feuilles sont divisées en bandes longitudinales de 2 à 4 m de long, possède une exceptionnelle densité de stomates qui lui permet d'absorber aisément les brouillards générés par le courant froid de Benguela. Elle porte le nom du Dr Welwitsch, médecin naturaliste allemand qui l'a découverte vers 1960 en Angola.

Un maquis climacique, parfois étendu aux dépens de la forêt

Un fynbos sans doute en bonne partie naturel

Nous avons vu que les premiers éléments d'un proto-fynbos se sont développés comme les forêts tropicales à l'ère tertiaire, mais lors d'un interlude plus sec et plus frais de 10 Ma qui débute il y a environ 35 Ma (chap. 3). Cependant, c'est avec le climat méditerranéen et la plus forte fréquence des incendies naturels que le fynbos devient la végétation dominante, il y a 2 à 4 Ma, dans le sud-ouest de la Région du Cap, tandis que la forêt afromontagnarde trouve ses conditions humides tempérées au long des montagnes de la côte sud. Les cycles glaciaires-interglaciaires affectent davantage la distribution de la forêt à podocarpes – chassée de la région – que le maquis fynbos, qui aurait persisté à l'ouest mais se serait réfugié à l'est sur les sommets, laissant lui aussi la place sur les basses pentes à une végétation sèche arbustive et herbacée (COWLING, RICHARDSON, 1995). Avec le réchauffement postglaciaire et l'augmentation des précipitations estivales dans l'est de la Région du Cap, le fynbos s'étend à nouveau plus bas, tandis que la forêt de Knysna s'enracine sur les sols les plus humides et les plus profonds. Pour les botanistes R. Cowling et D. Richardson, le fynbos peut être considéré comme un type de végétation africaine, puisque l'on trouve des formes de croissance et des

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

genres similaires, souvent associés à l'*afromontane forest*, en Afrique, à Madagascar ou dans les îles Mascareignes, tels *Erica* ou *Protea* (comme dans les montagnes à l'est du Zimbabwe). Ce stock végétal africain a trouvé *son* « maximum d'expression, en termes de surface couverte et de densité en espèces, au sud-ouest de la Région du Cap, à l'extrémité méridionale du continent » (COWLING, RICHARDSON, 1995). Il s'est d'ailleurs enrichi d'espèces eurasiatiques tempérées arrivées par les hautes terres faillées et volcaniques d'Afrique orientale, et c'est ainsi que le fynbos possède des genres comme *Anemone, Festuca, Ranunculus* ou *Viola* (les violettes). Mais, bien évidemment, le fynbos est aussi considéré comme un type d'écosystème méditerranéen, qui répond, comme ceux des autres régions du domaine bioclimatique, aux mêmes conditions écologiques : pluies d'hiver, sécheresse estivale et feux périodiques. « L'aridification générale, associée à une plus grande fréquence des incendies, est le facteur central dans l'installation et le développement du fynbos » (COWLING. RICHARDSON, 1995). Ses plantes, très résistantes à la canicule et à la sécheresse d'été, peuvent s'accommoder de sols acides, pauvres en azote et en phosphore. Héliophiles, les Protéacées sont capables de s'adapter aux conditions subdésertiques en fermant leurs stomates pour éviter le dessèchement. Ces plantes ont un fort potentiel d'acclimatation qui leur vaut d'être cultivées dans plusieurs pays aussi différents que les États-Unis, le Zimbabwe, la Nouvelle-Zélande ou Israël. Certaines protées ont même une résistance naturelle au froid, supportant parfois la neige, telle la rare Snow Protea *(Protea cryophila)* qu'on ne trouve que sur les hauts pics du Cedarberg, à près de 2 000 m.

Un fynbos parfois d'origine secondaire ?

Sans doute le maquis occupait-il les zones les plus sèches, mais la destruction de la forêt à *Podocarpus* par les pasteurs bantous et les colons européens a pu élargir son aire en tache d'huile. Aujourd'hui, les auteurs sud-africains réfutent l'idée que l'*afromontane forest* couvrait de vastes surfaces sur les piémonts des montagnes côtières depuis Swellendam (Langeberg) jusqu'à Humansdorp (près de Port Elizabeth), et que son exploitation pour le bois de construction a réduit fortement son étendue. Dans la Région du Cap, les limites actuelles de la forêt et du *fynbos biome* sont plutôt le résultat d'une anthropisation agro-pastorale impliquant une fréquence accrue des incendies, la forêt de Knysna occupant les sites les plus humides, non favorables au feu (comme dans le Tsitsikamma Nature Park). Dans les ravins de la montagne de la Table, il reste quelques spécimens de *Podocarpus latifolius*, le vrai Yellowwood, l'arbre national de l'Afrique du sud (chap. 3), tandis que dans la Kogelberg Nature Reserve d'autres Yellowwoods, des Stinkwoods *(Ocotea bullata)* et des Boekenhout Trees forment des lambeaux d'une forêt semblable à la forêt de Knysna (Lounsbos, Platbos et Oudebos). Comme le long de la Garden Route, ces bois très prisés, très durs et très grands (tel le Yellowwood, avec ses 30 m de hauteur et ses 2 ou 3 m de diamètre) font actuellement l'objet d'une protection sévère. L'importance du facteur anthropique dans la dynamique du fynbos ne fait aucun doute, si l'on en juge aussi par la dégradation continue depuis la colonisation (environ 300 ans) qui aurait fait perdre près des deux tiers de leur flore aux formations de basse altitude (VAN WYK, 1997).

Les premiers habitants de la région, les San (Boschimans ou Bushmen) et les Khoi Khoi (Hottentots) dépendaient des plantes du fynbos « pour leur alimentation, leurs remèdes, leurs matériaux de construction et la fabrication des armes et de poisons » (COWLING, RICHARDSON, 1995). Arrivant du nord il y a environ 500 000 ans, les hommes occupèrent d'abord les vallées les plus fertiles et les basses terres littorales. Découvrant vers 120 000 BP (au Paléolithique moyen) le rôle du feu dans la prolifération des géophytes à bulbes tels que les *Watsonia*, qui était une importante source alimentaire, ils colonisèrent alors les montagnes, s'installant dans des abris sous roche. Après une diminution pendant le dernier Glaciaire, la population de chasseurs-cueilleurs augmenta de nouveau au Paléolithique supérieur (à partir de 21 000 BP) avec l'utilisation progressive du feu, des arcs et d'outils de pierre perfectionnés. L'élevage du mouton puis des bovins fut introduit vers 2 000 BP par les pasteurs nomades khoi khoi dont la langue (khoisan) ressemblait à celle des San, les chasseurs-cueilleurs qui nomadisaient surtout au centre du Kalahari. L'existence de ces troupeaux a été attestée par le passage de Bartholomeu Diaz au cap des Tempêtes (de Bonne-Espérance) en 1488, et lors de la fondation en 1652 par Jan van Riebeeck de la colonie hollandaise du Cap, où l'on observa au moins 20 000 têtes de bétail. Pendant plus d'un millénaire, la Sundays River fut une véritable frontière entre le nomadisme pastoral des Khoi Khoi sur les pâturages pauvres du fynbos et l'activité agro-pastorale sédentaire des Xhosa de langue bantoue. En effet, les cultures de millet, de sorgho, et plus tard de maïs, avaient besoin des pluies d'été. L'arrivée des Européens dans la baie de la Table, puis le Grand Trek des Boers, permirent à ces colons d'incorporer les pratiques pastorales semi-nomades à leurs pratiques agraires,

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

leurs cultures de blé ou d'orge étant adaptées aux précipitations hivernales du fynbos. Vers le milieu du XIXe siècle, la céréaliculture et les moutons mérinos, introduits au Cap en 1789 et en augmentation rapide avec le début de la Révolution industrielle en Angleterre, avaient déjà dégradé fortement les pâturages originellement herbacés du renosterveld. Déjà en 1773, Carl Peter Thunberg, le père de la botanique du Cap, auteur de la première *Flora Capensis*, notait la prolifération de l'Astéracée renosterbos dans l'Overberg, qui allait lui donner sa couleur grise uniforme (cf. *supra*). Mais c'est l'agriculture mécanisée qui, après la Seconde Guerre mondiale, détruisit presque entièrement le renosterveld dans l'Overberg et le Swartland. Les innovations technologiques agricoles entraînant une augmentation de la population dans la Région du Cap, l'urbanisation rapide qui s'ensuivit devint aussi une menace directe pour la flore, surtout dans les zones côtières, où les espèces indigènes étaient aussi envahies par des plantes étrangères, importées pour leur plus grande valeur immédiate. Au total, une quarantaine d'espèces du fynbos seraient éteintes et près d'un millier seraient devenues rares, victimes du surpâturage, d'incendies trop fréquents et du développement de l'agriculture et des villes, notamment dans le *coastal fynbos* où les herbacées et les plantes annuelles sont souvent nombreuses. La moindre mise en culture ou la moindre construction peut menacer les espèces endémiques isolées sur des aires minuscules. Le genre *Leucadendron* est actuellement mis en danger par le morcellement péri-urbain de la Région du Cap : 44 espèces sur 93 ont le statut officiel d'espèce rare, vulnérable, ou menacée, et 2 sont déjà éteintes…

Les incendies occasionnels, facteur clé pour l'équilibre du fynbos

Qu'il soit d'origine naturelle ou secondaire, ce maquis est aujourd'hui plus ou moins en équilibre avec des feux de brousse ni trop fréquents ni trop rares. Ceux-ci surviennent quand le combustible s'est à nouveau accumulé, en moyenne tous les 12 à 15 ans. S'ils tardent à se produire, gênant ainsi la régénération des espèces rares, le Département des forêts lance des feux contrôlés. *Fynbos needs fire !* proclame une pancarte du parc national de la montagne de la Table. *Le fynbos a besoin du feu*, car une évolution cyclique avec alternance de phases herbacées et arbustives est, comme sous d'autres latitudes, favorable à la régénération et la diversification des espèces. L'incendie fut prescrit pour la première fois à la fin des années 1960 pour sauver la Marsh Rose, une Protéacée en voie d'extinction dans les monts Kogelberg (chap. 10). Les plantes éricoïdes brûlent bien (comme nos bruyères) et font place à des milieux ouverts herbacés, favorisés par la libération des éléments minéraux. Se développent donc des pacages graminéens, comme on en voit sur la montagne de la Table, où apparaissent une multitude de plantes basses, surtout des géophytes dont les bulbes souterrains ont échappé à l'incendie. Certaines *Amaryllidacées* peu enterrées sont aussi protégées par une épaisse enveloppe sèche. La floraison des géophytes est favorisée par l'action nettoyante du feu, d'où leur nom de « Fire-lilies ». C'est le cas des *Cyrtanthus*, notamment de *Cyrtanthus ventricosus*, dont les fleurs rouge brillant surgissent sur les pentes gréseuses exposées au sud à peine deux semaines après l'incendie (MACQUART-MOULIN, 1977). Apparaissent aussi des plantes rampantes couvrant bien le sol avec leurs feuilles grasses triangulaires ou rondes et leurs fleurs rose-violacé en capitule, telle la figue marine (ou figue des Hottentots), qui fut acclimatée dans le bassin méditerranéen pour stabiliser les pentes et les dunes (chap. 6). Ces succulentes appartiennent à la sous-famille des Aizoacées, les Mésembryanthémacées (ou mésembs). Mais progressivement les espèces arbustives repoussent, se régénérant par voie végétative (rejets) ou sexuée, le feu favorisant la germination des graines. La chaleur ouvre les fruits des protées, ce qui permet au vent, fréquent toute l'année (du NW en hiver et du SE en été) de disperser leurs graines, tandis que « d'autres se régénèrent à partir des racines qui résistent aux feux : c'est le cas en particulier de *Protea cynaroides* » (MOULLEC, 2004). Finalement, le milieu où survivent cependant les plantes basses se ferme, accumulant le combustible jusqu'au prochain incendie…

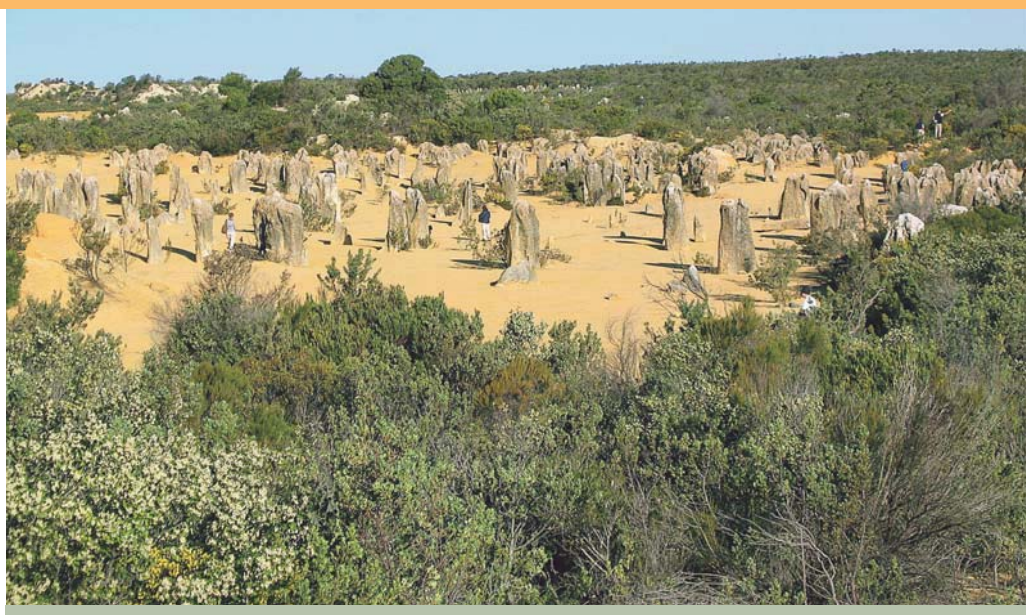
Les feux intenses et fréquents, un danger pour l'équilibre du fynbos

Par leur hauteur, leur masse et leur enracinement profond, les peuplements de pins européens (pins maritimes, pins parasol) ou californiens (pins de Monterey), d'eucalyptus ou de wattles (acacias) australiens qui bordent surtout les régions côtières de l'océan Indien, augmentent et intensifient les incendies et l'érosion, réduisent la biodiversité et le captage de l'eau, transforment les rivières en petits ruisseaux diffus et peu profonds. Deux wattles introduits vers 1850 sur les Cape Flats (au fond de Valsbaai) pour stabiliser les dunes, le Rooikrans (*Acacia cyclops*) et le Port Jackson Willow (*Acacia saligna*), dominent aujourd'hui les 7 600 km^2 de littoral sableux entre Saldanhabaai (au nord-ouest de Cape Town) et Port Elizabeth. Le Port Jackson

produit des milliers de graines chaque année, qui sont dispersées par le vent ou les oiseaux, et peuvent persister pendant des décennies. L'incendie favorise leur germination et la régénération d'un fourré encore plus dense. Si le Rooikrans n'est pas aussi dépendant du feu pour sa germination, on a pu compter, deux ans après un incendie, environ 4 000 plants sous un unique spécimen… dans la De Hoop Nature Reserve ! (COWLING, RICHARDSON, 1995). Les végétaux invasifs brûlent trop longtemps, seules quelques espèces du fynbos qui ont une écorce très résistante, comme la protée royale, peuvent échapper au désastre. L'intense chaleur détruit totalement les plantes environnantes, stoppant les symbioses vitales qui les unissent à la faune. Quand une plante s'éteint, son pollinisateur (rongeur, papillon, coléoptère ou oiseau) est mis en danger. Quelques exemples de relations animal/plante mettent en exergue la nécessité d'une protection efficace des espèces. Certaines protées basses sont pollinisées par des rats qui viennent boire au fond de leurs fleurs, attirés par une odeur de levure. Le promérops du Cap, oiseau endémique du fynbos, se régale lui aussi du nectar des *Protea,* tel celui de la protée mellifère *(Protea repens)* qu'il va chercher avec son bec et sa langue allongés dans des fleurs en forme de coupe. Selon le biologiste sud-africain Cuthbert Skead, la survie de ces promérops est menacée en raison de cette association étroite avec les espèces de *Protea*. Une association semblable existe entre la bruyère et un autre oiseau endémique du fynbos, le soui-manga au bec recourbé, parfaitement adapté à la forme en tube coudé des fleurs. Il existe de nombreuses variétés de ce *Nectarinia violacea* aux couleurs vives et extrêmement diverses. Mais que ce soit le soui-manga orangé ou celui à plastron rouge, ils se nourrissent d'araignées et d'insectes capturés en vol, et surtout du nectar des bruyères, auxquelles ils apportent le pollen, avec leur tête qui en est couverte. Le papillon « beauté de la montagne de la Table » *(Aeropetes tulbaghia)* est le seul pollinisateur de 15 espèces de fleurs rouges, dont la célèbre orchidée *Disa uniflora*, symbole de la province du Cap. Enfin, certaines mouches à trompe allongée (jusqu'à 8 cm !) sont de parfaits pollinisateurs pour les longues fleurs tubulaires… Depuis les feux dévastateurs de 2001, on cherche aujourd'hui à éliminer les espèces étrangères importées, notamment les Gum Trees, eucalyptus particulièrement inflammables et grands consommateurs d'eau, qui devraient à court terme disparaître totalement de la péninsule du Cap. En 1995, a été lancé le programme Working for Water destiné à préserver le ravitaillement en eau et la diversité biologique de la flore indigène par l'abattage d'arbres exotiques (chap. 10).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Le mallee scrub australien



© P. Belleville

Le mallee scrub près de Cervantes

Formation buissonnante sclérophylle semblable au maquis, le mallee entoure ici The Pinnacles, l'impressionnant Désert des pénitents aux colonnes forgées dans des dunes à ciment calcaire. La strate arbustive comprend surtout des petits eucalyptus et des Protéacées.



© C. Gaillard-Tassin

Fleur et bouton d'*Eucalyptus macrocarpa* subsp. *macrocarpa*

Arbuste ou petit arbre répandu dans les *scrub-lands* du centre et du nord de la Wheatbelt, le mottlecah est célèbre pour ses grandes feuilles gris-argenté, ses fleurs *pincushion* de 10 cm de diamètre et ses gros fruits en forme de bol.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Gaillard-Tassin

***Banksia prionotes* (près des Pinnacles)**

Protéacée aux longues feuilles semblables à des scies (*prion*, en grec), comme celles de *Banksia hookeriana*, espèce avec laquelle elle s'hybride parfois naturellement. Elle fleurit en automne et en hiver. Sur plus de 70 espèces de *Banksia*, 61 se rencontrent en Australie occidentale.

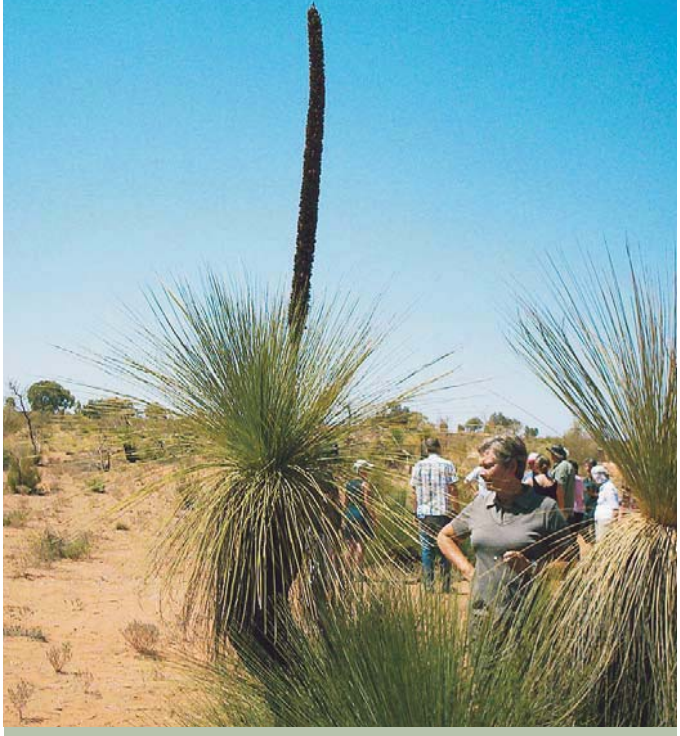


© P. Belleville

***Grevillea petrophiloides* (Kalbarri National Park)**

Autre Protéacée proche des *Banksia*, cette espèce se rencontre dans le mallee moins dense des environs de Kalbarri à Shark Bay.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Gaillard-Tassin

Grass Tree

Ces arbres herbes poussent aussi bien dans le kwongan que dans les forêts d'eucalyptus. Les *Xanthorrhoea* ont des inflorescences en forme de cierge qui émergent jusqu'à 2 m au-dessus du toupet de feuilles. Sitôt morte, la hampe est remplacée immédiatement.



© C. Gaillard-Tassin

Hampe florale du *Xanthorrhoea*

Quand les fleurs meurent, il reste sur la hampe des centaines de petits fruits en forme d'épines.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Gaillard-Tassin

Sandalwood Tree (près de Wave Rock)

***Santalum spicatum*, le santal au bois parfumé qu'on exporte vers l'Asie, est largement répandu dans la Wheatbelt, les Goldfields voisins et le nord-ouest de l'Australie.**



© P. Belleville

Spinifex *(Triodia irritans)*

Comme les acacias, l'herbe porc-épic marque plus la steppe subdésertique à mulga que le mallee scrub.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Gaillard-Tassin

Pois du désert *(Swainsona formosa)*

Largement répandu depuis les marges du mallee jusqu'aux déserts intérieurs, notamment dans la plaine de Nullarbor, il est devenu l'emblème floral du Sud australien.

Le mallee scrub australien

Dans le domaine méditerranéen australien, « la formation correspondant au maquis, multiforme, buissonnante, et couvrant bien le sol, ou s'ouvrant en direction des régions les plus sèches de l'intérieur, est le mallee » (ELHAÏ, 1968). Localement, on parle de *scrub* (broussailles), ou de *bush* (brousse) comme pour les forêts sclérophylles sèches, ou encore de *kwongan* (terme d'origine aborigène). Dans le Sud-Ouest australien, le mallee scrub entoure surtout la partie orientale de la forêt ouverte semi-aride à eucalyptus, mais il couvre aussi la région côtière au nord de Perth jusqu'à Shark Bay (de Gingin à Denham). Dans la région d'Adélaïde, il a souvent remplacé la forêt ouverte, dévastée par de graves incendies. On le trouve très largement depuis les péninsules Eyre et Yorke jusqu'aux sols sableux de l'ouest du bassin du Murray (fig. 13).

Une végétation buissonnante sclérophylle

La strate arbustive de petits eucalyptus et de Protéacées

Ces eucalyptus rabougris de type mallee *(E. Dumoso, E. oleosa…)* forment des bouquets de 2 à 4 m de haut à branches multiples, qui partent de nombreuses tiges souterraines. Le Bell Fruited mallee *(Eucalyptus preissiana)*, aux feuilles épaisses et aux fruits en forme de cloche, que l'on trouve entre Albany et Esperance, ne dépasse pas 2 m. Arbuste ou petit arbre de 0,80 m à 5 m, répandu dans les *scrub-lands* du centre et du nord de la Wheatbelt, le Mottlecah *(Eucalyptus macrocarpa* subsp. *macrocarpa)* développe un lignotuber. Il est célèbre pour ses grandes feuilles gris-argenté ovales ou elliptiques (jusqu'à 12 cm de long et 8 cm de large). Mais ses fleurs en *pincushion* rouges ou roses sont aussi spectaculaires : apparaissant au début du printemps et à la fin de l'automne, elles peuvent atteindre 10 cm de diamètre. De même ses gros fruits en forme de bol, couverts d'une poussière blanchâtre…

Mais il y a aussi nombre de *Banksia, Hakea, Grevillea et Dryandra. Banksia menziesii*, arbuste ou petit arbre de 10 m maximum abonde sur la côte de Perth à Kalbarri (jusqu'à la Murchison River). Très inflammable, il est appelé « Firewood Banksia ». *Banksia prionotes* fait partie du groupe des Acorn Banksia aux inflorescences en forme de gland et aux longues feuilles dentelées (du grec *prion* = scie), tout comme *Banksia hookeriana* avec lequel il s'hybride parfois naturellement. Quant à *Banksia speciosa* (4 m au maximum), ses fourrés poussent dans le mallee côtier du sud entre Esperance et Hopetoun. Dans le Fitzgerald River

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

National Park, entre Bremer Bay et Hopetoun, on peut voir l'impressionnant *Hakea victoria* ou Royal Hakea qui atteint parfois 4 m, avec sa tige dressée à belles « feuilles de choux » virant au rouge ou au jaune. Dans l'est de la Wheatbelt poussent des *Grevillea* très épineux comme *Grevillea paradoxa* ou *Grevillea hookeriana* subsp. *apiciloba*, aux feuilles pointues. Quant aux *Dryandra,* on peut citer *Dryandra patens* aux minces feuilles épineuses, qui croît au centre de la Wheatbelt.

Enfin, on rencontre des acacias, le spinifex et de nombreux géophytes. Parmi les acacias, on signalera *Acacia vestita*, une espèce de mimosa de 3 m de haut, originaire du Sud-Ouest australien, au port gracieux et retombant, qui fleurit d'août à octobre. Dans les parties les plus sèches du mallee s'infiltrent déjà quelques mulgas (terme aborigène pour *Acacia aneura*), tandis qu'« entre les arbrisseaux, les touffes de l'herbe porc-épic (*Triodia irritans*) couvrent plus ou moins le sol » (ELHAÏ, 1968). Mais comme les acacias, le spinifex ou Porcupine Grass marque bien davantage la steppe subdésertique à mulgas qui s'étend plus au nord. Le Sandalwood Tree *(Santalum spicatum)*, le santal au bois parfumé qu'on exporte vers l'Asie est largement répandu dans la Wheatbelt, mais aussi dans les Goldfields voisins et dans le Nord-Ouest australien. Enfin, l'abondance de lumière dans le mallee permet une forte concentration de géophytes. À noter aussi que le scrub et ses marges arides comprennent beaucoup de plantes à fleurs sauvages. Entre Geraldton et Esperance on compterait 300 espèces d'orchidées, notamment la magnifique Queen of Sheba *(Thelymitra variegata)*. Le splendide pois du désert de la plaine de Nullarbor *(Swainsona formosa)* est devenu l'emblème floral du Sud australien. On pourrait encore évoquer l'épineux Thorny Solanum *(Solanum hoplopetalum)*, commun au bord des routes dans l'est de la Wheatbelt et les Goldfields, et le Flannel Bush *(Solanum lasiophyllum)* aux feuilles tomenteuses, parfois appelé « tomate bleue », qui pousse plutôt dans les Goldfields et dans l'intérieur. Leurs délicates fleurs, respectivement blanches et violettes avec des étamines jaunes, ressemblent à celles des autres Solanacées (pomme de terre, tomate, aubergine, tabac…).

La présence marquante des arbres herbes

Les Grass Trees sont capables de supporter des écarts de température de plus de 40 °C à moins de 0 °C. « Ces plantes qui poussent dans le kwongan australien ou dans les forêts d'eucalyptus, doivent leur nom de *blackboy* à leurs troncs le plus souvent noircis » (GRABHERR, 1999). Aujourd'hui, pour des raisons évidentes, le nom de Blackboy est réprouvé. Ces troncs qui peuvent mesurer plusieurs mètres de haut portent un toupet de feuilles qui sert d'abri anti-feu aux insectes et aux petits animaux, d'où émerge souvent une inflorescence en forme de cierge parfois déformée (jusqu'à 2 m de long) pour le genre *Xanthorrhoea*, ou de boule à court pédoncule pour le genre *Kingia*. Le nom scientifique *Xanthorrhoea* évoque la gomme jaunâtre trouvée dans la plante, que les Aborigènes utilisaient pour fixer la pointe de leurs lances. Les petits feux, qui n'attaquent guère le cône végétatif, favorisent la repousse de ces longues hampes florales que jadis les premiers colons comparaient aux lances des Aborigènes. Mais quand les fleurs meurent naturellement, on aperçoit les nombreux petits fruits en forme d'épines qui recouvrent la hampe, laquelle sitôt morte peut être immédiatement remplacée par une nouvelle qui pousse tout à côté. *Xanthorrhoea preissii* est très répandu dans le Sud-Ouest, on en connaît de très vieux qui dépassent les 10 m. *Kingia australis* est davantage confiné entre Perth et Albany.

Une formation pour une bonne part climacique

Il semble que ce soit l'aridité croissante, avec environ 400 mm de pluies au sud (au nord-est de la Stirling Range) et 200 mm au nord, qui marque le plus certaines adaptations physionomiques et biologiques de la végétation du mallee scrub, laquelle se raréfie progressivement. Pourtant, comme dans le mulga scrub, les éleveurs s'y sont cantonnés avec leurs troupeaux.

L'exemple du mallee au nord de Perth : de Gingin à la baie des Requins (fig. 13)

Les arbres, *Acacia* et *Melaleuca*, deviennent rares et les buissons s'espacent avec la sécheresse croissante. L'autre sous-espèce connue de Mottlecah *(Eucalyptus macrocarpa* subsp. *elechantha)*, plus basse et aux feuilles plus petites, a une aire extrêmement limitée, au sud-est de Geraldton, tandis qu'au nord de cette localité, on rencontre un petit Melaleuca de 2 m *(Melaleuca filifolia)*. Parmi eux poussent quelques Graminées, le paysage ressemblant davantage à une garrigue avec des landes à mouton et à wallabie (petit kangourou) qu'à un maquis, malgré une très grande biodiversité. Cette prépondérance de la lande, qui correspond à d'anciens défrichements de la Wheatbelt, s'observe nettement dès la région de Cervantes et des Pinnacles, l'impressionnant désert des Pénitents aux colonnes forgées dans des dunes à ciment calcaire, où l'on peut observer de magnifiques *Dryandra*.

Puis, des environs de Kalbarri à Shark Bay, le mallee devient moins dense bien qu'encore diversifié. Avec notamment la présence d'un petit eucalyptus *(Eucalyptus pyriformis)*, d'un petit acacia *(Acacia spondylophylla)*, et du célèbre Raspberry Jam Wattle *(Acacia acuminata)*, arbuste ou petit arbre de 5 m maximum, aux fleurs jaunes semblables à des écouvillons et aux longues feuilles lancéolées et pointues, qui pousse dans les zones sèches de Shark Bay à Esperance. Fraîchement coupé, son bois sent la confiture de framboise. Quelques *Banksia* les accompagnent *(Banksia menziesii)*, ainsi que des *Grevillea (Grevillea petrophiloides)* et *Hakea (Hakea bucculenta*, espèce à grosse noix qui pousse de Geraldton à Shark Bay*)*. On reconnaît les *Hakea* très proches des *Grevillea* à leurs noix dures, qui peuvent persister pendant plusieurs années. Enfin, l'on rencontre aussi des Éricacées *(Hibbertia hypericoïdes)*, des Grass Trees *(Xanthorrhoea)* et le célèbre Smoke-bush *(Conospernum triplinervium)* aux fleurs laineuses blanc grisâtre qu'on voit flotter dans la brise comme de la fumée.

Mais l'adaptation de ce mallee est aussi d'ordre édaphique. La multiplicité des substrats rocheux, grès et argiles latéritisées, gneiss, filons granitiques, et l'importance des lithosols caillouteux et des croûtes expliquent sa grande biodiversité. À un brusque changement de nature du sol correspond souvent un changement tout aussi brutal de végétation, d'où l'existence de groupements végétaux parfois isolés. Mais, de façon générale, « la structure claire et ouverte du mallee s'explique également par la pauvreté du sol en nutriments » (GRABHERR, 1999), la minéralisation étant ralentie par les feuilles coriaces, le sol sec en été et les perturbations engendrées par le feu.

Au nord du mallee scrub, le mulga scrub des zones subdésertiques

Cette steppe herbeuse et arbustive est le règne du spinifex (l'herbe porc-épic) et du petit *Acacia aneura*, noueux et rabougri, qui peuple les franges de l'intérieur aride, mais que l'on trouve jusqu'au « cœur de l'*outback* » (« le milieu de nulle part »), notamment dans les environs d'Uluru (Ayers Rock). Avec la domination des acacias dans une zone à pluies d'hiver faibles et irrégulières (moins de 200 mm par an), le mulga scrub n'appartient plus vraiment au domaine méditerranéen, où triomphent plutôt les eucalyptus.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Chapitre 6

La végétation azonale



© C. Tassin

Ce document est la propriété exclusive de F

La présentation des paysages végétaux des basses terres – forêts, matorrals, pinèdes et steppes – vaut pour toute la zone de climat « méditerranéen », que ce soit sur les surfaces d'aplanissement tertiaires ou bien substructurales, ou encore sur les collines granitiques, calcaires ou marno-calcaires… Pourtant, certains milieux « ne se laissent pas facilement enfermer dans le schéma d'ensemble du zonobiome méditerranéen » (GRABHERR, 1999) : ce sont des écosystèmes dits « azonaux », c'est-à-dire dépendants de conditions particulières déterminées par le sol ou le climat local. Telles sont les plaines humides littorales et alluviales, avec leurs marais et leurs forêts riveraines des cours d'eau ou ripisylves, ou bien certaines zones rocheuses de l'intérieur comme du littoral (gorges, falaises, caps rocheux, côtes sableuses à dunes). À cause d'une analyse encore fragmentaire, la végétation souvent spécifique de ces milieux de taille relativement limitée ne peut être évoquée que dans le cadre d'exemples, que l'on prendra ici essentiellement dans le domaine méditerranéen français.

Les plaines humides littorales et alluviales

Les formes d'accumulation détritique sont abondantes en milieu méditerranéen : les cours d'eau surchargés abandonnent une partie de leurs alluvions dans de grandes plaines alluviales, puis littorales, au débouché des montagnes.

photo > Protection des dunes et de leur végétation spécifique par des ganivelles, à la pointe de l'Espiguette (Camargue).

La végétation des plaines littorales et des marais

Des plaines « bonifiées »

Tout un système coordonné d'aménagement des eaux les a transformées en huertas (du latin *hortus*, le jardin). Leurs sols sont riches en matière organique noire, et assez argileux pour conserver l'eau. Elles portent une agriculture intensive et spécialisée : jardins de légumes primeurs et vergers d'Espagne (huerta de Valencia), du Maroc (plaine du Rharb), d'Italie (*bonifica* des marais Pontins, de Campanie, de la plaine de Catane…), ou de Grèce (petites plaines de l'Attique et du Péloponnèse), rizières du Levant espagnol et de Camargue. La genèse de ces sols noirs hydromorphes est liée à l'excès d'eau : la minéralisation par les bactéries est bloquée et la matière organique noire non décomposée va enrichir la couche d'argile en carbone, créant ainsi un milieu réducteur. Et dans l'horizon constamment imbibé d'eau, les oxydes ferriques sont transformés en fer ferreux (peu oxydé), cet horizon argilo-ferreux gris verdâtre, situé en dessous de la zone d'oscillation de la nappe, étant appelé le « gley ». Ces sols noirs compacts à gley, ou vertisols, occupent une place importante dans les plaines littorales, comme en Andalousie, en Sicile, ou dans les plaines du Rharb où ils sont connus sous le nom de tirs, mais également dans les dépressions karstiques inondables (les poljés de l'Apennin et de Grèce centrale), ou dans les grandes vallées mal drainées, comme dans les angles morts des cours d'eau du Valle central chilien. En Californie cependant, les dépressions (Grande Vallée) et les basses plaines sont souvent trop sèches pour qu'on y retrouve ces sols « azonaux ». Ils sont souvent remplacés par des sols marron isohumiques plus ou moins salins de régions steppiques, qui sont, on l'a vu, avec les sols bruns et sols rouges des régions moins sèches, les sols typiques (« zonaux ») du domaine méditerranéen. Tout au moins d'un point de vue purement bioclimatique, car si l'on en juge par la réalité géographique, l'on constate que beaucoup de sols méditerranéens n'ont pas vraiment d'horizons bien définis, et sont plutôt : des sols tronqués, rendzines en milieu calcaire et rankers en milieu siliceux, nés d'un lessivage accentué ; ou des sols squelettiques sur les pentes, sans cesse rajeunis par le ruissellement ou le mouvement superficiel du manteau, lithosols très caillouteux et régosols des coulées de solifluxion, où s'interrompt la pédogenèse. À noter que les ravinements de type « bad lands », creusés entre les roubines, ne sont pas un type de sol, l'érosion ayant mis à nu une roche mère meuble.

Huerta (Crète).



© M.-A. Coudray-Tassin

Grâce au drainage et à l'irrigation, beaucoup de plaines d'effondrement méditerranéennes sont devenues des huertas, des zones bonifiées par une agriculture intensive et spécialisée. Ici, les oliveraies qui empiètent largement sur les versants laissent peu de place à la phrygana.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

En France, les plaines littorales dominent à l'ouest du Grand Rhône. Les crues redoutables du Rhône et des petits fleuves côtiers (Hérault, Aude, Agly, Têt et Tech) y renforcent l'excès d'eau et l'hydromorphie de beaucoup de sols. Mais les canaux de drainage et d'irrigation ont fait naître dans ces plaines des zones d'agriculture intensive spécialisée de type « huerta ». Ce sont la *horta* du Roussillon, qui s'étend surtout dans le Ribéral en arrière de la plaine maritime (la Salanque), et le vignoble de la côte alluviale du Bas-Languedoc, mais aussi le delta trop humide de Camargue en grande partie cultivé par de grandes exploitations, et plus au nord la huerta maraîchère et fruitière du Comtat. Tandis que sous le delta du Rhône s'enfonce la Crau (chap. 10), le cône de déjection caillouteux construit par la Durance qui jadis gagnait directement la mer par un passage à l'est des Alpilles, et qui lui aussi est radicalement transformé par l'irrigation.

Dans les plaines littorales, tout comme sur leurs côtes sableuses, existent de nombreux marais et étangs. Ce sont des dépressions bloquées derrière les bourrelets de crues. En aval, fleuves et rivières ont en effet tendance à exhausser leurs rives et leurs lits, proches du niveau de base marin. Ce sont les fréquentes inondations qui ont décidé les hommes au drainage artificiel et à la mise en culture des plaines littorales marécageuses, surtout quand celles-ci n'ont qu'une ouverture dans les cordons dunaires, ce qui est le cas du Rharb marocain drainé par l'oued Sebou. Dans cette plaine du Rharb existent de véritables dépressions marécageuses, les *merjas*, peuplées par une végétation aquatique ou hygrophile baignant dans l'eau (nymphéas, roseaux, joncs) ou située sur les bordures temporairement inondées (saules, peupliers, tamaris). Ce sont aussi des étangs en arrière des cordons dunaires et littoraux. Dans ce domaine climatique, les deltas n'existent guère que dans le bassin méditerranéen où ils sont abondants, sans doute à cause des faibles marées et de la forte charge des cours d'eau : ils ne sont donc pas une forme zonale. Ils sont relativement moins touchés par les crues, à cause de la multiplicité des affluents vers la mer, mais celle-ci remanie en permanence leur énorme alluvionnement pour construire des cordons littoraux, ce qui explique derrière eux « le grand nombre des étangs, des marécages : Albufera de la plaine de Valence en Espagne, étangs du Bas-Languedoc, Maremmes d'Italie, côte est de la Corse, delta du Vardar en Macédoine grecque, de la Medjerda en Tunisie… » (DERRUAU, 1988).

En Camargue : des zones plus ou moins humides

Des cordons littoraux successifs (marqués par les îles parallèles de l'étang de Vaccarès) montrent les avancées du continent, le port d'Aigues-Mortes où s'embarqua Saint-Louis pour la croisade se trouvant aujourd'hui à 5 km du rivage. Mais les endiguements du XIXe siècle et les aménagements hydrauliques du XXe siècle ont réduit les apports du Rhône, et la houle et les vents du sud-est ont fait reculer les secteurs est-ouest de la côte (Les Saintes-Maries au XVIIe siècle étaient à 2 km de la mer), n'engraissant plus que l'embouchure du Grand Rhône et les pointes de Beauduc et de l'Espiguette. Derrière les lagunes et les dunes littorales on rencontre, outre les marais d'eau douce, les étangs saumâtres (le Vaccarès), les sansouires, grandes étendues plates salées, d'un blanc éclatant l'été, avec leurs légers reliefs, enfin les bourrelets d'alluvions qui bordent les bras fluviaux avec leurs ripisylves. En 2007, la moitié des surfaces de la Camargue est occupée par les étangs, les lagunes (24 %) et les sansouires (24 %), les marais doux et roselières s'octroyant environ le tiers (32 %), les marais saumâtres 4 %, les pelouses 8 %, les boisements 5 % et les plages et les dunes 3 %.

Les étangs, les mares temporaires et les marais possèdent des plantes aquatiques et semi-aquatiques qui existent ailleurs en France, hors du domaine méditerranéen. Ce sont les renoncules d'eau, jolis tapis de fleurs blanches tachées de jaune, les myriophylles, extrêmement denses dans les mares, les canaux et les étangs, et le potamot pectiné *(Potamogeton pectinatus)* qui forme avec les lentilles d'eau de véritables prairies subaquatiques sur les eaux calmes des marais d'eau douce. Les plantes semi-aquatiques peuplent le bord des marais ou des étangs. Ce sont surtout les grands roseaux de 1 à 4 m, le phragmite ou roseau commun *(Phragmites australis)* et la massette *(Typha)* à épi florifère. Le phragmite est l'une des Graminées aquatiques les plus répandues dans le monde. Présent partout en France, il constitue des roselières très favorables à la nidification de toute une faune des zones humides, accueillant les oiseaux migrateurs. Moins élevés et poussant en touffes, les scirpes dont le scirpe maritime (espèce d'eau douce malgré son nom), le choin, la laîche étirée *(Carex extensa)* et les joncs colonisent aussi les mares temporaires. Et parmi les fleurs caractéristiques de ces bordures marécageuses, on compte l'iris des marais – typique des marais d'eau douce – la salicaire commune, la guimauve officinale, ou encore la jussie et l'épilobe qui envahissent aussi les canaux et les bras fluviaux (les roubines).

Sur les plaques salées des sansouires se développe une végétation dite halophile, capable de filtrer en partie l'eau salée. Les espèces de la sansouire – salicornes, saladelles, soudes ou encore l'obione – sont bien répandues sur toutes les côtes françaises, par exemple la salicorne en buisson, la soude en buisson, la soude maritime… « La Saladelle ou statice de Narbonne (*Limonium narbonense*) est proche de la Saladelle vulgaire (*Limonium vulgare*), rencontrée sur les côtes de la Manche et de l'Atlantique » (MARTIN, 1997-2005). Toutes les espèces de ce genre possèdent des pores spécialisés leur permettant d'expulser le sel… Mais sur ces sols limoneux plus ou moins inondés en hiver, craquelés et recouverts d'efflorescences salines en été, c'est l'engane, la prairie plus ou moins continue de salicornes, qui constitue l'essentiel des sansouires. Tolérant encore mieux le sel que les autres espèces – ce sont les plantes typiques des marais salants – elles ressemblent à des plantes grasses avec leurs tiges charnues gorgées d'eau salée. De couleur vert tendre au printemps, la salicorne roussit durant l'été, puis pendant l'hiver pare de rouge les sansouires de Camargue et du Bas-Languedoc, un véritable enchantement pour les peintres.

Loin d'être monotone, la sansouire comporte de légers reliefs où sont installées, « de leur pied régulièrement submergé à leur sommet, plusieurs ceintures végétales assez distinctes » (MARTIN, 1997-2005). Tout au bord de l'étang, sur les bourrelets de coquillages, de matière organique, poussent la soude en buisson *(Suaeda vera)*, arbrisseau toujours vert de 50 cm à 1 m, et l'obione faux-pourpier *(Halimione portulacoides)* en petits massifs de 20 à 50 cm de hauteur. Mais sur les sables des berges – secs pendant l'été – poussent des soudes annuelles comme la soude maritime *(Suaeda maritima)*, ainsi que le *Bassia hirsuta*, une espèce annuelle tomenteuse et très rameuse. Sur la zone régulièrement inondée s'installent les petites salicornes herbacées annuelles, comme *Salicornia herbacea* (10 à 30 cm) que l'on peut manger en salade et dont les racines ne s'enfoncent pas profondément. Mais *Salicornia europea*, qui s'en distingue par des articles de la tige plus longs que larges, marque le paysage par son abondance et sa teinte rouge brique, puis violacée, à la fin de l'été. Enfin, sur les sommets des îlots, où la sécheresse fait remonter le sel, on rencontre de véritables tapis de salicorne radicante *(Sarcocornia perennis)* et de salicorne en buisson *(Sarcocornia fruticosa)* aux articles plus lisses et de diverses couleurs (verts, rouges, orange et mauves), toutes deux dominées par la salicorne à gros épis, une espèce méditerranéenne très résistante au sel. Seule susceptible de supporter une salinité élevée (plus de 100 grammes par litre) et une totale inondation en hiver, la salicorne à gros épis ou salicorne glauque *(Arthrocnemum macrostachyum)* occupe également les zones les plus basses et proches de la nappe phréatique, des lagunes et des canaux.

Obione et soude maritime (estuaire de l'Orne).



© C. Tassin

La Pointe du Siège est la flèche sableuse qui dévie l'embouchure de l'Orne. Cet estuaire, qui appartient en partie au Conservatoire du Littoral, offre un biotope qui rappelle un peu celui de la Camargue. Le schorre, la vasière recouverte seulement aux grandes marées, montre ici un vaste tapis d'obione et de soude maritime (les petits personnages marquant la limite avec les sables dunaires).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

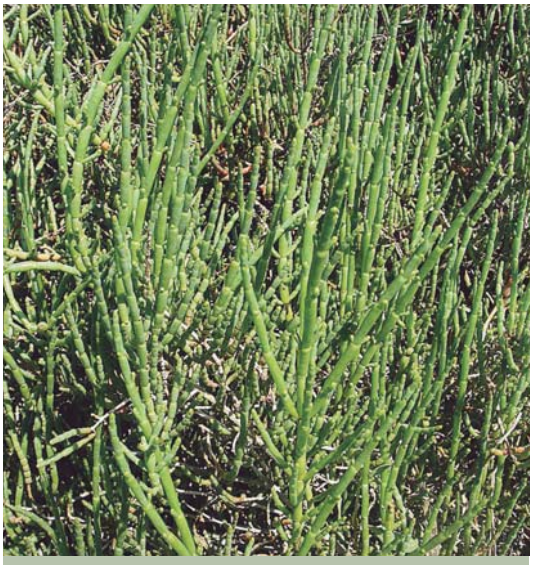
La végétation azonale de la sansouire (Camargue)



© C. Tassin

La sansouire en avril près des Saintes-Maries-de-la-Mer

Sur ces sols limoneux plus ou moins inondés en hiver, craquelés et recouverts d'efflorescences salines en été, se développe une végétation dite halophile – capable de filtrer l'eau salée – qui n'est pas caractéristique du domaine méditerranéen : salicornes, saladelles, soudes ou encore obione.



© C. Tassin

Salicorne au printemps

Les salicornes ressemblent à des plantes grasses avec leurs tiges faites d'articles charnus. Tolérant encore mieux le sel que les autres espèces, elles constituent l'essentiel des sansouires. En Camargue, la prairie plus ou moins continue de salicornes est appelée « engane ».

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

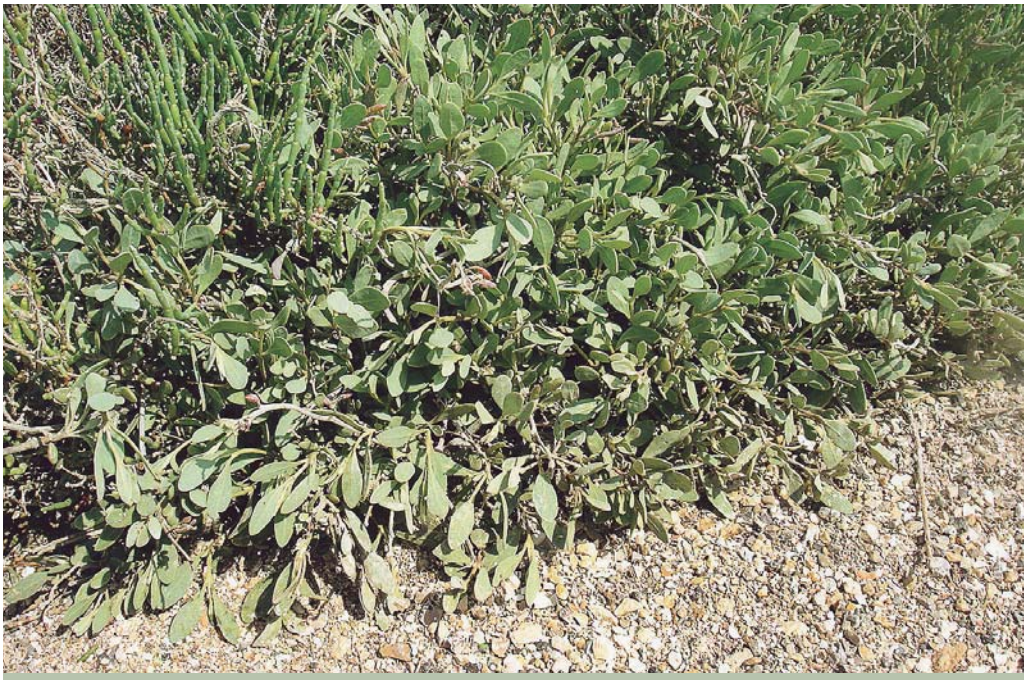
Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Soude en buisson *(Suaeda vera)*

Les légers reliefs de la sansouire déterminent souvent des zones végétales distinctes. Cet arbrisseau toujours vert affectionne les bordures riches en matières organiques et en nitrates.



© C. Tassin

Obione faux-pourpier *(Halimione portulacoides)*

Avec la soude en buisson, l'obione forme des massifs denses à rameaux couchés ou ascendants (de 20 à 50 cm de hauteur), sur les bourrelets qui bordent les étangs.

La végétation des plaines alluviales : les ripisylves

De larges plaines caillouteuses, pauvres en végétation

Ces plaines alluviales immenses contrastent avec celles des pays tempérés humides. En milieu tempéré océanique, la plaine d'alluvions récentes (dites « modernes ») s'inscrit dans des nappes d'alluvions anciennes. Composée du lit mineur (apparent) et du lit majeur (d'inondation) d'un cours d'eau, elle correspond pour l'essentiel à la dernière phase de creusement des périodes interglaciaires de l'ère quaternaire. Lors de ces phases de réchauffement, les alluvions anciennes déposées par remblaiement pendant les phases froides ont été découpées en terrasses plus ou moins étagées ou emboîtées. Ces alluvionnements se sont produits sous un climat périglaciaire parce que la cryoclastie intense permettait aux versants de livrer du matériel en grande quantité, et que les débits fluviaux étaient beaucoup moins grands. Mais en milieu méditerranéen, les divagations du chenal d'écoulement ont souvent fait disparaître les terrasses alluviales. Elles ont même attaqué, au pied des versants, les cônes de déjection latéraux plus ou moins anciens. Ainsi, à l'Holocène (l'actuel Postglaciaire), l'érosion s'est beaucoup moins réduite qu'ailleurs. Si bien que l'on a pu parler « d'hétérostasie », d'un état intermédiaire entre la « biostasie » (la protection du relief par la couverture végétale) et la « rhexistasie » (l'érosion, l'ablation du relief sous faible couvert végétal), l'une et l'autre pouvant en effet coexister dans le domaine méditerranéen à cause de l'importance des montagnes et des caractères du climat, mais aussi de la forte dégradation anthropique de la végétation. C'est donc le ravinement actif (la torrentialité) qui, en chargeant de façon excessive les cours d'eau, explique les divagations de leurs chenaux anastomosés, au gré des crues, dans ces plaines alluviales immenses que sont les *ramblas* d'Andalousie, les *fiumaras* de Calabre ou de Sicile ou encore les oueds des pays arabophones…Même les petites rivières possèdent souvent ces lits majeurs démesurés, encombrés de cailloux sans cesse remaniés, où le lit apparent s'encaisse rarement, seulement quand la roche sous-jacente est moyennement résistante : « schistes pour la vallée du Guadiana inférieur, molasses et marnes du Bas-Languedoc » (DERRUAU, 1988).

Plaine alluviale de l'Evinos (Grèce).



© C. Tassin

En chargeant de façon excessive les cours d'eau méditerranéens, le ravinement actif explique les divagations de leurs chenaux anastomosés, au gré des crues, dans d'immenses plaines alluviales.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Pourtant, dans les grandes vallées comme la Durance en France ou la Moulouya au Maroc, les terrasses fluviatiles sont encore bien représentées. Leur processus d'élaboration aurait été parfois différent, leur raccordement à de hauts niveaux marins, comme dans la vallée de la Moulouya ou de l'Oum er-Rbia, permettant d'évoquer une certaine continuité de l'alluvionnement, et non plus le synchronisme habituel : alluvionnement = glaciation = régression marine (retrait de la mer). Mais on sait que ce schéma pour les zones tempérées est déjà parfois contesté, une période climatique glaciaire ou interglaciaire n'étant pas toujours synchrone d'une phase unique d'alluvionnement ou de creusement, mais d'une succession alluvionnement,creusement. Dans la partie amont des vallées marocaines, les terrasses seraient toujours d'origine climatique : accumulation en pluvial et creusement en interpluvial, périodes contemporaines de nos phases glaciaires et interglaciaires, tout au moins pour la bordure nord du Sahara et au Maroc, la trajectoire des perturbations pluvieuses ayant été repoussée très au sud aux époques froides (ROGNON, COUDÉ-GAUSSEN, 1992). Mais vers l'aval, les terrasses seraient d'origine eustatique (dues aux variations du niveau marin) : accumulation en interpluvial (période de transgression marine), et creusement en pluvial (période de régression marine). En effet, dans le bas des vallées, les alluvions fluviatiles pluviales d'amont se raccordent à de hauts niveaux marins interpluviaux, c'est-à-dire à des alluvions marines de plage déposées lors des transgressions de la mer, cela au lieu de s'abaisser normalement sous son niveau actuel (celui de sa dernière remontée, la transgression flandrienne). C'est donc que les alluvionnements fluviatiles continuaient dans la partie aval en interpluvial, les creusements s'y effectuant alors en pluvial pendant l'abaissement du niveau marin. Toutefois il ne faut pas généraliser ce schéma du quaternaire marocain à tout le bassin méditerranéen, l'accumulation alluviale restant tributaire de l'échelonnement en latitude des climats, depuis le froid glaciaire – ou plus exactement périglaciaire – qui régnait dans nos régions tempérées, jusqu'au froid du domaine méditerranéen, plus ou moins pluvial selon la latitude et les différentes phases pluviales (ROGNON, COUDÉ-GAUSSEN, 1992).

Les glacis d'érosion qui ourlent les reliefs se raccordent parfois aux terrasses fluviatiles. Ce sont des surfaces faiblement inclinées (1 à 8 % en moyenne) qu'on rencontre également dans les déserts, les savanes, voire la forêt tropicale, où ils se raccordent souvent, dès le sud de la zone méditerranéenne, à de vastes pédiplaines encore moins déclives comportant des reliefs isolés ou inselbergs. Modelés dans des roches tendres ou dures, les glacis du bassin méditerranéen comportent souvent un revêtement alluvial et colluvial mal roulé et mal trié (gros blocs et limons fins), plus ou moins épais et très fréquemment cimenté par des croûtes rouges ou rose saumon. Ils sont des formes héritées, bien visibles dans le domaine méditerranéen, mais partout disséquées, surtout dans l'extrême nord du bassin (Aragon, Catalogne, Lodévois…). Le processus essentiel de la genèse des glacis est l'impuissance de l'érosion linéaire et l'importance de l'érosion aréolaire, sous des climats anciens. Recensant diverses tentatives d'explication paléoclimatiques, Max Derruau précise que « la non-incision de l'interfluve peut avoir pour cause soit une résistance du support, soit une forte charge de l'eau de ruissellement » (DERRUAU, 1988). La gélifraction et la solifluxion dominantes sous climat froid périglaciaire fournissaient des matériaux anguleux, tandis qu'un faible couvert végétal sous climat semi-aride tropical ou subtropical favorisait le ruissellement diffus et le sapement latéral des chenaux, donc le pavage et l'étalement des limons… Parmi les nombreuses hypothèses divergentes concernant la genèse des glacis, le géomorphologue Michel Archambault évoque une formation polygénique complexe en 3 étapes dans le massif volcanique des Coirons, aux confins humides des Alpes et du Massif central, là où le revêtement alluvial est épais (de 20 à 30 m). Une topographie irrégulière, faite de creux, de ravins, creusés en interglaciaire a été colmatée par une coulée boueuse périglaciaire à gros blocs, l'ensemble ayant été recoupé, régularisé par un ruissellement diffus, une érosion aréolaire dans une phase postérieure. Un pin fossile daté de 8 000 à 9 000 ans trouvé dans la coulée boueuse montre la continuation du remblaiement au début de l'Holocène, après la dernière phase glaciaire würmienne… Mais dans des régions plus chaudes, comme sur le littoral du Rif marocain, il n'y a plus de coulée boueuse (le revêtement est mince) et les glacis se raccordent à de hauts niveaux marins : ils ne peuvent plus être attribués à une phase périglaciaire (ici pluviale).

Une végétation azonale spécifique

Celle-ci contraste avec le couvert des terrasses et des glacis, qu'il faut aussi évoquer, étant donnée la continuité topographique qui peut exister entre les éléments des grandes vallées méditerranéennes.

Plus ou moins défrichée pour la culture, la végétation des terrasses d'alluvions anciennes et des glacis n'est pas azonale. Sur les terrasses les plus basses, limoneuses, avec leurs bons sols bruns ou un peu lessivés proches de l'eau d'irrigation, les

© F. Cerqueira



Ripisylve dans la vallée du Draa (Maroc).

Véritables interfaces entre les écosystèmes terrestres et aquatiques, les ripisylves échappent en grande partie à la domination du climat méditerranéen, l'inféro-flux qui circule dans l'épaisseur des alluvions récentes atténuant les températures et le stress hydrique.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre

champs ont fait disparaître précocement la végétation climacique. Sur les terrasses de la Durance, ne subsistent ça et là que quelques bouquets de chênes verts et de genévrier oxycèdre… Quant à la végétation souffreteuse des glacis, à cause de l'encroûtement (qui n'affecte pas les terrasses), elle n'a pas vraiment été défrichée par les agriculteurs. Longtemps terrains de parcours pour les moutons, ces glacis sont encore occupés par des espèces plus ligneuses qu'herbacées, par quelques matorrals plus ou moins dégradés. Mieux que les herbacées, la végétation arborescente et arbustive peut trouver l'eau à travers les fissures de l'encroûtement.

Les grandes plaines alluviales possèdent en permanence un ruban azonal de végétation hygrophile, à cause de l'inféro-flux qui circule dans l'épaisseur des alluvions récentes. Ces forêts riveraines ou ripisylves sont de véritables interfaces azonales entre les écosystèmes terrestres et aquatiques, échappant en grande partie à la domination du climat méditerranéen. L'été, la circulation souterraine persistante d'une eau fraîche atténue les températures et le stress hydrique. Mais la physionomie des ripisylves diffère selon leur position au sein de la plaine alluviale et suivant la fréquence ou l'intensité des crues. Sur les lits de cailloux roulés du lit mineur plus ou moins large qui s'étend entre les étroits chenaux à bords raides, avec ou sans eau, se développent des plantes annuelles, éphémères à cause des petites crues pluriannuelles. Mais des plages de fourrés, composées au nord de saules, d'argousiers – *Hippophae* – (dans les Préalpes), ou plus au sud de lauriers-roses et de tamaris, supportent davantage les crues annuelles et l'alluvionnement car tous ces ligneux émettent de nouvelles racines plus haut quand l'asphyxie les menace. Mais c'est au niveau du lit majeur, parfois très large, qu'on rencontre l'aspect essentiel des ripisylves, celui de forêt galerie. Ces parties boisées, sur les banquettes d'alluvions récentes (actuelles et subactuelles) où les crues sont moins régulières, comptent surtout des aulnes, des frênes, des ormes, des peupliers et des platanes, avec des fourrés en sous-bois (GALLOIS-MONTBRUN, 1986). Si les ripisylves sont « de véritables zones tampons et des oasis de diversité » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003), elles sont cependant des écosytèmes fragiles en raison des grandes crues. Qu'elles soient épisodiques ou périodiques, celles-ci arrachent et brisent les arbres, rendus cassants par la rapidité de leur croissance (laquelle s'effectue sur 20 ou 30 ans seulement). Pourtant, aujourd'hui, avec la déprise rurale au nord de la Méditerranée, beaucoup de forêts riveraines augmentent leurs surfaces, et cette progression a été mise en évidence pour les ripisylves bordant l'Hérault (DEBUSSCHE *et al.*, 1999). Et puis les aménagements hydrauliques des vallées ont parfois raréfié les crues, et permis ainsi l'infiltration de la végétation zonale dans les ripisylves du lit majeur, comme le chêne pubescent et même le chêne vert en basse Durance (VARESE, 1994).

La typologie des ripisylves

Les ripisylves méditerranéennes sont bien développées le long des grands cours d'eau pérennes. Les petits cours d'eau, tels la Mosson ou le Lirou dans la garrigue montpelliéraine, ne sont pas toujours bordés d'arbres. Les formations arborescentes, qui font moins de 5 m de hauteur, sont souvent espacées entre des buissons ou des roselières. Au long du Lirou, on rencontre des frênes, des saules, des peupliers, des ormes et des platanes, parmi des buissons d'aubépines, d'aulnes, de cornouillers, de fusains... Dans le lit des petits ruisseaux se développe une végétation herbacée, le scirpe, des menthes, des joncs et de nombreux roseaux phragmites. Dans le bassin méditerranéen, les forêts galeries des grands cours d'eau permanents comportent des espèces de souche eurasiatique, généralement caducifoliées (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Diverses espèces de saules ont souvent un rôle pionnier dans la végétation ripicole des lits mineurs. Ils structurent nombre de formations, dont Frédéric Médail nous rapporte quelques exemples : formations à *Salix alba,* le saule blanc (10 à 20 m de haut) aux feuilles lancéolées, acuminées, finement dentées et soyeuses, au bois léger et tendre (utilisé pour la fabrication des allumettes) ; formations à *Salix purpurea,* le saule pourpre ou osier rouge, très souvent buissonnant (ne dépassant pas 2 à 4 m de haut), et à *Saponaria officinalis*, (la saponaire, une herbacée) ; ou encore formations à *Salix daphnoides*, le saule à feuilles de laurier et à *Hippophaë rhamnoides* (l'argousier) et *Myricaria germanica* des berges de la Durance et du Verdon.

Le peuplier blanc *(Populus alba)*, arbre de 15 à 20 m de hauteur, tire son nom de son écorce lisse et blanchâtre, parcourue par des stries horizontales foncées, et de ses feuilles ovales, vertes sur le dessus, mais blanches et tomenteuses en dessous. Les ripisylves à base de *Populus alba* jouent un rôle important sur tout le pourtour méditerranéen, jusque sur les marges sahariennes. Le peuplier noir *(Populus nigra)* est un arbre plus grand (20 à 30 m), à gros tronc côtelé un peu tortueux, à écorce rugueuse à veines noires, fissurée dans le sens longitudinal, à couronne pyramidale élargie, essence répandue de manière sporadique sur des sols suffisamment humides. Sa variété *italica* (le peuplier d'Italie), qu'on a plantée dans le monde entier, par exemple au Chili (chap. 5), a un port fastigié : avec ses branches serrées et ascendantes elle peut facilement atteindre 30 m de hauteur.

Les aulnes vivent en ambiance plus fraîche que le peuplier blanc. Parmi les nombreuses espèces, parfois endémiques, c'est l'aulne glutineux *(Alnus glutinosa)* aux feuilles collantes qui est le plus répandu, de la rive nord au littoral algérien.

« Frênes et ormeaux, presque toujours présents dans les ripisylves, arrivent à jouer un rôle localement prépondérant » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003), telle l'association à *Fraxinus angustifolia* et *Ulmus minor* décrite par J. GAMISANS (1999) en Corse. *Ulmus minor* subsp. *canescens*, orme surtout est-méditerranéen, est considéré comme une espèce méditerranéenne.

Le platane d'Orient *(Platanus orientalis)*, le noyer commun *(Juglans regia)*, le liquidambar *(Liquidambar orientalis)*, le rhododendron *(Rhododendron ponticum)*, espèces mises en place avant l'ère glaciaire, forment des ripisylves très localisées surtout en Méditerranée orientale. Le platane d'Orient est une des espèces dominantes dans les Balkans (Albanie, Grèce, Chypre..) et au Proche-Orient (Turquie, Liban…). Il se distingue des autres platanes cultivés sur le pourtour méditerranéen par ses feuilles divisées en lobes profonds dépassant le milieu du limbe. Le célèbre platane de l'île de Kos aurait 2 500 ans.

Enfin, « parmi les arbres constitutifs de la ripisylve existent aussi des éléments simplement forestiers, qui trouvent là des conditions écologiques favorables » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003) *:* des chênes *(Quercus robur, Q. pubescens…)*, le noisetier *(Corylus avellana)*, le micocoulier *(Celtis australis*), l'arbre de Judée *(Cercis siliquastrum)…*

Dans les formations riveraines des cours d'eau de Californie, on retrouve souvent les mêmes genres qu'en Méditerranée. Dans les bosquets et les forêts galeries qui accompagnent les fleuves et les rivières de la Vallée centrale, le chêne caducifolié à feuilles lobées *(Quercus lobata)* domine sur les fonds alluviaux où la nappe phréatique est élevée. Mais le long du fleuve San Joaquin, on rencontre le peuplier *(Populus fremontii)*, un peuplier noir qu'on trouve jusqu'en Arizona, le platane *(Platanus racemosa)* et l'aulne *(Alnus rhombifolia)*.

Mais dans l'hémisphère Sud, les zones inondables et les cours d'eau sont occupés par d'autres familles végétales. Ainsi, dans le Sud-Ouest australien, les Paperbark Trees *(Melaleuca preissiana)* ont sur leurs troncs des paquets d'écorce pendants qui se déchirent comme du papier. Ces arbres, qui bordent aussi les cours d'eau temporaires, forment des forêts claires en association avec des arbustes jusque dans le lit inondable des rivières (chap. 3).

Les ripisylves des cours d'eau intermittents de type oued ont une flore moins variée, mais sempervirente et de souche méditerranéenne.

« Les arbres sont exceptionnels et il s'agit en général plutôt de fourrés ne dépassant pas quelques mètres de hauteur » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Ce sont surtout des fourrés à laurier-rose *(Nerium oleander)*, espèce robuste à feuillage persistant, coriace et presque glabre, mais aussi des formations plus complexes à base de tamaris *(Tamarix)*, arbuste à l'écorce noire ou pourpre foncé, aux petites feuilles en forme d'écailles appliquées aux branches. On les rencontre surtout dans le sud du bassin méditerranéen, mais des morceaux bien localisés existent aussi sur la rive nord. D'autres formations peuvent encore accompagner les oueds, comme celles à palmier-dattier *(Phoenix dactylifera)* en Afrique du Nord présaharienne, ou à palmier de Théophraste *(Phoenix theophrasti)*, palmier relictuel d'origine tertiaire (chap. 2), en Crète et dans le sud-ouest de la Turquie (YALTIRIK, BOYDAK, 1991).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© J. Mirloup

Petit cours d'eau dans la région d'Athènes (Grèce).

Contrastant avec la phrygana des versants, ses formations riveraines comptent des arbres, mais ici espacés entre des buissons, des roselières et des jonchaies.

Palmier de Théophraste (Crète).



© M.-A. Coudray-Tassin

Reconnu par Théophraste et Pline, *Phoenix theophrasti* est une relique tertiaire qui s'est maintenue dans des sites littoraux humides à moindre activité anthropique. En Crète (de 0 à 230 m), dans le Péloponnèse et le sud-ouest de l'Anatolie, surtout au bord de rivières, dans des zones alluviales et des gorges, comme ici où il accompagne une ripisylve à laurier-rose, tout près de la côte.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Les formations à laurier-rose et tamaris ont un rôle pionnier identique à celui des formations à saules du nord. Les fourrés à laurier-rose ou nériaies sont très répandus à l'état spontané dans le bassin méditerranéen, même en France (Maures, Estérel, Corse…). Toutes les parties de cette plante ornementale cultivée sont très toxiques. Comme la digitale, ses feuilles contiennent des glycosides qui troublent le rythme cardiaque. « On raconte que des personnes ayant utilisé du laurier-rose comme broche à rôtir seraient décédées et que toute une compagnie de soldats aurait été décimée, car le chef cuisinier s'était confectionné une louche en laurier-rose » (SCHÖNFELDER, 2004). L'agneau chaste ou gattilier *(Vitex agnus-castus)* qui lui est souvent associé est un arbrisseau de 1 à 2 m qui exhale une odeur de poivre, aux rameaux cassants et aux feuilles qui n'apparaissent qu'en été, lors de la floraison. Les tamariçaies halophiles sont des formations à base de tamaris d'Afrique *(Tamarix africana)* et tamaris de France *(Tamarix gallica)*, présentes depuis la France méditerranéenne jusqu'au sud de la Méditerranée. Les tamariçaies subhalophiles supportent moins les eaux saumâtres, avec par exemple *Tamarix canariensis*. Les tamaris, aux rameaux souples, ont été utilisés en reboisement pour la fixation des dunes littorales.

Les milieux rocheux de l'intérieur et du littoral

La végétation des gorges et des côtes rocheuses

Des écosystèmes structurés par les microclimats des gorges

À cause du manque d'espace dans les niches et les crevasses, on trouve surtout des espèces de faible taille et à petites racines. Dans la Foz de Arbayun, près de Pampelune, Georg Grabherr évoque la présence de hêtraies au fond de la gorge, alors que sur les plateaux croissent des forêts de chênes verts à feuilles rondes et que sur les corniches de la falaise sont réfugiés des lambeaux de chênaies vierges. Espèce tempérée, le hêtre sylvatique (*Fagus sylvatica* subsp. *sylvatica*) se rencontre en Europe méditerranéenne, où il avait migré vers des zones refuges lors de la dernière glaciation (chap. 2). Mais en général, les falaises et les gorges sont dépourvues de forêts et, pour cette raison, elles sont des lieux d'une biodiversité remarquable, et parfois de véritables « conservatoires botaniques de premier ordre, abritant des formes très anciennes qui ont pu s'y maintenir pendant des millions d'années » (GRABHERR, 1999). Certes, dans le sud-est de la France, quelques arbres ou arbustes rabougris comme des pistachiers, des figuiers, des micocouliers ou des amélanchiers s'accrochent aux fissures, et c'est le genévrier de Phénicie qui semble le mieux adapté. Pourtant, « l'Alysson épineux, la Pariétaire judaïque, la Germandrée jaune, la minuscule Campanule erinus, les Sédums et les grands Mufliers sont parmi les plantes les plus caractéristiques de ces endroits », écrit Philippe Martin, en précisant que la germandrée jaune *(Teucrium flavum)* groupe ses tiges en boule dans les anfractuosités des falaises ou sur les coteaux pierreux chauds, et que l'alysson épineux *(Hormathophylla spinosa)* forme de petits coussinets (de 10 à 40 cm de haut) accrochés aux flancs des falaises et aux éboulis calcaires ou dolomitiques des basses montagnes, se protégeant ainsi contre l'évaporation et le gel (MARTIN, 1997-2005). À noter que les falaises attirent les oiseaux rupestres, dont le célèbre aigle de Bonelli, symbole des espèces protégées du Midi.

Certains escarpements rocheux hors du bassin méditerranéen portent aussi des écosystèmes particuliers. Les *rock outcrops* sont des éminences rocheuses qui parsèment le bush australien. Ce sont autant d'îles isolées dans le mallee où les affleurements dénudés, les cuvettes et les petits creux remplis de terre vite asséchés forment « un ensemble complexe d'écosystèmes entremêlés, abritant chacun une association végétale propre » (GRABHERR, 1999), alors que l'eau de pluie qui ruisselle autour des monticules rocheux favorise la croissance de la végétation zonale d'acacias ou d'eucalyptus.

La végétation spécifique des côtes des massifs anciens et chaînes récentes

Les falaises et les caps du littoral méditerranéen français reflètent la diversité structurale des reliefs.

De la frontière espagnole à celle d'Italie se déroulent, à l'ouest, la côte Vermeille (entre Collioure et le cap Cerbère) constituée de roches cristallines, et à l'est, la côte de la Provence cristalline (de Sanary à Cannes) entre les falaises calcaires des régions marseillaise et niçoise. En Corse, tout le littoral est cristallin ou schisteux (cap Corse), exception faite de la côte basse orientale, entre Bastia et Solenzara, et des falaises calcaires de la région de Bonifacio ou de Saint-Florent. Mais quelle que soit la nature de la roche, « la flore littorale échappe beaucoup plus que la flore de l'intérieur à la nature du sol. La présence constante de sel marin est un facteur écologique qui conditionne, pour l'essentiel, la ré-

partition des plantes » (GUITTONNEAU, HUON, 1992). Certes, près de la mer, la végétation reste parfois celle de l'intérieur, comme sur les côtes élevées cristallines où le sel des embruns ne porte jamais très loin, occupées par un maquis ou des pinèdes, ou bien sur les côtes calcaires peuplées de pins d'Alep et d'une garrigue à kermès, calanques à structure perpendiculaire près de Marseille, côte dalmate à structure longitudinale et ennoyage karstique, avec ses nombreuses îles et ses chenaux… Mais on rencontre aussi une végétation spécifique vivace qui cherche, par diverses adaptations, à coloniser les moindres fissures des rochers et des falaises littorales.

« Tout près du niveau de la mer, le perce-pierre (*Crithmum maritimum*) occupe une position pionnière, qu'il tient d'ailleurs tout le long du littoral méditerranéen et atlantique » (GUITTONNEAU, HUON, 1992). Son nom évocateur lui vient du fait que ses racines s'infiltrent profondément dans les rochers (et les sables) du littoral. Elles sont même capables de déliter les schistes. Mais le perce-pierre est aussi connu pour ses feuilles charnues qui sont utilisées occasionnellement comme salade ou condiment. Découpées en lanières et confites dans le vinaigre, elles peuvent remplacer les cornichons. Quant à la position pionnière du Crithme maritime, elle s'explique par sa grande résistance aux embruns. On le rencontre sur les caps rocheux les plus exposés, du Portugal à l'Écosse et en mer Noire, accompagné de plantes qui résistent au sel et au vent par leur port en coussinet (forme qu'on ne trouve ni au Cap, ni en Californie). Parmi ces nombreux compagnons, on peut citer : le plantain en alène *(Plantago subulata)* aux feuilles presque piquantes, une carotte sauvage *(Daucus carota* subsp. *maritimus)* aux tiges suffisamment rigides (et courtes) pour former une demi-boule, de nombreuses petites saladelles ou statices *(Limonium minutum)* de Provence calcaire, dont les petits massifs s'accrochent aux rochers battus par le vent, l'armérie du Roussillon *(Armeria ruscinonensis)* à fleurs blanches, sur la côte Vermeille, et bien sûr l'érodium de Corse aux belles fleurs roses *(Erodium corsicum)* entre Calvi et Ajaccio et au sud de Bonifacio, mais que l'on rencontre également en Sardaigne… Enfin, parfois à deux pas des flots sur le littoral des Maures et de l'Estérel, on peut rencontrer la barbe de Jupiter *(Anthyllis barba-jovis)*,

Végétation de côte rocheuse (nord-ouest de la Sardaigne).



© Ch. Tassin

Exposées au vent, beaucoup d'espèces ont une forme en coussinet, en dôme hémisphérique. L'humidité relative stockée dans ces coussinets étant emportée, toutes les pousses qui dépassent sont immédiatement détruites.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

arbuste protégé très résistant aux contraintes maritimes grâce aux poils blancs de son beau feuillage argenté et soyeux.

Sur des replats plus élevés, la végétation, malgré tout encore en butte au vent, devient plus arbustive, formant une zone de transition avec celle de l'intérieur. C'est le domaine de l'astragale de Marseille *(Astragalus massiliensis)* qui côtoie les plantes du matorral (romarin, bruyère multiflore, germandrée tomenteuse…), formant parfois ensemble un même buisson. Beaucoup d'espèces ont un port en dôme hémisphérique qui leur permet de présenter au vent une surface réduite. Les coussinets d'astragale (coussins de belle-mère), présents dans les calanques à l'est de Marseille et à la pointe du Pertusato au sud de Bonifacio, sont parfois accompagnés de thymélées : la thymélée tarton-raire *(Thymelea tartonraira)*, dont les coussins restent aussi plaqués au sol (20 à 50 cm), et la thymélée hirsute ou passerine *(Thymelea hirsuta)*, aux feuilles imbriquées en écailles, dont les buissons un peu plus hauts sont aperçus sur certains sommets des falaises. La limite entre la végétation azonale des côtes rocheuses et celle de l'intérieur est souvent marquée par les fleurs jaunes du cinéraire, des immortelles et de l'astérolide maritime.

Enfin, dans les sites à forte pente les plus abrités, croissent des groupements rupestres à euphorbe arborescente *(Euphorbia dendroides)*.
Cet arbrisseau de 1 à 2 m de haut, qui perd ses feuilles en été, est la seule euphorbe ligneuse d'Europe. G.-G. Guittonneau et A. Huon la signalent aussi bien sur les falaises calcaires (à l'est de Nice) que sur les falaises granitiques (golfe de Porto) et plus sporadiquement le long des côtes des Maures, de l'Estérel et des îles du Levant. Ces groupements correspondent à un stade de dégradation de l'oléolentisque dans les régions les plus chaudes du littoral méditerranéen. Sur la côte très rocheuse de Lycie (au sud-ouest de la Turquie), où l'on compte plus de 5 mois secs (fig. 5), l'euphorbe arborescente pousse dans un oléolentisque associé à des caroubiers et des genêts épineux, l'euphorbe characias de nos garrigues n'apparaissant qu'un peu plus haut. Sur la côte adriatique, la présence de l'euphorbe arborescente a été constatée dès 1973 dans l'oliveraie-carouberaie (chap. 3), cette alliance *Oleo-Ceratonion* repérée par J. Braun-Blanquet en 1924 étant alors décrite comme une association *Oleo-Euphorbietum dendroidis*, d'abord dans les petites îles d'Obljak et Kosor (près de Korčula), puis dans la région de Dubrovnik, la péninsule de Pelješak, et surtout dans les îles Kornati où cette alliance thermo-xérophile était bien développée (TRINAJSTIC, 1984).

L'exemple de la pointe de Sagres, au sud-ouest du Portugal

Sur la Ponta de Sagres interviennent en effet le relief et les sols, l'hygrométrie, le vent et la salinité, mais aussi la pression anthropique. C'est pourtant un site Natura 2000, d'importance communautaire. Mais, jadis marquée par la fonction militaire de la Forteresse ou l'école d'Henri le Navigateur, la pression humaine se maintient aujourd'hui avec le tourisme et le piétinement des pêcheurs à la ligne sur le bord des falaises. Car la pointe de Sagres, à l'est du cap Saint-Vincent (Cabo Sao Vicente), est une plate-forme de calcaires jurassiques lapiazés bordée par des falaises de 40 m de haut, et parfois recouverte de restes sableux d'anciennes dunes quaternaires. Le climat méditerranéen subit l'influence de l'océan : les hivers sont doux (m = 10,7 °C) et les étés frais en raison du vent du nord constant. Mais la latitude méridionale (37° N) et la force du vent accentuent la longueur de la saison sèche, qui dure 6 mois.

Quatre secteurs écologiques principaux présentent des groupements floristiques spécifiques.

À l'entrée, où se trouve la forteresse, mais aussi tout au bout du site, sur les sols altérés par une forte influence anthropique (décombres, déjections), on trouve une plante exotique introduite par l'homme, originaire d'Afrique du Sud, la figue des Hottentots *(Carpobrotus edulis)*, ou alors, sur le bord des falaises face à la mer, des plantes nitrophiles comme le pourpier de mer *(Atriplex halimus)* ou une soude *(Salsola vermiculata)*.

Mais sur les falaises et les zones adjacentes, fouettées par le vent chargé d'embruns, poussent surtout le perce-pierre *(Crithmum maritimum)* et un statice *(Limonium ovalifolium)*, dans les fissures de la roche nue.

Au centre de la presqu'île, là où le sable abonde dans les lapiaz, on remarque les petites fleurs roses des arméries *(Armeria pungens)* ou, en été celles, blanches et parfumées, du lis matthiole ou pancrace maritime *(Pancratium maritimum)*, magnifique plante à bulbe de 30 à 60 cm de haut.

Enfin, sur des sols calcaires argilo-sableux encadrant presque ce secteur central, s'étend sans doute la flore la plus saisissante par sa biodiversité et son degré d'endémisme : surtout les coussins épineux d'astragale adragant *(Astragalus tragacantha)*, espèce menacée d'extinction sur ce promontoire, dominée par l'astérolide maritime *(Astericus maritimus)* aux capitules jaunes. Mais on y voit aussi le fameux thym endémique du Sud-Ouest portugais *(Thymus camphoratus)*, aux fleurs rouge pourpré, et un beau safran sauvage *(Crocus serotinus)*, qui fleurit en octobre-novembre.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

La flore azonale de la pointe de Sagres (Portugal)



© C. Tassin

Figue des Hottentots (*Carpobrotus* spp.) et lis matthiole *(Pancratium maritimum)*

À l'est du cap Saint-Vincent, la plate-forme de Sagres (40 m de haut) est constituée de calcaires jurassiques lapiazés, parfois recouverts de restes sableux d'anciennes dunes quaternaires, qui conviennent ici à la figue marine et au lis de mer. Dans ce site Natura 2000, les espèces spécifiques sont réparties dans quatre secteurs écologiques principaux.



© C. Tassin

Fleurs de figue marine ou des Hottentots *(Carpobrotus edulis)*

Espèces rampantes originaires d'Afrique du Sud, acclimatées en Méditerranée pour stabiliser les pentes et les dunes, les figues marines ou griffes de sorcière envahissent aujourd'hui les îles : *Carpobrotus edulis* aux grandes fleurs jaune ou pourpre clair, davantage que *Carpobrotus acinaciformis*, aux pétales rouge carminé.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Perce-pierre *(Crithmum maritimum)*

Sur les falaises, le crithme maritime, très résistant aux embruns, infiltre profondément ses racines dans les fissures de la roche nue. Mais il croît aussi largement dans les zones adjacentes des falaises, sur la plate-forme fouettée par le vent.



© C. Tassin

Coussin d'astragale adragant *(Astragalus tragacantha* subsp. *vicentinus)*

Sur les sols argilo-sableux du plateau on rencontre aussi des espèces à fort degré d'endémisme, comme cette magnifique astragale épineuse, actuellement menacée d'extinction.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Coussin d'astérolide maritime *(Asteriscus maritimus)*

Les nombreux rameaux de cet arbuste nain (de 25 cm au maximum) couvrent densément le sol. Ses feuilles supérieures sessiles sont ovales, spatulées et velues. Ses capitules jaunes dominent sur les sols calcaires de texture argilo-sableuse qui encadrent plus ou moins le secteur central.

La végétation des côtes sableuses

Des littoraux régularisés avec les matériaux des deltas

La mer construit des plages et des cordons littoraux (des lidos) sur lesquels reposent des dunes récentes très peu élevées. Contrairement aux côtes de l'Atlantique, les grandes dunes sont rares en Méditerranée où la faiblesse des marées ne livre au vent que des estrans de plage réduits, tel celui, longitudinal, qui s'allonge de Carnon jusqu'à La Grande-Motte, face au cordon dunaire qui ferme l'étang de Mauguio. Les dunes du Languedoc n'ont que 3 à 5 m de haut… Les cordons qui s'appuient sur des pointes du rivage ou qui rattachent parallèlement des îles à la côte (comme le mont Saint-Clair à Sète) sont appelés « flèches littorales », tandis qu'on nomme « tombolos » ceux qui les relient perpendiculairement (presqu'île de Giens, penyal d'Ifac au nord-est d'Alicante). Les cordons littoraux finissent par isoler des lagunes et des étangs salés peu profonds qui sont progressivement colmatés par les rivières. Ainsi s'est construite la côte du Bas-Languedoc et du Roussillon, par la mer et les fleuves. De 10 000 à environ 6 000 ans BP, pendant sa remontée postglaciaire (la transgression flandrienne), la mer a d'abord utilisé les alluvions déposées pendant la dernière période froide (würmienne) sur un golfe du Lion dont le rivage se situait 100 m plus bas, à environ 60 km de la côte actuelle. Puis, continuant d'entraîner les matériaux du delta rhodanien, les courants marins et les vents du sud-est ont régularisé la côte du Languedoc-Roussillon, ancrant leurs flèches sableuses à un certain nombre de môles appelés « montagnes » proches de la mer : la montagne de la Clappe près de Narbonne, la montagne de Sète, la montagne de la Gardiole près de Montpellier, ou la montagne d'Agde, d'origine volcanique. Aujourd'hui, toute la plaine maritime, de la Camargue à la Salanque du Roussillon, résulte du colmatage incessant des lagunes, en arrière d'un cordon littoral quasi rectiligne et fragile. Très travailleuses, les rivières arrivent à fermer les graus, les passages vers la mer. Quant à la côte du delta rhodanien, on a vu qu'elle s'avance encore au droit du Grand Rhône et que ses anciens cordons littoraux, marqués par les îles parallèles de l'étang de Vaccarès, ont été repoussés vers l'intérieur. « Dans le golfe du Lion, deux grains [de sable] sur trois viennent des Alpes, *via* le Rhône, le troisième est apporté par les fleuves languedociens et roussillanais » (MARTIN, 1997-2005). Les endiguements du XIXe siècle et les aménagements récents du cours du Rhône, qui ont renforcé l'érosion marine en réduisant les apports alluviaux, expliquent sans doute que le rivage n'avance plus au droit du

Petit Rhône, et que certaines plages reculent de 2 m par an (cf. *supra*).

La végétation amphibie des étangs ou des lagunes saumâtres

Étangs et lagunes, très riches en espèces végétales et animales, peuvent s'asphyxier. Même lorsqu'ils communiquent avec elle par un grau, ils sont plus riches en phytoplancton (donc aussi en zooplancton) que la mer. Cependant le réchauffement printanier qui est la cause de ce phénomène favorise aussi l'accumulation des algues : surtout la laitue de mer *(Ulva rigida)* dont le diamètre peut dépasser le mètre en début d'été, mais aussi le codium *(Codium fragile)* aux rameaux régulièrement divisés en deux branches égales, ou bien encore des algues brunes comme la padine paon *(Padina pavonica)* ou la sargasse tronquée *(Sargassum muticum)*, extrêmement envahissante de la Camargue jusqu'au Roussillon, apportée par des huîtres japonaises dans le bassin de Thau. Cette eutrophisation, cette prolifération des algues (qui barre la route à la lumière) et des restes d'animaux en décomposition sur les bordures provoque la désoxygénation, l'asphyxie des étangs. L'été, quand les étangs bourrés de laitues de mer sentent l'œuf pourri, on dit parfois que « c'est la malaïgue, la mauvaise eau ». Mais la richesse des lagunes (algues, poissons, mollusques, crustacés, vers…) fournit une abondante nourriture à une foule d'oiseaux. Au bord des étangs pullulent mouettes, goélands, sternes, échasses et autres oiseaux carnivores qui, pour la plupart, vont pondre dans les espaces peu fréquentés de la sansouire, souvent à même le sol. Signalés dans le delta rhodanien dès le XVIe siècle, les flamants roses, sont aujourd'hui les oiseaux les plus grands et les plus nombreux de Camargue et du Languedoc-Roussillon. Cependant, « la vie n'a pas toujours été rose pour le flamant », annonce avec humour Philippe Martin, en expliquant que dans les années 1960, « l'industrialisation de la région de Fos-sur-mer, une forte activité de l'aviation civile et militaire, la prolifération du prédateur avien des œufs et des poussins de flamants, le goéland leucophée » ont menacé sa reproduction. Heureusement, depuis les années 1970, celle-ci a redémarré en flèche sur l'îlot de l'étang du Fangassier, grâce à l'action conjuguée de plusieurs organismes, dont le Fonds mondial pour la nature (WWF) et le parc régional de Camargue créé en septembre 1970 pour surveiller les chaînes alimentaires et les sites de nidification (MARTIN, 1997-2005). Cette richesse de l'avifaune se retrouve souvent, par exemple au Maroc où des dizaines de milliers d'oiseaux (échassiers, limicoles…) fréquentent, au moment des haltes migratoires ou en période d'hivernage, des lagunes bourrées de nutriments et bordées de formations à halophytes : des salicornes *(Salicornia arabica…)*, le pourpier de mer *(Atriplex halimus)*, des soudes *(Suaeda fruticosa…)*, des mésembs *(Mesembryanthemum nodiflorum)*… Depuis 1980, les lagunes de la Merja Zerga (sur la côte du Rharb), de la Merja Sidi Boughaba (à l'embouchure de l'oued Sebou), et de Knifiss (entre Tantan et Tarfaya) sont protégées par la Convention internationale Ramsar sur les zones humides. La lagune de la Merja Zerga, la plus grande du Maroc, possède une biodiversité floristique et faunistique (ornithologique) très élevée. Près des lagunes et des étangs du littoral français on trouve parfois des prés salés. En les drainant avec des canaux saumâtres, les hommes ont trouvé le moyen d'utiliser pour l'élevage ces zones humides impropres à la culture. Imbibées superficiellement d'eau douce pendant la saison froide, elles se couvrent de pelouses basses, qui sont entretenues par les troupeaux. En dessalant provisoirement le pré salé, cette eau douce permet l'installation d'un tapis de Poacées, de pâquerettes et de petites espèces annuelles comme le trèfle cotonneux *(Trifolium tomentosum)* et les luzernes. Cependant, en été, cette végétation s'assèche et le sel remonte à la surface.

La végétation protectrice des dunes

Sur les dunes les plus larges, comme celles de la pointe de l'Espiguette en Camargue, on peut observer les différents stades de conquête de la végétation, depuis les stades pionniers en avant des dunes vives jusqu'aux arrière-dunes fixées et boisées.

La construction des dunes vives est facilitée par des plantes qui évitent le recouvrement en allongeant leurs racines ou leurs tiges.

En avant de ces dunes, grâce aux lentilles d'eau de pluie qui surmontent l'eau de mer, s'installent des plantes pionnières très résistantes aux embruns :
– la magnifique euphorbe des sables ou maritime *(Euphorbia paralias)*, aux feuilles charnues gonflées d'eau, que l'on rencontre souvent en limite de plage ;
– le cakilier maritime ou roquette de mer *(Cakile maritima)*, dont la très grande résistance au sel lui permet parfois de coloniser aussi les hauts de plage.
Mais jusqu'à son sommet, bien d'autres plantes participent au groupement pionnier qui stabilise la dune :
– des Poacées : le chiendent des dunes *(Elytrigia juncea)* aux nombreux rhizomes rampants ; l'oyat des dunes *(Ammophila arenaria)*, dont

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

les grandes touffes (parfois de 1 m) possèdent également de nombreux rhizomes et racines et contribuent à engraisser le sommet de la dune ;

– des Apiacées aux pieds solides et aux feuilles épineuses et coriaces, limitant l'évaporation et les attaques du gel : le panicaut bleu ou maritime *(Eryngium maritimum)*, de 30 à 60 cm, qui diffère du panicaut des champs et de la garrigue, vert blanchâtre ; le panais porte-épines *(Echinophora spinosa)* qui peut dépasser 50 cm.

La fixation des dunes vives est recherchée par la pose de ganivelles et la plantation d'oyats.

Derrière ces barrières perméables de pieux de châtaignier, comme celles qui se déroulent, plus ou moins rectangulaires, au bord de la longue et vaste plage de l'Espiguette, ou encore celle du Grand Travers entre Carnon et la Grand-Motte, le sable est fixé par des plantes bien protégées : cakilier maritime, euphorbe des sables, luzerne marine *(Medicago marina)*, patience rosée *(Rumex roseus)*, pain blanc *(Cardaria draba)*, appelé aussi passerage drave parce qu'autrefois on le croyait capable de guérir la rage. Des fleurs variées, souvent en coussins denses, contribuent également à la stabilisation des dunes vives :

– l'immortelle dorée *(Helichrysum stoechas)* aux fleurs jaunes qui sentent le curry ;

– l'anthémis maritime *(Anthemis maritima)* aux feuilles qui sentent la camomille et aux petites fleurs blanches et jaunes qui ressemblent à celles de la marguerite, et qui peuvent fleurir presque toute l'année ;

– la julienne des sables *(Malcolmia littorea)* aux belles fleurs roses ;

– le lis de mer (ou lis matthiole), qui allonge rapidement sa tige et rehausse son bulbe grâce à ses racines contractiles, lorsqu'il se trouve menacé par un apport de sable.

« Mais on observe les plus beaux massifs fleuris, les plus denses aussi, en arrière des oyats, dès le sommet des premières dunes vives, puis sur l'ensemble des dunes situées en retrait » (MARTIN, 1997-2005). Évidemment les plantes se servent encore de la lentille d'eau douce pour résister à la sécheresse, mais le sable au repos est moins assailli par le vent et les embruns salés. Le bel ouvrage de l'écologue Philippe Martin décrit ce spectacle multicolore qu'est la floraison printanière dans les dunes vives et les arrière-dunes, celles-ci accueillant encore des espèces des dunes vives comme l'immortelle dorée, l'anthémis ou la julienne des sables… Cependant, dans les arrière-dunes, on rencontre aussi le raisin de mer *(Ephedra distachya)*, le silène conique *(Silene conica)*, la queue de lièvre *(Lagurus ovatus)*, l'armoise des dunes *(Artemisia campestris)*, l'oseille de Tanger ou patience rosée *(Rumex roseus)*, présente du Maghreb au Languedoc, ou même l'alysson maritime ou corbeille d'argent (*Lobularia maritima)*, qui croît aussi sur les rochers du littoral. Abritées par les dunes vives, les arrière-dunes présentent différentes ceintures de plantes de plus en plus denses, dont les plus éloignées ont fini par vraiment fixer les dunes les plus anciennes, avec une végétation qui n'est plus spécifique, des pelouses de Graminées et des arbustes, des arbrisseaux du matorral tels que le lentisque, la filaire à feuilles étroites, le ciste à feuilles de sauge, la bruyère multiflore, le genévrier de Phénicie ou le thym. Les dunes fixées finissent même par disparaître sous de véritables forêts de pins parasols et maritimes.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

La végétation azonale des dunes



© C. Tassin

Plantes stabilisatrices de la dune

En avant de la dune peu élevée du Grand Travers (Hérault) : à gauche, luzerne marine *(Medicago marina)*, aux poils blanc argenté, et à droite, euphorbe des sables *(Euphorbia paralias)*, souvent en limite de plage. Sur le sommet : une barrière d'oyats *(Ammophila arenaria)*, touffes de Poacées (Graminées) à nombreux rhizomes rampants.



© C. Tassin

Une plante pionnière, le cakilier maritime *(Cakile maritima)*

Brassicacée (Crucifère) annuelle à longue racine pivotante, résistante au sel comme l'euphorbe maritime, la roquette de mer colonise l'avant des dunes, souvent au voisinage de l'oyat, sur les côtes de la Méditerranée, la mer Morte et l'Atlantique (jusqu'au nord de l'Europe).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

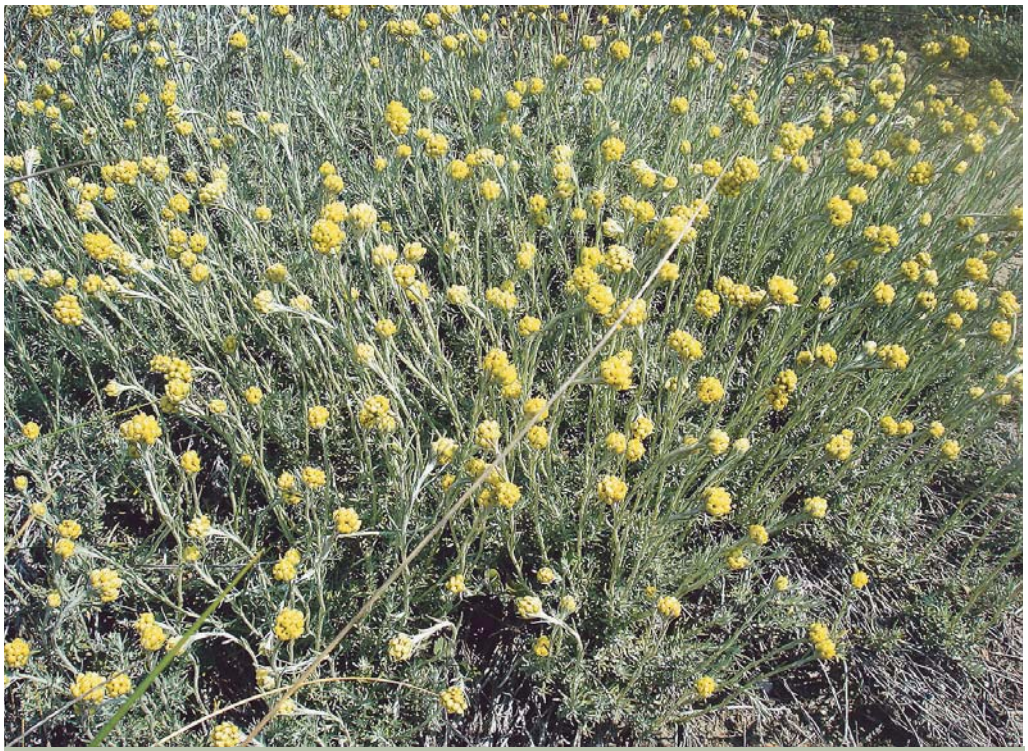
Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Protection du pain blanc (Grand Travers, Hérault)

Derrière des ganivelles de châtaignier installées au bord de la plage, le sable piégé est fixé par des plantes bien protégées. Appelé aussi passerage drave parce qu'autrefois on le croyait capable de guérir la rage, *Cardaria draba* est une Brassicacée vivace originaire d'Orient, très répandue en Europe sur des terrains incultes.

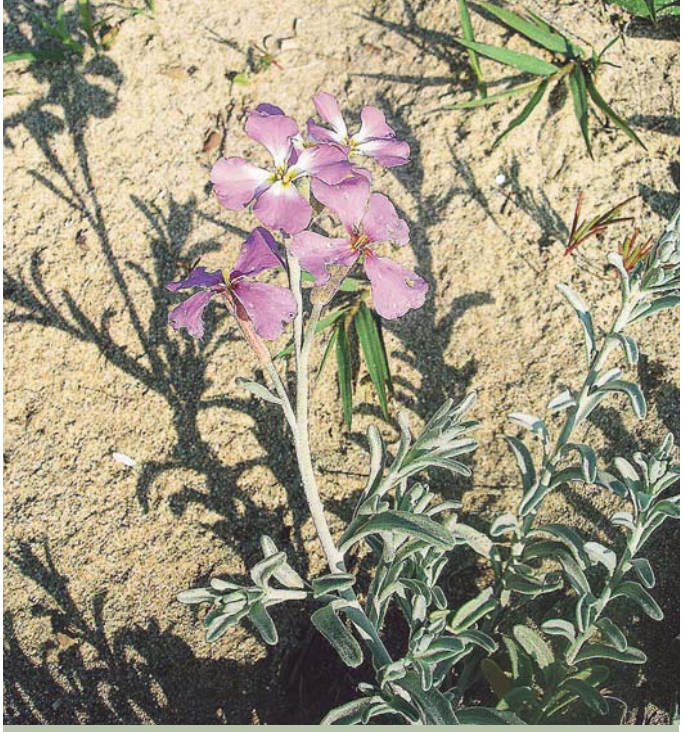


© C. Tassin

Immortelle (Grand Travers, Hérault)

Passé leur sommet occupé par les oyats, *Helichrysum stoechas*, que l'on rencontre aussi sur les sols dolomitiques de la garrigue montpelliéraine, couvre les dunes de ses fleurs jaunes en corymbes qui, froissées, sentent le curry.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Julienne des sables *(Malcolmia littorea)*, à la pointe de l'Espiguette (Camargue)

Il existe plusieurs espèces voisines de malcolmie. Plante vivace à nombreuses tiges tomenteuses, couvertes d'un duvet blanc à poils étoilés. Feuilles étroites, sessiles pour la plupart. Grappe de fleurs à 4 pétales violets plus ou moins échancrés.



© C. Tassin

Alysson maritime ou corbeille d'argent *(Lobularia maritima)*

Espèce très répandue sur les dunes comme sur les rochers littoraux du bassin méditerranéen. On la trouve aussi en Europe centrale comme plante d'ornement cultivée ou parfois réintroduite à l'état sauvage. Grappes de fleurs blanches très mellifères.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Lis de mer ou pancrace maritime
(Pancratium maritimum)

Amaryllidacée vivace à fleurs blanches parfumées, groupées en ombelles, et à fruits presque sphériques, faiblement trigones. Lorsqu'il est menacé par un apport de sable, le lis matthiole allonge rapidement sa tige et rehausse son bulbe grâce à ses racines contractiles.



© C. Tassin

Les arrière-dunes du Grand Travers (Hérault)

On trouve encore des espèces comme l'immortelle stoechas ou l'anthémis maritime (premier plan), mais sur ces sables plus anciennement fixés apparaît une végétation zonale de matorral arboré à pins parasols et pelouses graminéennes.

© M.-H. Prades-David

Partie 3

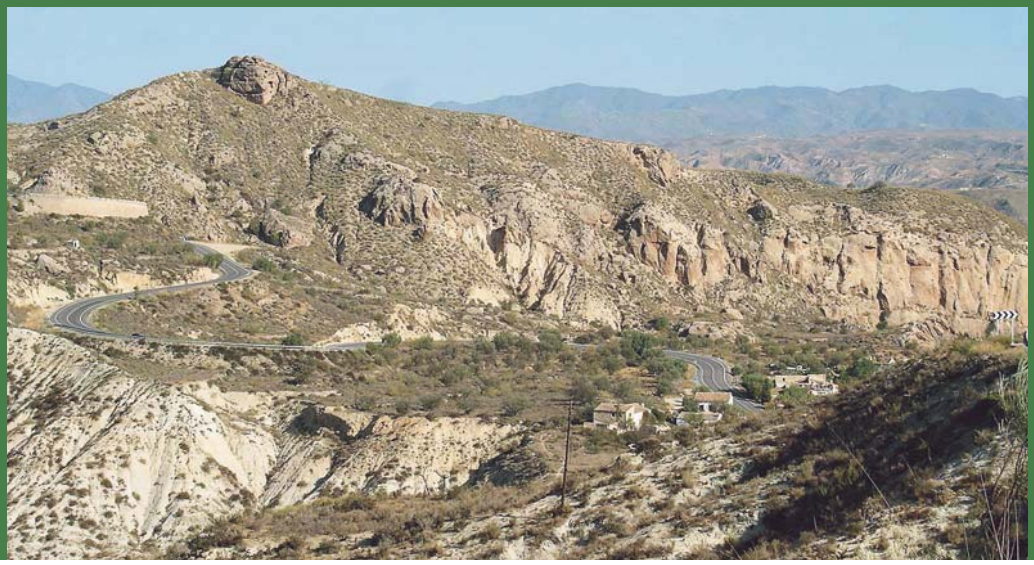
Les paysages végétaux des montagnes méditerranéennes

Éricacées en fleur dans le *mountain fynbos (Erica verticillata)* dans le parc de Kirstenbosch (Le Cap).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Chapitre 7

Les caractères originaux des climats montagnards



© C. Tassin

Ce document est la propriété exclusive de F

Le domaine méditerranéen compte beaucoup plus de montagnes que de basses terres, sauf dans le Sud australien. Si les grands versants calcaires dominent, les formes taillées dans les roches cristallines, et aussi dans la roche tendre, introduisent des nuances dans les reliefs. Pourtant, quelle qu'en soit la structure, les milieux montagnards doivent être étudiés par tranches d'altitude, le climat et la végétation interférant avec la morphogenèse et les sols pour distinguer des étagements individualisant des paysages naturels. L'étalement en latitude apporte des modifications, mais il ne s'accompagne pas d'un simple changement d'altitude dans la répartition des milieux. Pour ce qui est des paysages végétaux, éléments marquants de ces étagements, non seulement ils se relèvent en allant des montagnes humides vers les montagnes semi-arides, mais ils deviennent différents, parfois relativement plus simples comme au Maghreb, ou plus complexes comme en Amérique, où l'alignement méridien des montagnes et l'absence de barrière maritime est-ouest ont favorisé les interpénétrations d'espèces. Cependant, pour comprendre l'organisation physionomique et le fonctionnement écologique de ces étagements végétaux dans le cadre géographique de la montagne, il faut commencer, comme pour les basses terres, par en décrire le facteur dominant : l'originalité climatique.

photo > Montagnes sèches près d'Almeria : la position d'abri leur confère au moins neuf mois secs (Sud-Est espagnol).

L'altitude, quelle influence sur le climat méditerranéen ?

Des montagnes non exclues du domaine climatique

Des étagements climatiques spécifiques

Il est évident que, quelle que soit la latitude, la complexité du relief montagnard, sa fragmentation et l'exposition des versants par rapport à l'insolation ou aux vents engendrent de multiples modifications, mais « il reste que chaque zone climatique continue d'imposer des conditions de circulation atmosphérique auxquelles les montagnes n'échappent pas. Dans ce sens, on ne peut donc pas vraiment parler d'un climat azonal montagnard type, mais plutôt de faciès intrazonaux » (GODARD et TABEAUD, 1998). Les montagnes méditerranéennes font bien partie intégrante du domaine, comme l'indiquent leurs climats certes dégradés par l'altitude mais où persistent les rythmes saisonniers des basses terres environnantes. Si la pluviosité annuelle varie de 100 mm sur le revers sud de l'Atlas ou de 300 mm sur le nord du Taurus jusqu'à plus de 4 000 mm sur les reliefs des bouches de Kotor, et si la moyenne (m) des minima du mois le plus froid peut descendre en haute montagne au-dessous de - 10 °C, il ne faut pas en conclure comme certains auteurs américains qu'une grande partie des reliefs circumméditerranéens est à exclure du domaine climatique. « C'est sans doute un des mérites d'Emberger (en 1945) que d'avoir au contraire intégré au climat méditerranéen l'ensemble des zones, et quels que soient les critères thermiques, où existe une sécheresse estivale effective » (QUÉZEL, 1981). Pour Pierre Quézel, ce sont d'ailleurs les montagnes les plus élevées, les plus puissantes, Atlas et Taurus, qui ont les caractères les plus typiquement méditerranéens, parce qu'elles sont soumises à une sécheresse estivale souvent très marquée (de 2 à 6 mois secs selon les massifs) et parce qu'elles sont les seules où l'on retrouve toute l'échelle bioclimatique du climagramme d'Emberger, depuis l'aride jusqu'au perhumide, dans toutes les variantes thermiques altitudinales, du chaud à l'extrêmement froid.

Le déroulement de l'année climatique

Les montagnes méditerranéennes conservent une sécheresse d'été, dont la durée augmente au sud et à l'est du bassin. Au nord, elles connaissent généralement 1 à 3 mois secs (contre 1 à 5 mois en plaine). C'est le cas en Italie, en Grèce ou en Espagne, comme « à Tragacete dans la Sierra de Cuenca, avec 2 mois secs à l'altitude de 1 342 m » (BOUCHER, 2000). On a même moins d'un mois, comme l'indique Jean Demangeot dans les Abruzzes, sur les adrets du Gran Sasso, à plus de 1 500 m d'altitude (DEMANGEOT, 1960). Et il est vrai, cas extrême, que la saison sèche peut disparaître, l'été étant plus arrosé que l'hiver. À cause d'une insolation qui « favorise les ascendances thermiques et les orages consécutifs » explique Georges Viers, qui donne l'exemple des Escaldes, dans les Pyrénées-Orientales. À 1 420 m d'altitude, la station a reçu en moyenne (pour la période 1957-1966) 76 mm de pluies en juin, 61 mm en juillet et 68 mm en août, alors que l'été est généralement sec sur les deux côtés de la chaîne (VIERS, 1990). Au Maghreb, sur le Rif, le Haut Atlas ou l'Atlas tellien, on observe 3 à 5 mois secs, contre plus de 5 mois dans les plaines marocaines et tunisiennes ou sur les hautes plaines algériennes. Dans la chaîne du Liban, la station des Cèdres (au nord-ouest de Baalbeck) compte encore 4 mois secs à près de 2 000 m d'altitude, contre 5 mois pour Beyrouth, à 30 m d'altitude (fig. 3 b).

Les montagnes méditerranéennes conservent aussi des régimes pluviométriques voisins de ceux des basses terres. En Méditerranée occidentale, le double maximum d'automne et de printemps subsiste en altitude. Même quand les averses d'été deviennent énormes. Déjà copieuses en automne, neigeuses pendant l'hiver, les précipitations redeviennent pluvieuses assez tôt au printemps (généralement en avril). Mais le maximum de printemps est plus marqué sur les sommets de l'Espagne intérieure, à cause de la forte continentalité. Au sud et à l'est du bassin méditerranéen, les montagnes conservent généralement le maximum unique d'hiver, sauf dans certaines zones de l'Algérie et du Maroc où l'on observe un maximum de printemps. À Ksara, au Liban, à près de 1 000 m d'altitude, le maximum est nettement hivernal : près de 410 mm pour les mois de décembre à février, contre 210 mm pour les autres mois, dont 35 à 40 mm de mai à octobre. Les montagnes conservent la même répartition des intervalles entre les pluies, ainsi que leur violence. Si les quantités sont plus copieuses qu'en plaine, on constate toujours le faible nombre de jours de précipitations, celles-ci se produisant sous forme d'averses qui peuvent durer, dans le Rif ou les Kabylies, de quelques heures à trois ou quatre jours. Le Rif et les Kabylies reçoivent de 1 000 à 2 000 mm en quelques semaines, ce qui correspond à une dizaine de grosses précipitations. On connaît aussi la force des déluges cévenols ou roussillanais, dont les

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

épisodes pluvieux de saison froide peuvent apporter l'essentiel du total saisonnier, voire annuel. Enfin, les montagnes peuvent connaître comme les basses terres une variabilité interannuelle des précipitations (chap. 1).

Des totaux pluviométriques renforcés

Même sur les modestes reliefs : le Bluff Knoll australien (1 095 m) reçoit presque 3 fois plus d'eau que la plaine, environ 1 100 mm contre 400 mm à Borden.

Le mécanisme : l'ascendance orographique

« La montagne ne change pas le rythme impulsé par la dynamique atmosphérique zonale, mais augmente ou diminue certains paramètres, précipitations et températures, principalement » (GODARD et TABEAUD, 1998).

L'effet orographique se traduit d'abord par la diminution de la pression et de la température.

Le gradient thermique est en moyenne de 0,55 °C tous les 100 m, mais il varie en fonction de l'humidité, du jour, de la nuit, des saisons. Au Liban, Les Cèdres (à 1 916 m) ont une moyenne de janvier de - 1 à 0 °C, contre 13 à 14 °C à Beyrouth, et une moyenne de juillet de 18,5 °C, contre 27,5 °C à Beyrouth (fig. 3 b). Même sur un relief modéré comme celui du Bluff Knoll (à peine 1 100 m) dans la Stirling Range australienne, la diminution de la température est déjà importante, 7 °C en hiver contre 12 °C plus bas, à Borden dans la plaine. C'est d'ailleurs le seul endroit d'Australie occidentale à recevoir assez régulièrement de légères chutes de neige.

Cette diminution de la température abaisse le seuil de saturation hygrométrique, d'où l'accroissement de la condensation (de la nébulosité) et des précipitations. Cette baisse du « point de rosée » augmente aussi les précipitations dites « occultes » : brouillards, rosée, givre… Au total, les pluies ne sont vraiment abondantes sur les reliefs que lorsque l'ascendance orographique vient renforcer une ascendance de type thermique, des pluies de convection dues au réchauffement rapide du sol. Elles sont également abondantes lorsque l'effet orographique s'exerce sur le front chaud et le front froid d'une perturbation, car il augmente leur pente et la vitesse de l'ascendance frontale de l'air tropical. Cela d'autant plus que cet air est chaud et très humide, ce qui est le cas de l'air tropical maritime très instable des perturbations méditerranéennes. Cette accélération de l'ascendance de l'air chaud se déclenche quand l'air froid antérieur (sous le front chaud) se trouve coincé au pied d'une montagne. Mais ce soulèvement de l'air chaud peut se produire en même temps sur les deux fronts, lorsque l'air froid postérieur (sous le front froid) reste à son tour coincé au pied de la montagne, et alors les pluies sont abondantes et violentes.

Les conséquences : des milieux essentiellement forestiers

Dans le bassin méditerranéen peuvent tomber plusieurs mètres par an, comme au-dessus des bouches de Kotor. On peut également mentionner les montagnes de Kabylie, ou encore celles du golfe de Gênes, comme l'Apennin ligure. L'ascendance, qui commence en avant des reliefs, arrose déjà copieusement leur pied : sur la riviera du Levant, La Spezzia reçoit 1 400 mm. Au Liban, la station des Cèdres déjà évoquée reçoit 1 195 mm, contre 886 mm pour Beyrouth. En Amérique, les perturbations de saison froide frappent de plein fouet les chaînes côtières. L'effet orographique augmente donc considérablement les précipitations, sans toutefois atteindre l'énormité des régions de climat océanique, où les vents d'ouest (les *westerlies*) apportent jusqu'à 6 m de pluies annuelles sur les Andes du Sud, et jusqu'à 3-4 m sur les chaînes montagneuses du nord-ouest des États-Unis (Coast Ranges et Cascades). Si San Francisco ne reçoit guère que 500 mm, la pluviosité s'accroît vite sur la façade ouest des chaînes côtières, et si la Grande Vallée ne reçoit plus que 250 mm, sur les versants au vent de la Sierra Nevada les précipitations augmentent à nouveau, (1 000 à plus de 1 500 mm), contrairement au versant oriental, sous le vent, plus ou moins aride. À 1 340 m d'altitude, Reno n'obtient que 180 à 200 mm. S'ils sont plus élevés, les totaux pluviométriques des montagnes varient cependant comme en plaine, avec la latitude qui modifie les étagements forestiers (chap. 8). Le Haut Atlas marocain reçoit au maximum 1 500 mm, contre plus de 2 000 mm pour le Rif, plus au nord et proche de la mer. Pour ce relief, bien plus haut que le Rif, certains auteurs parlent d'un optimum pluviométrique. En montagne, à partir d'une certaine altitude, les précipitations s'arrêteraient de croître pour commencer à décroître, l'optimum étant situé dans le domaine méditerranéen vers 2 500 m. Mais alors comment expliquer la neige sur les sommets ? En effet, si elle tombe exceptionnellement entre 600 m et 1 000 m d'altitude, elle est bien présente l'hiver sur les hauteurs du Haut Atlas, où elle peut même durer 6 mois (précisément au-dessus de 2 500 m). Les géographes qui contestent cette notion d'optimum pluviométrique en montagne expliquent que si la condensation assèche peu à peu l'air ascendant, les nuages ainsi formés conti-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

nuent d'arroser les sommets, puisque pour se déclencher toute précipitation pluvieuse ou neigeuse a besoin d'une ascendance (VIERS, 1990).

Malgré tout, une forte impression de sécheresse

Certes, la sécheresse est renforcée par une insolation plus intense, plus efficace, en altitude (par temps anticyclonique), et par le vent qui déferle sur les crêtes. Mais la conjonction de la période froide d'hiver avec celle des précipitations entraîne un fort coefficient de nivosité (d'où le nom de « Sierra Nevada », espagnole ou californienne). Cependant, malgré son épaisseur, cet enneigement réduit à la saison froide explique la quasi-inexistence des glaciers dans le monde méditerranéen, sauf dans les Andes du Chili central, très élevées (plus de 8 000 m). Mais c'est évidemment la saison sèche, parfois très longue, qui vient renforcer l'impression de sécheresse, et déjà par une fusion ou sublimation précoce de la neige. Sous le soleil d'été, qui chauffe ses grands versants calcaires, « la montagne apparaît pierreuse et dénudée, sans la parure des neiges alpestres » (VIERS, 1990).

Des nuances liées à la fragmentation et à l'exposition des reliefs

Dans les fossés et bassins intramontagnards, on constate l'existence d'inversions thermiques. Surtout en saison froide, quand les brises de montagne sont fortes : c'est par exemple le cas des poljés d'altitude. Par temps calme anticyclonique, l'air froid s'accumule la nuit dans ces dépressions karstiques de grande taille, favorisant une inversion thermique matinale. Mais par temps perturbé cette inversion peut être d'origine frontale, lorsque l'air froid des perturbations se trouve coincé au pied des reliefs. Phénomène banal aussi dans les montagnes tempérées non méditerranéennes, l'inversion thermique peut engendrer une inversion d'étage, comme celle du Plan d'Aups, poljé occupé par les pubescents au pied de la montagne Sainte-Baume, dont les pentes accueillent la yeusaie à pin d'Alep. L'exposition des versants aux flux zonaux d'ouest explique la dissymétrie entre les façades au vent et sous le vent. On parle « d'effet de fœhn » (par référence au fœhn alpin) : l'air, qui s'élève sur les reliefs en déversant ses précipitations, s'assèche puis se réchauffe en descendant le versant « sous le vent » (chap. 1). Mais l'exposition aux vents locaux ou régionaux joue aussi sur les caractères climatiques. Les brises de versants sont des ascendances diurnes de l'air qui s'échauffe, ou des descentes nocturnes de l'air froid. « Elles sont plus fortes sur les adrets, ensoleillés, plus secs et plus pierreux » (VIERS, 1990). Signe de beau temps, elles brassent l'air en permanence sur les pentes, ce qui rend les gelées nocturnes moins fréquentes qu'en bas. Les brises de vallées naissent aussi par temps stable, souvent amorcées par les brises de versants. Pendant le jour, l'air qui remonte les grandes vallées « tend à ralentir l'échauffement intérieur de la montagne, donc à abaisser la valeur du gradient thermique et à diminuer les possibilités de formations orageuses » (GODARD, TABEAUD, 1998). Tandis que la nuit le courant s'inverse, l'air froid descend de l'amont vers l'aval des vallées. La bora est un vent régional violent, mais contrairement au mistral qui n'intéresse guère que des couloirs de plaines, elle assèche les pentes des montagnes de la côte dalmate. D'origine continentale, elle ne cesse que sur l'Adriatique, à environ 15 km au large. Enfin, en ce qui concerne l'exposition au nord ou au sud (et secondairement à l'ouest ou à l'est), il faut remarquer que les différences entre l'adret (la soulane), le versant plus ensoleillé et plus sec, et l'ubac (l'ombrée), le versant plus frais et plus humide, avec un tapis nival plus tenace, ont tendance à s'estomper aux plus faibles latitudes et avec la chaleur de l'été.

Des climats montagnards nuancés par la latitude

Même division bioclimatique que pour les bas pays ?

Générées par l'altitude, les modifications climatiques, qui concernent principalement les températures, les précipitations et la longueur de la saison sèche, dépendent aussi de la latitude et de l'accroissement de la continentalité, ce que nous indiquent diverses mesures météorologiques à altitudes constantes ou l'observation des formations végétales. Ainsi, la définition des climats méditerranéens de montagne doit-elle reposer sur la description des saisons (surtout été et hiver) à la fois selon des étages et selon la situation des reliefs.

Des critères thermiques, pluviométriques, biogéographiques, permettent de distinguer trois types de milieux climatiques étagés sur les pentes. Sur les versants du Gran Sasso (2 914 m), dans le massif des Abruzzes, les caractères de l'été et de l'hiver, surtout l'importance croissante du gel hivernal et la diminution de la saison sèche

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

estivale, déterminent trois étages principaux, qui se relèvent des ubacs aux adrets (DEMANGEOT, 1975) : un étage qualifié de « méditerranéen-montagnard » entre 3 mois et 1 mois d'aridité estivale et où le gel hivernal est plus ou moins atténué ; un étage dit « médio-européen » avec moins d'un mois d'aridité et au gel accentué ; un étage « nival » vite gagné par un plafond d'aridité (la disparition de la sécheresse estivale), et où sévit un gel hivernal profond. Mais en général, les montagnes méditerranéennes comportent trois types de milieux climatiques : les milieux de basse montagne, ressemblant à ceux des plaines, avec un faible rôle du gel ; les milieux de moyenne montagne, qui ont généralement le maximum d'humidité ; la haute montagne, où s'accusent les contraintes, le froid, la neige et la sécheresse en été.

Mais les approches du climatologue et du botaniste permettent aussi de retrouver la division bioclimatique des bas pays.

Un type oro-méditerranéen humide. Il est parfois qualifié de « sub-océanique », ou de « sub-méditerranéen », avec ses précipitations annuelles supérieures à 1 500 mm, sa saison sèche inférieure à 1 mois, et sa saison humide, parfois très froide. En général, la moyenne des minima du mois le plus froid est inférieure à 0 °C, mais sur certains sommets on peut avoir - 10 °C < m < -3 °C. Les exemples ne manquent pas au nord du 42e parallèle : Pyrénées catalanes, montagne Corse, versant tyrrhénien des Apennins du nord et central, montagnes du nord-est de l'Adriatique…

Un type oro-méditerranéen subhumide. Les précipitations y sont moins copieuses (1 000 mm < P < 1 500 mm), la saison sèche mieux marquée (1 à environ 3 mois), mais l'hiver est toujours humide et froid (- 7 °C < m < 0 °C). C'est le cas de certaines montagnes d'Espagne (Cordillère Bétique, Sierra de Cuenca…), de Sicile, de Grèce, et d'une partie du Taurus. À Tragacete, à 1 342 m dans la Sierra de Cuenca, outre les 2 mois secs et une moyenne des maxima du mois le plus chaud (M) égale à 29 °C (en juillet), Christian Boucher note 1 134 mm de précipitations et une moyenne des minima de janvier (m) de - 2,8 °C (BOUCHER, 2000).

Un type oro-méditerranéen semi-aride. Les précipitations sont généralement comprises entre 500 et 1 000 mm, la saison sèche dure de 3 à 6 mois, et l'hiver est encore parfois très humide et très froid en haute altitude. On retrouve ces caractères sur les sommets des Atlas nord-africains, du mont Liban et de l'Amanus (Nurdaglari), dans le cul-de-sac du golfe d'Iskenderun. Même cas de figure sur une partie du Taurus : à Ermenek, station de moyenne altitude (1 260 m) située dans le grand arc du Taurus central, Christian Boucher signale une saison sèche de 4 mois (avec en juillet une moyenne des maxima de 30 °C), une moyenne des minima de janvier positive (1,4 °C) et seulement (pour ainsi dire) 564 mm de précipitations, plus de 2 000 mm étant possibles sur les plus hauts sommets qui dominent directement la Méditerranée (BOUCHER, 2000). Non loin d'Ermenek, l'Akçali Daglari élève ses 2 300 m au-dessus de la ville côtière d'Anamur…

Trois types de climats méditerranéens montagnards

La typologie précédente est essentiellement basée sur la dégradation vers l'aridité, c'est-à-dire sur les totaux pluviométriques et la longueur de la saison sèche. Mais on peut remarquer qu'elle ne tient pas assez compte des régimes pluviométriques impulsés par les bas pays : régime à double maximum et à sécheresse courte et modérée, régime à maximum unique et à sécheresse forte et longue, ni de la dégradation continentale très forte à l'est de la Méditerranée, qui fait chuter les précipitations et croître les amplitudes thermiques annuelles. S'il est chaud, l'été sur les montagnes de l'Anatolie intérieure n'est parfois guère plus sec que l'hiver très froid, ou même le printemps, qui marque pourtant le maximum pluviométrique. L'Erciyes Daglari – l'Argée – (3 916 m), au sud de Kayseri en Cappadoce, connaît ce maximum de printemps mais avec un total annuel modeste d'environ 500 mm. Ce haut volcan a un hiver glacial avec une moyenne des minima de janvier inférieure à - 10 °C qui détermine une forte amplitude thermique annuelle, surtout lors d'années chaudes et sèches, comme celles qui ont fait reculer son glacier de 3 100 m en 1902 à 3 380 m en 1951 (PLANHOL DE, 1963). Ainsi, se référant à des milieux montagnards typiques, et pas seulement dans le bassin méditerranéen, certains auteurs, dont Georges Viers, ont proposé trois types de climats oro-méditerranéens plus nettement localisés et mieux définis.

Le climat « dalmate », sur la bordure nord-occidentale

Ce climat règne sur les chaînes dinariques qui se dressent au-dessus de la côte dalmate en une muraille continue. L'hiver, ces reliefs parallèles à la côte freinent vite le rôle adoucissant de la mer. Les sommets du Velebit (à plus de 1 800 m, entre Senj et Zadar) ont une moyenne de janvier de 3 à 4 °C, contre 5 à 6 °C sur la côte et dans les îles du golfe de Kvarner, mais souvent l'hiver devient plus rude avec le souffle froid et sec de la bora qui descend les pentes. Ces reliefs, qui

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

prennent de plein fouet les perturbations venues de l'ouest, enregistrent les maxima pluviométriques de l'ex-Yougoslavie. Le Velebit reçoit 2 000 à 3 000 mm de précipitations, contre moins de 2 000 mm pour la côte, et moins de 1 200 mm pour l'île de Cres, ainsi que pour la côte ouest de l'Istrie. Au sud, si Podgorica (Titograd, à 52 m d'altitude) enregistre déjà plus de 1 500 mm et Shkodër (à 43 m) pratiquement 2 000 mm, les reliefs qui s'élèvent brutalement au-dessus des bouches de Kotor et du lac de Shkodër (respectivement jusqu'à 1 749 m et 1 895 m) reçoivent 3 à 4 mètres de pluie par an. Mais cette aggravation due à l'effet orographique n'empêche pas une certaine variabilité spatio-temporelle des chutes, comme le suggèrent certains paysages désolés de la région du Haut Karst monténégrin. Le maximum des pluies reste cantonné aux saisons intermédiaires jusqu'au nord de l'Albanie, sur les montagnes environnant Tirana et Kruje où il tombe plus de 2 500 mm, contre plus de 1 100 mm à Tirana. Et partout sur ces chaînes dalmates, l'enneigement ne commence qu'assez tard, en fin d'automne. Pourtant chaud, sec et ensoleillé, l'été connaît de grosses averses. Vers le sud, surtout à partir de Split, les moyennes estivales s'élèvent : 25 °C en juillet au-dessus de Kotor, contre 22 °C au-dessus de Rijeka. Mais toutes ces montagnes connaissent de violents orages : celles du littoral nord-dalmate n'ont qu'une très courte saison sèche (parfois moins d'un mois, contre de 1 à 3 mois au sud).

Le type montagnard « dalmate » est plus ou moins homologue du climat provençal des basses terres du nord-ouest de la Méditerranée. Il s'étend sur les reliefs bordiers de cette région : Pyrénées catalanes, Cévennes, Baronnies, Alpes niçoises et ligures, Apennin ligure, façade occidentale de l'Apennin central, chaînes dinariques et d'Albanie septentrionale… Son caractère très pluvieux est dû à l'active cyclogenèse qui se déclenche sur les golfes du Lion, de Gênes, de Trieste et de Rijeka. Dans ces lieux, où les advections d'air froid polaire d'altitude se produisent de l'automne jusqu'au printemps, se régénèrent ou se forment les perturbations du « train nord », qui ne peuvent circuler que très lentement en direction de la mer Noire (chap. 1). Cette lenteur, combinée à l'effet orographique, explique le gonflement de certains totaux annuels qui peuvent atteindre ou dépasser les 3 mètres comme sur l'escarpe cévenole, célèbre pour ses déluges, le record étant détenu par les reliefs des bouches de Kotor (avec plus de 4 500 mm enregistrés). L'été, des ascendances thermiques déclenchent des averses orageuses parfois énormes, qui peuvent à la limite faire disparaître le minimum estival. Dans le Gran Sasso, le plafond d'aridité se situe d'environ 2 000 à 2 500 m selon l'exposition (DEMANGEOT, 1960). Et plus au nord, les sommets de l'Apennin toscan et ombrien ne connaissent aucun mois sec, que l'on détermine cette donnée selon la formule de H. Gaussen (P < 2 T) ou celle de P. Birot et J. Dresch (P x jours de pluie/T < 10). Les premières précipitations du maximum d'automne sont pluvieuses, l'enneigement est tardif mais irrégulier à cause du répit hivernal. La fonte commence assez tôt, accélérée par les pluies du maximum de printemps. Il faudrait sans doute mettre à part le climat des moyennes montagnes du nord du Portugal. Certes, il se rapproche du type dalmate, mais l'influence de l'océan Atlantique y est prédominante. Les précipitations sont élevées : là aussi on peut avoir largement plus de 1 500 mm, comme sur la Serra da Estrela, point culminant du pays. Les hivers sont plus rudes que sur la côte : Guarda (à 1 021 m) a une moyenne de janvier à mars de 5 °C, contre 9 à 10 °C à Porto. Mais si l'enneigement est fort sur la Serra da Estrela (1 991 m), comme sur les reliefs plus modestes du Tras-os-montes (qui dépassent à peine 1 300 m dans le nord-est), c'est à cause des petites perturbations océaniques caractéristiques des latitudes 40° qui naissent au large du Portugal (ou du Maroc). Bloquées contre l'anticyclone continental qui peut recouvrir l'Espagne intérieure et même toute l'Europe occidentale, elles stagnent ou circulent lentement du sud vers le nord le long des côtes atlantiques, apportant la pluie surtout d'octobre à avril mais avec un maximum d'hiver nettement marqué. Décembre est le mois le plus humide : à Porto comme sur les *terras transmontanas* du nord-est, les vents d'ouest (parfois les tempêtes) apportent un jour de précipitations sur deux. Cette influence de l'océan explique aussi la réduction de la saison sèche à 2 mois : seuls juillet et août ont P < 2 T.

Le climat « atlasique », dans le reste du bassin méditerranéen

Il règne sur les chaînes du Maghreb. Sur les montagnes élevées du Maroc s'accentuent les amplitudes thermiques, tant diurnes qu'annuelles. Sur le littoral atlantique, tempéré par le courant froid des Canaries, Casablanca connaît une amplitude annuelle de 10 °C, mais à Meknès (à 550 m) celle-ci est déjà de 15 °C, ce qui s'explique par un hiver moins doux (10 °C au lieu de 13 °C en janvier) et un été plus chaud (25 °C contre 23 °C en août). Et plus on s'élève, plus cette amplitude augmente, surtout si l'on passe sur le versant sud du Haut Atlas, en direction des territoires désertiques. À Ouarzazate (à 1 150 m), elle est de 21 °C (avec 9 °C en janvier et 30 °C en juillet).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Mais sur les sommets du Rif et des Atlas, barrière transversale face aux vents humides, s'accentue aussi la pluviosité. En général, il tombe plus de 1 200 mm annuels, au lieu de 350 à 750 mm sur la côte atlantique (d'Agadir à Tanger) et moins de 200 mm dans les régions semi-désertiques à l'est et au sud des Atlas. Cependant les totaux changent aussi avec la latitude : plus de 2 000 mm sur le Rif contre plus de 1 500 mm sur le Haut Atlas, pourtant plus élevé. La coïncidence du maximum avec un hiver accentué par l'altitude (4 165 m au Djebel Toubkal, point culminant du pays) explique, aux jours les plus courts et les moins ensoleillés, des chutes de neige plus abondantes que dans le type dalmate. Mais cette neige ne tombe qu'exceptionnellement en dessous de 1 000 m et elle n'est pas vraiment durable sur les sommets, où la chaleur et la sécheresse arrivent ici plus tôt. L'été, qui a 5 à 8 mois secs dans les régions côtières, compte encore de 3 à 5 mois secs dans le Rif comme dans le Moyen Atlas ou le Haut Atlas. Les orages y sont plus rares et moins efficaces que dans l'été « dalmate ». Cependant, la très haute altitude permet à la neige de durer davantage, jusqu'à 6 mois au-dessus de 2 500-3 000 m sur le Haut Atlas. Et sur l'ubac (l'*amalou*, en berbère, par opposition à l'*assameur* ou adret), des névés peuvent même se maintenir tout l'été. Au bord de la Méditerranée, en Algérie et en Tunisie, c'est l'Atlas tellien qui est la région la plus arrosée et, avec son maximum d'hiver, la plus enneigée. Toutefois, le Tell oranais, le plus à l'ouest mais moins haut et protégé des vents humides de l'Atlantique par l'écran ibérique et nord-marocain, est moins favorisé que les montagnes de Kabylie (Djebel Djurdjura, 2 305 m et Djebel Babor, 2 004 m), avec moins de 600 mm contre plus de 1 000 mm (jusqu'à 1 800 mm), Alger sur la côte recevant près de 700 mm. Le Tell tunisien, lui aussi sur la trajectoire hivernale du train sud de perturbations méditerranéennes, reçoit également plus de 1 000 mm par an, le maximum étant toujours enregistré à la station de Aïn Draham, tout près de la frontière algérienne. Mais le climat atlasique algérien se dégrade lui aussi vers l'aridité avec l'Atlas saharien. Les pluies y sont malgré tout un peu plus copieuses (300 à 400 mm) que dans les hautes plaines qu'il borde, où le maximum est passé de l'hiver au printemps, les régions intérieures s'échauffant plus vite à cette saison. Même total annuel sur le versant sud du massif de l'Aurès, mais un peu plus élevé au sud de l'Atlas tunisien, avec environ 500 mm sur le Djebel Chambi, point culminant de la Tunisie (1 544 m).

Le type « atlasique » est homologue du type « hellène » des basses terres. C'est donc celui des montagnes à sécheresse d'été affirmée et où « le gros des précipitations d'hiver s'y fait sous forme de pluie jusqu'à de hautes altitudes » (VIERS, 1990). En dehors du Maghreb, il s'étend sur les montagnes sèches de l'Espagne du Sud, de l'Italie du Sud, de Grèce et du Moyen-Orient.

Comme celles du Portugal, les montagnes de l'extrême sud de l'Espagne connaissent le maximum pluviométrique d'hiver. D'où les chutes de neige sur les sommets de la cordillère Bétique, notamment sur le Mulhacen, 3 481 m, dans la Sierra Nevada. Mais d'environ 1 000 mm de précipitations annuelles, on peut passer à plus de 1 500 mm sur la Serrania de Ronda, plus exposée aux influences atlantiques. Cependant, sur ces chaînes méridionales les étés sont très chauds, très secs et longs (jusqu'à 5 mois secs). Sur les alignements de massifs anciens (Sierra de Guadarrama, 2 430 m ; Sierra de Gredos, 2 592 m ; monts de Tolède, 1 447 m…), au centre de la péninsule, le climat atlasique subit une dégradation continentale. L'anticyclone thermique de l'Espagne intérieure supprime le maximum d'hiver en bloquant les dépressions atlantiques face au Portugal (ou en écartant leur route). Et l'on passe donc au double maximum des saisons intermédiaires, avec un maximum de printemps très affirmé par le rapide réchauffement des terres, qui fait durer moins longtemps la saison sèche (autour de 3 mois secs).

Sur les montagnes d'Italie du Sud, le régime des pluies passe progressivement de l'automne à l'hiver. Les sommets reçoivent plus de 1 000 mm, mais les étés sont chauds, secs et aussi longs que dans le sud-est de l'Espagne : 4 à 5 mois en Calabre ou dans le nord de la Sicile, contre 5 à 6 mois dans les collines centrales et les plaines méridionales de la Sicile. D'après une étude de T. Gazzolo et G. Bassi (datant de 1967-68), les plus longues sécheresses en Italie du Sud (les plus longues périodes sans aucune précipitation) dépendraient surtout de la latitude, plutôt que de la topographie (ou même de l'orientation). En Sicile, à des latitudes voisines, des reliefs aussi différents que les monts Péloritains et la plaine de Catane ont des totaux également voisins : 120 à 150 jours de longues sécheresses sur les montagnes, contre un peu plus de 150 jours dans la plaine, tout de même un peu plus au sud (PLANHOL DE, ROGNON, 1970).

En Grèce, la descente des coulées d'air froid entraîne d'abondantes chutes de neige jusque dans les montagnes du Sud (Taygète, 2 407 m), où le maximum unique hivernal est nettement marqué. Mais c'est le versant occidental qui est le plus humide, car exposé le premier au passage des perturbations. Si Ioannina, à 484 m d'altitude seulement, reçoit déjà 1 000 mm de précipita-

tions, les sommets du Pinde qui dominent la ville à l'est à plus de 2 000 m d'altitude en reçoivent plus de 1 600. Sur ces reliefs du nord, les étés sont moins chauds, moins secs et durent moins longtemps qu'au sud : moins de 3 mois secs sur la chaîne du Pinde, contre 3 à 6 mois dans le Péloponnèse et en Crète (à plus de 2 400 m), ou 6 mois en Attique (sur le mont Parnès, à 1 400 m) et dans les îles, en Eubée (1 400 m), dans les Cyclades (Naxos, 1 000 m) et les Sporades (Samos, 1 150 m).

À l'est du bassin oriental, au Liban, en Israël, à Chypre, le type « atlasique » comporte peu de jours de pluie. À Chypre, le massif méridional du Troodos (1953 m) est arrosé pendant 70 à 75 jours d'hiver par an, contre 60 jours dans la plaine de la Mésorée. Même sur la montagne, la saison sèche est donc très longue (environ 6 mois, contre 7 à Nicosie), et le total pluviométrique n'est guère plus élevé qu'en plaine : un peu plus de 500 mm, avec cependant des pointes de 1 000 mm dans le Troodos, contre 300-320 mm dans la Mésorée et le golfe de Lanarka (fig. 3 b). On retrouve ces caractères de montagne sèche sur le mont Liban et en haute Galilée. Mais la pluviosité qui peut atteindre 1 500 mm sur le mont Liban y apporte au-dessus de 2 500 m, à cause du maximum d'hiver ou de début d'hiver, d'abondantes chutes de neige : à Ksara, 2/3 des précipitations tombent de décembre à février. Plus au sud et moins élevée (1 200 m), la haute Galilée a des hivers plus doux, 7 °C en janvier sur le mont Canaan (au nord-ouest du lac de Tibériade) contre - 1,7°C aux Cèdres, et ne reçoit plus que 1 000 mm de précipitations annuelles, sous forme d'averses torrentielles, donc beaucoup moins neigeuses. Mais ce qui domine sur toutes ces montagnes, c'est l'impression d'une longue sécheresse (4 à 6 mois, contre au moins 5 à Beyrouth et 7 à Haïfa), malgré les orages d'été sur le Liban. Si les températures estivales sont moindres qu'en plaine, elles restent cependant assez élevées : 18 °C en juillet aux Cèdres et 23,8 °C en août au mont Canaan. Vers le sud et l'est, le type atlasique se dégrade en direction du climat steppique de type « syrien » : l'été devient encore plus chaud et plus sec. Jérusalem, qui à 810 m d'altitude enregistre 25 °C de moyenne en juillet et reçoit près de 550 mm de pluies annuelles (contre 475 mm à Tel Aviv), ne connaît plus guère la neige, « une seule journée par an », affirment les habitants...

En Turquie, la position périphérique des principaux reliefs détermine une forte dégradation continentale sur ceux de l'intérieur (AKMAN, 1982). Sur le pourtour montagneux de la façade égéo-méditerranéenne, on reconnaît le climat atlasique à la sécheresse affirmée de l'été. Malgré l'altitude, qui permet de trouver un peu de fraîcheur, comparée à la fournaise des plaines côtières, on observe 2-3 et même 4 mois secs. Si dans la plaine de Cilicie, Adana connaît une moyenne de juillet de 28 °C, avec 6 mois secs et des maxima absolus jusqu'à 44 °C (le 8 juillet 1978), à Ermenek, à 1 260 m dans l'arc du Taurus central (à 60 km de la côte), on observe 4 mois secs et une moyenne des maxima de juillet (*M*) de 30 °C (BOUCHER, 2000). Et à Buçak, à 60 km au nord d'Antalya, on compte encore une sécheresse estivale qui dure 2 ou 3 mois. Mais on reconnaît aussi le type « atlasique » aux hivers modérés, là encore surtout dans la chaîne taurique. Si dans la plaine côtière de Pamphylie, Antalya a une moyenne des minima de janvier (*m*) de 6 °C, celle d'Ermenek, encore positive (1,4 °C), situe la station dans une ambiance hivernale fraîche. Cependant, autour de Buçak, plus élevée et plus septentrionale, on passerait à une variante plus froide à 1 500 m d'altitude (*m* = - 2 °C), et même extrêmement froide vers 2 000 m (*m* = - 7 °C) (CETIK, 1976). Ces hivers sont aussi marqués par le maximum des précipitations diluviennes et souvent neigeuses sur certains secteurs du Taurus occidental et central. Plusieurs massifs reçoivent jusqu'à plus de 2 000 mm dans l'année : Sandras Dag (à près de 2 300 m) près de Mugla, en Carie ; Ak et Bey Daglari (à plus de 3 000 m) dans la péninsule lycienne, partie occidentale du grand arc taurique, dont la convexité tombe de façon abrupte sur la Méditerranée. Dans cette région du Taurus central, la neige peut durer jusqu'en avril (5 mois à Buçak), tandis que dans le Taurus cilicien, beaucoup plus élevé (Ala Daglar, 3 756 m), apparaissent des neiges persistantes (dès 3 500 m) et de petits glaciers. Quant aux reliefs de la façade égéenne, comme le Boz Dag (2 160 m) à l'est d'Izmir, ils subissent aussi parfois de très fortes tempêtes de neige, comme celle de janvier 2004.

Sur les reliefs bordiers du sud de la Marmara et de la côte occidentale de la mer Noire, les étés sont encore chauds et les hivers modérés. Mais des gelées sont possibles : le 21 février 1985, on a enregistré - 15 °C à Bursa, au pied de l'Ulu Dag. Dans ces régions du nord-ouest, il pleut en moyenne un jour sur deux en janvier, et il y a un à cinq jours de neige par mois pendant la saison froide. Cependant, plus on va vers l'intérieur des provinces égéennes, plus s'ajoute au maximum hivernal un maximum printanier de pluies de convection. Près de la mer Noire qui leur apporte jusqu'à 2 000 mm de pluies par an, seules les chaînes Pontiques paphlagoniennes (à l'ouest du Kizilirmak) ont un régime méditerranéen, puisque dans le climat pontique du nord-est les pluies sont réparties en toutes saisons.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

En Anatolie du Sud-Est, dans l'Anti-Taurus et le Taurus oriental, un maximum de printemps s'ajoute aussi parfois à celui d'hiver. Les précipitations peuvent dépasser 1 000 mm par an, mais elles sont beaucoup plus fortes à l'est, plus de 2 000 mm sur les montagnes Cilo-Sat qui prolongent le Taurus dans le haut Kurdistan (au sud du lac de Van), là où il rejoint les hautes terres continentales d'Anatolie. Toutefois, sur ces reliefs où existent une dizaine de glaciers, le maximum d'hiver semble encore l'emporter, comme sur le Resko Tepe (4 168 m) très arrosé à cette saison.

Mais dans l'Anatolie intérieure, sur les plateaux comme sur les plus hautes montagnes, le climat « atlasique » subit une dégradation continentale. Les hivers sont plus froids. À cette saison, un anticyclone thermique, véritable apophyse des hautes pressions euro-sibériennes qui se dirige vers l'Anatolie par les hautes terres de l'Azerbaïdjan et de l'Arménie, couvre le plateau anatolien surtout dans sa partie orientale. Ainsi à Ankara, à 900 m d'altitude, l'on observe en janvier une moyenne de 0 °C (fig. 3 c), et bien moins en Anatolie orientale, - 12° à - 15 °C sur la surface fondamentale du plateau. Et sur de nombreux sommets orientaux couverts de neiges persistantes et de glaciers, l'hiver est particulièrement glacial. Comme sur le mont Ararat (Büyük Agri Dag, 5 165 m) ensoleillé, chaud et sec l'été, mais très froid l'hiver et au printemps avec ses tempêtes de neige. À Erzurum, à 1 760 m d'altitude, la moyenne de janvier est de - 5 °C (avec - 41 °C enregistrés le 31 janvier 1980). À Van, à 1 730 m d'altitude, la moyenne des minima de janvier (m) est de - 10 °C, celle des maxima de 0 °C. Et à 100 km de Van, à Ozalp (2 010 m), m tombe à près de - 18 °C. Les précipitations sont bien plus faibles que sur les montagnes périphériques. Mais le relèvement vers l'est de la surface fondamentale des plateaux (à 2 000-2 500 m) et l'altitude des reliefs qu'elle porte (souvent plus de 4 000 m) font augmenter les totaux, d'à peine 300 mm jusqu'aux environs de 1 000 mm. Cependant, cette augmentation n'est pas régulière et dépend de l'exposition : les vallées à l'est du grand lac de Van ne reçoivent que 300 à 500 mm de précipitations, la montagne d'Ozalp près de la frontière iranienne n'obtenant que 370 mm… Mais surtout, le maximum est décalé vers le printemps. L'échauffement favorise les pluies de convection, les pluies des « quarante après-midis ». Le maximum d'hiver ne peut en effet s'observer que sur les lignes de discontinuité thermiques formées par les rivages et les bourrelets périphériques, où circulent les dépressions cyclonales. Même les reliefs du Zagros et du plateau irano-afghan connaissent les pluies d'hiver : dans le Zagros, elles comptent souvent pour 50 % du total, lequel dépasse parfois 400 mm dans les vallées (410 mm à Hamadân), pour tomber en dessous de 300 ou 200 mm sur le plateau iranien.

En été, le climat de la Turquie retrouve davantage d'unité avec le beau temps anticyclonique sec et chaud. Mais la sécheresse est souvent mal ressentie par les paysans, lorsque sur le plateau un long été méditerranéen succède à un hiver continental particulièrement froid et sec, réduisant à quelques chutes printanières les précipitations annuelles. Ces épisodes d'aridité aiguë se produisent le plus souvent en Anatolie centrale (plateau autour du Tuz Gölü) et sud-orientale (piémont kurde du Taurus). Et même si l'été est plus frais en altitude dans les hautes terres orientales, il peut être particulièrement chaud et sec : à Ozalp (2 010 m), la moyenne des maxima de juillet dépasse 28 °C et la saison sèche dure 6 mois.

Le climat « névadien », en Amérique

Dans la Sierra Nevada, avec son hiver très neigeux et son été très sec, c'est l'homologue du type « californien ». La montagne peut recevoir jusqu'à plus de 1 500 mm de précipitations (1 685 mm près du lac Tahoe) avec un maximum d'hiver très prononcé. À 1 220 m d'altitude, le site du parc national de Yosemite reçoit 725 mm de novembre à mars, sur 945 mm annuels. Décembre et janvier connaissent une température moyenne positive (3 °C) et des minima à - 3 °C. Quant à l'été « névadien », il est chaud et très sec, comme dans le type « atlasique » : 22 °C de moyenne en juillet-août et M = 32 °C au Yosemite. La Sierra Nevada mérite bien son nom car l'hiver, marqué par le maximum unique des précipitations, connaît de fortes chutes de neige. Cet enneigement est beaucoup plus fort que dans le type « atlasique » : au nord du lac Tahoe, à Truckee, les cols et les routes sont bloqués pendant plusieurs mois, d'octobre à juin… C'est la conséquence d'une position plus septentrionale de la montagne : en gros entre les 35e et 40e parallèles, alors que les Atlas marocains descendent jusque vers 30° de latitude, dans un secteur hivernal trop sec, où le passage des dépressions se fait beaucoup plus rare. Mais c'est aussi la conséquence de l'orientation méridienne du relief, qui barre bien mieux et plus longtemps (à latitude plus élevée) la route aux dépressions hivernales venues du Pacifique. Les crêtes qui dépassent (ou frisent) les 4 000 m, du mont Dana au mont Whitney, bloquent les précipitations sur le versant occidental, tandis qu'un effet de fœhn, asséchant peu à peu le versant oriental, va créer le désert d'abri du Grand Bassin. L'épaisseur moyenne de neige cumulée est 10 à 13 mètres, qui correspondent en hauteur d'eau à 1 000-1 300 mm, avec un maximum de 22 m pendant l'hiver 1906-

1907. La sécheresse qui s'accuse en Californie (surtout depuis 2006) aurait cependant diminué l'épaisseur de la neige : d'environ un tiers dans le nord de la Sierra Nevada en mars-avril 2008, mois les plus secs depuis que l'État a commencé à mesurer régulièrement la couche de neige (en 1921). Malgré la persistance de la neige, « les moyennes d'hiver et de printemps sont plus élevées que celles des autres chaînes d'Amérique et d'Eurasie, à la même latitude » (PÉDELABORDE, 1956). Sur les hauteurs de Soda Springs (> 1 750 m), au nord-ouest du lac Tahoe (près de Truckee), la neige dure de la fin novembre au début de juin. Pourtant les nuits ne sont pas glaciales (températures voisines de 0 °C) et les journées sont relativement chaudes (maxima souvent > 0 °C). Cette anomalie thermique est bien connue des skieurs, car c'est au cours des périodes anticycloniques claires qu'elle devient la plus forte, alors que les situations cycloniques (les vents froids du nord-ouest) donnent plutôt des jours glacés. Ce qui semble aberrant, quand on imagine l'effet cumulatif de ces périodes anticycloniques rarement courtes qui représentent près de 50 % des journées d'hiver et du printemps… L'explication de cette anomalie, donnée par David H. Miller, nous a été rapportée par le climatologue Pierre Pédelaborde, qui rappelle que le climat dépend à la fois de facteurs aérologiques zonaux (la circulation générale) et de facteurs géographiques régionaux ou locaux (relief, couverture végétale…). Pour Miller, les « *weathering periods* » anormalement tièdes de l'hiver « névadien » résultent des rapports climatiques que soutient le milieu géographique local avec la circulation de l'air libre. « Chaque élément n'agit pas seulement par lui-même, mais à travers les autres » (PÉDELABORDE, 1956). C'est la combinaison de ces éléments, une chaîne perpendiculaire au flux zonal, la forêt claire des cimes et le tapis nival, qui génère de la chaleur. Par exemple, la forêt discontinue de Lodgepole Pine (1 800-2 700 m) ou les forêts naines et claires de pins et Hemlocks (au-dessus de 2 700 m) ne privent pas le sol de la radiation solaire, de même qu'elles absorbent celle qui est réfléchie par la neige des prairies et des pelouses adjacentes, les températures diurnes plus élevées de l'air déterminant alors un fort gradient vertical dans l'épaisseur de la neige, une réorientation verticale des cristaux qui leur fait perdre 30 % de leur albédo.

Le climat « atlasique » dans le Taurus, été 2009.

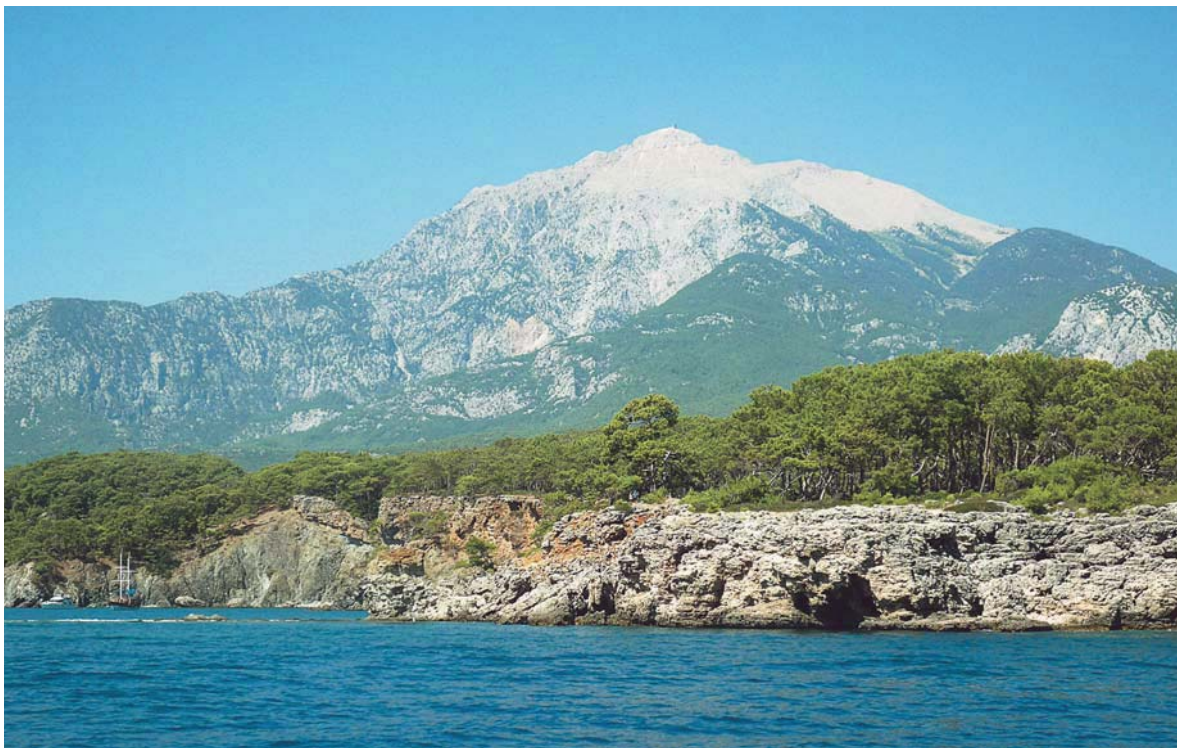


© M.-A. Coudray-Tassin

Un soleil ardent frappe le relief qui s'élève au-dessus de la plaine côtière. Si la montagne permet de trouver un peu de fraîcheur, comparée à la fournaise de la plaine d'Antalya, elle connaît une sécheresse affirmée de l'été (4 mois secs). C'est le climat de type « atlasique », homologue du type « hellène » des basses terres (5 à 6 mois secs ici).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© M.-A. Coudray-Tassin

L'influence de l'altitude sur le climat méditerranéen (Taurus, été 2009).

Le renforcement des précipitations d'hiver explique les milieux essentiellement forestiers. S'accomodant aussi des calcaires compacts, le pin brutia, sans doute climacique, monte depuis le niveau de la mer jusqu'à plus de 1 200 m. Mais pendant le long été, les crêtes font dominer l'impression de sécheresse, renforcée par le vent et une insolation plus intense, plus efficace.

Dans les Andes chiliennes du sud du domaine « méditerranéen », on retrouve l'hiver très neigeux du climat « névadien ». Entre les 38e et 35e parallèles, les *westerlies* très violents du Pacifique, apportent sur les pentes de fortes précipitations neigeuses, les totaux pluviométriques annuels pouvant dépasser largement 2 000 mm (fig. 4) et même parfois 3 000 mm. Concepción, au bord de l'océan, reçoit déjà plus de 1 300 mm. Mais les températures de l'été y sont parfois plus faibles que dans la Sierra Nevada, les Andes, qui s'élèvent rapidement, étant plus proches des influences océaniques. De plus, dans la Vallée centrale on ne retrouve guère, par-delà une chaîne côtière un peu plus basse, la surchauffe de la Grande Vallée californienne, où *M* en juillet atteint à Fresno ou à Bakersfield les 36 °C de moyenne, sur les 30 dernières années du siècle : Santiago n'a que 20,5 °C en janvier (chap. 1). Dans les Andes du Centre-Sud chilien, les températures moyennes estivales peuvent vite dégringoler de 15 °C à 0 °C, tandis que sur la côte, Concepción, à 12 m d'altitude, a 17 °C en janvier.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Chapitre 8

La complexité des étagements végétaux



© C. Tassin

Ce document est la propriété exclusive de F

Les éléments originaux du climat conditionnent la végétation forestière et asylvatique des montagnes méditerranéennes et sous le contrôle de celle-ci l'hydrologie, l'évolution du relief et des sols. Il faudrait présenter les paysages végétaux par tranches altitudinales, même si les espèces forestières en chevauchent souvent plusieurs, mais avec la latitude, les étages changent, non seulement de position mais aussi d'aspect. Alors pour s'y reconnaître, dans le bassin méditerranéen comme dans les montagnes d'Amérique, il faut d'abord rappeler le vocabulaire de l'étagement avant d'en esquisser la disposition générale.

Dans le bassin méditerranéen

L'organisation générale

Des étages « européens » ou « méditerranéens » ?

L'étagement européen classique, celui des Alpes du Nord, convient mal au bassin méditerranéen, tout au moins dans sa partie méridionale. « Les scientifiques ont d'abord eu tendance à rechercher l'étagement décrit pour la végétation des

photo > Étages forestiers dans la Serra da Estrela, imbriqués dans des pelouses supraforestières (Portugal).

montagnes de la zone euro-sibérienne » (GUITTONNEAU, HUON, 1992). Certes, cette terminologie est commode d'utilisation puisqu'elle s'appuie sur des tranches d'altitude définies par des paysages végétaux assez bien caractérisés. Mais, si dans les montagnes méditerranéennes humides de la rive nord on retrouve encore des arbres de la zone tempérée proprement dite, comme les chênes caducifoliés ou les hêtres, plus on va vers les montagnes semi-arides plus ces espèces laissent la place aux essences spécifiquement méditerranéennes, dont l'amplitude altitudinale change d'ailleurs avec la latitude. Décrit en Haute-Savoie, l'étagement dans les montagnes tempérées comporte 4 ou 5 niveaux (ELHAÏ, 1968). L'étage « collinéen », qui occupe les basses pentes jusqu'à 600 m environ, prolonge la végétation de la plaine avec des feuillus caducifoliés, comme les chênes. L'étage « montagnard » est constitué d'une forêt mixte de feuillus résistant au froid, comme le hêtre, qui domine dans le « montagnard inférieur » (600-1 300 m), et de conifères relativement fragiles, comme le sapin pectiné, qui dominent dans le « montagnard supérieur » (1 300-1 600 m). L'étage « subalpin » (1 600-2 300 m) est celui des forêts de conifères les plus résistants, avec les magnifiques pessières, forêts d'épicéas et au-dessus les pins (pin cembro, pin à crochets) et les mélèzes. Enfin l'étage « alpin » est l'étage sans arbres (2 300-2 900 m) où, après un domaine transitoire de landes à Éricacées, apparaît la pelouse alpine dominée par les Graminées et les carex, avant l'étage nival des neiges persistantes. Mais l'utilisation de ce vocabulaire posait des problèmes d'interprétation, comme le montre l'exemple de l'étage collinéen. Dans le nord du bassin méditerranéen, l'étage collinéen prolonge aussi la végétation de la plaine en mêlant le chêne pubescent à la chênaie verte. En France méridionale, il s'élève jusque vers 800 m. Cependant, en Italie du Sud, la limite supérieure de cette yeuseraie collinéenne se trouve propulsée à près de 1 500 m, et dans le sud-est de l'Espagne à 1 900 m, et même jusqu'à 2 800 m dans le Haut Atlas marocain (c'est-à-dire au niveau altitudinal de l'étage subalpin et même alpin tempéré), tandis qu'ici sa base inférieure ne commence que vers 400 m. Le vocable « collinéen » qui ne peut plus avoir le même sens que dans les Alpes du Nord ne se justifie plus.

Le relèvement des étages explique la préférence accordée par des auteurs comme Quézel, Ozenda ou Rivas-Martinez à une terminologie spécifiquement méditerranéenne. Cette classification des étages considère le bassin méditerranéen comme un ensemble homogène particulier. Pour éviter l'influence de la latitude, elle les définit cette fois en fonction des variantes thermiques (avec m, la moyenne des minima du mois le plus froid), les variantes pluviométriques pouvant s'y conjuguer pour mieux caractériser par leurs exigences bioclimatiques les divers ensembles végétaux (cf. le climagramme d'Emberger, chap. 1). Cependant, Pierre Quézel a cherché des équivalences (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

– Les étages « thermo- et méso-méditerranéens » ($m > 0$ °C), avec leurs feuillus sclérophylles (chênes, oléolentisque, caroubier…) et leurs conifères thermophiles (pins, thuya de Berbérie, genévriers…), appartiennent largement à de basses terres (en France jusqu'à 400 m, et 1 000 m au sud de la Méditerranée).

– L'étage « supra-méditerranéen » (m entre 0 et - 3 °C) pourrait plus ou moins correspondre à l'étage « collinéen » européen, avec ses feuillus caducifoliés (en bioclimats perhumide et humide) et sclérophylles (prédominants en bioclimats subhumide et semi-aride), mais aussi par son altitude sur la rive nord (400 à 900 m). Cependant, au sud, il atteint généralement 1 400-1 500 m.

– L'étage « montagnard-méditerranéen » (m entre - 3 et - 7 °C) correspondrait en gros à l'étage « montagnard » européen, avec son altitude au nord, de 900 à 1 300 m (au sud il est plus élevé, de 1 400 à 2 300 m), et aussi avec ses conifères, cependant dominants et souvent spécifiques (sapins et pins méditerranéens, pins noirs, cèdres), et ses caducifoliés (hêtres et chênes).

– L'étage « oro-méditerranéen » (m entre - 7 et - 10 °C), pourrait correspondre à l'étage « subalpin » européen, avec ses altitudes de haute montagne, de 2 200 à 2 500 m (sur le Haut Atlas, il monte jusqu'à 2 800 m), mais il en diffère par sa couverture discontinue de genévriers arborescents.

– Quant à l'étage « alti-méditerranéen » ($m <$ - 10 °C), avec sa végétation asylvatique de « pelouses écorchées », il est plus ou moins l'équivalent des pelouses de l'étage « alpin » européen.

Des étagements qui changent

Cette transformation peut s'observer sur deux types de documents, les cartes et les coupes de végétation. La *Carte de la végétation de la région méditerranéenne* (1970) permet de distinguer les divers changements qui interviennent dans les zones montagneuses, en fonction de la latitude et de l'altitude. Cette carte représente en effet la physionomie générale de la végétation du bassin. Une coupe à travers la Méditerranée occidentale, donnée par un ouvrage de Pierre Birot, permet de suivre et de schématiser la disposition des étagements végé-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

taux dans certaines montagnes de la péninsule Ibérique et du Maroc (BIROT, 1953). De la chaîne pyrénéenne aux Atlas marocains, ces deux documents montrent les modifications progressives, marquées surtout par le relèvement en coin des étages forestiers, mais aussi l'amenuisement et la disparition de certains niveaux.

La première modification commence sur le versant sud des Pyrénées. On peut rapprocher la coupe de P. Birot de celle, aujourd'hui classique, à travers le massif du Canigou. Au nord, au-dessus d'un étage collinéen à chêne vert et chêne pubescent, on trouve l'étage montagnard avec quelques hêtres et des sapins et surtout le pin sylvestre, puis viennent l'étage subalpin avec le pin à crochets et enfin l'étage alpin des pelouses. Sur le flanc méridional, on remarque que les chênaies verte, mixte et caducifoliée sont déjà plus hautes en altitude (le pubescent étant encore présent au sud des Pyrénées). Quant au hêtre, il est ici plus abondant, mais en ombrée, à cause des vents marins humides du sud-est. En soulane croissent plutôt des conifères des montagnes d'Europe tempérée, comme le pin sylvestre jusque vers 2 000 m. Puis, plus haut, le pin à crochets forme des forêts importantes jusqu'à 2 400 m, avant que ne s'étendent les pelouses d'altitude.

Dans les montagnes espagnoles, l'étagement se modifie davantage. Dès le bassin de l'Ebre on peut déjà trouver une végétation subaride, à infiltrations steppiques, comme celle du sud-est de l'Espagne. Mais en allant vers le sud, les chênaies verte, mixte et caducifoliée se relèvent, le pubescent, qui pénètre peu en territoire espagnol, étant remplacé par d'autres espèces comme le chêne tauzin ou le chêne zéen (RIVAS-MARTINEZ, 1982, 1987). Au-dessus, dès la Serrania de Cuenca, la hêtraie-sapinière (la fagabiétaie) disparaît au profit de conifères plus spécifiquement méditerranéens (pins, sapins, ou cèdres au Maroc). Ces conifères dits « supraméditerranéens » (BIROT, 1953) – rien à voir avec l'étage altitudinal au sens de P. Quézel – surmontent donc directement la forêt mixte ou caducifoliée. En Andalousie occidentale, le sapin pinsapo (ou sapin d'Espagne) se mélange d'abord à la chênaie verte à feuilles rondes avant de s'élever jusqu'à 1 800 m.

Dans les montagnes marocaines, apparaissent de nouvelles modifications. Dans le Rif, on retrouve une disposition semblable à celle rencontrée tout au sud de l'Espagne, avec les chênaies sclérophylles (chêne vert et chêne-liège) et quelques peuplements de chênes caducifoliés (chêne tauzin), surmontés par le sapin du Maroc (ou sapin du Rif, proche du pinsapo d'Andalousie) et ici le cèdre atlantique (SAUVAGE, 1961, 1963). Mais dans les Atlas, au-dessus des forêts steppes subarides, la chênaie verte monte davantage en altitude, infiltrant directement la cédraie (fig. 15), puisque la chênaie caducifoliée s'est effacée. Enfin, au sud du Haut Atlas, lorsque l'yeuse disparaît à son tour, la cédraie n'est plus infiltrée que par les formations présteppiques de haute altitude à genévrier thurifère, lequel prend bientôt toute la place en dessous des pelouses écorchées à faciès xérophytique.

Quatre types principaux de paysages végétaux

Le relèvement en coin et l'amenuisement progressif des étages forestiers montagnards témoignent de l'influence des éléments climatiques qui dépendent de la latitude, peut-être essentiellement l'indice xérothermique (le nombre de jours écologiquement secs) et la notion de mois de gel. En effet, tout se passe comme si la forêt était « coincée » entre un niveau inférieur d'aridité, apparent dès l'Espagne, qui la fait remonter, et un niveau supérieur du froid qui la fait disparaître. La présentation des grands types de paysages végétaux montagnards ne peut donc que s'appuyer sur les exigences écologiques, surtout bioclimatiques mais aussi édaphiques, des principales espèces qui les constituent.

Au niveau floristique, « les montagnes méditerranéennes peuvent être classées en deux catégories » (HUETZ DE LEMPS, 1994). Dans les montagnes humides et subhumides du nord du bassin, la gamme végétale est assez complète. La sécheresse des zones hautes y est souvent compensée par des brouillards. Mais la végétation tempérée (médio-européenne) qui s'étage au-dessus de la végétation méditerranéenne des basses terres finit par laisser la place, vers le sud, à des espèces proprement méditerranéennes, surtout à ces conifères spéciaux « dont l'individualisation génétique s'est faite grâce à l'isolement des montagnes » (BIROT, 1965). Les montagnes semi-arides et arides au sud et à l'est du bassin voient disparaître totalement les espèces de la zone tempérée. La rareté des brouillards accroît la sécheresse estivale sur ces sommets déjà limités en eau.

Au niveau des paysages végétaux, quatre types d'amplitude altitudinale variable (au sens thermique) peuvent être retenus :

– Les forêts de feuillus, essentiellement chênaies et hêtraies, occupent surtout les étages « froid » et « très froid », le supra-méditerranéen et le montagnard-méditerranéen, même si l'on sait que certaines espèces peuvent descendre plus bas ou monter plus haut.

– Les forêts de conifères (famille des Abiétacées), pinèdes, sapinières et cédraies, colonisent avant tout l'étage « très froid » monta-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

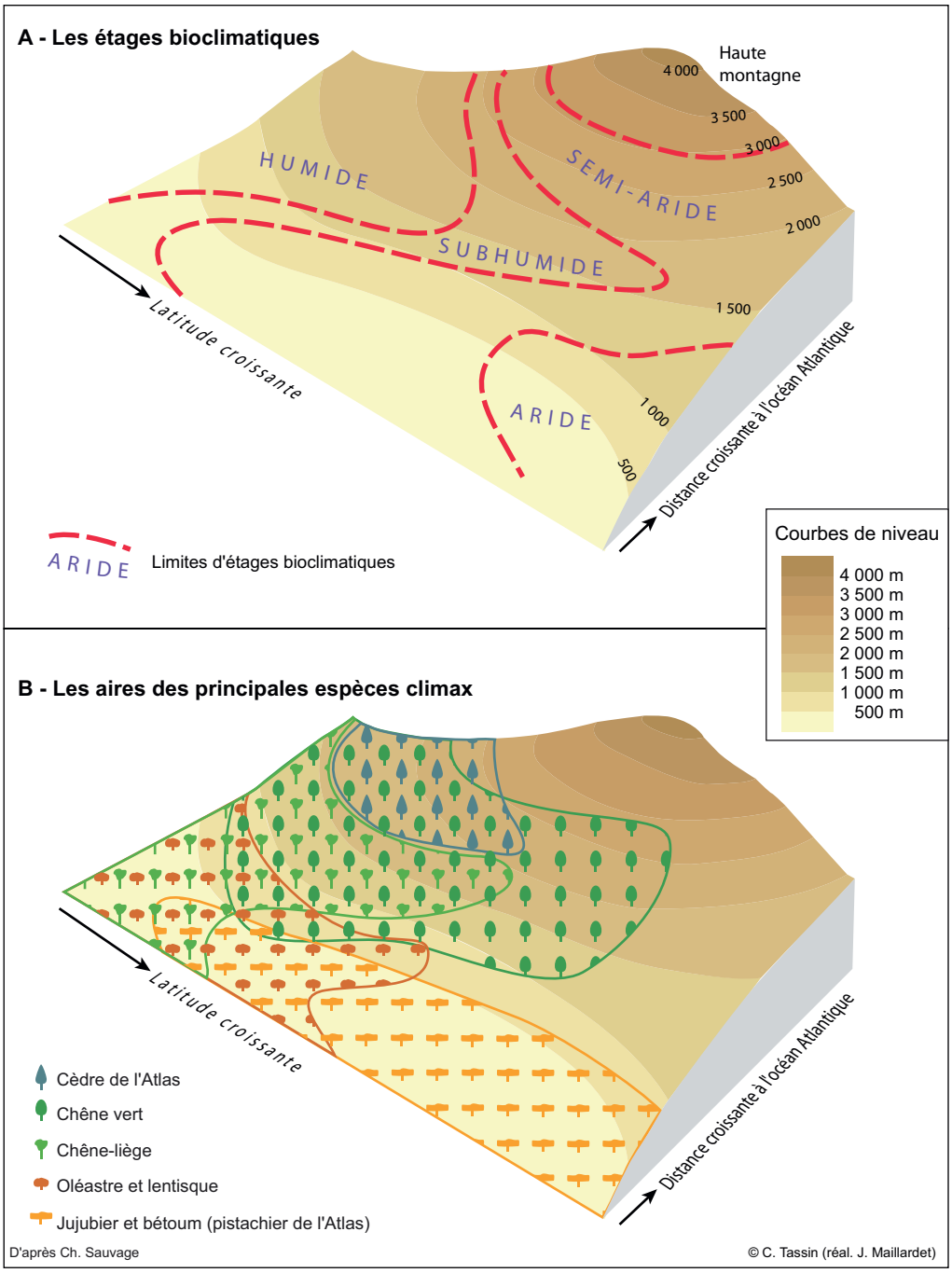


Figure 15
Bloc-diagramme phytogéographique du Maroc.
D'après C. Sauvage.

gnard-méditerranéen, tel le célèbre cèdre du Liban, contrairement à celui de l'Atlas, investi d'une plus grande distribution altitudinale.

– Les formations présteppiques à genévriers de haute altitude se rencontrent surtout du montagnard à l'oro-méditerranéen (étage « extrêmement froid »).

– La végétation basse de haute altitude, c'est-à-dire les pelouses écorchées, ne concerne guère que l'étage « extrêmement froid » alti-méditerranéen.

Cette typologie se veut sommaire face à la complexité structurelle des étagements. Elle met l'accent sur la notion de paysage biogéographique, tout en précisant la diversité floristique, écolo-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

gique et biogéographique des multiples groupements. Cette présentation des paysages végétaux montagnards ne reprend pas vraiment les phénomènes de matorralisation et dématorralisation déjà évoqués pour les basses terres (chap. 4), sauf pour préciser quelques cas, surtout sur les reliefs au climat atlasique dévorés par la déforestation et le surpâturage. Mais elle indique la dynamique des principaux ensembles, quand elle est à peu près connue. Et si l'on peut dire que les chênaies sclérophylles appartiennent à un modèle de résistance qui freine l'évolution vers un équilibre climacique, le modèle de stabilisation, quant à lui, semble réalisé par les chênes caducifoliés et la plupart des sapins, mais aussi quelques espèces de pins. Cependant, tout comme les cèdres, les pins appartiennent plutôt à un modèle expansionniste capable de constituer des groupements transitoires paraclimaciques.

Les forêts de feuillus montagnardes : chênaies et hêtraies

Les caducifoliés forment parfois des forêts mixtes, en se mélangeant avec les sclérophylles ou les conifères.

Les chênaies sclérophylles

Le chêne vert affirme aussi sa présence en altitude, principalement de l'étage supra-méditerranéen à l'étage montagnard. *Quercus ilex*, sur la rive nord, est d'abord un arbre de basses terres, mais on sait qu'il peut coloniser un étage collinéen jusque vers 800-900 m, depuis l'Espagne du Nord et la France méridionale jusqu'au nord de la Grèce, cela en forêt mixte humide. Mais en allant vers le sud, le chêne vert à feuilles rondes, la sous-espèce *rotundifolia* présente de l'Espagne à l'Afrique du Nord, plus résistante au froid et à la sécheresse que la sous-espèce *ilex* ou le morphotype intermédiaire, peut devenir franchement montagnard, entre 250 m et 1 800 m dans le Sud-Est espagnol, et de 400 m à 2 800-2 900 m au Maroc, où il atteint carrément la cédraie et les xérophytes épineuses. Dans ces montagnes espagnoles et maghrébines, il caractérise largement les étages supra- et montagnard-méditerranéens, en bioclimat subhumide et semi-aride. En Andalousie calcaire, il forme au supra-méditerranéen « des bois clairs avec l'épine-vinette *Berberis hispanica*, l'hellébore *Helleboris foetidus* et le genêt *Cytisus reverchonii* qui rappelle le genêt à balais. Ces chênaies sont nommées encinares par les Andalous » (BOUCHER, 2000). En Algérie, les forêts à *Quercus rotundifolia* et à *Pinus halepensis* se développent notamment sur la partie septentrionale de l'Atlas tellien, en bioclimat subhumide (600-800 mm de précipitations annuelles), mais on peut aussi les trouver jusqu'aux massifs présahariens, en bioclimat semi-aride (400 à 600 mm), souvent sous forme de matorrals plus ou moins dégradés. À l'est du bassin où se renforce également la sécheresse, l'étage supra-méditerranéen est parfois occupé comme dans le Taurus et au Liban par des formations sclérophylles de chêne kermès calliprinos, souvent gagnées ou remplacées par des peuplements de pin brutia. À Chypre, le chêne doré *Quercus alnifolia,* endémique assez proche de l'yeuse et du kermès, aux feuilles arrondies, finement dentées dans leur partie supérieure, ne se rencontre que sur les roches vertes du mont Troodos, entre 800 et 1 300 m. Dans le Haut Atlas, *Quercus ilex* subsp. *rotundifolia* est présent jusqu'à l'étage oro-méditerranéen. Il côtoie ou infiltre des séries mal étagées de cèdres, de genévriers thurifères, et de xérophytes d'altitude, constituant parfois la limite supérieure des forêts, comme dans le Haut Atlas occidental. Il peut atteindre 2 800 m, comme dans le Haut Atlas calcaire centro-oriental. Dans le parc national du Toubkal, l'étage du chêne vert s'élève plus ou moins entre celui du genévrier rouge et celui du genévrier thurifère, lequel commence à 2 500 m. Des espèces endémiques comme l'*Adenocarpus anagyrifolius* à fleur jaune et le genêt *Genista florida* l'accompagnent.

Les chênaies caducifoliées

Leurs feuilles, telles celles du chêne pubescent, sont généralement marcescentes, c'est-à-dire qu'elles brunissent à l'automne mais ne tombent qu'au printemps. Mais certaines espèces tels *faginea, infectoria* et surtout *ithaburensis* seraient seulement semi-caducifoliées, une partie de leurs feuilles restant actives jusqu'au printemps suivant. Si les chênes caducifoliés se cantonnent surtout à l'étage supra-méditerranéen, voire au montagnard-méditerranéen, certains comme « *Quercus faginea, canariensis, cerris, infectoria* ou *ithaburensis* peuvent supporter les conditions écologiques de l'étage méso-méditerranéen et également thermo-méditerranéen, où diverses structures résiduelles ont pu être individualisées » (QUÉZEL, BONIN, 1980). Les chênaies caducifoliées peuvent être regroupées en quelques ensembles.

Un ensemble septentrional plutôt de type subméditerranéen s'étend jusqu'en Méditerranée orientale. Il comprend des espèces des plaines méridionales non méditerranéennes : le chêne pubescent et le chêne chevelu, surtout, mais aussi le chêne de Hongrie et le chêne rouvre.

Le **chêne pubescent** ou chêne blanc *(Quercus pubescens)* est largement répandu des Pyrénées

novembre 2020 à 18:11

au Caucase. Il est présent dans le Sud-Est français, en Italie jusqu'en Calabre et en Sicile, en ex-Yougoslavie, en Grèce jusqu'en Crète, et en Turquie. Il ressemble au chêne pédonculé *(Q. robur)* qui couvre toute l'Europe, avec les feuilles du chêne rouvre *(Q. petraea)* mais avec un duvet sur leur face inférieure (MITCHELL, WILKINSON, 1984-2001). Et contrairement au chêne rouvre qui en perd une bonne partie dès l'automne, le chêne blanc garde son feuillage (marcescent) jusqu'au printemps. Le tronc relativement tortueux et très ramifié peut atteindre 20 m. Son écorce noirâtre est crevassée de façon serrée, formant des plaquettes. Assez indifférent aux substrats, bien qu'il préfère les sols calcaires, le pubescent est une espèce héliophile, xérophile et thermophile, mais qui résiste bien aux froids hivernaux. Cette grande amplitude écologique explique sa présence aussi bien dans la zone tempérée (depuis la Champagne jusqu'aux Carpates et au Caucase) que dans le nord du bassin méditerranéen sous bioclimats humide et subhumide, surtout à l'étage supraméditerranéen mais aussi, depuis la récente remontée biologique, au méso-méditerranéen. En Anatolie, on observe même une sous-espèce *anatolica* sous bioclimat semi-aride. En Catalogne et en France méditerranéenne, la chênaie blanche se rencontre surtout jusqu'à environ 1 000 m, et sa mixité avec la chênaie verte (dès 300 m, comme sur les pentes du pic Saint-Loup dans l'Hérault) nous rappelle qu'elle est considérée, dans la phase de reconquête forestière actuelle, comme le « modèle de stabilisation » permettant de retrouver un équilibre climacique disparu après des millénaires de perturbations. Mais dans les Pyrénées orientales comme dans les Cévennes calcaires ou les Préalpes provençales, elle forme des futaies souvent dégradées par les coupes excessives, les incendies et le pâturage. Peu productif en bois, le pubescent a parfois été remplacé par le pin sylvestre, ou sur sol siliceux (où il est plus rare) par le pin maritime, le chêne rouvre ou le châtaignier, largement favorisé par l'homme aux ubacs des Cévennes ou des Maures. On le trouve associé à l'érable de Montpellier *(Acer monspessulanum)* à feuilles trilobées, à l'érable champêtre *(Acer campestre)* à petites feuilles pentalobées, au cormier *(Sorbus domestica)* à feuilles composées pennées, à l'amélanchier *(Amelanchier ovalis)*, au buis *(Buxus sempervirens)* et au genévrier commun *(Juniperus communis)* (GUITTONNEAU, HUON, 1992). L'érable de Montpellier montre une large extension altitudinale et latitudinale puisqu'on le trouve depuis l'étage méso-méditerranéen (pentes du pic Saint-Loup) jusqu'au montagnard-méditerranéen (en Afrique du Nord). L'amélanchier, quant à lui, est un arbrisseau aux petites feuilles ovales, pubescentes comme celles du chêne, qui n'apparaissent qu'après ses belles fleurs à longs pétales blancs. La dégradation après perturbation commence d'abord par l'élaboration d'une lande à buis et à genêt cendré, où apparaît bientôt la pelouse à aphyllante, avec le cardoncelle de Montpellier et des plantes aromatiques : lavande, sarriette, thym, serpolet *(Thymus serpyllum).* Cette pelouse à aphyllante peut redevenir une lande, à genévriers cette fois, grâce au pouvoir disséminateur des grives, des merles, des pies : genévrier commun ou surtout aux adrets, genévrier oxycèdre, genévrier rouge et genévrier thurifère. Mais elle peut continuer sa dégradation vers une pelouse à Graminées « avec dominance de bra-



© C. Tassin

Érable de Montpellier dans la chênaie blanche (Hérault).

Cette espèce à feuilles trilobées a une large extension altitudinale et latitudinale, de l'étage méso-méditerranéen dans le Sud-Est français au montagnard-méditerranéen en Afrique du Nord.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Amélanchier.

Les petites feuilles ovales de ce bel arbrisseau, également associé au pubescent, n'apparaissent qu'après ses fleurs à longs pétales blancs.

chypodes, du brome érigé (*Bromus erectus*), du *Stipa pennata*, [où] apparaissent dès le mois de mars, de nombreuses orchidées avec des *Ophrys* [et où] en août fleurit la magnifique carline (*Carlina acanthifolia*) à très grand capitule au ras du sol, capitule qui persistera tout l'hiver » (GUITTONNEAU, HUON, 1992).

Le **chêne chevelu** *(Quercus cerris)* est aussi appelé « chêne à cupule moussue ». De longues écailles tomenteuses et recourbées vers l'extérieur ornent en effet la cupule de ses glands. Ses bourgeons sont entourés de barbes persistantes. Ses feuilles, plus ou moins velues en dessous et rugueuses au toucher, sont de forme variable, à peine lobées ou irrégulièrement pennatifides (découpées en lobes profonds). De croissance rapide, le chêne chevelu peut produire de longs fûts de 30 m de haut. Plutôt calcifuge, il se développe bien sur sol volcanique. Son aire s'étend des Alpes maritimes au Liban en passant par l'Italie, les Balkans et l'Anatolie.

Le **chêne de Hongrie** *(Quercus frainetto)* est un arbre magnifique à l'imposant houppier en dôme. Sa silhouette sur le ciel montre ses grandes feuilles échancrées et jaillissantes. Son extension orientale est plus réduite, on le trouve depuis le sud de l'Italie et la Toscane jusqu'au nord-ouest de la Turquie, en passant par les Balkans, jusque dans le Péloponnèse.

Le **chêne rouvre** *(Quercus petraea)* est davantage présent que le chêne pédonculé (*Quercus robur*) en montagne méditerranéenne, car il lui faut moins d'humidité édaphique et atmosphérique. Il supporte mal les gelées tardives, fréquentes dans les basses plaines humides. Il peut pénétrer plus ou moins jusqu'au montagnard-méditerranéen. Cette espèce essentiellement européenne, appelée parfois « chêne sessile » à cause de ses glands gros et courts sans pétiole, se rencontre en Italie (jusqu'en Sicile), dans les Balkans, en Anatolie et au Proche-Orient (jusqu'au nord de l'Iran).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Un ensemble occidental dit « ibéro-maghrébin » comprend le chêne tauzin, le chêne faginé et ses formes proches comme le chêne zéen, le chêne du Portugal semi-caducifolié, le chêne des Afares de l'Est algérien… Si les chênaies caducifoliées méditerranéennes se rencontrent généralement en ambiance humide et subhumide, surtout au nord du bassin, certaines espèces ibéro-maghrébines (le tauzin et le faginé) mais aussi orientales (comme le vélani et le pubescent *anatolica*) peuvent s'accommoder du bioclimat semi-aride. Le tauzin et le faginé, présents essentiellement dans la péninsule Ibérique, occupent d'importantes surfaces depuis le bord de mer jusqu'à l'étage montagnard-méditerranéen.

Le **chêne tauzin** ou chêne des Pyrénées *(Quercus pyrenaica)* est voisin du chêne blanc, mais ses feuilles, profondément lobées, sont pubescentes sur les deux faces. C'est un arbre de 15-20 m au maximum, à l'écorce profondément ravinée, aux longues branches retombantes, aux chatons mâles abondants et longs, d'une belle couleur jaune (MITCHELL, WILKINSON, 1984-2001). Espèce atlantique, il recherche l'humidité et ne s'accommode pas des sols calcaires. Il n'est donc pas étonnant de le rencontrer depuis le sud de la Bretagne et la Sologne jusque dans l'ouest de la péninsule Ibérique (notamment au Portugal, dans la Serra da Estrela), même dans le Rif occidental. Dans la Cordillera Central, il est accompagné de la luzule « *Luzula forsteri* : c'est le melojar des Castillans » (BOUCHER, 2000).

Le **chêne faginé** *(Quercus faginea),* le chêne à larges feuilles, est une espèce très polymorphe, souvent considérée comme semi-caducifoliée. Ses différentes sous-espèces se rencontrent, en ambiance humide et subhumide, surtout dans la quasi-totalité de la péninsule Ibérique, mais aussi dans le Rif et en peuplements résiduels depuis le Haut Atlas jusqu'à l'Aurès. « En Andalousie calcaire, cet arbre forme le *quejigal,* avec *Lonicera splendida,* beau chèvrefeuille » (BOUCHER, 2000).

Le **chêne zéen** *(Quercus canariensis)* est semi-caducifolié comme le chêne faginé. Il n'est plus considéré comme une de ses sous-espèces, mais plutôt comme une forme proche, elle aussi très polymorphe. On le trouve plus au sud, beaucoup moins dans la péninsule Ibérique (Catalogne, région d'Algesiras) qu'au Maghreb (Rif, Kabylie).

Un ensemble est-méditerranéen, centré sur le Proche-Orient et la Grèce, comprend les deux espèces les plus répandues, *Quercus ithaburensis* et *Quercus infectoria*, qui sont polymorphes.

Quercus infectoria est le « vicariant est-méditerranéen de *Quercus faginea* » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Cette espèce semi-caducifoliée, aux feuilles à dents épineuses, abonde surtout au supra-méditerranéen en ambiance subhumide et humide, sur les montagnes périphériques d'Anatolie et sur celles du Croissant fertile, depuis la Syrie jusqu'en Iran. Sur le versant occidental libanais, elle se mélange parfois avec le calliprinos et le pin brutia. La ponte d'un insecte – un cynips – dans ses jeunes bourgeons aboutit à la formation de galles (dites « galles d'Alep »), desquelles on extrait un tanin utilisé en pharmacie, astringent et hémostatique.

Quercus ithaburensis est une autre espèce semi-caducifoliée, répartie entre les mêmes régions et la Grèce. Elle trouve cependant sa limite occidentale dans les Pouilles.

Le **chêne vélani** *(Quercus ithaburensis* – ou *aegilops* subsp. *macrolepis)*, qui s'adapte à des sols variés, fait partie des chênes qui peuvent s'accommoder du bioclimat semi-aride, notamment sur les hauts plateaux anatoliens, à l'instar du pubescent *anatolica* mais, contrairement à lui, avec de nécessaires compensations édaphiques (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003), sur des sols qui retiennent l'eau. Le vélani est aussi appelé chêne à vallonée car ses glands (sessiles) sont recouverts d'une cupule (la vallonée) à longues écailles, comme chez le chêne chevelu auquel il s'associe au nord de son aire (au sud, c'est au calliprinos qu'il s'associe). Ces cupules, qui contiennent 25 à 50 % de tanin, servaient autrefois au tannage des peaux.

D'autres chênes caducifoliés, nombreux à cause des hybridations, ont une répartition parfois plus orientale.

Le **chêne de Macédoine** *(Quercus trojana)* est surtout présent en Turquie (nord-ouest, Taurus), en Macédoine, en Albanie et en Grèce du Nord. À l'ouest, il s'arrête dans les Pouilles. Espèce plus exigeante que le chêne pubescent, préférant les terrains frais, un peu acides ou neutres, c'est un arbre de taille modeste (10 m), aux feuilles coriaces et glabres, et dont la forme les fait ressembler, bien qu'elles soient plus petites, à celles du châtaignier.

Le **chêne du Liban** *(Quercus libani)* est aussi un petit arbre (de 10-12 m), mais qui ne pousse pratiquement pas au Liban, seulement depuis la Syrie jusque dans le Taurus oriental. Enfermés pour les deux tiers dans une grosse cupule à écailles peu serrées, ses glands mûrissent en deux ans.

Le **chêne châtaignier** *(Quercus castaneifolia)* le remplace à l'est, notamment en Iran du Nord-Ouest et dans le Caucase, mais il est plutôt lié au climat caspien à pluies en toutes saisons. C'est un arbre plus grand (20-25 m), de croissance très rapide, semi-caducifolié, avec de

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Chêne faginé (Sierra Nevada, Espagne).

Quercus faginea est une espèce semi-caducifoliée, très polymorphe, présente dans la quasi-totalité de la péninsule Ibérique, mais aussi dans le Rif et en peuplements résiduels depuis le Haut Atlas jusqu'à l'Aurès.



© C. Tassin

Chêne zéen (Serra de Monchique, Portugal). *Quercus canariensis* est une forme proche de *Quercus faginea*, elle aussi semi-caducifoliée et très polymorphe, mais que l'on rencontre beaucoup moins dans la péninsule Ibérique qu'au Maghreb.

longues feuilles (15 cm) à grosses dents (mais sans barbules, contrairement au chêne du Liban). Les glands, qui mûrissent cette fois dès la première année, sont recouverts (pour moitié) par une cupule à écailles en lanières recourbées. Les bourgeons latéraux sont barbus comme ceux du chêne chevelu.

Le **chêne brantii** *(Quercus brantii)*, au contraire pousse au Liban, mais il se rencontre lui aussi sur les montagnes du Croissant fertile, jusqu'au méridien de Chiraz, à l'est duquel les chênes disparaissent. Avec d'autres chênes comme *Quercus boissieri*, une sous-espèce de *Q. infectoria*, il constitue entre 900 et 2 300 m d'altitude, c'est-à-dire essentiellement à l'étage montagnard-méditerranéen, la chênaie du Zagros, sous bioclimats subhumide et humide, le Zagros proprement dit recevant jusqu'à 1 000 mm de précipitations annuelles. Quasi impénétrable lors de la conquête d'Alexandre, cette forêt de chênes caducifoliés auxquels s'ajoutent des érables, des frênes, des pistachiers et de nombreux buissons xérophiles (*Prunus, Berberis, Cotoneaster…)* a été extrêmement ravagée par un précoce et intense déboisement, notamment pour le bois d'œuvre et le chauffage (chap. 2). Ne subsistent plus aujourd'hui que des lambeaux, qui déjà en 1958 n'occupaient plus qu'un sixième de sa surface primitive (BOBEK, 1958).

Le **chêne macranthère** *(Quercus macranthera)*, « qui peuple l'Anatolie centro-orientale en compagnie d'un chèvrefeuille » (BOUCHER, 2000), forme dans le nord-ouest de l'Iran une forêt mixte semi-humide de transition. Près de Tabriz, sur le flanc nord du Sabalan (entre 1 800 et 2 800 m) et dans le Qara Dag (entre 1 500 et 2 300 m), ce chêne, « avec son cortège de charmes, d'érables et de frênes s'y mêle à des espèces caractéristiques des forêts sèches, genévriers divers, berbéris et pistachiers » (PLANHOL DE, 1969). Les montagnes du nord-ouest de l'Iran sont plus continentales et plus sèches que le Zagros proprement dit : hivers plus froids, précipitations moins copieuses (500 à 700 mm) avec total de printemps plus marqué.

Les autres forêts caducifoliées

Quelques autres feuillus caducifoliés peuvent constituer des structures forestières bien individualisées.

Le **charme commun** *(Carpinus betulus)*, qu'on trouve dans l'est de la Provence et surtout en Italie, jusqu'en Calabre, peut atteindre 20 m.

Le charme d'Orient *(Carpinus orientalis)*, de plus petite taille, avec aussi des feuilles remarquablement petites et des rameaux couverts de longs poils soyeux, forme des populations dans le sud de l'Italie (jusqu'en Sicile), en Grèce, en Turquie (région d'Iskenderun) et en Syrie. Mais il est surtout dominant dans les montagnes d'Herzégovine, du Monténégro, d'Albanie et du nord de la Grèce.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Appartenant à un autre genre, le **charme-houblon** *(Ostrya carpinifolia)* est une essence de petite taille (de 2 à 15 m), dont les gros fruits pendants en été ressemblent à des cônes de houblon. Il s'étend, surtout au méso- mais aussi au supraméditerranéen, depuis les Alpes maritimes (en ubac) jusqu'au Caucase en passant par l'Italie, les Balkans, le Taurus méridional et le Liban.

Le **châtaignier** *(Castanea sativa)* est très répandu à l'étage supra-méditerranéen sur les sols siliceux : dans l'ouest de la péninsule Ibérique ; en France, dans les Cévennes, les Maures, l'Estérel et en Corse (dans la Castagniccia, sur les schistes lustrés) ; enfin en Italie, jusque dans la Sila calabraise, en Sardaigne et dans le nord-est de la Sicile. Dans ces régions centro-occidentales, il a sans doute été introduit par l'homme, ce que confirmerait par exemple son absence totale en Corse avant la phase postglaciaire du Subboréal, qui débute il y a environ 4 700 ans. Sa spontanéité (son indigénat) n'est peut-être certaine que dans le nord de l'Anatolie, plus douteuse en Anatolie occidentale, en Grèce et en Algérie.

Le **hêtre sylvatique** *(Fagus sylvatica)* pénètre dans les montagnes méditerranéennes sous la forme de deux sous-espèces qui constituent, associées ou non à des conifères (souvent des sapins), d'importants peuplements forestiers.

Bien qu'espèce surtout eurasiatique, **le hêtre commun** ou fayard *(Fagus sylvatica* subsp. *sylvatica)* se rencontre en région méditerranéenne. Réfugié en Europe du Sud pendant la dernière glaciation, il est resté piégé dans certains refuges lors de la reconquête postglaciaire (chap. 9). Il pousse en ambiance humide, dans la partie nord du bassin (fig. 6). Les feuilles ovales et sinuées de cet arbre à l'écorce grise et lisse présentent un maximum de sept nervures parallèles, chiffre qui devient un minimum chez le hêtre d'Orient. Ses racines poussant loin et profondément dans les sols meubles pour trouver l'eau, il peut se développer sous d'autres arbres, alors qu'aucun autre ne peut croître sous lui. Les hêtraies bien constituées n'ont souvent qu'un sous-bois clairsemé. On le trouve surtout à l'étage montagnard-méditerranéen (jusque vers 1 700-1 900 m), dans l'extrême nord de l'Espagne, le sud-est de la France, en Italie, jusqu'en Calabre et sur le flanc nord de l'Etna (où il atteint 2 280 m), enfin en Grèce (dans le nord-est et dans le Pinde). Donc jusque sur des reliefs où l'on compte parfois plus de 2 mois secs, et « il faut envisager l'hypothèse que des écotypes plus résistants à la sécheresse se sont élaborés dans ces montagnes » (BIROT, 1965). Ces hêtraies sont souvent mixtes avec des sapins, comme *Abies alba,* le sapin blanc (ou sapin pectiné), plus hygrophile que le hêtre. En allant vers le sud les hêtres disparaissent, on se souvient qu'ils laissent seuls sur place les chênes caducifoliés les plus xérophiles. « C'est en Calabre que les hêtraies sont le mieux développées, avec la campanule *Campanula trichocalycina,* la gesse *Lathyrus venetus*, l'anémone *Anemone Appenina* », écrit Christian Boucher. Cet auteur indique encore que si le hêtre commun est également très présent en Grèce du Nord, en zone subméditerranéenne, avec une orchidée, un géranium et le petit muguet *Asperula odorata*, en Grèce du Sud il forme des hêtraies nettement oroméditerranéennes avec *Campanula patula* subsp. *abietina*, le lis orangé *Lilium chalcedonicum*, la dentaire *Dentaria bulbifera*, *Ranunculus brutius* et *Geranium striatum* (BOUCHER, 2000). Mais l'on sait que le hêtre peut aussi descendre à l'étage supra-méditerranéen, aux ubacs de la Sainte-Baume, du mont Ventoux, de la montagne de Lure, même dans la Balagne corse, alors qu'également aux ubacs, les hêtraies-sapinières de l'île de Beauté sont nettement stationnées à l'étage montagnard-méditerranéen (GAMISANS, 1999). Quant au hêtre d'Orient (*Fagus sylvatica* subsp. *orientalis*), il peut s'observer localement en Anatolie méditerranéenne. Bien qu'appartenant essentiellement à des forêts sous climat pontique (à étés pluvieux), on le rencontre « sur le revers méridional des chaînes pontiques, au sud de la mer de Marmara et sur les marges du golfe d'Iskenderun (…) surtout sur le massif de l'Amanus entre 1 000 et 1 800 m, en bioclimat humide très froid » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003), dans un groupement où l'on observe le chêne chevelu et l'if *(Taxus baccata)*.

Les forêts de conifères : pinèdes, sapinières et cédraies

Si les forêts de feuillus caducifoliés tiennent une grande place dans les montagnes méditerranéennes assez souvent au supra-méditerranéen, avec un froid hivernal plus important ce sont les conifères qui l'emportent, colonisant cette fois essentiellement l'étage montagnard-méditerranéen (où *m* est comprise entre - 3 et - 7 °C), qu'ils débordent toutefois vers le haut et surtout vers le bas, au supra-méditerranéen. Les espèces, souvent endémiques, appartenant aux genres *Pinus* (les pins), *Abie*s (les sapins) et *Cedrus* (les cèdres) seraient – selon de nombreux chercheurs – typiquement méditerranéennes, installées dès avant les périodes glaciaires.

Les pins : les conifères les mieux diversifiés

Il s'agit des forêts de pin sylvestre, et surtout de pin noir aux nombreuses sous-espèces, caractéristiques de l'étage montagnard-méditerranéen. Mais d'autres pins pourront être évoqués ici,

brièvement, à cause de leur moindre rôle en région méditerranéenne (pin de Heldreich, pin à crochets, pin mugo). Rappelons que le pin d'Alep, le pin brutia, le pin maritime et le pin parasol (chap. 4), bien que parfois rencontrés à des altitudes élevées, sont des espèces thermophiles qui caractérisent avant tout des bas étages (thermo- et méso-méditerranéens).

Espèce eurasiatique, le **pin sylvestre** *(Pinus sylvestris)* est le pin dont la zone de peuplement est de loin la plus étendue. Il est présent en plaine comme en montagne, depuis la péninsule Ibérique jusque dans l'est de la Sibérie et en Scandinavie. C'est le seul pin d'origine locale en Grande-Bretagne. En France, cette espèce comporte de multiples variétés en Normandie, en Sologne, en Alsace, dans les Vosges, les Alpes, les Pyrénées et le Massif central (pin d'Auvergne). En montagne subméditerranéenne, on le rencontre surtout en Espagne et en France, car en Méditerranée orientale (Balkans et Asie mineure) il n'apparaît que marginalement. En Espagne, les pinèdes sylvestres se localisent pour l'essentiel au nord-est, sur les reliefs des Pyrénées, de la Cordillère ibérique et du système central, malgré quelques boisements en Andalousie, où la sous-espèce *nevadensis* marque la limite supérieure de la forêt. Très morcelées en France méditerranéenne, elles s'étendent des Pyrénées-Orientales aux Alpes-Maritimes : peuplements relictuels isolés aux ubacs de Basse-Provence, comme dans la Sainte-Baume et l'Étoile ; groupements montagnards-méditerranéens du revers méridional du Massif central, ou des Préalpes du Sud (Préalpes de Digne, moyenne vallée du Verdon, haute vallée du Var…) ; mélanges oro-méditerranéens avec le pin à crochets, comme sur le mont Ventoux où existent même des hybrides (MÉDAIL, 2001), paysage que Barbero et Quézel comparent aux pineraies clairsemées à genévriers des hautes montagnes ibériques. Cette distribution serait un reliquat des conditions climatiques postglaciaires. En Provence centrale, le pin sylvestre est encore dominant à la fin de la dernière glaciation pléistocène (au Dryas récent, 10 700-10 300 BP), comme le montre une analyse anthracologique dans la grotte de Fontbrégoua, dans le Var (THIÉBAULT, 1997). Au début du Postglaciaire holocène, les pineraies s'y étendent, comme entre la Catalogne et le Gard (VERNET, 1997), cependant la franche amélioration thermique du Boréal (9 000-7 500 BP) commence à favoriser les feuillus caducifoliés, et en Provence le pin d'Alep au détriment du pin sylvestre (ANDRIEU-PONEL *et al.*, 2000). Les analyses dendrochronologiques et géomorphologiques des nombreux troncs sub-fossiles de pin sylvestre (chap. 2), enfouis dans le bassin du Saignon (moyenne Durance) lors de crises climatiques et érosives, témoignent aussi de la présence de pineraies denses dans les Alpes du Sud, au moins à cette époque boréale (MIRAMONT, 2000 ; BRUNETON *et al.*, 2001). En région méditerranéenne, cette essence colonisatrice forme des peuplements pionniers de substitution, plutôt que des groupements climaciques. À cette latitude méridionale, c'est un arbre au port un peu dégénéré, au houppier dense et irrégulier, avec des branches tortueuses, contrairement aux sous-espèces dites « nobles » d'Europe moyenne et septentrionale, au tronc rectiligne, au houppier étroit et conique avec des branches fines. Mais on le reconnaît facilement à sa haute silhouette (20 à 40 m), à son écorce grise profondément sillonnée dans la partie basse du tronc, se détachant par écailles et dégageant des zones plus claires, rose saumoné, dans la partie haute, à ses aiguilles vert bleuté souples et vrillées, pointues mais non piquantes, disposées sur des rameaux courts, enfin à ses cônes très petits. Très résistant au froid (jusqu'à - 50 °C) et à la chaleur, on peut le trouver surtout à l'étage montagnard-méditerranéen, mais en fait depuis 800 m jusqu'à 2 100 m d'altitude, que ce soit dans les Alpes-Maritimes, les Pyrénées-Orientales ou les *sierras* d'Andalousie, et même, selon RIVAS-MARTINEZ, jusqu'à 2 300 m dans la Sierra de Guadarrama. C'est une espèce expansionniste qui s'accommode de sols médiocres (calcaires marneux, dolomies…), où elle peut constituer des groupements permanents. Les surfaces occupées en Région Paca auraient été multipliées par 8 en un siècle à cause de l'exode rural, de la chute du pastoralisme d'altitude, du reboisement. Mais cette phase de reconquête post-perturbation en altitude doit conduire vers des groupements plus stables de caducifoliés et d'autres conifères : hêtraies-sapinières, sapinières, pessières (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Cependant, le réchauffement climatique commence à menacer les pins sylvestres, comme dans la Région Paca. Le quotidien *Le Monde* (du 9 mai 2007) qui rappelle l'intensité des sécheresses depuis 2003 donne le cas de la montagne du Lubéron : « des pins sylvestres et des pins d'Alep meurent, la hêtraie risque de disparaître ». La moyenne pluviométrique annuelle de 680 mm (sur plusieurs décennies) est tombée à 480 mm depuis 2003. L'inquiétude est d'autant plus forte que le mois d'avril 2007, à cause d'une remontée et d'un blocage exceptionnels de l'anticyclone des Açores sur l'Europe occidentale, était le plus chaud enregistré depuis 1950 : les restrictions d'usage de l'eau ont eu deux mois d'avance sur le calendrier habituel. « Nous sommes tributaires du manteau neigeux des Alpes », rappelle le président du canal Saint-Julien (le plus ancien canal d'irrigation de Provence), « s'il diminue sous l'effet du réchauffement climatique, nous aurons des problèmes ».

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Les forêts de **pins noirs** sont peu étendues dans le domaine méditerranéen. *Pinus nigra* est une espèce collective majeure des montagnes méditerranéennes dérivée de *Pinus laricioides*, très répandue à la fin de l'ère tertiaire (au Miocène et au Pliocène). Mais à cause de l'orogenèse alpine, l'aire du pin noir se trouve actuellement morcelée en de nombreuses populations. Très polymorphe, cette espèce se répartit entre six sous-espèces (avec diverses variétés) qui ont en commun un tronc étroit, une écorce primitivement écailleuse puis ridée et formant de grandes plaques grisâtres, des aiguilles de longueur moyenne réunies par deux (comme pour la majorité des pins), enfin de petits cônes pourvus d'écussons brun clair brillants. Trois sous-espèces ont une faible représentation.

– Le pin noir d'Autriche *(Pinus nigra* subsp. *nigra)* y est très marginal, notamment dans l'ex-Yougoslavie. Il s'étend surtout depuis l'Autriche et les Alpes orientales jusqu'aux Balkans (les Alpes Dinariques), mais aussi dans une zone restreinte des Abruzzes (variété *italica*). De hauteur variable (40 m maximum), il porte de grosses ramifications principales et des aiguilles sombres, rigides et piquantes, droites et presque perpendiculaires aux branches.

– Le pin de Dalmatie *(Pinus nigra* subsp. *dalmatica)* a d'abord été considéré comme une simple variété de la sous-espèce *nigra*. Il croît dans la région de Split, sur le versant adriatique des Alpes Dinariques, uniquement au méso- et au supra-méditerranéen, où il est intégré dans la dynamique des chênaies sclérophylles et caducifoliées. C'est une essence de substitution paraclimacique.

– Le pin de Maurétanie *(Pinus nigra* subsp. *mauretanica)* ne croît que ponctuellement en Afrique du Nord, en climat humide, sur les sols calcaires du mont Djurdjura et du Rif (entre 1 600 et 1 800 m d'altitude).

Le **pin de Pallas** (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) se substitue progressivement au pin noir d'Autriche en Albanie et en Grèce du Nord. Il finit d'ailleurs par s'associer au sapin de Céphalonie, jusque dans le Péloponnèse. À Chypre, ce pin aux aiguilles molles et non aiguës s'étend au supra- et au montagnard-méditerranéen (en ambiance subhumide) sur les ophiolites du Troodos, à une altitude supérieure à 1 400 m, jusque sur les sommets du mont Olympos (1 951 m). Tandis qu'en dessous, à l'étage méso-méditerranéen, entre 600 et 1 300 m, se développent les forêts de pin brutia et de chêne sclérophylle *alnifolia*, les basses pentes de la montagne étant livrées au maquis. Mais l'aire du pin de Pallas s'étend également dans les Balkans, en Crimée et surtout en Anatolie sur le revers méridional des chaînes pontiques, et sur les chaînes de la façade égéenne et méditerranéenne, jusque dans le massif de l'Amanus. Il peut s'associer aux sapins méditerranéens et au cèdre du Liban, et même à des feuillus caducifoliés. « Dans le Taurus, le pin de Pallas forme d'importants peuplements entre 1 200 et 1 800 m, sur les deux versants, avec une forme spéciale sous climat humide et sur ophiolites dans la région d'Adana » (BOUCHER, 2000). Les ophiolites ou « roches vertes », déjà évoquées pour le Troodos cypriote, sont des témoins de l'ouverture de la Méditerranée : des montées de croûtes océaniques entre les plaques, réincorporées en profondeur (donc métamorphisées et colorées) dans les matériaux des montagnes plissées. La grande plasticité du pin de Pallas explique qu'on l'observe à la fois au supra- et au montagnard-méditerranéen, en ambiance humide, subhumide et même semi-aride (dans les formations pré-steppiques des plateaux anatoliens). « Il supporte 2 à 3 mois de sécheresse et des températures de - 4 °C pour le mois le plus froid » (BIROT, 1965). Le pin de Pallas constitue des forêts presque toujours climaciques, comme en Anatolie égéenne où il entre en contact vers le sud avec une autre espèce climacique, le pin brutia (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

Le **pin de Salzmann** (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*) s'observe de l'Andalousie aux Cévennes. En Espagne orientale, cette espèce, qui porte le nom du botaniste allemand qui l'avait identifié dès 1800, est largement répartie entre 1 600 et 2 000 m d'altitude (variété *clusiana*), parfois dans des reboisements. Mais en France on trouve seulement quelques isolats, du méso- au montagnard-méditerranéen. Entre 520 et 1 000 m, le site Natura 2000 du Conflent, près de Prades dans la moyenne vallée de la Têt, est couvert pour les trois quarts par le plus beau peuplement des Pyrénées orientales. Entre 190 et 510 m, le site Natura 2000 de Bessèges, dans les Cévennes siliceuses (schisteuses), constitue sur près de 750 hectares la limite nord d'extension de *Pinus salzmannii*, appelé aussi « pin laricio des Cévennes ». Dans l'Hérault existent deux sites : celui de Carlencas (près de Bédarieux) et surtout celui des monts de Saint-Guilhem-le-Désert, avec sa réserve biologique d'environ 220 hectares, achetée en 1898 par l'État et gérée par les Eaux et Forêts.

Le pin de Salzmann est une végétation relique, cantonnée à Saint-Guilhem-le-Désert sur les reliefs ruiniformes dolomitiques, entre 300 et 800 m d'altitude. Selon Jean-Louis Vernet, le pin sylvestre qui le côtoyait à l'époque froide du Würm final et du Tardiglaciaire (de 20 000 à 10 000 ans BP) a été éliminé de la pineraie hétérogène originelle par le réchauffement postglaciaire (VERNET,

2006). En Espagne orientale, ce pin s'associe encore actuellement au Salzmann, mais à l'étage montagnard-méditerranéen, vers 1 600-2 000 m d'altitude… En même temps, le réchauffement climatique holocène a favorisé, depuis le sud du bassin, la migration de la chênaie méditerranéenne, d'abord celle des pubescents dès le début du Boréal (9 000 BP), bientôt surexploités par l'homme, puis celle des chênes sclérophylles, arrivés peu à peu en France seulement à partir de 8 000 BP. Remplacé par la forêt primaire méditerranéenne, le pin de Salzmann se réfugia dans des niches écologiques à l'étage méso-méditerranéen à chêne vert dominant et supra-méditerranéen à chêne pubescent.

Dans la forêt domaniale de Saint-Guilhem-le-Désert (2 451 hectares), le pin de Salzmann étend son aire au-delà de la réserve biologique. Relégué sur les substrats dolomitiques, il voisine avec la végétation des terrains calcaires : les chênaies verte et pubescente ou la garrigue, et d'autres résineux comme le pin d'Alep, introduit au début du XXe siècle. Mais la forêt de Saint-Guilhem-le-Désert a été jadis largement ruinée par les coupes, le pâturage des chèvres (dont la viande était très prisée à Montpellier), ou par les grands incendies. J.-L. Vernet a montré, par des datations de charbons découverts dans des sols (notamment à Pont-d'Agre), que les feux holocènes avaient été surtout importants après la construction de l'abbaye de Gellone au IXe siècle, leur généralisation récente ayant conduit à une importante régression du couvert forestier (VERNET *et al.*, 2005). En 1973 et 1984, plus de 700 hectares ont été anéantis… Des incendies d'une telle intensité rendent difficile la régénération naturelle du pin de Salzmann (TRABAUD, CAMPANT, 1991), car non seulement ils tuent les graines enterrées mais ils ne peuvent pas jouer le rôle de disséminateur en provoquant l'ouverture des cônes fermés, la dissémination s'effectuant généralement fin mai, c'est-à-dire avant l'été, saison propice à l'éclosion des feux. Aujourd'hui, le pin de Salzmann se maintient quand même sur les hauteurs, parfois recolonisées par de jeunes spécimens, en un paysage de préforêts, de matorral sous couvert des pins, où l'on rencontre des genévriers oxycèdre et de Phénicie, le chêne vert, la bruyère multiflore, du buis, de la lavande et du romarin. L'Office national des forêts a procédé à des plantations et cherche à limiter les in-

Pins de Salzmann et térébinthes (Saint-Guilhem-le-Désert, versant sud).



© C. Tassin

Ruiné par les coupes et les incendies séculaires, *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* constitue un paysage préforestier sans doute de type paraclimacique. Aux adrets, il s'associe au cortège floristique de la chênaie verte, le térébinthe, le laurier-tin, la filaire ou encore le cade.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Réserve biologique du Roc de la Vigne.

C'est sur le versant nord-ouest de cette forêt domaniale que l'on rencontre, cantonnés sur les reliefs ruiniformes dolomitiques, les plus beaux peuplements de pins de Salzmann, sur une quinzaine d'hectares seulement.



© C. Tassin

Pins de Salzmann et buisson de houx (Roc de la Vigne, versant nord).

Aux ubacs, *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* s'associe au cortège floristique de la chênaie blanche à buis, houx, érable de Montpellier et bruyère multiflore.

cendies avec l'appui des propriétaires privés. Mais les plus beaux peuplements se rencontrent dans la réserve biologique domaniale du Roc de la Vigne, sur une quinzaine d'hectares seulement, sur son versant nord-ouest (au supra-méditerranéen) accessible par un long chemin forestier, à condition de traverser d'abord le ravin de la plaine de Lacan puis la plaine rocailleuse de Lacan. Dans cette réserve, qui figure au programme du réseau écologique européen Natura 2000, visant la préservation de la biodiversité et des habitats des espèces remarquables ou menacées, les arbres sont d'une beauté et d'une densité saisissantes, avec leurs branches tortueuses, leurs ramifications horizontales, et leurs longs bouquets d'aiguilles souples vert clair. Généralement de petite taille (2 à 5 m) ils peuvent ici atteindre 15 m. On les voit, avec leurs troncs clairs à rainures grises, qui s'échelonnent sur les pentes ruiniformes de la dolomie compacte ou pulvérulente, en association sur cet ubac avec le cortège floristique de la chênaie blanche à buis, houx, érable de Montpellier et bruyère multiflore. Mais sur les versants sud c'est plutôt au cortège de la chênaie verte qu'ils s'associent, au méso-méditerranéen, comme parfois autour de Saint-Guilhem, avec le térébinthe, le laurier-tin, la filaire ou encore le cade. Même dans les Cévennes siliceuses, ils semblent s'intégrer à la dynamique des chênaies sclérophylles… Le pin de Salzmann constitue sans doute une formation de type paraclimacique (QUÉZEL, BARBERO, 1988).

Le **pin laricio** (*Pinus nigra* subsp. *laricio*), endémique à la Corse, se rencontre aussi sous des formes voisines en Calabre et sur l'Etna. Du point de vue forestier, c'est la sous-espèce de pin noir la plus intéressante à cause de sa hauteur (jusqu'à 50 m). Avec ses entre-nœuds allongés et ses branches un peu moins grosses, elle est parfois considérée comme une simple variété du pin de Salzmann, *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* var. *corsicana*, En Italie du Sud existe la variété *calabrica* qui favoriserait, selon Pignatti, une évolution vers la hêtraie. Par son extraordinaire longévité, au moins 500 ans, et la parfaite rectitude de son tronc élancé, presque totalement cylindrique, *« U lariciu »* est devenu l'arbre emblématique de la Corse. D'un port conique lorsqu'il est jeune, il prend avec l'âge cette forme tabulaire si caractéristique qui le fait vite repérer sur les crêtes. Dans les années 1880, Guy de Maupassant décrivait ainsi les géants de la forêt d'Aïtone : « Les pins démesurés élargissaient sur nos têtes une voûte gémissante (…) tandis qu'à droite comme à gauche leurs troncs minces et droits faisaient une sorte d'armée de tuyaux d'orgue ». Le pin laricio se reconnaît aussi à son tronc dégarni à la base, peu fourni, avec des branches majestueuses bien étagées en ailes d'avion. Veinée de profondes fissures généralement noires, son écorce claire, gris argenté, est divisée en grandes plaques verticales inégales. Légèrement frisées, ses aiguilles (10 à 15 cm) d'un beau vert tendre tendant parfois au bleuâtre sont souples et non piquantes.

Parfaitement adapté au climat méditerranéen et aux sols acides (car il est calcifuge), « le pin laricio se développe naturellement en Corse dans tous les massifs montagneux, sauf dans le Cap corse, entre 900 et 1 800 m d'altitude, depuis le massif de l'Ospedale au sud jusqu'à celui du Cinto » (GUITTONNEAU, HUON, 1992). Sur plus de 210 000 ha de forêts corses, 45 000 ha comptent des laricios dont plus de 20 000 en peuplements purs. Parmi les plus belles forêts, on peut compter, au pied des monts Cinto et Retondo, celles d'Aïtone (près d'Evisa) et de Valdu-Niellu (à l'ouest de Corte), cette dernière étant constituée pour 45 % de ses arbres des plus importants spécimens de l'île. Mais il y a aussi celle de Vizzavona (au centre de l'île), celle de Bavella (au sud-est), ou encore celle de l'Ospedale (6 000 hectares). Le pin laricio profite des 800 à 1 500 mm de précipitations annuelles et supporte la sécheresse estivale. Mais on sait, avec l'arbre planté par Jussieu en 1784 au Jardin des Plantes, qu'il peut aussi supporter le climat tempéré océanique, et sa grande plasticité écologique fait qu'il est utilisé comme troisième essence de reboisement en France continentale, après le sapin de Douglas venu d'Amérique et le pin maritime : 100 000 ha y seraient aujourd'hui plantés en pin laricio de Corse. En Sologne, il a parfois remplacé le pin sylvestre qui acidifie davantage les sols, ou le pin maritime plus vulnérable face aux gelées.

Pour Jacques Gamisans, les forêts à pin laricio sont généralement climaciques. Elles apparaissent dès l'étage supra-méditerranéen, mais ne sont bien développées qu'au montagnard-méditerranéen, et pour l'essentiel aux adrets. En effet, dès que les chênes verts, l'arbousier et les chênes pubescents de l'étage méso-méditerranéen se font rares à partir de 800-900 m, apparaît le pin laricio qui, à mesure qu'on s'élève, s'impose et forme des forêts sur les versants sud bien ensoleillés (GAMISANS, 1999) :

– entre 900 et 1 200 m : forêts supra-méditerranéennes assez pauvres où le laricio se mélange avec le pin maritime, et comporte un sous-bois encore thermophile avec le chêne vert et la bruyère arborescente ;

– de 1 200-1 300 à 1 500-1 600 m, au montagnard-méditerranéen : belles forêts de pin laricio à fort taux de recouvrement, d'où les nombreuses espèces sciaphiles comme les orchidées. Cependant, dès 1 400 m le peuplement s'entrouvre avec un sous-bois plus sec, des coussinets épineux d'anthyllide d'Hermann ou de genêt de Lobel (GUITTONNEAU, HUON, 1992).

Mais à cet étage, aux ubacs plus frais et plus sombres, le laricio héliophile est très peu présent. « Une variante eurosibérienne matérialisée par les hêtraies et les sapinières » (GAMISANS, 1999) remplace – ou côtoie – la variante méditerranéenne typique des adrets. Groupement du sapin blanc *(ghjàllicu)* et d'un hêtre sylvatique *(faiu)* aux feuilles un peu plus fermes et brillantes qu'en zone tempérée, la hêtraie-sapinière s'affirme pleinement, avant de s'effacer au-dessus de 1 500-1 600 m devant des landes à buissons inextricables d'aulne odorant *(Alnus suaveolens)*, endémique pouvant atteindre 3 m de hauteur. Et si l'on revient sur les adrets, on constate la disparition du laricio vers 1 800 m, remplacé par des fruticées basses (de 30 à 50 cm de hauteur), formations à genêts, à genévriers nains et à chaméphytes épineux (berbéris), qui débouchent vers 2 200 m sur des pelouses plus ou moins ouvertes (situées à partir de 2 100 m aux ubacs).

Malgré sa croissance rapide et les qualités de son bois, sa rigidité recherchée pour les mâts de navires, la charpente ou l'industrie du meuble, son grain fin et clair apprécié en ébénisterie, le pin laricio, isolé sur les montagnes, n'a jamais été exploité intensivement… Pourtant, dès les années 1880, le géographe Élisée Reclus – qui écrivait

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

seul sa volumineuse *Géographie Universelle* – pressentait la menace qui planait sur *« Pinus altissimus*, le plus beau conifère de l'Europe », sur trois groupes de forêts « vraiment belles », celui de la haute Balagna au nord-ouest, celui de Valdoniello et d'Aïtone sur les pentes occidentales du mont Rotondo, et la Barella dans les montagnes à l'ouest de Sartène : « il faut se hâter pour contempler ces géants, car on ne se borne pas à couper les troncs pour la mâture des navires ; les scieries à vapeur sont à l'œuvre pour débiter ces arbres magnifiques en douves pour les barils à sucre de Marseille et en planches pour les caisses à savon » (RECLUS, 1876-1894). Aujourd'hui, on s'arrache les coupes dans les plus beaux peuplements comme ceux de Valdu Niellu, et ce patrimoine est menacé par les incendies (comme en 2000 et 2003). Pendant l'été 2000, sur les 9 000 ha brûlés (notamment dans la vallée de la Restonica), 4 000 ha de pin laricio ont été endommagés à des degrés divers, alertant l'Office national des forêts, diverses associations et nombre de bénévoles qui ont cherché la remise en état et à sensibiliser la jeunesse de l'île. Déjà, après l'incendie de 1960, la forêt de Bavella avait fait l'objet d'un reboisement massif en cèdres, sapins et châtaigniers, parmi les pins maritimes et les pins laricio. Actuellement, bien que son étendue ne compte que peu à l'échelle européenne, l'aire naturelle du pin corse est l'objet d'une directive prioritaire du réseau Natura 2000 installé par l'Union européenne.

D'autres forêts de pins sont plus ou moins présentes.

Le **pin de Heldreich** *(Pinus heldrechii)* est aussi appelé pin de Bosnie ou pin de l'Albanie. Il croît sur sols calcaires surtout dans les Balkans, associé au pin noir d'Autriche, mais souvent en dehors du domaine méditerranéen. Cependant, il présente des peuplements importants en Calabre, en ex-Yougoslavie, en Albanie et en Grèce du Nord où, associé au pin de Pallas et au sapin du roi Boris, il se situe au montagnard- et à l'oro-méditerranéen (il monte jusqu'à 2 600 m sur l'Olympe). En Italie du Sud, il abonde aux mêmes altitudes (1 400 à 2 100 m), associé au pin noir et au hêtre sylvatique. Le pin de Heldreich est un arbre de 20 m (maximum), à la couronne aplatie (celle des jeunes étant conique), dont les fruits d'abord bleu foncé à bleu gris, puis brun terne, sont munis d'épines droites ou courbées. À cause de son écorce qui se ride en formant des écailles luisantes, on l'appelle aussi pin leucodermis (à peau de serpent).

Le **pin à crochets** *(Pinus uncinata)* et le **pin mugo** *(Pinus mugo)* sont surtout présents à l'étage oro-méditerranéen. Le pin à crochets est un arbre de petite ou de moyenne taille des

Forêt à pin laricio de Tartagine (Corse).



© G. Bazille

Ce type de pinède n'est vraiment bien développé qu'à l'adret au montagnard-méditerranéen. À cet étage, à l'ubac plus frais et plus sombre, on observe plutôt la hêtraie-sapinière, variante eurosibérienne qui remplace ou côtoie la variante méditerranéenne typique des adrets.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

régions subalpines d'Europe occidentale (Pyrénées, Vosges, Massif central, Alpes). On le reconnaît par ses aiguilles vert foncé rigides, qui vont par deux mais sont serrées les unes aux autres, et surtout par les écailles de ses cônes dont l'écusson est gonflé et courbé comme un crochet vers la base du cône. C'est une essence à croissance lente, résistante au froid mais qui exige un bon ensoleillement. Préférant le climat à tendance continentale, il est beaucoup plus fréquent sur le versant italien des Alpes (Val d'Aoste) que sur le versant français (Briançonnais). Complètement indifférent à la nature du substrat, il peut remplacer le mélèze sur les sols les plus secs et les moins profonds. Dans les Pyrénées, *Pinus uncinata* forme d'importants peuplements forestiers, aux mêmes altitudes que dans les Alpes occidentales, surtout entre 1 600 et 2 200 m. On peut cependant trouver des arbres isolés jusqu'à 2 650 m dans le massif de Néouvielle. Le pin à crochets pénètre tout de même dans le domaine méditerranéen, comme sur les montagnes de Catalogne et du Roussillon, où il est souvent associé sur sol calcaire à des pelouses écorchées et sur sol siliceux au pin sylvestre. Dans les Préalpes provençales et sur le Ventoux, il est accompagné du raisin d'ours et dans les Alpes maritimes et ligures du genévrier thurifère et du pin sylvestre. Le pin mugo est une espèce proche, mais dont les cônes sont dépourvus de crochets. On la voit de préférence dans les Alpes centrales et orientales, les Carpates et les Rhodopes, surtout sur les calcaires et les dolomies. Elle ne se montre dans le domaine méditerranéen que sur ses marges, dans les montagnes de la côte dalmate, et dans l'Apennin central où il s'associe au genévrier commun et au raisin d'ours, dans le massif de la Majella, entre 1 900 et 2 300 m. Plutôt que de vraies forêts, le pin mugo, qui ne dépasse guère 1 à 4 m de haut, constitue souvent dans les éboulis d'altitude (jusqu'à 2 500 m) de vastes broussailles frutescentes avec *Rhododendron hirsutum* et *Erica carnea*, véritable rempart contre les avalanches et l'érosion (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

Les sapins : des peuplements purs ou mixtes

Le **sapin blanc** ou sapin pectiné *(Abies alba)* est une espèce médio-européenne qui pénètre en région méditerranéenne. Ses noms vernaculaires lui viennent de ses aiguilles attachées en forme de peigne, qui portent deux lignes blanches sur leur face inférieure. Malgré une résistance à la sécheresse estivale limitée à un mois, on rencontre le sapin blanc sous bioclimat méditerranéen, à l'humide et au perhumide froid, entre 600 et 1 200 m d'altitude, généralement à l'étage supraméditerranéen, sur sols calcaires et dolomitiques. Il est présent en Espagne nord-orientale (dans la Sierra de Montseny, en Catalogne) et en France, où il est signalé dans les Corbières, sur le Ventoux, dans les Préalpes de Grasse, le sud des Alpes maritimes et en Corse. Dans les Corbières, « il constitue un écotype méditerranéen, souvent nommé par les forestiers français sapin de l'Aude » (BARBERO, QUÉZEL, 1975). En Italie péninsulaire, où il s'était réfugié à l'époque glaciaire, gagnant ensuite les Alpes maritimes et du Nord lors du réchauffement (il y a environ 7 500 à 8 000 ans), le sapin blanc étend son aire jusqu'en Calabre, où il forme des bois clairs avec le hêtre. Mais on a vu que la hêtraie-sapinière s'observe aussi en Corse sur les versants nord. Enfin, *Abies alba* peut encore s'associer à l'yeuse, au pubescent et au buis (comme dans les Préalpes du Sud).

Les sapins à aiguilles piquantes

Les sapins méditerranéens proprement dits comptent sept espèces assez xérophiles (BARBERO, QUÉZEL, 1975). Elles sont en général réparties dans les montagnes au climat atlasique (fig. 6), presque exclusivement sur des sols calcaires et dolomitiques (surtout sur les reliefs karstiques), excepté en Sicile (QUÉZEL, 1998a). Les plus répandues sont le sapin de Céphalonie, le sapin du roi Boris (tous deux en Grèce) et le sapin de Cilicie (en Turquie et en Syrie). Les sapins à aiguilles aiguës, piquantes, ont une grande plasticité altitudinale, parfois du méso- jusqu'à l'oro-méditerranéen. Ce sont : le sapin pinsapo, le sapin du Maroc, le sapin du Roi Boris, et surtout le sapin de Céphalonie.

Le **sapin pinsapo** *(Abies pinsapo)* ou sapin d'Espagne, dont les tiges froissées dans l'eau produisent une espèce de savon, a ses aiguilles rigides et émoussées rayonnant autour du rameau (lequel ressemble donc à un écouvillon). Il vit exclusivement en Andalousie occidentale, la plus humide, autour de Ronda (Serrania de Ronda, Sierra de Bermeja, Sierra del Pinar), avec plus de 1 000 mm de précipitations par an, sur calcaires et ophiolites, dans une tranche altitudinale importante, du méso- à l'oro-méditerranéen entre 700 et 1 800 m (ARISTA, 1995). Il y forme « des bois clairs dégradés par le surpâturage, avec deux vivaces en coussinet : *Bupleurum spinosum* [le buplèvre épineux] et *Vella spinosa* [la vella épineuse] » (BOUCHER, 2000). Mais on peut encore approcher quelques beaux petits peuplements sur les ubacs, notamment dans le Parque Natural de la Sierra de las Nieves, à une douzaine de kilomètres au sud-est de Ronda. D'abord mélangé à la chênaie à feuilles rondes, il développe au-dessus une sapinière presque pure.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Peuplements de sapin pinsapo et de chêne vert (Serrania de Ronda).

Le pinsapo vit exclusivement en Andalousie occidentale sur sols calcaires entre 700 et 1 800 m, avec plus de 1 000 mm de précipitations annuelles. Dans le Parque Natural de la Sierra de las Nieves où il est protégé, il se mêle d'abord au chêne vert, avant d'aller former sur les ubacs quelques beaux petits peuplements.

Le **sapin du Maroc** *(Abies marocana)*, moins grand (10 à 15 m) vit aussi sur sols calcaires, dans le Rif nord-occidental (près de Chaouen) en ambiance perhumide froide, plus haut que le pinsapo (entre 1 500 et 2 150 m), parfois en mélange avec le cèdre atlantique. *Abies marocana* « diffère d'*Abies* pinsapo par la façon dont circule la résine dans les aiguilles : près de l'épiderme chez *A. marocana*, à l'intérieur des aiguilles chez *A. pinsapo* » (Bärtels, 1998). Localisés de part et d'autre du détroit de Gibraltar, ces deux sapins méditerranéens sont les plus résistants à la sécheresse après le sapin grec de Céphalonie, jusqu'à 4 mois, selon les écophysiologistes (Guelh *et al.*, 1991).

Le **sapin de Céphalonie** *(Abies cephalonica)*, qui existe bien dans l'île grecque éponyme, est beaucoup plus répandu que les précédents puisqu'il couvrirait près de 300 000 ha, surtout sur les calcaires à terra rossa, depuis le Péloponnèse jusque dans la chaîne du Pinde méridional en passant par le mont Parnasse, les montagnes de l'Attique et d'Eubée. Il peut présenter une belle taille dans les régions calcaires sèches, ce qui est rare chez les sapins. C'est un arbre largement conique de 20 à 40 m de haut, mais dont les branches supérieures peuvent se déployer largement et se charger de cônes. Rigides et pointues, ses aiguilles rayonnent autour des

Branches de sapin pinsapo (Andalousie).



© C. Tassin

Froissées dans l'eau, les tiges produisent une sorte de savon, d'où le nom de cette espèce. Leurs aiguilles rigides et rayonnantes font penser à des écouvillons. Le sapin d'Espagne et le sapin du Maroc (du Rif nord-occidental) vivent en ambiance perhumide froide mais supportent 4 mois secs. Ce sont les plus résistants après le sapin de Grèce (de Céphalonie).

rameaux, comme celles du pinsapo. Tolérant jusqu'à 5 mois secs, *Abies cephalonica* possède une plasticité altitudinale remarquable, depuis 600-700 m (dans le Péloponnèse) jusque vers 2 300 m, c'est-à-dire du méso- à l'oro-méditerranéen.

Le **sapin du roi Boris** *(Abies borisii-regis)*, de taille à peu près identique, lui aussi est un sapin grec qui se rencontre jusque dans le Péloponnèse, mais également plus au nord en Macédoine et en Bulgarie méridionale, où ses formes locales relaient « vers le sud le sapin blanc (…) jusqu'au contact des peuplements de sapin de Céphalonie » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Est-il un hybride des deux ? Ses aiguilles sont plus fines, plus pointues et plus serrées que celles d'*Abies alba*. Et si ses formes méridionales sont assez proches d'*Abies cephalonica*, elles n'ont pas la même plasticité altitudinale que lui : le climat méditerranéen de type « hellène » force le sapin du roi Boris à se cantonner à l'étage montagnard-méditerranéen.

Les sapins à aiguilles molles

Ils ont une position moins étendue, au montagnard-méditerranéen. Ce sont : le sapin d'Algérie, le sapin de Sicile et surtout le sapin de Cilicie.

Le **sapin de Numidie** ou sapin d'Algérie *(Abies numidica)*, aux aiguilles courtes et très larges, très serrées autour du rameau, est localisé vers 1 800 m en Petite Kabylie (dans les Babors). Résistant à la sécheresse jusqu'à 3 mois, il est souvent associé au cèdre de l'Atlas *(Cedrus atlantica)*.

Le **sapin de Sicile** *(Abies nebrodensis)*, qui résiste mal à la sécheresse, est encore plus rare (150 ha contre 300). Il se rencontre vers 1 500 m sur les schistes du mont Madonie.

Le **sapin de Cilicie** *(Abies cilicica)*, lui aussi à aiguilles obtuses, parfois blanchâtres vers la pointe de leur face supérieure, éparpille ses peuplements dans le Taurus depuis Antalya jusqu'au golfe d'Iskenderun, ainsi que dans l'Amanus, les monts des Alaouites et le nord-est du mont Liban. Cela sur 350 000 ha, au montagnard- méditerranéen, en bioclimat subhumide ou humide. Dans le Taurus, il se situe entre 1 200-1 500 m et 2 000 m, altitude où il forme souvent la limite supérieure de la forêt (AKMAN *et al.*, 1979a), en associations diverses avec le cèdre du Liban sur les sommets les plus arrosés, les plus proches de la Méditerranée.

Finalement, dans le Taurus, on pourrait en schématisant distinguer les étagements suivants :

– Jusque vers 1 000 m, d'abord le pin brutia, les chênes sclérophylles (surtout *Quercus calliprinos* mais aussi un proche, *Quercus aucheri*, résiduel de Carie et de Lycie) et les chênes caducifoliés (surtout *Q. infectoria* et *Q. ithaburensis,* mais aussi *Q. cerris* et *Q. trojana*). Le chêne vélani ou à vallonée *(Q. ithaburensis* subsp. *macrolepis)* a été largement propagé par l'homme dans les champs cultivés en raison, on l'a dit, de sa haute teneur en tanin, utilisé pour la teinture en noir des cuirs et des étoffes.

– Puis plus haut, le pin de Pallas, le sapin de Cilicie et les genévriers arborescents souvent associés au cèdre du Liban (surtout entre 1 500 et 2 300 m), associations qui seront évoquées plus loin avec les cédraies et les junipéraies d'altitude.

– Le sapin de Cilicie forme avec le cèdre de belles cédraies-sapinières sur la façade maritime du Taurus central (entre Antalya et Maras). Mais il est absent dans les cédraies presque pures du Taurus occidental, de même que dans celles de la façade continentale de la chaîne (en marge des steppes centro-anatoliennes), où la sécheresse évince une essence plus exigeante en eau que le cèdre (bien qu'elle puisse supporter jusqu'à 3 mois secs). Les genévriers arborescents qui occupent la place du sapin de Cilicie éliminent progressivement le cèdre vers le nord et le remplacent ensuite totalement, surtout lorsque la saison sèche atteint 4 mois. Somme toute, ces forêts de montagne sont en recul rapide, souvent transformées en matorrals. Très active sous l'Empire romain, ralentie à l'époque des invasions par les nomades turcs, la déforestation s'est à nouveau accélérée à l'époque contemporaine avec la pression démographique.

Les sapins nord-anatoliens ou pontiques forment sur les marges méditerranéennes des peuplements hétérogènes.

Le **sapin du cheval de Troie** *(Abies equi-trojani)* ne couvre que quelques hectares. Cela dans l'extrême nord-ouest de l'Anatolie, la région de la célèbre Ilion découverte par Schliemann. Comme pour les autres sapins, ces îlots résiduels, sur le Kaz Dag et près de Kemalpasa (à l'ouest de Bursa), correspondent sans doute à des refuges postglaciaires où ils sont devenus endémiques.

Le **sapin de Bornmüller** *(Abies bornmuelleriana)* forme de grandes forêts climaciques sur le revers méridional des chaînes pontiques. On le trouve à l'étage montagnard-méditerranéen, « entre l'Ulu Dag de Bursa à l'ouest et la région de Samsun à l'est », précise Pierre Quézel, qui indique aussi que cette espèce aux aiguilles serrées et presque verticales se rencontre également au bord de la mer, dans la région de Kastamonu (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

Le **sapin de Nordmann** *(Abies nordmanniana)* qui peuple le Caucase et les forêts pontiques à été pluvieux, à l'est de Giresun, ne pénètre pas dans les marges méditerranéennes.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Les cèdres : une amplitude altitudinale différente

Si la question de leur valeur taxinomique reste encore discutée bien après la première description de Linné en 1753, les récentes conclusions de la phylogénie moléculaire font une nette distinction entre les deux espèces pourtant voisines, le cèdre de l'Atlas et le cèdre du Liban, cette dernière comportant une sous-espèce au Liban même, en Syrie et en Turquie méridionale, et deux sous-espèces très proches génétiquement, l'une dans le Taurus centro-occidental et l'autre à Chypre (SCALTSOYIANNES, 1999 ; FADY *et al.*, 2000, 2002).

Le **cèdre de l'Atlas** *(Cedrus atlantica)*, endémique des montagnes d'Afrique du Nord, forme des forêts disjointes et souvent menacées. Appelé aussi cèdre bleu, cet arbre aux aiguilles vert bleuté est l'essence noble des forêts marocaines et algériennes (fig. 6 et 15). Capable de dépasser la taille du cèdre du Liban (50 m contre 40 m environ), il s'en différencie par un port plus érigé et élancé, plus pyramidal (surtout lorsqu'il est jeune), des branches plus courtes et ascendantes, une écorce grise plus claire, lisse et luisante qui se craquelle en vieillissant, et enfin des cônes moins longs (5 à 6 cm) avec souvent un petit creux au centre. Au Maroc, *Cedrus atlantica* occuperait environ 90 000 ha, le double selon O. M'HIRIT (1999), parfois sous forme de lambeaux, dans le Rif et le Jbel Tazzeka, le Moyen Atlas central (région d'Ifrane) et oriental, mais aussi dans le Haut Atlas oriental. En Algérie son aire, également tributaire de l'orographie, se répartit sur 20 000 ha entre les forêts mieux conservées de l'Atlas tellien (de l'Ouarsenis à la Kabylie) et celles de l'Atlas saharien en forte régression (du Hodna à l'Aurès).

Ses exigences écologiques lui permettent une assez grande amplitude altitudinale. C'est le cèdre le plus rustique : selon certains paléobotanistes, il vivait déjà dans le sud-ouest de l'Europe à la fin de l'ère tertiaire (au Miocène et au Pliocène). Sa disparition au nord du bassin remonterait aux périodes froides de l'ère quaternaire (à environ 500 000 ans). Sa présence au Maroc est attestée depuis plus de 120 000 ans (mais seulement depuis 5 000 BP sur le Moyen Atlas) et, en Kroumirie, depuis au moins 37 700 BP selon M. REILLE (1976) qui explique son absence actuelle en Tunisie par l'action des Phéniciens, grands constructeurs de bateaux. Indifférentes aux substrats, surtout calcaires mais parfois gréseux comme dans le Rif ou basaltiques comme dans le Moyen Atlas tabulaire, les cédraies de l'Atlas se rapportent à un large éventail bioclimatique et altitudinal. Certes, ce sont les cédraies de moyenne altitude, « les cédraies montagnardes-méditerranéennes [qui] sont de loin les plus répandues (…) entre 1 700 et 2 100 m en moyenne » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Cependant, des individus isolés peuvent s'observer vers le bas, dans de basses vallées humides (autour de 1 000 m), comme vers le haut, sur les sommets du Djurdjura et de l'Aurès (vers 2 300 m), dans le Rif (vers 2 400 m) et le Moyen Atlas (vers 2 600 m). Au total, les cédraies comportent trois types altitudinaux (PUJOS, 1966), que P. Quézel rattache à une gamme bioclimatique allant du perhumide, sur le Rif, au subhumide et peut-être au semi-aride, sur l'Aurès (QUÉZEL, 1998b). Les cédraies de basse altitude sont présentes en bioclimat humide froid à l'étage supra-méditerranéen (surtout entre 1 500 et 1 700 m). Les cédraies de moyenne altitude répondent plutôt à une variante très froide du bioclimat humide (mais aussi subhumide ou perhumide) à l'étage montagnard-méditerranéen, d'environ 1 700 à 2 100 m. Les cédraies de haute altitude sont présentes surtout en ambiance subhumide extrêmement froide, à l'étage oro-méditerranéen (d'environ 2 100 à 2 500 m).

Le cèdre de l'Atlas est intégré à la dynamique des chênaies sclérophylles (chêne vert à feuilles rondes) et caducifoliées (chêne faginé et surtout chêne zéen). Mais « seul *Quercus ilex* subsp. *rotundifolia* lui est souvent associé et cela sur toute l'étendue de son amplitude altitudinale » observe P. Quézel, qui précise que « les essences caducifoliées ne jouent qu'un rôle épisodique » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Quant aux autres conifères qui s'associent à *Cedrus atlantica*, ils restent rares ou très localisés, que ce soient le pin de Maurétanie et le pin maritime, ou le sapin du Maroc et le sapin d'Algérie. Le pin d'Alep, quant à lui, ne se mélange pratiquement pas avec le cèdre. Enfin le genévrier thurifère commence son ascension dans les cédraies claires ou dégradées de haute altitude.

Le problème actuel des cédraies de l'Atlas est leur dégradation par les multiples activités humaines. L'essor démographique, le pastoralisme intensif, les ébranchements anarchiques, les incendies n'ont laissé bien souvent que des lambeaux de forêts « ponctués de vétérans moribonds et de chandelles sur pied » (TARRIER, DELACRE, 2007), menaçant ainsi leur régénération comme dans le Moyen Atlas central et oriental ou le Haut Atlas oriental. Certes il existe bon nombre de cédraies de basse ou moyenne altitude qui, sous couvert du chêne vert ou du chêne zéen, se régénèrent assez bien, celles de moyenne altitude se régénérant cependant surtout à découvert, dans les trouées de clairière, en préforêt ou en lisière. Mais les coupes effectuées dans les chênes verts

ou les genévriers thurifères associés aux cédraies claires d'altitude exposent le sol au phénomène de l'érosion hydrique. Or, si le cèdre s'accommode de tous les types de substrats, son système racinaire pivotant et puissant n'aime pas les sols superficiels ni les dalles rocheuses peu fissurées. Alors se déclenchent les processus de la désertification, que vient souvent renforcer une succession d'années particulièrement sèches. Et depuis au moins deux décennies, la fragmentation plus grande des cédraies, l'appauvrissement de leur biodiversité, entraînent d'autres dégâts : l'écorçage des jeunes arbres par les singes magots. Au Maroc comme en Algérie, « le magot [*Macaca sylvanus*] et le cèdre de l'Atlas constituent deux éléments essentiels d'un même type d'écosystèmes ayant fonctionné en parfait équilibre depuis des centaines de milliers d'années » (BENABID, 2002). Or, avec la disparition depuis les années 1960 de la panthère tachetée ou léopard, « les Magots de Berbérie n'ont plus de prédateur » (TARRIER, DELACRE, 2007). Et comme ils voient diminuer leur domaine vital et leurs ressources en eau, par exemple dans le Moyen Atlas central (forêt d'Aïn Kahla), ils pratiquent l'écorçage des jeunes cèdres afin d'en lécher les sels minéraux. Et « la carte de l'ampleur des dégâts se superpose parfaitement à la carte de la pauvreté de la forêt en biodiver-



© T. David-Ravard

Singe magot.

Cèdres de l'Atlas (Moyen Atlas).



© T. David-Ravard

Endémique des montagnes d'Afrique du Nord, souvent associé aux chênes sclérophylles, *Cedrus atlantica* forme des forêts disjointes et souvent menacées par le pastoralisme intensif, les ébranchements anarchiques et les incendies. Au Maroc, les singes magots écorcent les jeunes arbres afin d'en lécher les sels minéraux.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Branches de cèdre de l'Atlas.

Leur résistance à une gamme climatique allant du perhumide (sur le Rif) au subhumide, et peut-être au semi-aride (sur l'Aurès), fait de cet arbre le cèdre le plus rustique. Magré tout, même si son système racinaire pivotant se montre indifférent au type de substrat, le cèdre bleu n'aime pas les sols superficiels ni les dalles rocheuses peu fissurées.

sité végétale » explique A. Benabid, qui donne l'exemple de la forêt d'Afennourir où la mutilation s'est produite dans une population de jeunes cèdres (de même âge), « immédiatement après la coupe rase de la chênaie verte cohabitant avec la cédraie ». Si les cédraies d'Algérie, de l'Aurès et du Djurdjura ne subissent pas l'écorçage du magot, c'est qu'elles sont plus diversifiées, en tout cas bien moins pâturées par les moutons que celles des Atlas marocains.

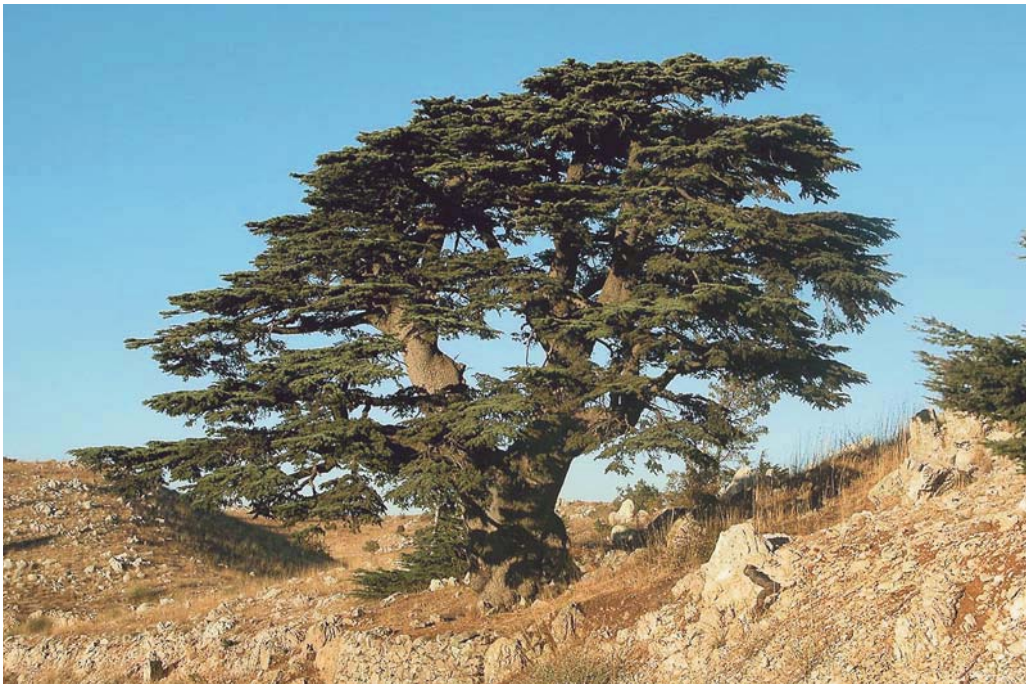
Le **cèdre du Liban** *(Cedrus libani)* « constitue seul ou en mélange une des essences forestières majeures sur les montagnes de Méditerranée orientale » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Arbre biblique, emblématique de son pays éponyme, le cèdre du Liban se répartit entre trois sous-espèces. « Arz el-Rab », le cèdre de Dieu, est selon la Bible qui le mentionne 103 fois le seul arbre que Dieu ait planté de ses mains. Peuplant « la montagne des parfums » de Diodore de Sicile, il était recherché dans l'Antiquité pour les qualités exceptionnelles de son bois, aromatique, imputrescible, presque ignifuge et facilement polissable. Si l'on sait que les Phéniciens, les Égyptiens et les Romains l'utilisèrent pour leurs constructions navales, son bois servit aussi pour les palais et les temples des pharaons, ainsi que pour le temple de Salomon à Jérusalem. En Égypte, les morts étaient embaumés avec de la résine de cèdre. Des bas-reliefs du temple de Deir El-Bahari évoquent les importations de ce bois commanditées par la reine Hatshepsout. Aujourd'hui, cet arbre reste lié aux trois grandes religions du Moyen-Orient, on le retrouve dans les temples, les églises et les mosquées. Généralement moins haut que le cèdre de l'Atlas (25 à 40 m), le cèdre du Liban croît rapidement jusque vers 45-50 ans, puis plus lentement en commençant à donner des cônes et en étalant sa cime, qui devient tabulaire chez la sous-espèce *libani* du Liban, de Syrie et de Turquie méridionale. Le tronc de cet arbre à très grande longévité atteint parfois les 12 m de circonférence, tandis que ses longues branches étagées, aux courtes aiguilles vert foncé, sont capables de couvrir un espace de 50 m de diamètre. La célèbre forêt de Bécharré au Liban compterait encore 2 arbres trimillénaires, 10 millénaires et 363 pluricentenaires (AZIZ, 1996), mais ces estimations restent controversées quant à l'évaluation de l'âge, laquelle ne repose en rien sur la dendrochronologie. De toute façon ces arbres, qui à plus de 1 900 m d'altitude « couronnent comme un diadème la montagne » (selon les termes de Lamartine), ne sont plus que des reliquats, comme ceux des forêts d'Hadeth el-Joubbé, d'Ehden, de Tannourine ou d'Aîn Zhalta… Une quinzaine de peuplements fragmentés ne couvraient en 1995 que 2 700 ha, et

plus que 2 000 ha en 2007. C'est en Turquie, sur le versant méridional du Taurus, que *Cedrus libani* possède ses populations les plus importantes : selon M. Boydak environ 100 000 ha, et quelques centaines de milliers d'hectares selon P. Quézel, qui rappelle qu'on ne connaît pas vraiment la limite entre la sous-espèce *stenocoma* (au port dressé) de Lycie et la sous-espèce *libani* (au port tabulaire) du Levant (BOYDAK 1996 ; QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). La sous-espèce *brevifolia,* endémique de Chypre mais proche de la *stenocoma,* est un petit arbre aux aiguilles très courtes qui pousse sur quelques centaines d'hectares sur le revers occidental du Troodos (le « vallon des cèdres » y est bien connu).

Malgré des exigences écologiques analogues à celles de son vicariant du Maghreb, le cèdre du Liban reste davantage cantonné à l'étage montagnard-méditerranéen. Sur des sols essentiellement calcaires en général peu épais (des rendzines), mais parfois gréseux, basaltiques ou ophiolitiques, il présente en effet son optimum écologique en bioclimat humide et subhumide très froid, entre 1 500 et 2 000 m. À ces altitudes dans le Taurus occidental, où *m* (en janvier) se situe entre - 2 °C et - 7 °C (CETIK, 1976), les cédraies supportent un enneigement d'environ 5 mois et une sécheresse estivale de 2 à 3 mois. Au Liban, où il profite d'au moins 1 000 mm de précipitations annuelles avec une couverture neigeuse de 3 à 6 mois, le cèdre tolère des points de gel à - 30 °C et jusqu'à 3 mois de saison sèche. Mais en fait, on peut le rencontrer à des altitudes comprises entre 900 et 2 300 m, car il peut pénétrer à l'oro-méditerranéen, mais également au supra-méditerranéen comme dans le Taurus occidental (à moins de 1 300 m), et même au méso-méditerranéen comme à Chypre en ambiance subhumide froide ou fraîche (P = 800 mm, et *m* entre 0 °C et 2 °C).

Contrairement au cèdre de l'Atlas souvent associé aux chênes sclérophylles, le cèdre du Liban peut former des peuplements mixtes avec les sapins, qui ont des exigences écologiques voisines. Certes, on peut le voir accompagné de sclérophylles, comme à Chypre à l'étage méso-méditerranéen où il s'associe à *Quercus alnifolia* (et au pin brutia). Ou dans le Taurus occidental, où il est parfois infiltré par *Q. calliprinos*, mais surtout au supra-méditerranéen car au-dessus de 1 500 m, à l'étage montagnard-méditerranéen, il peut constituer des cédraies pratiquement pures (à l'ouest d'Antalya), ou de belles cédraies-sapinières avec le sapin de Cilicie (à l'est d'Antalya). On a vu que vers le bas il entre

Le cèdre du Liban à Barouk dans la réserve du Chouf (mont Liban).



© M. Bou Dagher-Kharrat

Emblème du pays, « le cèdre de Dieu » occupe une place privilégiée dans le cœur des Libanais. Exploité dès l'Antiquité pour les constructions navales, son bois a aussi servi pour les palais et les temples des pharaons, et pour le temple de Salomon à Jérusalem. Aujourd'hui espèce protégée, il bénéficie de multiples campagnes de reboisement.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

parfois en contact avec les pins de Pallas et brutia, tandis qu'en haut il est peu à peu remplacé par les genévriers arborescents (surtout le genévrier élevé), sans doute à cause de la chute des températures, mais aussi d'un pâturage intensif qui éclaircit les cédraies en empêchant la régénération des arbres. Dans la réserve naturelle Horsh Eden, créée en 1992, un an seulement après les Accords de Taëf, *Juniperus excelsa* relaie le cèdre dès 1 900 m d'altitude, pouvant aller jusqu'à 2 300 m. Avec 40 % des espèces végétales du pays, cette réserve située à 90 km de Beyrouth détient la palme de la biodiversité. À son étage montagnard-méditerranéen, le cèdre du Liban est aussi largement associé aux chênes caducifoliés, comme *Quercus infectoria, Q. petraea, Q. cerris, Q. brantii*. Sur le mont Liban, on peut par exemple reconnaître l'association à *Cedrus libani* et *Quercus petraea*, l'association à *C. libani* et *Q. brantii* (au-dessus de 1 500 m).

Bénéficiant aujourd'hui du statut d'espèce protégée, *Cedrus libani* est l'objet de multiples campagnes de reboisement dans les différentes régions du Liban. Un exemple est donné par le département Sciences de la Vie et de la Terre de l'université Saint-Joseph de Beyrouth, qui cherche à valoriser en laboratoire et en pépinière les espèces indigènes (cèdre du Liban, genévriers, sapin de Cilicie, pin brutia, chênes…) pour le reboisement des montagnes victimes de la fragmentation, du surpâturage et des coupes anarchiques. Magda Bou Dagher-Kharrat, spécialiste de biologie moléculaire des plantes, effectue des recherches sur la diversité génétique des cèdres et leur phylogéographie (Bou Dagher-Kharrat, 2001 ; Bou Dagher-Kharrat *et al.*, 2001, 2007) mais aussi sur l'identification des plantules, afin d'éviter autant que possible une hybridation de *Cedrus libani* subsp. *libani*, symbole du pays, avec d'autres types de cèdres importés. Pour son projet portant sur l'évaluation et la valorisation de la flore du Liban (Bou Dagher-Kharrat, 2009), elle a reçu le prix Unesco-L'Oréal pour les femmes et la science 2008. Si des zones ont été reboisées comme à Barouk, Aïn Zhalta (selon les courbes de niveau) et même près de l'enclos relique de Bécharré, les chèvres et les moutons qui broutent les jeunes plants bloquent souvent la régénération naturelle des cèdres.

***Cedrus libani* et *Juniperus excelsa* à la réserve du Horsh Ehden.**



© M. Bou Dagher-Kharrat

Malgré des exigences écologiques analogues à celles de son vicariant du Maghreb, *Cedrus libani* reste davantage cantonné à l'étage montagnard-méditerranéen. Dans cette réserve, établie en 1992, sanctuaire de la biodiversité au Liban, l'étage du cèdre laisse la place, vers 1 900 m, à celui du genévrier élevé, lequel monte jusqu'à 2 300 m.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

La végétation présteppique à genévriers et supraforestière

À la limite supérieure des forêts : des junipéraies à déterminisme thermique

Si à l'étage oro-méditerranéen les végétaux sont parfois des euphorbes (Turquie) ou des aulnes (Corse et Calabre), on rencontre surtout des genévriers arborescents, le genévrier thurifère au Maghreb et le genévrier élevé au Proche-Orient. Ces espèces sont des reliques de formations plus étendues aux périodes glaciaires, réfugiées en ambiance froide et extrêmement froide face au réchauffement et aux impacts anthropiques de l'Holocène. Elles sont seules capables de donner une végétation arborée spécifique à cet étage. Cependant, leurs associations avec les chênes et les cèdres, et parfois avec les pins et les sapins, montrent que leurs aires ne se limitent pas à l'horizon inférieur de l'étage oro-méditerranéen. Dans le Taurus, le genévrier élevé peut déjà, au montagnard-méditerranéen, former avec le cèdre du Liban et le pin de Pallas des forêts présteppiques clairsemées, dégradées par les pâturages d'été. Mais d'autres genévriers, en Méditerranée orientale, sont parfois étroitement liés aux cédraies et aux sapinières. Quant au genévrier oxycèdre et au genévrier de Phénicie, s'ils peuvent grimper sur les versants au sud du bassin, il faut rappeler qu'ils sont des genévriers thermophiles largement caractéristiques des basses terres (chap. 3). Enfin, les genévriers rampants de haute montagne favoriseraient, selon Pierre Quézel, la régénération des arbres dans les zones surpâturées. cèdres, pins, et même genévriers arborescents seraient concernés par cet effet de nurserie, aux étages montagnard- et oro-méditerranéens. On rencontre ces espèces rampantes dans le Rif et les Atlas, mais davantage en Espagne et parfois jusqu'en Turquie et en Iran : le genévrier commun *(Juniperus communis)* des *« sabinares »* de la Sierra Nevada de Grenade (BOUCHER, 2000), et le genévrier sabine *(Juniperus sabina)* qui n'est pas strictement méditerranéen (Alpes centrales).

En Méditerranée occidentale, le genévrier thurifère *(Juniperus thurifera)* comporte deux sous-espèces d'affinités altitudinales différentes (GAUQUELIN *et al.*, 2 000).

La sous-espèce *thurifera* est la moins alticole. Elle trouve sa limite septentrionale dans les Préalpes (le Vercors) et dans les Hautes-Alpes (au sud de Briançon), mais en région méditerranéenne dans les Alpes maritimes et ligures, où la variété *gallica* se situe du méso- au montagnard-méditerranéen (de 300 à 1 800 m), surtout à la charnière de la chênaie verte et de la chênaie blanche. En Corse (GAMISANS, 1999), la variété *corsicana* se rencontre au nord-ouest aux mêmes étages (entre 500 et 1 400 m), tandis qu'en Espagne orientale et dans les Pyrénées la variété *thurifera* s'associe au chêne vert ou à des pins, au supra-méditerranéen et un peu au montagnard-méditerranéen (entre 800 et 1 600 m), le peuplement de Campo de Montiel (dans la région d'Albacete) et celui de la montagne de Rié (dans la vallée de la Garonne) étant les plus connus. L'importance patrimoniale de ce dernier peuplement a été reconnue à l'échelle européenne puisqu'il est classé site Natura 2000 et qu'il bénéficie du statut de réserve biologique forestière. Mais le bilan de l'incendie déclenché par la foudre en 2003 est préoccupant : selon T. Gauquelin, la moitié des arbres sont morts entièrement calcinés, et 6 % seulement n'ont pas été touchés.

La sous-espèce *africana* se rencontre dans le Moyen Atlas et le Haut Atlas (de 1 600 à 2 800 m) et un peu dans l'Aurès (de 1 600 à 1 800 m). Elle s'associe d'abord au niveau des cédraies au chêne vert à feuilles rondes, participant ainsi aux formations forestières de l'étage montagnard-méditerranéen, en bioclimat subhumide. Puis elle constitue des forêts présteppiques associées aux xérophytes épineuses, sous bioclimat semi-aride, surtout à l'étage oro-méditerranéen (QUÉZEL et BARBERO, 1981). Dans le parc national du Toubkal, son domaine s'élève jusque vers 3 000 m, là où des pieds isolés vont à la rencontre des coussinets d'alysson épineux *(Alyssum spinosum)* ou de buplèvre épineux *(Bupleurum spinosum)* aux minuscules fleurs jaunes. Le thurifère est capable de supporter des conditions climatiques extrêmes : des hivers très froids et des étés très chauds et très secs. Cet arbre aux pieds espacés et aux branches très distantes, à la couronne d'abord conique puis plus ou moins arrondie à l'âge adulte, qui peut parfois atteindre 15 m de hauteur, tolère jusqu'à 6 mois de sécheresse. Sa robustesse s'exprime à travers sa résistance aux mutilations, à une exploitation intensive. Mais aujourd'hui les peuplements d'un seul tenant sont restreints, tels ceux de la vallée de l'Azzaden, dans le Haut Atlas (MONTÈS, 1999). Des écimages et des ébranchages intensifs continuent d'alimenter un cheptel toujours plus nombreux, nuisant à la régénération de l'espèce. Celle-ci n'étant possible que lorsque la mise en défens est respectée et surtout en présence d'un sous-bois à base de chêne vert, situation que le forestier Ali Blali de Marrakech a constatée par exemple dans la forêt d'Ait Abdi, où existe un sous-bois d'yeuse assez dense. En Algérie, si dans les Aurès les thurifères en mélange avec les cèdres paraissent imposants, les peuplements sont très ouverts, très dégradés, et la régénération naturelle est presque inexistante.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© M. Bou Dagher-Kharrat

Genévrier élevé à Hermel (nord-est du Liban).
Cet arbre porte bien son nom, avec ici une hauteur de 12,3 m et un tronc de 6 m de circonférence à la base. Dans cette zone délabrée de Hermel, une centaine de géants éparpillés multicentenaires résistent encore aux coupes et au pâturage incontrôlé. Mais aucune régénération naturelle n'est perceptible.

En Méditerranée orientale, le genévrier élevé *(Juniperus excelsa)* est de loin le plus important. Son aire est très morcelée. Elle se répartit entre les montagnes de Macédoine, de Bulgarie, de Grèce et de Crimée, les plateaux d'Anatolie et les montagnes du Liban et surtout du Taurus, entre 1 400 et 2 800 m, sur des sols calcaires compacts. Espèce vicariante du thurifère présentant la même indifférence aux substrats et partageant à peu près les mêmes exigences altitudinales, le genévrier élevé est essentiellement présent aux étages montagnard- et oro-méditerranéens. Cependant, si en Anatolie il se satisfait d'une ambiance semi-aride (comme le thurifère du Maghreb), sur le Taurus on le rencontre surtout en bioclimat humide, voire perhumide (P > 1 000 mm). Mais comme le thurifère du Maroc, il participe d'abord à la dynamique forestière des cédraies (AKMAN *et al.*, 1979b), avec dans le Taurus occidental le sapin de Cilicie et le pin de Pallas, avant d'aller former la limite supérieure de la végétation arborescente. Pierre Quézel donne l'exemple du versant méridional de l'Ak Dag, au sud-ouest d'El Mali, où le cèdre du Liban s'arrête à 2 100 m mais où le genévrier élevé atteint 2 800 m à l'état résiduel (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Plus à l'est, *Juniperus excelsa* s'associe davantage aux chênes caducifoliés comme *Q. brantii* sur le mont Liban. La région aride de Yammouné au nord-ouest de Baalbeck et celle de Hermel au nord-est du pays comptent des genévriers très anciens, parfois de plus de 10 m de haut, qui résistent encore aux coupes et au surpâturage. En vue de la conservation de cette espèce, Bouchra Douaihy a caractérisé plusieurs peuplements du point de vue écologique, biométrique et génétique, montrant en particulier leur faible densité (ne dépassant pas les 257 arbres/ha), un taux de régénération inférieur à 1, et un pourcentage de graines pleines ne dépassant pas les 40 % (DOUAIHY, 2011). B. Douaihy pointe aussi les menaces qui pèsent sur la régénération du genévrier élevé : l'expansion rapide des terrains agricoles sur le versant ouest du mont Liban ; le stress environnemental et le surpâturage sur le versant est ; le vieillissement couplé aux pressions anthropiques en très haute altitude (étage oro-méditerranéen, > 2 000 m) ; une nouvelle espèce d'acarien (*Trisetacus valerii* n. sp. Douaihy) qui parasite les graines, surtout dans la population la plus septentrionale. Les genévriers d'Hermel ne sont plus qu'une centaine de géants solitaires éparpillés, souffrant d'un manque de régénération naturelle qui condamne leur persistance à long terme (BOU DAGHER-KHARRAT, 2009).

D'autres genévriers peuvent être observés sur les hautes montagnes de Méditerranée orientale. *Juniperus foetidissima*, aussi grand mais plus héliophile que *Juniperus excelsa*, croît en mélange avec lui sur le revers oriental du mont Liban, et l'on retrouve ces deux genévriers jusque dans le Zagros iranien, entre 2 000 et 2 600 m (au-dessus de la chênaie caducifoliée), avec l'aubépine *Crataegus lagenaria* et le sainfoin vivace *Onobrychis cornuta*. Mais *Juniperus foetidissima* est également présent dans les montagnes du sud de la Grèce, à Chypre et en Anatolie orientale. *Juniperus drupacea*, le genévrier de Syrie, seul représentant du groupe *Caryocedrus*, est un arbre ramifié mesurant jusqu'à 12 m de haut, à couronne large et conique et à gros fruit charnu. Il est présent dans le Péloponnèse, sur les chaînes syro-libanaises et surtout dans le Taurus, vers 2 800 m avec le genévrier élevé et le calliprinos. Dans les chaînes du nord de l'Iran et d'Afghanistan existent aussi des formations présteppiques très ouvertes à genévriers. Faisant suite à la forêt mixte de transition à chênes caducifoliés et genévriers du nord-ouest de l'Iran, elles sont composées de diverses espèces de genévriers (oxycèdre, commun, sabine, ou le *seravtschanica* d'Afghanistan), mais également d'épineux (jujubier, berbéris, cotoneaster), d'armoises et d'astragales. Cette junipéraie s'étendrait du versant interne de l'Elbourz à l'Hindou-Kouch, en passant par les monts du Khorassan et le Kopet Dagh, jusque vers 2 500- 2 700 m d'altitude. C'est-à-dire essentiellement au montagnard, voire à l'oro-méditerranéen, en bioclimat aride et semi-aride (P = 300 à 500 mm) à hivers froids. Sa limite inférieure est une limite d'aridité, qui se relève de 1 000 m à l'ouest jusqu'à 1 800 m environ dans le Khorassan, et même 2 000 m dans les montagnes afghanes médianes et celles de l'Hindou-Kouch, encore plus continentales. L'effet de la continentalité s'exerce aussi d'ouest en est sur le versant septentrional du Kopet Dagh, où cette limite inférieure remonte de 1 000 à 1 500 m. En Afghanistan, à cette altitude de 2 000 m, cette « forêt » sèche très ouverte de genévriers succède à une steppe elle aussi très ouverte à pistachiers et amandiers, ici présente entre 800 et 2 000 m, où d'ailleurs apparaissent déjà quelques genévriers. On a dit de cette steppe plus ou moins arborée, actuellement très résiduelle (Planhol de, 1969), qu'elle est caractéristique du plateau central irano-afghan, où l'ambiance nettement plus aride (P = 100 à 400 mm) la fait remonter plus haut, entre 1 000-1 200 et 2 500 m (chap. 3).

À haute altitude : les pelouses écorchées à xérophytes épineux

Dès l'étage oro-méditerranéen, elles remplacent progressivement les genévriers arborescents (Gauquelin, 1988).

Le nom donné à ces paysages généralise celui de « pâturage écorché » proposé en 1924 pour le Haut Atlas (Maire, 1924). Il évoque une maigre végétation de plantes frutescentes où dominent les chaméphytes épineux en boules ou en coussinets, de 30 cm à 1 m de diamètre, plus ou moins espacés les uns des autres, entre des plaques de sol nu ou des pelouses herbacées plus ou moins sèches. Leur situation altitudinale, sous climat subhumide ou semi-aride extrêmement froid, varie avec la latitude : généralement entre 1 800 et 2 500 m au nord du bassin et entre 2 800 et 3 500 m au sud. Les substrats, de type rendzine sur calcaires et de type ranker sur roches siliceuses, sont des sols peu évolués, très pierreux. Et lorsque ce paysage devient plus xérophile ou très dégradé, perdant ses plantes herbacées ou frutescentes basses, on parle alors de « garride à xérophytes épineux en coussinets ». Sur les sommets les plus élevés, des vivaces de petite taille résistent au froid et à l'absence de sol (Quézel, 1981). Ce sont des hémicryptophytes et chaméphytes rampants pour lesquels le terme d'étage alti-méditerranéen a été proposé (Ozenda, 1975). On parle aussi d'étage cryoméditerranéen. Dans ces espaces peu couverts par la végétation, la neige gêne la croissance des frutícées, favorise la dégradation du sol, renforcée par les alternances gel/dégel qui s'exercent sur les adrets caillouteux : du mont Ventoux, de l'Apennin ou du Parnasse, et surtout du Haut Atlas ou du Taurus.

Les chaméphytes plus ou moins épineux, très ramifiés et intriqués avec leurs feuilles réduites, ont souvent un port hémisphérique maintenu par l'action du vent. En effet, celui-ci emporte l'humidité relative stockée dans ces coussinets, si bien que « toutes les pousses qui dépassent sont immédiatement détruites » (Elhaï, 1968). Les astragales sont les chaméphytes les plus fréquents dans les pelouses écorchées. « Tant en nombre d'espèces qu'en superficie occupée », explique Christian Boucher, qui rappelle que les montagnes méditerranéennes comptent « plus de 200 espèces, parmi les 2 000 du monde entier, que ce soient les astragales vraies » ou celles appartenant au genre *Astracantha* (Boucher, 2000). Ce nouveau genre est magnifiquement représenté en Crète, aux étages oro-méditerranéen supérieur et cryo-méditerranéen, par *Astracantha cretica*, endémique épineuse dont les coussinets forment une lande climacique par-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

semée de « cyprès noueux et d'érables de Crète *(Acer sempervirens*), souvent transformés en bonsaïs par la dent des chèvres » (GRABHERR, 1999). Mais on rencontre les astragales en bioclimat subhumide, plus rarement en semi-aride. Au centre du bassin, on peut citer *Astragalus granatensis* ou *A. clusii* de la Sierra Nevada, *Astragalus sirinicus*, l'astragale du Gennargentu, endémique de Corse et Sardaigne, et les coussinets rampants d'*Astragalus siculus* de l'Etna. En Calabre, se côtoient une espèce septentrionale, *A. sempervirens*, et une espèce méridionale, *A. parnassii* subsp. *calabrus*. Dans les montagnes de l'est du bassin, on trouve *A. creticus* subsp. *rumelicus*, astragale rampante de 20 à 30 cm endémique de la Grèce, *A. angustifolius* également en Grèce et en Turquie (sur l'Ulu Dag) et *A. cedretti* au Liban. L'Anatolie, surtout orientale, compte plus de 150 espèces d'astragales. D'autres essences peuvent cependant former les pelouses écorchées. Les genêts en coussinets sont bien présents en Corse avec le genêt de Lobel *(Genista lobelii)*, entre 1 400 et 1 800 m sur substrat granitique, sur l'Etna *(G. aetnensis)*, dans les Atlas marocains *(G. pseudopilosa)*, en Grèce et en Turquie avec le genêt de Lydie *(G. lydia)*. Des peuplements de raisin d'ours *(Arctostaphylos uva-ursi)* sont signalés par C. Boucher sur le flanc nord de la Sierra Sagra (au nord de Granada), vers 2 000 m. Enfin, on peut citer les coussinets de buplèvre et d'alysson épineux déjà mentionnés sur le Toubkal. Mais sur les sols les plus pauvres, les pentes dégradées, on trouve plutôt des pelouses sèches à Graminées xérophiles, surtout fréquentes dans les régions de climat atlasique : fétuques, fléoles, bromes, silènes, avoines, comme la grande avoine d'Andalousie calcaire et des Atlas marocains. Dans les cuvettes d'origine karstique ou glaciaire, parfois appelées « pozzines » (de l'italien *pozzo* = puits), sur un sol argileux et tourbeux qui retient l'humidité, s'observent les taches vertes de pelouses fermées acidiphiles beaucoup plus proches des pelouses des Alpes.

Le paysage de pelouses écorchées se révèle en fait quelque peu différent selon les différentes zones du bassin (BARBERO *et al.*, 1975). Dans la partie nord, on trouve beaucoup de Graminées (Alpes du Sud, Corse, Pyrénées aragonaises, Apennin…). Dès que les « écorchures » se raréfient, on passe à de vraies pelouses, certes plus

Pelouse écorchée dans la Serrania de Ronda (Espagne du Sud).



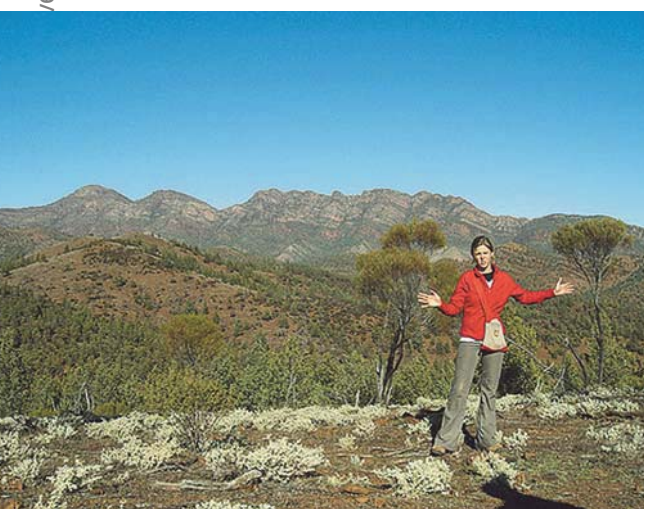
© C. Tassin

Formations supraforestières oro-méditerranéennes, constituées de plantes frutescentes où dominent les chaméphytes en boules ou en coussinets, entre des plaques de sol nu ou des pelouses herbacées plus ou moins sèches. Lorsque ce paysage se dégrade, on parle de « garride à xérophytes épineux en coussinets ».

ve de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

pauvres en espèces que celles des Alpes, mais où les Graminées xérophiles, rudes et piquantes, prédominent. En Corse, ce sont aux ubacs, dès 2 100 m au-dessus des landes à aulne odorant, et aux adrets, dès 2 200 m au-dessus des formations à genévriers nains, à genêts et à spinella, des pelouses plus ou moins ouvertes, limitées aux plus hauts sommets, Cinto (2 710 m), Rotondo et Renoso (GAMISANS, 1999). Comme dans les Alpes, elles sont caractérisées par la disparition des fruticées et, en ubac essentiellement, par l'apparition de Graminées. En adret, où la sécheresse estivale est plus marquée, on observe des formations rases et plus clairsemées à marguerite tomenteuse et herbe à mouflons *(Armeria multiceps)*. Dans la partie sud du bassin, la garride à xérophytes épineux prédomine largement (Espagne du Sud, et surtout Atlas marocains). Elle occupe une grande partie des montagnes, non seulement pour des raisons climatiques, mais aussi à cause du pastoralisme dû à l'absence de pâturages d'été dans les basses terres, l'expression « pâturage écorché » de R. Maire montrant donc ici sa justesse. Dans la partie est du bassin, on trouve moins de xérophytes épineux et plus de Graminées dures et de plantes herbacées (Albanie, Bulgarie, Grèce, Turquie, Liban). Dans le Taurus, où la pluviosité et la diversité floristique sont plus fortes, les xérophytes ne couvrent guère que 10 à 20 % des pelouses écorchées.

Les Flinders Ranges (Australie méridionale).



© S. Voise

Ces montagnes situées au nord de Port Augusta, qui culminent au St Mary's Peak à 1 180 m, comportent des lambeaux de forêt ouverte entre des espaces plus ou moins dénudés par les incendies. Ici, la sécheresse dure longtemps.

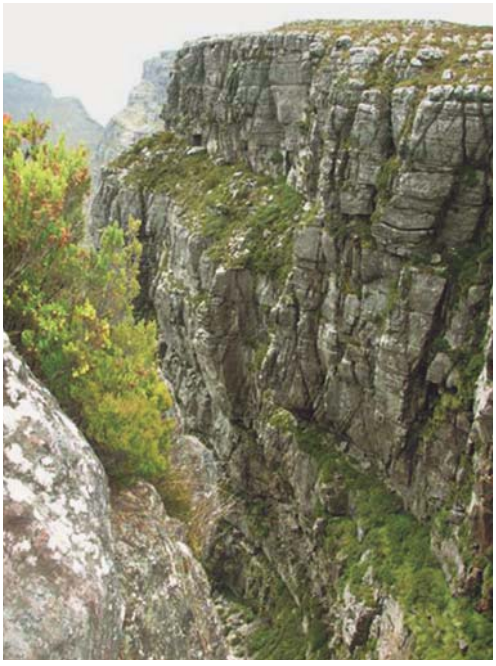
Hors de la Méditerranée

Dans les montagnes peu élevées d'Australie et d'Afrique du Sud

Les montagnes de l'Australie « méditerranéenne » n'ont pas une végétation différente des plaines ou des plateaux.

Même si les pluies peuvent être un peu plus fournies, comme le montre l'exemple du Stirling Range National Park (au nord d'Albany) : seules quelques hautes vallées recevant environ 1 000 mm de pluies (contre 400 mm dans la plaine) portent une végétation hygrophile. La Porongurups Range qui appartient aussi au parc possède de beaux karri, alors qu'en dessous on trouve plutôt des jarrah et des marri, sur les pentes inférieures plus sèches. Avec tous ces eucalyptus qui souvent se côtoient, on ne pourrait guère parler que d'un étage « collinéen », qui prolonge plus ou moins la végétation de la plaine. Autre exemple, le Flinders Ranges National Park (au nord de Port Augusta) : dans ces montagnes qui culminent à 1 180 m au St Marys Peak, on

La montagne de la Table (Afrique du Sud).



© M.-H. Prades-David

Avec ses quelque 2 200 espèces de plantes, ce massif de 1 086 m qui surplombe la ville du Cap fait partie des aires protégées de la Cape Floristic Region, inscrites depuis 2004 sur la liste du patrimoine mondial de l'Unesco.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© M.-H. Prades-David

Protéacées sur la montagne de la Table.

La physionomie du *mountain fynbos* est assez peu différente du *coastal fynbos*, avec surtout ses nombreux arbustes, souvent endémiques, appartenant au genre *Protea*, les Sugarbushes.

rencontre des zones de forêt ouverte avec notamment des eucalyptus, mais une bonne partie du parc est semi-aride, occupée par le mallee, l'herbe porc-épic et même des acacias mulga.

En Afrique du Sud, même constat, le fynbos monte jusque sur les sommets : c'est le *mountain fynbos*.

Sur ces montagnes, de Niewoudtville à Port Elizabeth, alignées en crêtes « appalachiennes » plus ou moins parallèles d'altitude de 1 000 à 1 500 m, les pluies peuvent varier de 250 à 800 mm, contre 510 mm au Cap, sauf sur quelques pics dépassant 2 000 m, notamment sur le rebord montagneux de direction méridienne qui s'élève face aux perturbations atlantiques, depuis l'est de Cape Town jusqu'au Cederberg, où plus de 1 500 ou 2 000 mm sont possibles. Mais on le sait, la physionomie du fynbos de montagne est assez peu différente de celle du fynbos côtier (chap. 5). On peut seulement distinguer des types plus ou moins secs ou humides, avec une prédominance des Éricacées sur les sommets humides face au sud, des Restionacées sur les pentes gorgées d'eau l'hiver, des Astéracées sur les pentes plus sèches des versants nord, des Protéacées sur les reliefs gréseux. Les Éricacées dominantes couvrent surtout les pentes des monts Langeberg, Outeniqua et Tsitsikamma, où les précipitations atteignent 1 500 mm par an. Les reboisements effectués avec des arbres méditerranéens thermophiles (pin maritime, pin de Monterey , eucalyptus karri…) montrent la quasi-absence du gel dans les zones côtières, et s'il existe dans les montagnes, il est peu rigoureux et peu fréquent. Quant aux podocarpes de la forêt afromontagnarde de Knysna, ils se situent à peine dans un étage de végétation « montagnard » (au sens alpestre du terme), plutôt dans un « étage collinéen », puisqu'à cette latitude cette formation hygrophile trouve ses conditions tempérées à des altitudes qui vont généralement de 1 000 m jusqu'au bord de mer. Des écotones fynbos-forêt sont même établis sur des affleurements rocheux dans des gorges, se faufilant parfois le long des cours d'eau.

En Californie : des étagements remarquables

La place essentielle des conifères d'altitude dans les paysages

Du supra- à l'oro-californien leur diversité est très grande. Ils se répartissent entre la famille des Pinacées (genres *Pinus, Abies, Picea, Tsuga, Pseudotsuga*), la famille des Cupressacées (genres *Cupressus, Chamaecyparis, Calocedrus, Thuja, Juniperus*), la famille des Taxodiacées (genres *Sequoia* et *Sequoiadendron*), et la famille des Taxacées (genres *Taxus* et *Torreya*).

Trois phénomènes se combinent pour compliquer les étagements de Californie. D'abord l'absence de barrière est-ouest (mer et relief), qui explique de nombreuses interpénétrations d'espèces, la présence de ligneux reliques comme le séquoia Redwood, en peuplements quasi continus au nord de San Francisco, au long des Coast Ranges, ou bien le séquoia géant de la Sierra Nevada, ou encore de nombreux pins. Ensuite la diminution de la pluviosité du nord vers le sud, qui permet aux formations à chênes sclérophylles dominants puis au chaparral de relayer progressivement la forêt de Redwood et la forêt mixte sur les Chaînes côtières. Enfin, les effets d'abri, qui accentuent les contrastes entre les versants. Bien plus haute que l'écran côtier des Coast Ranges, la Sierra Nevada (4 418 m au mont Whitney) offre sur son versant occidental une large gamme de forêts diverses, tandis que sur le versant oriental la forêt cède vite la place vers le bas aux formations subdésertiques du Grand Bassin.

Sur le versant occidental de la Sierra Nevada, les auteurs californiens distinguent trois étages principaux qui surmontent les formations thermo-méso-californiennes (fig. 8, 9). Au-dessus des chênes caducifoliés (Valley Oak, Douglas Oak) ou sclérophylles (Interior et Canyon Live Oaks) et du chaparral, ils observent : un étage montagnard de conifères, *the montane coniferous forests*, ici non constitué d'une forêt mixte (avec des feuillus) mais essentiellement de résineux, d'ailleurs guère semblables à ceux du bassin méditerranéen ; puis un étage subalpin, *the subalpine forests* ; et enfin un étage alpin asylvatique, *the alpine belt*. Comme cette terminologie rappelle l'étagement des montagnes tempérées d'Europe, nous utiliserons les correspondances établies par Pierre Quézel.

À l'ouest de la Sierra Nevada, the *lower montane coniferous forest*

Contrairement au bassin méditerranéen où l'étage correspondant au supra-californien voit plutôt dominer les chênes, il s'agit ici de forêts compactes de conifères (avec parfois des chênes encore présents).

À partir de 1 100 m en ubac et 1 400 m en adret jusque vers 2 100-2 300 m, on rencontre soit le célèbre séquoia géant, en reliques probables, soit des pins d'altitude : des Hard Pines (pins durs), le pin jaune et le pin de Jeffrey, et un Soft Pine (pin tendre), le pin à sucre. Les Hard Pines ont un bois plus lourd, plus jaune, que celui des Soft Pines, car ils en produisent davantage l'été. Et leurs aiguilles sont généralement attachées par touffes de 2 ou 3 sur le rameau, contrairement à celles des pins tendres, groupées par 5 (excepté des espèces comme le pin pinyon à 1 aiguille). Les principaux pins qui se rencontrent pratiquement dès le niveau de la mer ont été présentés, même s'ils peuvent grimper fortement, dans le chapitre 3 consacré aux forêts des basses terres : le Monterey Pine (vicariant californien des pins d'Alep et brutia), les Coast Lodgepole Pines (ou Beach Pine), le Knobcone Pine (au niveau de la mer dans le comté de Santa Cruz), ou encore le célèbre Digger Pine (ou Foothill Pine) qu'on peut apercevoir dès 30 m d'altitude dans la Sacramento Valley…

Le **pin jaune** – Yellow Pine – *(Pinus ponderosa)* est sans doute l'arbre le plus représentatif de l'Ouest américain.

Il est présent du Dakota au Nouveau Mexique, et de la Colombie britannique à la Californie. On observe communément des spécimens de 400 à 500 ans, hauts de 60 m, d'où le nom de « *ponderosa* » donné à ces arbres « pondéreux » par le botaniste David Douglas… La variété typique, à aiguilles groupées par 3, occupe les États côtiers du Pacifique. En Californie, des peuplements quasi continus (fig. 10) se déroulent depuis les Cascades jusqu'à la Kern River (sud de la Sierra Nevada) et le comté de Napa (au nord de San Francisco). Mais d'autres groupements existent dans les montagnes de Santa Cruz et la Santa Lucia Range, ainsi que dans les Chaînes transverses et péninsulaires (Lanner, 2002). Le ponderosa est associé, sur le bord inférieur de son aire (150 m dans les canyons ensoleillés de la Sierra Nevada), au Gray Pine, puis plus haut, au Douglas-fir, au Sugar Pine et au séquoia géant (notamment dans le Sequoia National Park, vers 1 400-1 500 m). Enfin, son horizon supérieur (à plus de 1 500 m au nord et plus de 2 000 m au sud) chevauche la zone du pin de Jeffrey, lequel monte jusqu'à 2 400 m au nord et 2 900 m au sud de la Californie. Le pin jaune de l'Ouest est une espèce résistante à la sécheresse, admirée pour sa splendide colonne, le beau puzzle de son épaisse écorce jaune orangé, et ses cônes marron clair (7 à 12 cm de long) aux écailles piquantes. Aujourd'hui, des feux contrôlés, en éclaircissant le sous- bois, lui apportent l'espace et la lumière dont il a besoin, donnant moins de prise aux incendies sauvages, lesquels peuvent se révéler catastrophiques dans ces forêts.

Le **pin de Jeffrey** – Jeffrey Pine – *(Pinus jeffreyi)*, souvent associé au pin ponderosa, fut d'abord considéré comme une sous-espèce, confusion due à leur fréquente hybridation.

En fait, il diffère par son écorce de couleur cannelle qui fleure parfois la vanille, ses aiguilles plus claires, ornées de lignes blanches et dégageant une odeur d'orange lorsqu'on les froisse, et par ses cônes matures plus longs (15-20 cm contre 10), aux formes d'ananas et aux piquants tournés vers l'intérieur. Ce dernier caractère permettant de distinguer rapidement les deux espèces : le cône doux au toucher est celui d'un Jeffrey Pine. De même que le tronc : dépourvu des grandes plages claires du ponderosa, il apparaît bien plus sombre et davantage sillonné… *Pinus jeffreyi* pousse en général plus haut que le pin jaune (fig. 9), souvent en populations presque pures, sur les deux versants de la Sierra Nevada (fig. 10), surtout sur les sols bien drainés, granitiques et volcaniques. Il est vrai que dans les Klamath et les Coast Ranges du nord de la Californie on le découvre très bas, jusqu'à moins de 100 m, sur des affleurements de roche métamorphique (serpentine). Mais sur le flanc oriental de la Sierra, où se trouve le plus vaste peuplement pur, dans le nord de l'Inyo National Forest (celui des Glass Mountains, à l'est de Crestview), il se situe entre 1 700 et 2 700 m d'altitude, parfois mélangé à des sapins ou au pin

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Pinyon. Sur le flanc occidental, où il s'associe aux Yellow, Sugar et Sierra-Cascade Lodgepole Pines ainsi qu'à divers sapins (Red et White Firs), on le rencontre un peu plus bas, entre 1 500 et 2 400 m. Mais sur les montagnes du sud de la Californie, on le verra plus loin, sa position altitudinale est encore plus étendue, de 1 300 à plus de 2 900 m. Résistant au gel, le pin de Jeffrey est aujourd'hui menacé par la pollution automobile, le *smog* du bassin de Los Angeles ayant déjà détruit des milliers d'hectares de forêts de ce pin comme de ponderosa. Ironie du sort, explique le forestier naturaliste Stephen F. Arno, puisque le Jeffrey contient un hydrocarbure (l'heptane), plus pur et moins cher que celui du pétrole, qui contribua à l'expansion de l'automobile ! (ARNO, 1973). Et comble de l'ironie, si l'homme est grandement responsable de la déforestation, ce sont les animaux qui facilitent la régénération de l'espèce. En effet, selon le chercheur forestier Ronald M. Lanner, celle-ci dépend largement de rongeurs vivant dans les Yellow et Lodgepole Pines, qui amassent et vont cacher dans le sol les graines de Jeffrey tombées, les éparpillant jusque dans les clairières (LANNER, 2002).

Le **pin à sucre** – Sugar Pine – *(Pinus lambertiana)* est sûrement l'un des pins les plus gros, les plus hauts (jusqu'à 65-70 m) et les plus beaux du monde. Avec ses aiguilles vert bleuté à lignes blanches attachées par paquets de 5, et surtout ses énormes cônes pendants d'au moins 30 cm de longueur (on en connaît de 60 cm !). Les oiseaux ne peuvent guère piller ces gigantesques cylindres, qui restent tout au bout des branches hautes horizontales (parfois à 12 m du tronc) jusqu'à ce qu'ils sèchent et lâchent, en septembre, leurs énormes graines. En les découvrant dans l'Oregon en 1826 (précisément en septembre), dans ce qu'on appelle maintenant la Sugar Pine Mountain près de Roseburg, David Douglas, qui voulut en décrocher quelques-uns à coups de fusil, faillit se battre avec des Indiens hostiles… L'on sait comment le botaniste écossais vécut pendant des années dans des forêts inexplorées d'Amérique du Nord, parcourant en solitaire des milliers de kilomètres, récoltant des spécimens de pin à sucre, de pin jaune ou de Monterey, de sapin noble ou Douglas, ou encore d'épicéa de Sitka, pour les envoyer en Angleterre. On se rappelle aussi pourquoi il ne put rentrer en Écosse, par la Sibérie et l'Europe comme il le souhaitait, ayant été tué par un bison au fond d'un piège… Mais ses envois avaient été si appréciés que dans les années qui suivirent sa disparition en 1834 presque tous les spécimens de l'Ouest américain étaient déjà parvenus en Grande-Bretagne, notamment le séquoia Redwood et le *Sequoiadendron*. Le nom vernaculaire du *Pinus lambertiana* provient des croûtes de résine sucrée qui cristallisent au bord des cicatrices. Jadis, elles étaient utilisées comme laxatif par les Indiens, pourtant John Muir – l'autre grand voyageur naturaliste écossais – disait les préférer au sucre d'érable… Déjà indifférent au sol, le pin à sucre pousse sous climat plus ou moins humide (de 500 à 2 250 mm) depuis l'ouest de l'Oregon et le nord des Coast Ranges (où on le rencontre presque au niveau de la mer) jusqu'au nord de la Basse-Californie (où il s'élève à près de 3 000 m). Mais surtout, il occupe le versant occidental de la Sierra Nevada, entre 700 et 2 300 m d'altitude, en populations plus ou moins éparses dans les forêts de Ponderosa Pine, Douglas-fir ou encore de White Fir. Grâce à son épaisse écorce résistante aux incendies, le pin à sucre a pu atteindre l'âge de 500 ans, « l'homme blanc ayant été la seule vraie menace pour sa survie » (ARNO, 1973). De fait, avec ce Soft Pine les colons construisirent leurs maisons et, pendant la ruée vers l'or, des puits de mine.

Sur le même versant, le séquoia géant

Classé en 1939 dans un genre nouveau, le *Sequoiadendron* trône dans *the lower montane coniferous forest* également à l'étage supracalifornien. Le nom de genre *« Wellingtonia »* lui avait d'abord été donné par les Anglais, en souvenir du vainqueur de Waterloo. Mais l'Amérique a préféré celui que le botaniste autrichien Stephan Endlicher emprunta au chef Cherokee Sequoyah, qui avait inventé un alphabet pour sa tribu. L'arbre géant a donc reçu le nom de *« Sequoia gigantea »*, avant de devenir finalement un *Sequoiadendron giganteum*, le botaniste J. T. Buchholz ayant démontré que les deux séquoias (le Coast Redwood et celui de la Sierra Nevada), tout en ayant des liens de parenté, ne faisaient pas partie d'un même genre botanique.

Le Giant Sequoia, parfois appelé Sierra Redwood, se positionne surtout entre 1 350 m et 2 250 m d'altitude (HARVEY *et al.*, 1980 ; JOHNSTON, 1994), associé aux divers pins d'altitude (ponderosa, Jeffrey et Sugar Pines), mais aussi aux sapins de Douglas (*Pseudotsuga*), aux sapins blancs (White Firs), aux chênes de Kellog (Black Oaks) et aux cèdres blancs de Californie (Incense-Cedars). Cette dernière espèce *(Calocedrus decurrens)*, malgré son nom, n'a aucun rapport avec les véritables cèdres (genre *Cedrus*) de l'Ancien Monde. Cet arbre sciaphile a été favorisé au XXe siècle par la diminution de la fréquence des incendies. Le genre *Calocedrus* appartient à la famille des cyprès (Cupressacées) – comme d'autres « cèdres » au Chili ou en Afrique du Sud – laquelle est aussi représentée, on le sait, par les genres *Cupressus* (les vrais cy-

près), *Chamaecyparis* (les faux cyprès), *Juniperus* (les genévriers) et *Thuja* (les thuyas, parfois aussi baptisés « Cedars » en Amérique du Nord).

Le séquoia géant a un volume souvent plus fort, mais une taille plus faible que son cousin de la côte ouest. Dès 1870, Théodore Kirchhoff décrivait ainsi l'un de ces colosses étendu à terre dans la vallée de Yosemite : « Quand il était debout, cet arbre devait avoir environ quarante pieds d'épaisseur [environ 12 m], cent vingt pieds de circonférence [36 m] et sa hauteur devait être de quatre cents pieds [120 m], c'est-à-dire trente-six pieds [11 m] seulement de moins que la flèche de Strasbourg. On évalue l'âge de ce géant à trois mille quatre cents ans, ce qui nous reporte à peu près au temps de Sésostris » (KIRCHHOFF, 1876). Si certaines données de ce voyageur semblent aujourd'hui surévaluées, on n'est pourtant pas très loin de la réalité. Certes, le Redwood des Chaînes côtières, celui des brouillards, détient le record du monde de hauteur, avec plus de 115 m, mais le Sequoiadendron est souvent plus gros, d'où son nom de séquoia géant ou de Big Tree. Mesuré en 1975, le General Sherman Tree, qui faillit s'appeler « Karl Marx Tree » lors de la création du Sequoia National Park en 1890, arbore magistralement les 84 m (275 pieds) d'un énorme tronc dont la base fait 11 m de diamètre et 31 m de circonférence. La première grande branche a 2 m d'épaisseur, et ne se rencontre qu'à 40 m de hauteur : elle pourrait couvrir un immeuble de 12 étages.

L'alpiniste photographe James Balog a escaladé l'un de ces Sequoiadendrons nommé « Stagg » (74 m), près d'Alder Creek, sur le flanc ouest de la Sierra Nevada. Sous la pluie froide de décembre, handicapé par un bras dans le plâtre… « Descendre de quatre mètres cinquante, prendre huit clichés pour couvrir l'arbre de gauche à droite, recommencer vingt fois… Des rafales de vent font danser et tournoyer la corde en tous sens. Pris dans ce manège fou, Balog mitraille. Il veut être sûr de ne rater aucun angle, aucune branche, aucune brindille. Quand il touche terre après quatre heures dans les airs, il peut à peine marcher », rapporte la journaliste Anne-Marie Koenig dans le *Géo magazine* qui montre l'extraordinaire reconstitution photographique de Balog (KOENIG, 2007). L'alpiniste s'est ensuite attaqué au Redwood Stratosphere (113 m) du Humboldt Redwoods State Park (au sud d'Eureka).

Le *Sequoiadendron* possède une très grande longévité et une croissance des plus rapides du monde. Le Sierra Redwood serait plus âgé que le Coast Redwood, un maximum de 3 200 ans contre 2 200 ans. John Muir avait même parlé de 4 000 ans, faisant du Big Tree l'arbre le plus âgé du monde. Mais l'on sait aujourd'hui que le record de longévité – près de 5 000 ans – est attribué au pin bristlecone *(Pinus longaeva)* du Grand Bassin (Nevada), qu'on trouve aussi un peu en Californie, à 3 000-3 300 m, sur les sommets des White et Inyo Mountains, non loin de l'Owens Valley qui longe le versant oriental de la Sierra. Le comptage des cernes de croissance, sur de minces tranches de bois prélevées à la base des troncs, est la méthode la plus fiable, cependant il a fallu la réviser dès 1911-1912, les anneaux étant beaucoup plus écartés (souvent de 12 mm au lieu d'un seul) sur les jeunes arbres, donc aussi au cœur des géants. Et à partir de 1964, le Dr Hartesveldt montra que l'âge des Big Trees avait été surestimé, le General Sherman Tree ayant finalement moins de 2 500 ans (l'estimation actuelle est de 2 300 à 2 700 ans). Selon Ronald M. Lanner, la croissance du General Sherman Tree est très rapide. Le tronc qui aurait un volume de 1 500 m^3, prendrait un millimètre d'épaisseur par an, ce qui suffirait à lui adjoindre annuellement 1,4 m^3, soit 140 stères de bois par siècle (LANNER, 2002). La reproduction des séquoias géants est souvent tributaire des incendies, qui contribuent à libérer les graines, l'air

***Giant Sequoia* à l'étage supra-californien.**



© M.-A. Coudray-Tassin

À cet étage, les conifères deviennent prédominants : le séquoia géant s'y associe aux divers pins d'altitude, mais aussi aux sapins et cèdres blancs.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

chaud s'élevant vers le feuillage et les cônes situés très haut au-dessus du sol (à partir de 25 ou 30 m). Contrairement à celui du Redwood formé d'aiguilles plates, ce feuillage est moins épais, fait de petites écailles qui se chevauchent en spirale, parfois pointues, lancéolées. Seuls les jeunes arbres, de forme pyramidale, permettent de l'observer de près. De la taille d'un gros œuf de poule, les cônes peuvent rester verts, attachés aux branches, sans s'ouvrir. Ils ne foisonnent qu'après deux siècles d'existence : un très gros arbre peut en porter plus de 30 000, chaque cône possédant de 100 à 300 minuscules graines. Certes, le petit écureuil chickaree, qui savoure les écailles plates en forme de diamant mais délaisse fort heureusement les graines, peut faire tomber 10 000 cônes en une saison. Mais aujourd'hui, les rangers ont compris l'importance des feux contrôlés qui font s'ouvrir les pommes, éclaircissent le sous-bois, enrichissent le sol de cendres, donnent de la lumière et de l'espace aux jeunes pousses, leur permettant une meilleure capitalisation des ressources en eau. La sous-strate parfois dense d'espèces sciaphiles, comme les White Firs ou les Incense-cedars, est éliminée. Les troncs des séquoias géants montrent par leurs nombreuses cicatrices noires leur résistance multiséculaire au feu. Celle-ci tient de l'épaisseur de leur belle écorce fibreuse couleur cannelle, jusqu'à 50 ou 60 cm, mais également de leur tannin qui protège le bois de la pourriture et des insectes. Le Sherman Tree, qui est marqué sur 50 % de son périmètre par de telles blessures, en possède une profonde en forme de triangle, de 3,5 m de base et 8 m de hauteur ! William Tweed pense que ce géant a dû brûler pendant sa vie au moins 50 fois, sinon plus d'une centaine de fois (TWEED, 1988). Cet auteur signale aussi sa résistance au poids de la neige et de la glace, ainsi qu'aux séismes, notamment celui de 1872 qui souleva une partie de la Giant Forest de plus de 3,5 m. Pourtant, l'agrandissement des cicatrices par des feux intenses et trop fréquents, tout comme les violentes tempêtes et les lourdes charges de neige peuvent affaiblir les géants de la Sierra, qui ont des racines étendues mais trop peu enfoncées dans le sol. On se souvient du Wavona Tree qui en 1969 s'écrasa à l'âge de 2 200 ans dans le sud du Yosemite National Park (le Mariposa Grove), déséquilibré à la fois par la neige et le tunnel qui avait été percé dans le tronc (ARNO, 1973).

L'aire de *Sequoiadendron giganteum* se limite à une étroite ceinture d'environ 75 ensembles, où l'humidité est disponible en été (fig. 10). Si son ancêtre du Miocène poussait au Nevada et dans l'Idaho, la surrection de la chaîne névadienne le fit migrer, il y a environ 7 millions d'années, vers le versant ouest de cet écran qui asséchait le Grand Bassin, et jusqu'à des zones refuges méridionales lors du refroidissement quaternaire. Les peuplements reliques s'y éparpillent donc aujourd'hui sur des sites humides où les précipitations annuelles peuvent varier de 1 100 mm, à l'ouest du lac Tahoe, à 1 500 mm, à l'ouest du mont Whitney. Le dixième de ces groupements appartient à des propriétés privées, et un tiers à trois parcs nationaux : le Yosemite National Park à la latitude de San Francisco ; le Kings Canyon N. P. avec son General Grant Tree ; le Sequoia N. P. à la latitude de Monterey , avec sa Giant Forest qui renferme les plus gros spécimens, dont le General Sherman, le Washington et le Lincoln Trees. Mais depuis sa création en 2000 par le Président Clinton, c'est le Giant Sequoia National Monument, qui est devenu le premier parc avec près de la moitié des groupements. Rassemblant les 34 peuplements de la Sequoia National Forest, ses deux unités sont administrées par l'U.S. Forest Service : l'unité Nord, au niveau de Fresno et du Kings Canyon N.P., et l'unité Sud au niveau de Porterville. Sur les contreforts de la Sierra Nevada, un circuit pour randonneurs et cavaliers appelé « piste John Muir » rappelle l'aventure du célèbre botaniste, géologue, écrivain (1838-1914), qui avait milité pour la création des parcs naturels. Long de 338 km, ce circuit balisé en 1938 part du Yosemite National Park pour finir dans le Sequoia National Park.

Disparus du bassin méditerranéen lors des glaciations, *Sequoia* et *Sequoiadendron* ont été importés d'Amérique par des Européens au moment de la Révolution industrielle. La Méditerranée ayant fait obstacle, les séquoias n'ont pu trouver refuge au sud aux périodes glaciaires. Mais le climat tempéré humide (surtout océanique) de l'Europe a favorisé leur importation vers la fin du XIXe siècle et à la Belle Époque. Des semences ont été ramenées du Nouveau Monde dans nombre de jardins publics ou privés, demeures ou manoirs, signes extérieurs de réussite de la Révolution industrielle. Aujourd'hui, de jeunes arbres âgés de 100 à 150 ans, d'environ 40 à 50 m de haut et de près de 10 m de circonférence, souvent isolés, pointent au-dessus du paysage, du Portugal à la Finlande et de l'Irlande à la Roumanie. Le plus grand séquoia géant européen (54 m) se trouverait au jardin botanique de Benmore en Écosse. Pourtant, certains spécimens pourraient être menacés par le réchauffement actuel, car manquant de place pour étaler des racines peu profondes (1,50 m) dans un rayon qui peut atteindre 30 m. En effet, cette espèce n'a pas de racine centrale verticale pour pomper l'eau profondément.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

***Sequoiadendron* dans une propriété privée (Loiret, France).**

Disparus pendant les glaciations quaternaires à cause de l'obstacle mer Méditerranée, *Sequoia* et *Sequoiadendron* sont aujourd'hui présents dans de nombreux jardins publics et propriétés privées d'Europe. Des graines importées du Nouveau Monde lors de la Révolution industrielle ont donné des arbres âgés de 100 à 150 ans, de 40 m de haut et de près de 10 m de circonférence.

Trois autres étages sur le versant occidental névadien

L'étage montagnard-californien correspond à *the upper montane coniferous forest* des auteurs californiens (de 2 000 à 2 800 m). C'est le plein domaine du sapin rouge – Red Fir – *(Abies magnifica).* Le Red Fir pousse pratiquement tout le long du système Sierra-Cascade entre 1 400 et 2 700 m, sur des sols profonds et morainiques, résistant dans des sites où les énormes chutes de neige (parfois plus de 9 mètres d'épaisseur sur un hiver) peuvent la faire persister jusqu'en juillet : D. C. Peattie a parlé d'une « *snow forest* » où domine ce sapin. Parfois il s'associe aux arbres de l'étage sous-jacent comme le pin de Jeffrey, lequel monte, on l'a vu, jusque vers 2 400 m. Il voisine aussi avec le pin de Murray, le Sierra-Cascade Lodgepole Pine au gros tronc droit et à la couronne étroite, dont l'aire se situe entre 1 800 et 2 700 m d'altitude. Et dans l'extrême nord-ouest de la Californie, il pourrait s'hybrider avec le Noble Fir *(Abies procera)* des Cascades, le plus grand sapin du monde qui peut atteindre près de 80 m et vivre 600 ans (LANNER, 2002). Quand il est jeune, *Abies magnifica*, « le Magnifique Sapin d'Argent », comme l'appelait John Muir, porte des aiguilles argentées (vert bleuté avec des lignes blanches). Et si son écorce est fine, lisse et grise, avec les années elle s'épaissit, se creuse en profonds sillons, et devient marron ou violet rougeâtre, d'où son nom. Le Red Fir peut devenir un géant de plus de 60 m de haut et 3 m de diamètre, et vivre 500 ans.

A ces altitudes, dans la Sierra Nevada, le Red Fir coexiste avec le sapin blanc – White Fir – *(Abies concolor).* Le White Fir a des aiguilles de même couleur, vert bleuté mais avec des lignes blanches sur les deux faces, d'où le nom de sapin concolore. Elles forment des rangs plats quasi perpendiculaires sur les rameaux, qui sont doux au toucher mais semblent frappés par le gel quand on les regarde d'en bas, d'où le nom de sapin blanc. Certes, l'aire du White Fir couvre un vaste espace de l'Oregon à l'Idaho, et de la Californie au Nouveau Mexique, et la variété californienne se situe à des altitudes diverses, de 900 m dans les Coast Ranges du nord à plus de 3 000 m dans la Sierra San Pedro Martir, en Basse-Californie, où la sécheresse le fait remonter. Mais ce sapin, qui peut s'associer à presque tous les conifères de montagne de Californie (LANNER, 2002), se rencontre largement dans la Sierra Nevada, sur ses deux versants, entre 1 100 et 2 300 m. Lui aussi peut devenir un géant d'une

cinquantaine de mètres de haut, comme dans la Sierra National Forest.

L'étage oro-californien correspond aux *subalpine forests* (entre 2 800 m et 3 500 m), à forêts naines et claires de pins et de Hemlocks de montagne (fig. 9, 10).

Le pin à écorce blanche – Whitebark Pine – *(Pinus albicaulis)* ne dépasse guère 15 m de haut.

Bien souvent, il n'est qu'un petit arbre à tronc tordu, déformé par le vent et le froid, à port prostré, aux aiguilles rigides et un peu courbées. Son écorce blanchâtre qui reste longtemps lisse est fine, même chez les vieux spécimens, et forme de petites plaques. John Muir qui comptait les anneaux de croissance, en avait trouvé 426 dans un tronc de seulement 15 cm de diamètre (ARNO, 1973). C'est dire son adaptation, sa résistance au froid et à la neige… Sur les crêtes de la Sierra, du lac Tahoe au mont Whitney, on le trouve généralement entre 2 700 et 3 600 m. Mais son aire s'étend aussi jusqu'en Colombie Britannique et dans les Rocheuses. Cet étage sylvatique culminant rappelle un peu celui des Atlas nord-africains, par la relative nudité du sous-bois malgré le faible couvert des arbres. Cette pauvreté s'expliquerait par l'épaisseur de la neige sur les sommets de la Sierra Nevada et par la sublimation (due à une forte insolation) de ce manteau nival, lequel ne profite donc pas aux plantes.

D'autres pins de haute altitude sont, comme le pin à écorce blanche, des Soft Pines à aiguilles groupées par 5. Celles-ci sont parfois plus longues, chez le Western White Pine *(Pinus monticola)*, ou beaucoup plus courtes (3-4 cm), chez le Foxtail Pine *(Pinus balfouriana)* dont les rameaux ressemblent à une queue de renard. Par contre, les aiguilles et les rameaux du Limber Pine *(Pinus flexilis)* et du pin à écorce blanche sont presque identiques, et ce sont les cônes qui permettent de les distinguer. Alors que ceux du Whitebark se désintègrent pour lâcher leurs graines, ceux du Limber restent intacts pendant plusieurs années. Ces deux espèces croissent d'ailleurs rarement ensemble : si le Whitebark semble confiné dans les zones neigeuses, le Limber occupe plutôt les adrets rocheux plus secs, surtout sur le versant oriental de la Sierra et les chaînes arides qui lui font face : Inyo et White Mountains, Panamint Ranges. Le Limber Pine est d'ailleurs le seul pin (avec le pinyon) associé au Bristlecone Pine, le plus vieil arbre du monde, qui pousse, on l'a dit, à 3 000-3 300 m sur les sommets des White Mountains.

Le Mountain Hemlock *(Tsuga mertensiana)* est depuis longtemps admiré pour sa beauté.

Dans son premier livre, *The Mountains of California*, écrit en 1894, John Muir évoquait son sommet et le bout de ses branches recourbés, ses aiguilles qui rayonnent autour des rameaux, son écorce brun violacé ou brun rougeâtre profondément sillonnée, souvent ornée de lichens, enfin ses cônes aux écailles arrondies, d'ailleurs bien plus gros que ceux du Western Hemlock *(Tsuga heterophylla)* de la forêt de Redwood (7-8 cm au maximum contre 2-3 cm). Cette taille des cônes et la forme et la disposition des aiguilles du Mountain Hemlock étant plus proches de celles des Spruces (les épicéas) que des Hemlocks en général, John Muir lui donna le nom de Hemlock Spruce (ARNO, 1973). En 1949, un botaniste français émit même l'idée qu'il serait un hybride du Western Hemlock et de l'épicea de Sitka, théorie actuellement abandonnée. Le Mountain Hemlock est bien un vrai *Tsuga*, qui peut atteindre 30 m, mais n'est plus, à la limite supérieure des arbres, qu'un gros arbuste affalé sous la neige, dont les branches prennent racine dans le sol. On le rencontre sur les montagnes neigeuses, à faible altitude sur les chaînes côtières d'Alaska (environ 100-600 m), à partir des Kenai Mountains (au sud d'Anchorage). Dans les Siskiyou Mountains (à 100 km au nord d'Eureka), il est à 1 200-1 800 m et dans le sud de la Sierra Nevada, où son aire s'interrompt brutalement vers le Sequoia National Park, il se situe en général sur les ubacs entre 2 700 et 3 400 m (3 000 m sur le versant oriental). Il s'éparpille entre les rochers granitiques, parmi les derniers Red Firs et Lodgepole Pines mais aussi les pins à écorce blanche, colonisant le bord des cours d'eau et des lacs glaciaires, et de plus en plus les prairies de bruyère et de fleurs sauvages, « peut-être à cause du réchauffement climatique » pense Ronald M. Lanner. Enfin, *Tsuga mertensiana* est également présent dans les Rocheuses du Nord.

Quant à l'étage alti-californien, *the alpine belt* des auteurs californiens, il n'est plus constitué que d'une steppe d'altitude. On y rencontre de nombreux géophytes, des lupins et des ancolies, des plantes rampantes ou des buissons nains qui s'accrochent aux éboulis, sans que l'on retrouve les pelouses à Graminées vivaces ou les coussins épineux de chaméphytes du bassin méditerranéen, « totalement absents dans le Nouveau Monde » (GRABHERR, 1999).

Les autres versants montagneux de Californie

Sur le versant oriental plus sec de la Sierra Nevada, les étages sont moins étendus. En dessous de la steppe d'altitude se trouvent les bois plus ou moins nains de pins (Whitebark, Foxtail, Limber, Lodgepole) et de Hemlocks, puis viennent les forêts de pins de Jeffrey (vers 2 000 m), en populations pures ou associés aux sapins (Red

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

et White Firs) et à des genévriers (Sierra Juniper). Enfin, les formations présteppiques (méso-californiennes) sous-jacentes, à pins pinyons et à genévriers (Utah, Sierra ou California Juniper) finissent par entrer en contact surtout avec la steppe à armoise qui va s'étendre dans le Grand Bassin à environ 2 000 m d'altitude (étage méso-californien semi-aride). Au sud-est de la chaîne, elles rencontrent la steppe subdésertique à Creosote Bush.

Sur les Chaînes côtières plus basses ont déjà été évoquées, à cause de leur position parfois juxtalittorale : la forêt de Redwood (étage thermo-méso-californien perhumide) ; la forêt mixte (étage méso-californien humide) ; la forêt à chênes sclérophylles dominants (étage méso-californien subhumide) qui les relaie progressivement vers le sud ; et sur leur versant oriental, les lambeaux de chaparral ou les prairies piquetées de chênes Douglas ou de Digger Pines (étage thermo-californien semi-aride) qui descendent vers la Vallée centrale.

Sur les Chaînes transverses, bien plus hautes, le schéma de l'étagement est peu différent de celui de la Sierra Nevada occidentale. En effet, les conifères dominent toujours l'étage supra-californien (1 300 à 2 000 m), cependant les séquoias géants y sont absents. Parfois associés à des chênes toujours verts (le Canyon Oak) ou caducifoliés (le Black Oak), les deux espèces dominantes sont le pin jaune, et un peu plus haut le pin de Jeffrey, très répandu aux ubacs, associé au sapin blanc concolore, au pin à sucre et à un pin à gros fruits *(Pinus coulteri)*, un Hard Pine plus petit que lui (20-25 m), avec lequel il peut s'hybrider. Ce Coulter Pine se rencontre aussi bien sur les piémonts que sur les flancs des Chaînes transverses, à 750-2 150 m d'altitude, excepté entre les Santa Ynez et les San Gabriel Mountains où il est curieusement absent (LANNER, 2002). Mais on le trouve également dans le sud des Chaînes côtières et dans les Chaînes péninsulaires jusqu'en Basse-Californie. On le repère facilement grâce à ses longues aiguilles (30-35 cm) et ses cônes aux épaisses écailles à écussons recourbés en longs crochets (2-3 cm). Plus gros que chez les autres pins, les cônes du Coulter Pine peuvent être de même longueur que les aiguilles (35 cm) et peser parfois 2 kg !

À l'étage montagnard-californien (2 000 à 2 800 m environ), on retrouve la plupart de ces conifères. Il s'agit essentiellement du pin de Jeffrey, du pin à sucre et du sapin blanc concolore, avec cependant en haute altitude le pin de Murray (Lodgepole), et sur les versants les plus secs (est et sud) des genévriers (Sierra Juniper) et des espèces du *montane chaparral* (manzanitas, céanothes, acajou de montagne…)

Enfin, à l'étage oro-californien se poursuit cette végétation à pin de Murray, sapin concolore et Sierra Juniper, dans des forêts claires où le Limber Pine *(Pinus flexilis)* est largement présent.

Sur les Chaînes péninsulaires, l'étage supra-californien est assez mal développé. « Il est constitué par des peuplements souvent disjoints de *Pinus jeffreyi*, mais les chênes sclérophylles sont encore présents » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Dans le nord de la province mexicaine de Basse-Californie où se dégrade peu à peu le climat méditerranéen, les premières pentes sont occupées par un maigre chaparral et des formations de plus en plus désertiques à cactées (comme les *Cirios*). Mais contrairement à la côte du golfe de Californie aux étés très chauds et très secs, le versant occidental des Chaînes péninsulaires est encore emprunt d'une forte humidité relative (souvent supérieure à 60 %), si bien que l'on retrouve des conifères à l'étage supra-californien, voire à l'étage montagnard-californien. Dans le Parque Nacional Constitución de la Sierra Juarez (à plus de 1 800 m) et le Parque Nacional de la Sierra San Pedro Martir (plus haut, à 3 000 m), M. F. PASSINI *et al.* (1989) ont distingué cinq formations avec comme dominante à peu près les mêmes espèces que dans les Chaînes transverses : le sapin concolore, le pin de Jeffrey, le pin à sucre, le pin pinyon Parry, aux aiguilles souvent groupées par 4, très tolérant à la sécheresse, et enfin aux stations les plus élevées le pin de Murray.

Au Chili central : de nombreuses interpénétrations d'espèces

Depuis le sud du pays, un échelonnement de forêts

En même temps, la limite supérieure de la végétation sylvatique passe « de 200 m vers 55° de latitude sud, à 800 m vers 50° et 1 600 m vers 40° » (HUETZ DE LEMPS, 1994), puis à 2 000 m vers 37° dans la province de Nuble. Mais la forêt cède ensuite progessivement le pas à un *matorral bajo de altitud* et une végétation plus ou moins steppique ou herbacée de haute montagne, *herbazal de altitud,* formations indiquées en territoire chilien dès la latitude de Chillan sur la carte de Luebert et Pliscoff (fig. 11). C'est donc au sud du domaine méditerranéen chilien (36-37° sud) que les étages forestiers sont les plus variés, du fait de la pénétration ou plutôt de l'empilement en altitude des formations végétales des régions tempérées et de la zone antarctique.

D'abord les « hêtres » austraux, les *Nothofagus* de la forêt valdivienne (44-38° sud), à feuilles caduques et surtout celui à feuilles persistantes *(Nothofagus dombeyi).* C'est le climat océanique

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

humide aux hivers doux (au gel quasi absent) qui explique cette domination du coiguë, ainsi que la densité d'une végétation qui comprend également des essences « de type tropical », des fougères arborescentes, des bambous *(Chusqueas)*, des épiphytes, des lianes, et le fameux copihue *(Lapageria rosea)* – la fleur nationale chilienne – essences parfois mêlées à des conifères *(Podocarpus* et *Libocedrus chilensis)*.

Ensuite les *Nothofagus* de la forêt nord-patagonienne (48-44°), mêlés cette fois aux magnifiques conifères *Araucaria* et *Fitzroya*. Ceux-ci poussent davantage sur les versants ensoleillés (face au nord). Les Fitzroya sont avec les coiguë les plus grands arbres du Chili : « les pluies sont considérables sur ces pentes directement exposées aux perturbations océaniques (souvent 3 ou 4 m par an) » (HUETZ DE LEMPS, 1994). Il est vrai que l'effet d'abri n'existe plus au sud de Puerto Montt, où la dépression longitudinale se brise en une multitude de canaux, d'îles et d'archipels, avant de plonger sous la mer.

Enfin, arrivent aussi en altitude jusqu'à la province de Nuble, les *Nothofagus* plus petits de la forêt subantarctique (55-48°). Cette forêt correspond à un climat humide aux hivers rigoureux d'une zone australe qui s'abaisse lentement et se termine dans un éparpillement de volcans, de glaciers, de fjords et de steppes polaires (toundra).

Dans le domaine méditerranéen, surtout les forêts à *Nothofagus* des Andes

Elles correspondent aux étages bioclimatiques humide et surtout « très humide, sans doute le moins méditerranéen de tous avec un seul mois d'été totalement sec », observe l'agronome Michel Étienne. Cet ancien professeur d'écologie à l'université de Santiago a montré qu'au Chili on retrouve la diversité bioclimatique du bassin méditerranéen, qu'il décrit étage par étage dans un numéro de *Forêt méditerranéenne* (septembre 1985). Des provinces de Valparaiso et Santiago à celle de Nuble (Chillan) où les pluies augmentent, on peut, en simplifiant, distinguer suivant la latitude plusieurs types d'étagements.

Jusqu'à la province de Cochalgua (latitude de San Fernando, 35° sud), sur les premières pentes des Andes et sur la Cordillère côtière – en fait succession de massifs aplanis, de falaises ou de plateaux n'excédant guère 1 500-1 600 m –, on rencontre les formations ouvertes buissonnantes et arborescentes du matorral (quillay, litre, boldo) et le roble *(Nothofagus obliqua)*. Ce *Nothofagus* à feuilles caduques, lisses sur les deux faces, vert foncé sur le dessus et vert bleuté en dessous, peut atteindre 35 m. Avec près de 550 espèces recensées, le Cerro La Campana, relief de 1 890 m situé dans le célèbre parc national du même nom, à une cinquantaine de kilomètres à l'est de Valparaiso, présente une très riche biodiversité, assez représentative des écosystèmes du Chili central méditerranéen :

– bois et matorral sclérophylles, jusque vers 1 000 m, avec notamment le peumo (versant sud), le litre, le quillay, le caven (versant nord) ;

– bois caducifoliés de *Nothofagus* (roble), de 1 000 à 1 600 m, en versant sud, en limite septentrionale de l'espèce en Amérique du Sud ;

– bois hygrophiles, plus bas (600-700 m) face aux brouillards, avec la présence du canelo, des épiphytes et des lichens ;

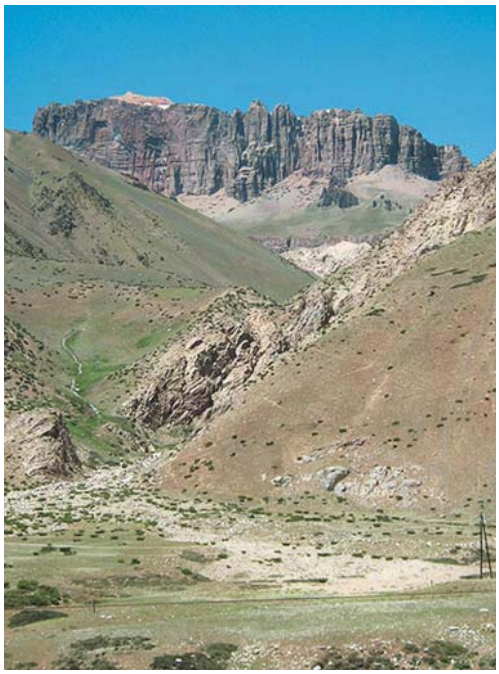
– formations xérophytiques d'épineux et de plantes succulentes (chagual, quisco) sur les pentes nord, entre 300 et 1 600 m ;

– steppe graminéenne *(Stipa, Festuca)* et quelque peu arbustive *(Chuquiraga)*, au-dessus de 1 600 m ;

– enfin palmier du Chili *(Jubea chilensis)*, jusque vers 1 000 m, seule espèce sous cette latitude.

Dans les Andes, au-dessus du matorral qui peut grimper jusqu'à plus de 1 000 m, on passe progressivement à une végétation steppique à épi-

Steppe d'altitude dans les Andes (33° sud).



© S. Voise

En traversant la chaîne andine, par la route qui conduit de Valparaiso à Mendoza, on rencontre au-dessus du matorral d'abord une steppe à épineux, cactus et buissons nains, puis herbacée de haute montagne.

neux, grands cactus et buissons nains, puis herbacée de haute montagne. *Chuquiraga oppositifolia* est une Astéracée andine de haute altitude (de 1,5 m au maximum) répandue de la IVe à la VIIe Région : elle accepte des températures à - 15 °C et jusqu'à 8 mois de neige.

Au sud de la province de Cochalgua, les formations du matorral sont progressivement remplacées par des forêts ouvertes de *Nothofagus* à feuilles caduques : *Nothofagus glauca, N. leoni, N. alessandri.* Au-dessus de cet étage apparaissent à l'extrême sud, à partir de la province de Talca, le coiguë sempervirent ainsi que le rauli à feuilles caduques *(Nothofagus procera)*. Moins haut que le roble avec ses 25 m maximum, le rauli a par contre des feuilles plus longues (10 cm contre 7 cm), régulièrement dentées, et tomenteuses sur les deux faces. Profitant de l'augmentation de la pluviosité et de la douceur des hivers, le coigüe peut atteindre 40 à 50 m de haut, ses petites feuilles sont brillantes, elliptiques et finement dentelées, ses rameaux se déploient à l'horizontale et pendent légèrement aux extrémités.

À tous ces hêtres australs se mêlent des conifères : les podocarpes, espèces issues de l'ancien continent de Gondwana, beaucoup plus fréquentes dans la forêt afromontagnarde d'Afrique du Sud (chap. 3) ; et puis le cèdre chilien (*Libocedrus* ou *Austrocedrus chilensis)*, en fait Cupressacée pyramidale de 15 à 20 m de haut proche du cèdre blanc de Californie appelée « *Ciprés de la cordillera*, conifère indigène le plus septentrional, qui commence à apparaître dans les Andes aux hautes altitudes [entre 1 000 et 1 800 m] à partir de la province de Cochalgua » (HYNDMAN STEIN, 1956). Par contre, les forêts reliques d'altitude de pino araucaria *(Araucaria araucana)* atteignent leur limite nord dans les Andes au volcan Antuco (à l'est de Concepción) vers 1 700-1 800 m d'altitude, et dans la Cordillère côtière de Nahuelbuta (au sud de Concepción, vers 37° sud), vers 1 000 m d'altitude. Ces arbres tolèrent 4 mois secs, des gels à - 15 °C et jusqu'à 8 mois de neige. Sur les versants nord, ils forment une forêt mixte avec le *Nothofagus* sempervirent. *Araucaria araucana* (du nom de la province de l'Arauco) est un arbre imposant qui peut atteindre 35 m et parfois 50 m, avec un tronc extrêmement droit et cylindrique,

Forêts de *Nothofagus* (Chili).



© P. Belleville

Les étages végétaux entre 35° et 37° sud sont constitués pour une bonne part des majestueuses forêts hygrophiles à *Nothofagus* des Andes. Ces faux hêtres à feuilles caduques, originaires de l'hémisphère Sud, sont proches des hêtres de l'hémisphère Nord. Profitant de la forte pluviosité océanique et d'hivers doux, l'un d'eux, le coiguë *(Nothofagus dombeyi)* est sempervirent.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

à l'écorce épaisse qui rappelle l'écaille de tortue, et des branches basses absentes, ce qui lui donne l'aspect d'une ombrelle. Ses feuilles sont très rigides et pointues, presque épineuses, d'où son nom de « désespoir-du-singe », lequel ne peut en effet y grimper. On trouve aussi le pin du Chili en Argentine et au sud du Brésil. Mais 19 espèces d'*Araucaria* existent dans le monde, de la Nouvelle-Calédonie, la Nouvelle-Guinée et l'Australie à l'Amérique du Sud.

Enfin, dans l'extrême sud du domaine méditerranéen chilien, dans la province de Nuble, les étages de type montagnard sont coiffés par un étage sylvatique supérieur (de type subalpin) composé de *Nothofagus* à feuilles caduques moins hauts et plus rustiques. Des espèces subantarctiques (qui vont jusqu'à la Terre de feu) marquent la limite de la végétation forestière en altitude, laquelle est ici maximale, tout en restant relativement basse (2 000 m) à cause des vents violents et des températures estivales médiocres. Il s'agit du hêtre blanc lenga, *Nothofagus pumilio* (c'est-à-dire nain), appelé aussi roble de Magallanes (de Magellan), qui peut pourtant atteindre plus de 20 m, aux feuilles foncées (vert sombre) mais légèrement tomenteuses sur les deux faces, et du nirre, *Nothofagus antarctica*, moins haut (jusqu'à 15 m) et qui n'est parfois qu'un petit arbuste.

Lenga (*Nothofagus pumilio*).



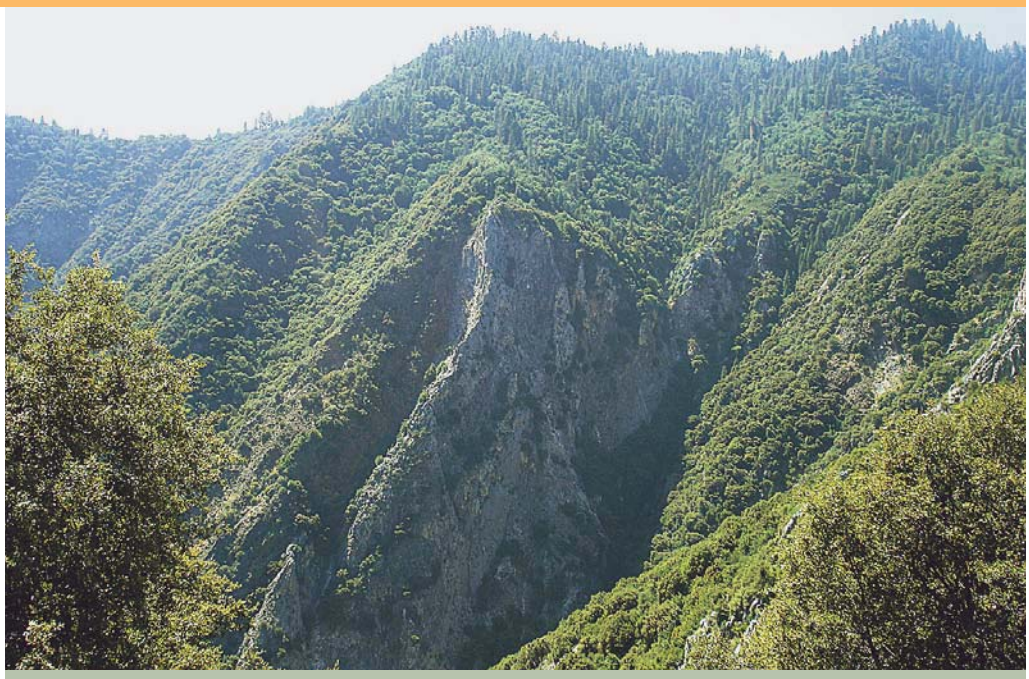
© P. Belleville

Dans la province de Nuble, à l'extrême sud du domaine méditerranéen chilien, la limite de la végétation sylvatique en altitude est à 2 000 m, avec des *Nothofagus* de la forêt subantarctique, plus petits et plus rustiques : le hêtre blanc lenga (20 m maximum) et le nirre (jusqu'à 15 m).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Les pins supra-californiens et le Giant Sequoia (Sierra Nevada occidentale)

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Étages méso-californien et supra-californien

Au-dessus des chênes caducifoliés et sclérophylles ou du *montane chaparral* commencent des forêts compactes de conifères (*the montane coniferous forests*). Sur cette crête dont l'altitude est inférieure à 2 000 m, il s'agit de l'étage supra-californien où dominent les grands pins, ici encore mélangés aux chênes.

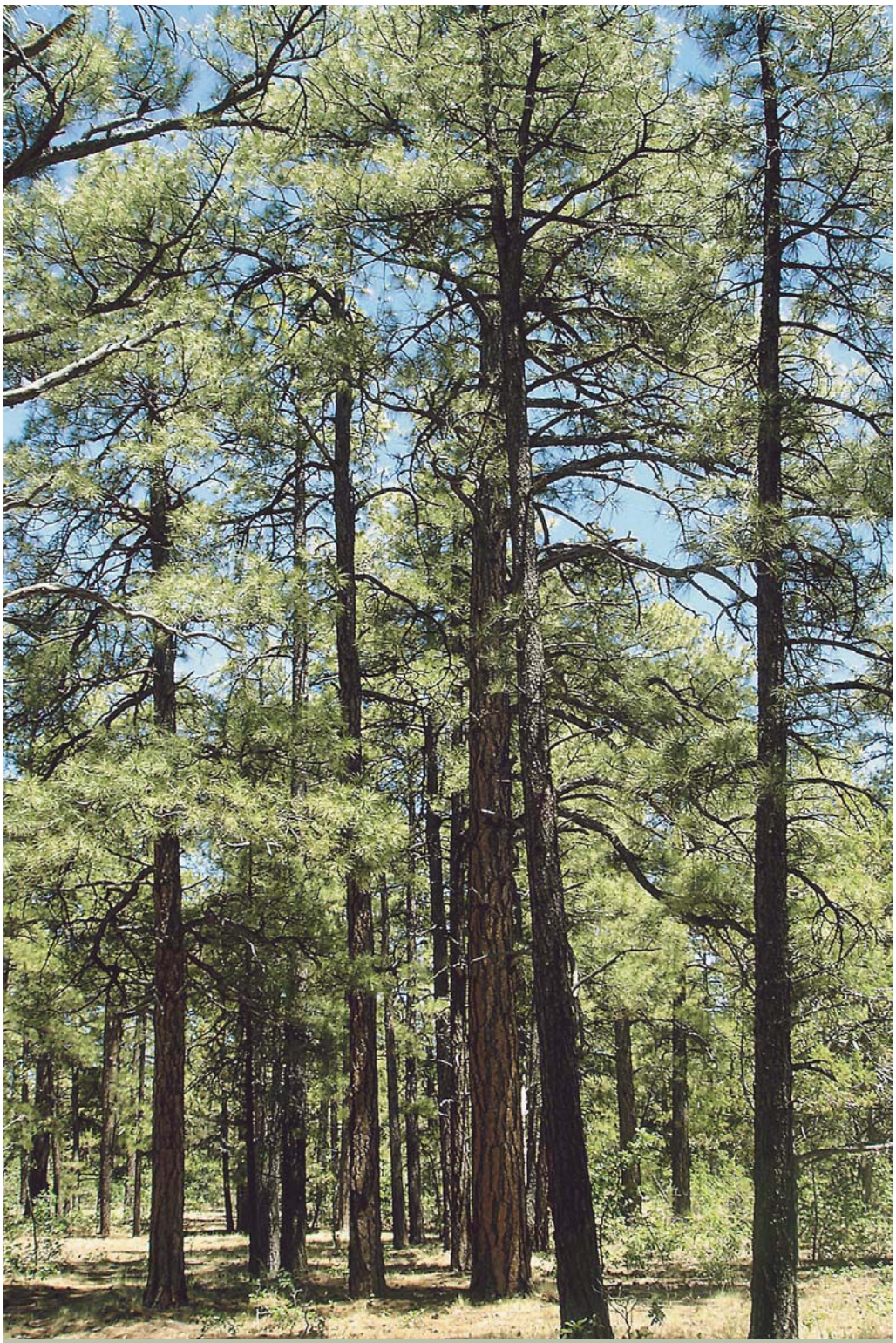


© C. Tassin

Tronc du ponderosa

Cette espèce résistante à la sécheresse est admirée pour sa splendide colonne pondéreuse de *hard pine* qui peut atteindre 60 m de hauteur, et le beau puzzle de son épaisse écorce jaune orangé.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Forêt de pins jaunes

Pinus ponderosa **est sans doute l'arbre le plus représentatif de l'Ouest américain, présent du Dakota au Nouveau Mexique, et de la Colombie britannique à la Californie, qui connaît des peuplements quasi continus depuis les Cascades jusqu'au nord de San Francisco et au sud de la Sierra Nevada.**

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Cônes du pin à sucre (Sequoia National Park)

Ces longs cylindres d'au moins 30 cm, parfois de 60 cm, pendent au bout des branches hautes jusqu'en septembre, où devenus secs ils lâchent leurs énormes graines. David Douglas, qui en 1826 voulut en décrocher quelques-uns à coups de fusil, faillit se battre avec des Indiens.



© S. Camus

Cimes de pins à sucre au lac Tahoe (Sierra Nevada)

***Pinus lambertiana* tient son nom vernaculaire des croûtes de résine sucrée qui cristallisent au bord de ses cicatrices. Avec son bois tendre et ses aiguilles groupées par 5, c'est un *soft pine*, sûrement l'un des pins les plus beaux et les plus hauts du monde, peut-être jusqu'à plus de 65-70 m. Les lourds cônes qui ont séché pendant l'été au bout des branches sont à présent tombés.**

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

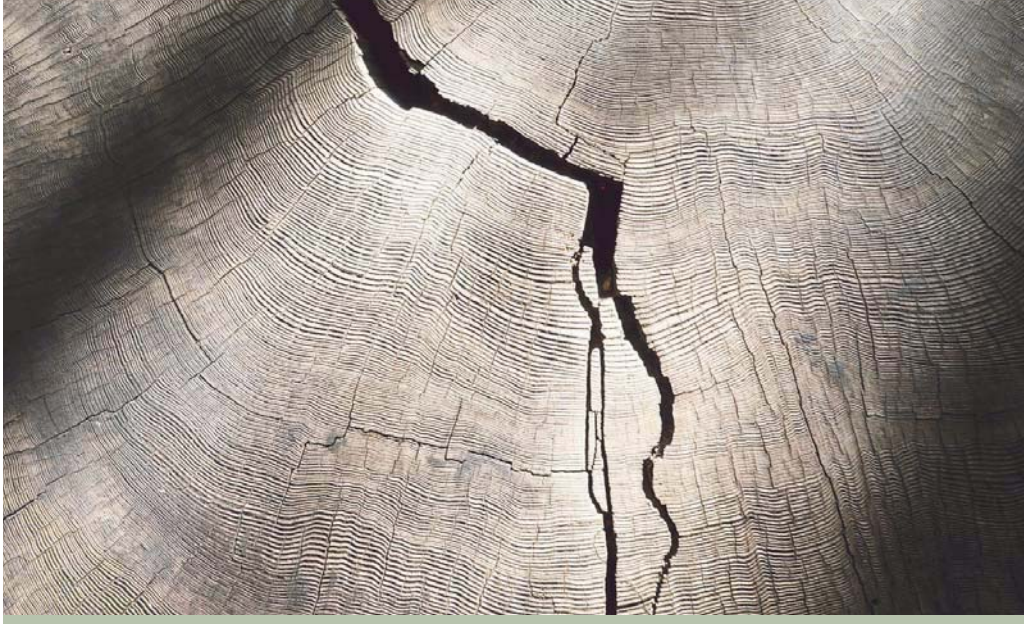


© C. Tassin

Le General Sherman Tree dans le Sequoia National Park

Il fait 84 m de haut et sa première grande branche ne se rencontre qu'à 40 m : remarquer les touristes près de la base de 11 m de diamètre. Si le Redwood des Chaînes côtières – le séquoia des brouillards – détient le record du monde de hauteur avec plus de 115 m, le *Sequoiadendron* est souvent plus gros, d'où son nom de séquoia géant ou de Big Tree.

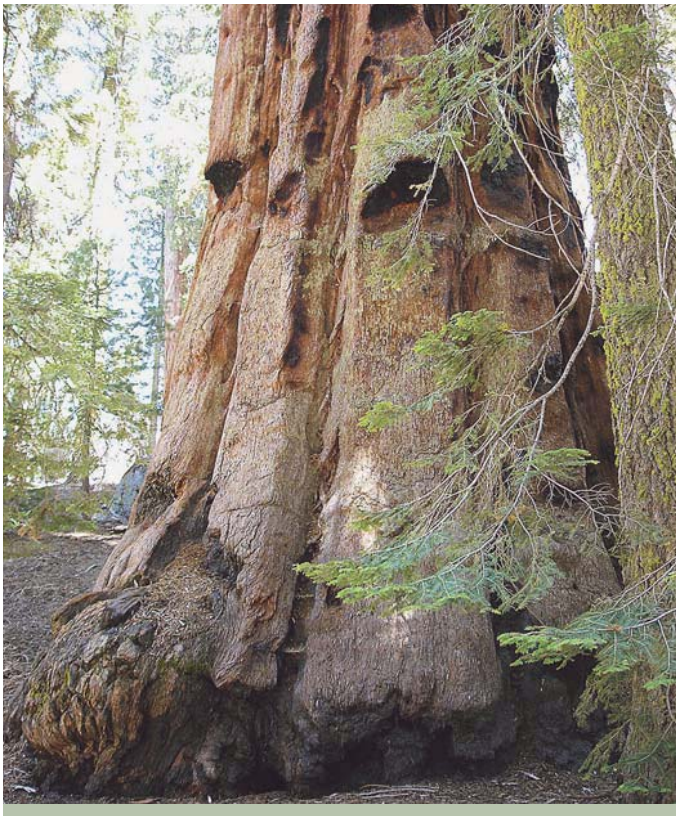
Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© M.-A. Coudray-Tassin

Cernes de croissance d'un Séquoia géant

Le *Sequoiadendron* possède une croissance des plus rapides du monde. Il serait plus âgé que son cousin le Coast Redwood, un maximum de 3 200 ans contre 2 200 ans, l'estimation actuelle pour le General Sherman Tree étant de 2 300 à 2 700 ans.



© C. Tassin

Cicatrices d'incendies d'un séquoia géant

Elles montrent la résistance multiséculaire de son écorce fibreuse très épaisse (jusqu'à 50 ou 60 cm) et de son bois plein de tannin. Le General Sherman Tree, qui a dû brûler pendant sa vie (estimée à 2 300-2 700 ans) près d'une centaine de fois, en possède une profonde en forme de triangle, de 3,5 m de base et 8 m de hauteur.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Feuillage, cône et graines du *Sequoiadendron*

Contrairement à celui du Redwood formé d'aiguilles plates, le feuillage (ici d'un très jeune spécimen) est moins épais, fait de petites écailles qui se chevauchent en spirale. De la taille d'un gros œuf de poule, les cônes ne foisonnent qu'après deux siècles d'existence. Un très gros *Séquoiadendron* peut en porter plus de 30 000, chaque cône possédant de 100 à 300 minuscules graines.



© M.-A. Coudray-Tassin

The lower montane coniferous forest

Sur le versant ouest de la Sierra Nevada, où son aire se limite, surtout entre 1 350 et 2 250 m, à une étroite ceinture supra-californienne d'environ 75 ensembles, où l'humidité est disponible en été, le séquoia géant s'associe aux divers pins d'altitude (pin jaune, pin de Jeffrey, pin à sucre), mais aussi aux sapins blancs et de Douglas, aux chênes de Kellog et aux cèdres blancs.

© J. Mirloup

Partie 4

Protection et conservation des espaces boisés

Phrygane près de Monemvassia, un matorral très dégradé à chaméphytes épineux, au premier plan une euphorbe hérisson (*Euphorbia acanthothamnos*) en coussinet (Grèce, Péloponnèse).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Chapitre 9

Des espaces boisés fragiles



© C. Tassin

Ce document est la propriété exclusive de F

Abordée de façon générale au chapitre 2, la fragilité de la végétation sera ici précisée essentiellement pour le bassin méditerranéen, l'installation humaine plus précoce que dans le reste de l'Europe y ayant exercé une longue influence sur les écosystèmes. Mises en place depuis le réchauffement postglaciaire de l'époque Holocène, depuis 10 000 ans BP, les structures forestières méditerranéennes ont subi, surtout à partir du milieu de la période Atlantique (vers 5 000 ans BP), une anthropisation marquée par l'agriculture, les feux et le pâturage, qui a perturbé considérablement l'équilibre naturel. Les paysages végétaux qui résultent aujourd'hui de ces actions conjointes du climat et de l'homme présentent, on l'a vu, une très grande variété physionomique, ce qui fait qu'on peut parler ici d'espaces boisés plutôt que de forêts.

L'évolution de l'anthropisation depuis l'avènement de la société industrielle permettra de mieux saisir les risques actuels encourus par ces espaces multifonctionnels, protecteurs de la vie et producteurs de biens et de services, dont l'intérêt reste immense au nord comme au sud du bassin, quels que soient les milieux démographiques et socio-économiques. On sait que toute menace pesant sur la biodiversité végétale se répercute sur les autres composantes d'un écosystème en réduisant « la productivité, c'est-à-dire la quantité d'énergie disponible pour le reste de la chaîne alimentaire » (BARBAULT, 2006).

photo > Cinq ans après un incendie de petite taille, la garrigue de Saint-Jean-de-Cuculles a pu retrouver l'essentiel de sa structure (région du pic Saint-Loup).

Les perturbations humaines à l'ère industrielle

Si jusqu'au début de l'Holocène la végétation méditerranéenne est essentiellement tributaire des fluctuations climatiques, à partir de la période Atlantique elle dépend de plus en plus de l'action des sociétés humaines, dont l'intensité certes ne dépend pas que de l'évolution démographique ou technique, mais aussi des modifications du climat. Pour Michel Thinon, le passage de l'optimum forestier Atlantique au recul forestier déjà manifeste au Subboréal correspond à la mise en œuvre des métaux, et les dégradations qui s'accroissent du Subboréal au Subatlantique correspondent au passage de l'Âge du bronze à l'Âge du fer.

Au milieu du XIXe siècle : une forte emprise anthropique sur les forêts

Présentés dans le chapitre 2, les principaux caractères de cette anthropisation plurimillénaire nous permettent de mieux saisir la puissance des impacts déclenchés par l'avènement de la société industrielle. « L'importance de l'action anthropique est telle que les diverses périodes distinguées classiquement (…) en fonction de changements climatiques, résultent en fait essentiellement depuis l'époque Atlantique d'un accroissement des impacts humains sur le milieu naturel » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003), la césure Atlantique/Subboréal correspondant à la transition Néolithique/Âge du bronze, et la césure Subboréal/Subatlantique correspondant à la transition Âge du bronze/Âge du fer (THINON, 1988).

Au milieu du XIXe siècle, les forêts sont pour une bonne part détruites. Précoce, l'anthropisation s'est accrue à partir de l'optimum Atlantique. Arrivée surtout par l'est en Méditerranée nord-occidentale vers 6 000 BP, avec le développement de l'agriculture associée à l'élevage et la première révolution démographique qui l'accompagne, elle déstructure les écosystèmes forestiers. Encore diffuse pendant l'optimum Atlantique, elle s'accentue avec les phases de détérioration climatique suivantes, au Subboréal et surtout au Subatlantique avec le passage à l'Âge du fer. Au début du Subboréal, « vers 4 700-4 500 BP, l'emprise anthropique sur les forêts méditerranéennes augmente, particulièrement dans les plaines et sur les plateaux de basse altitude mais aussi dans certains massifs montagneux (Taurus occidental, sud-est de la Grèce, Corse, Alpes méridionales, Rif) » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003), la généralisation des déboisements débutant à des époques différentes selon les régions (PONS, THINON, 1987). À l'époque historique, l'anthropisation relève d'une utilisation traditionnelle plus ou moins contrôlée des forêts dans le cadre de grands cycles agraires. Les usages agro-sylvo-pastoraux dégradent les versants des collines et des montagnes où se réfugient les populations en période d'insécurité. La fragmentation et la matorralisation des espaces forestiers s'accélèrent. Selon F. HENRY *et al.* (2010), la région d'Arles au XIXe siècle aurait compté 200 000 à 300 000 moutons. À l'est de la Méditerranée (Iran, Anatolie, Liban), le déboisement est continu mais il dépend de la croissance démographique, la prospérité économique, et de la stabilité politique.

L'ère industrielle : des perturbations humaines contrastées

« La véritable fracture dans l'utilisation intensive des forêts entre le Nord et le Sud date de la fin de la Première Guerre mondiale et depuis les évolutions observées sont radicalement différentes » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

Au nord de la Méditerranée, la Révolution industrielle de la fin du XIXe siècle apporte un bouleversement majeur dans les paysages méditerranéens, déjà grandement modifiés depuis la Révolution néolithique par la pression humaine. Jusqu'aux années 1940-1950, l'apparition de la mécanisation provoque une première phase de déprise agricole, d'abandon des terrasses cultivées, et le développement des fruticées et des résineux. « Ce sont essentiellement les grandes cultures annuelles qui sont abandonnées, tandis que les vignes et vergers se maintiennent ou sont même en légère augmentation » (TATONI, 2007). Quant aux taillis, ils sont toujours traditionnellement gérés par les communes pour le bois d'affouage, et les garrigues utilisées pour les parcours. Après la Seconde Guerre mondiale, l'abandon se généralise aux taillis, moins exploités avec l'utilisation croissante des combustibles fossiles, et à l'ensemble des usages agricoles avec l'accélération de l'exode rural, surtout dans les années 1960. La disparition des petites exploitations après la mise en place de la Politique agricole commune (1968) favorise une remontée biologique, notamment en France, alors pays le plus forestier d'Europe de l'Ouest. Ainsi, contrairement aux plaines et aux côtes livrées à la culture intensive, au développement industriel et commercial et au tourisme, l'arrière-pays méditerranéen connaît une déprise rurale qui génère une certaine recolonisation forestière et ne fera

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

que s'accélérer à partir des années 1970 : invasion par les friches, puis les ligneux, des champs et pâturages abandonnés, embroussaillement et boisement des matorrals par les conifères expansionnistes et même les chênes sclérophylles. Cependant, « sur l'ensemble du XXe siècle, la déprise agricole profite sensiblement aux chênes caducifoliés (*Quercus pubescens*) qui progressent de 113 557 hectares en France méditerranéenne, tandis que les chênes à feuillage persistant ont tendance à régresser » (TATONI, 2007). Dans les années 1980, la continuité géographique des conifères en expansion et de communautés moins utilisées d'espèces sclérophylles et décidues de même âge fait apparaître « deux nouvelles formes de perturbations, l'augmentation des incendies sauvages (…) et l'action accélérée des insectes parasites » (BARBERO *et al.*, 1990).

Cependant, la dégradation végétale commencée il y a quelques millénaires peut encore se perpétuer ou même s'accélérer. D'abord parce que la péri-urbanisation, conséquence de la métropolisation, provoque souvent le mitage de certaines mosaïques végétales, une fragmentation qui menace leurs écosystèmes interdépendants. Mais aussi à cause d'une érosion active favorisée par les déboisements anciens, et d'un assèchement progressif dû à l'actuel réchauffement climatique. Autre facteur de dégradation : une certaine permanence du parcours des troupeaux et des feux pastoraux, qui explique par exemple l'extrême dégradation des garrigues de Grèce, transformées en matorrals secondaires, les phryganas. Au total, malgré la « remontée biologique » en Méditerranée nord-occidentale, « la forêt méditerranéenne, dans son ensemble, garde l'empreinte de son utilisation antérieure, en particulier au niveau de la diversité de ses écosystèmes » (TATONI, 2007). Les perturbations anthropiques, à l'origine de leurs structures, en sont devenues les composantes essentielles.

Sur la rive sud, où la sécheresse est plus forte et plus longue, les forêts qui ont toujours permis la survie continuent d'être fortement utilisées.

Cette surexploitation, liée à une transition démographique tardive au Maghreb et au Proche-Orient, est marquée par la déforestation, la dématorralisation, la steppisation et même, surtout dans les hautes plaines d'Afrique du Nord, la désertisation. Les nombreux exemples qui ont été évoqués dans les chapitres 3 et 4 ont mis en exergue le rôle des besoins des populations, poussées par les crises économiques (surtout la crise rurale) à une intense utilisation agro-sylvo-pastorale des espaces plus ou moins boisés ou agro-pastorale des steppes arides : coupes illicites de combustible, cultures de céréales et de légumes en sous-bois alternant avec les parcours des troupeaux, sédentarisation des pasteurs qui passent à la culture… « La population humaine a triplé en moins de cinquante ans pour les cinq pays du nord de l'Afrique et s'est multipliée par neuf au cours du siècle (…) il ne faut cependant pas généraliser le constat de désertisation. Certains types de steppes maintiennent un niveau de résilience suffisant pour permettre leur restauration par la simple gestion raisonnée » (AIDOUD *et al.*, 2006).

Pourtant, 2 à 5 % des surfaces boisées disparaissent chaque année au Maghreb, fréquemment transformées par un pâturage excessif en « forêts parcs, c'est-à-dire un piqueté d'arbres ébranchés dominant un tapis d'annuelles ou de végétaux non appétants » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Même les belles suberaies du Maroc, comme celle de la Mamora, subissent une dégradation et un dépérissement dus aux défrichements et aux exploitations abusives, accrus par le surpâturage et l'écimage. Mais aussi dans les écosystèmes de haute montagne, les coupes dans les chênes verts ou les genévriers thurifères associés aux cédraies claires d'altitude déclenchent une érosion des sols préjudiciable à la productivité, au cycle du carbone et des éléments minéraux. Avec son couvert arboré clair, monospécifique, et sa faible sous-strate de chaméphytes, la thuriféraie de la vallée de l'Azzaden (Haut Atlas) est le modèle même d'un écosystème méditerranéen montagnard perturbé par l'action anthropique. L'utilisation d'une photographie de 1965 et d'une image SPOT de 1989 a révélé une régression de 438 ha sur 24 ans, une modélisation de son évolution sur la base des prélèvements actuels et des mêmes modes d'usage (utilisation médicale ou vétérinaire, ressource en bois, feuillage fourrager) prévoyant la disparition de cette thuriféraie vers 2075. Pourtant, sa productivité ligneuse serait capable de supporter les prélèvements à condition que ceux-ci s'effectuent de façon homogène sur tout le peuplement. Or, les secteurs les plus touchés par la régression actuelle « sont essentiellement localisés sur la moitié est de la vallée, la zone en aval étant proche de plusieurs villages qui s'alimentent en bois de chauffage, celle en amont faisant l'objet d'un pâturage intense » (MONTÈS, 1999). Mais l'évolution de cet « élément clé de la survie des populations de haute montagne » dépend aussi des processus de sa régénération naturelle (MONTÈS, 1999 ; GAUQUELIN, 1988), actuellement très affectée par la diminution du couvert des arbres, par l'érosion du sol et sa capacité de stockage du carbone, par conséquent la régression de la strate chaméphytique et l'affaiblissement de sa fonction trophique et de nurserie pour les jeunes plantules. À cela s'ajoute le

problème de la germination, accentué par les variabilités interannuelles des précipitations.

Au total, à l'instar du thurifère, dans les pays au sud de la Méditerranée, le stress climatique, la pression démographique et le surpâturage menacent de nombreuses espèces d'arbres comme les sapins endémiques, *Abies marocana*, et surtout *Abies numidica*, les pins noirs (*Pinus nigra* subsp. *mauretanica*) ou les chênes caducifoliés (*Quercus canariensis*, en Algérie) en état permanent de déséquilibre écologique. Même les taillis sclérophylles, bien adaptés au stress, sont menacés par des cycles de coupes de plus en plus courts et un fort écimage pour les troupeaux. En Afrique du Nord, « les perturbations humaines induisent une modification complète des structures et des architectures végétales tendant vers la mise en place de modèles simplifiés de forêts (arbres/herbes), où la régénération des arbres est presque impossible » (BARBERO *et al.*, 1990), cette thérophytisation du sous-étage des arbres résultant, quels que soient l'écosystème et l'altitude, d'une hyperdégradation par le surpâturage.

Des risques actuels graves

Des espaces boisés multifonctionnels

Comme dans d'autres milieux bioclimatiques, les forêts et terres boisées méditerranéennes contribuent à la production de ressources et de services pour l'activité économique. Cependant le rôle du bois y est moins important, contrairement à celui du tourisme et des loisirs. Mais finalement, dans ce milieu très humanisé, au climat excessif, ce sont surtout les « fonctions écologiques de protection des écosystèmes et de refuge de la biodiversité (…) qui prennent une importance cruciale » (MALAGNOUX, LANLY, 1999).

Les fonctions de production de biens et de services

Autrefois, les espaces boisés alimentaient les économies traditionnelles du bassin méditerranéen en bois et produits de toutes sortes : combustibles, matériaux pour la construction ou l'artisanat, produits vitaux pour les hommes et les animaux. Si ces usages ont pratiquement disparu sur la rive nord, ils se pérennisent encore dans certaines régions du Sud, ou plutôt ils dégénèrent en surexploitation, comme le montrent le surpâturage et les besoins en combustible dans les pays du Maghreb. Les capacités de production de la forêt y sont assez limitées, en raison du faible taux de boisement (8 % au Maroc) et de la prédominance des peuplements de faible productivité ligneuse. Le bois de feu, source d'énergie principale gratuite, est donc très recherché, que ce soit dans les espaces boisés naturels ou artificiels. Sur les pentes des vallées de l'Atlas se détachent deux éléments paysagers, les arbres et les villages. Dans la vallée de l'Azzaden (Haut Atlas), Nicolas Montès a mis en exergue les liens multiples qui unissent les Berbères au genévrier thurifère, cette espèce en régression dont dépend leur survie (MONTÈS, 1999). Face à une disparition possible vers 2075, outre l'enjeu écologique et environnemental, les nombreuses utilisations de cet arbre montrent un rôle économique et social important, déjà observé par Emberger en 1938 : « La montagne marocaine, si l'on y prend garde, court vers sa ruine définitive. La destruction de la végétation engendre la ruine économique, et celle-ci provoque la dépopulation ». L'intérêt pour le thurifère est principalement dû à sa prépondérance locale. Il répond aux besoins en bois pour le chauffage et la cuisine (haut pouvoir calorifique d'un combustible qui ne laisse pas de braises), ou pour quelques constructions de charpentes ou de portes (bois dur à travailler). Il est aussi utilisé comme fourrage, les chèvres montant dans l'arbre (comme dans les arganiers) lorsque celui-ci n'est pas émondé par le berger. « Mais le feuillage est également consommé sec, lorsqu'en hiver, les conditions climatiques confinent les troupeaux dans la bergerie, le thurifère étant alors un aliment d'appoint indispensable » (MONTÈS, 1999). Dans les régions du Nord, malgré un regain récent de son utilisation pour le chauffage, le bois est très peu exploité en raison de la faible productivité et des médiocres qualités techniques des espèces. Les scieries industrielles sont situées plutôt sur les marges subméditerranéennes. Et les revenus marchands proviennent aujourd'hui bien davantage de la production fourragère que de celle du bois. Enfin, beaucoup de produits jadis d'une grande valeur économique sont en pleine régression ou tombés en désuétude devant les produits de synthèse : buis de la garrigue montpelliéraine, racines de bruyères du maquis corse, liège, résines, produits tannants, plantes aromatiques de toutes sortes, bois d'œuvre (manches d'outils, cageots à fruits…).

La production de services est croissante dans les pays industrialisés et aux abords des centres urbains et touristiques des pays en développement. La valeur paysagère des espaces boisés méditerranéens devient fondamentale, tant pour leur fonction touristique que pour leur fonction culturelle, socio-éducative. L'attractivité des sites re-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

pose pour une large part sur la qualité des paysages forestiers. Mais ces nouvelles utilisations liées au développement des loisirs et du tourisme entraînent souvent des conflits entre les utilisateurs.

Les fonctions écologiques de protection

Les espaces boisés méditerranéens assurent le bon fonctionnement, la protection des écosystèmes qui les composent. Le couvert de la forêt crée un microclimat favorable à son développement : réduction des amplitudes thermiques, accroissement des précipitations et de l'humidité, qui facilitent la formation de l'humus et une bonne absorption de l'eau. Et cette régulation du régime des écoulements superficiels et souterrains ainsi que le couvert végétal lui-même permettent une efficace protection des sols contre l'érosion éolienne et hydrique. Ces fonctions écologiques de la forêt, régulation du climat et du cycle de l'eau, protection des sols, stockage du carbone et production d'oxygène, sont d'autant plus précieuses en milieu méditerranéen que la chaleur et la sécheresse estivales et une précoce et intense anthropisation ont mené les végétaux à une rigoureuse et spécifique adaptation.

La fonction de refuge de la biodiversité a une importance capitale dans un domaine fortement anthropisé. D'autant plus que celui-ci est sans doute appelé à se déplacer vers le nord tempéré avec les changements climatiques. Si la forêt permet la protection des écosystèmes, elle assure également la promotion de leur biodiversité, des différents habitats qui les constituent, comme celle de leurs espèces végétales et animales. Étant entendu que ces équilibres ont été aussi le produit d'une longue utilisation traditionnelle de la forêt par l'homme jusqu'à la fin du XIXe siècle. Diverses analyses de la biodiversité des structures boisées ont été réalisées dans le bassin méditerranéen sur des surfaces de 100 m^2 (BARBERO *et al.*, 2001). Cette mesure de la diversité locale a porté sur les espèces totales, les endémiques et les ligneux. La richesse floristique locale des forêts méditerranéennes du globe est très variable, entre 7 espèces par m^2 et 114 sur 1 000 m^2 (COWLING *et al.*, 1996). En Méditerranée, elle s'accroît du bioclimat semi-aride jusqu'à l'humide, et de l'étage thermo-méditerranéen au supra-méditerranéen. Elle semble limitée à basse altitude par le stress hydrique et à haute altitude par le stress thermique. Ce sont les formations caducifoliées et les cédraies sapinières qui ont la plus grande richesse en taxons. Et sur le plan de la situation géographique, ce sont les peuplements syro-libanais qui arrivent en tête, devant ceux de Corse, puis de France continentale, de Grèce et enfin d'Afrique du Nord (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Plus ou moins parallèlement à ces différents niveaux de richesse totale, la richesse en espèces endémiques s'accroît avec l'ambiance humide, l'étage de végétation (de l'infra-méditerranéen au montagnard-méditerranéen) et le type de peuplement forestier ou préforestier. Cette richesse est peu marquée dans les formations à sclérophylles ou les pinèdes à pin d'Alep, au contraire des formations caducifoliées et surtout des cédraies et des sapinières. L'endémisme se localise surtout dans les montagnes et les îles, ces refuges méditerranéens ayant piégé, lors des phases glaciaires, bon nombre de végétaux d'origine boréale ou eurasiatique. Enfin, influencées également par les stress climatiques et la pression anthropique, les variations de la richesse en ligneux des espaces boisés circumméditerranéens correspondent généralement à celles de leur richesse floristique totale. Le nombre de phanérophytes culmine aux étages méso- et supra-méditerranéens, en ambiance humide, dans les forêts décidues, surtout syro-libanaises ou de France continentale (au contraire des îles orientales et du Maghreb, qui subissent une forte pression anthropique).

L'influence de la richesse biologique d'un écosystème sur son fonctionnement est encore mal connue des scientifiques. Joue-t-elle vraiment un rôle primordial en palliant la réduction ou la disparition d'espèces dues aux perturbations ? Auquel cas l'érosion de cette diversité entraînerait des extinctions en cascade ? Ou bien le fonctionnement des écosystèmes dépend-il plutôt de la présence de « groupes fonctionnels » englobant des taxons aux comportements similaires face aux perturbations (MÉDAIL *et al.*, 1998) ? Auquel cas l'érosion de la biodiversité toucherait moins la stabilité de ces systèmes, pourvu que les principaux groupes fonctionnels y soient présents ? Se basant sur certains travaux récents sur la structuration de la biodiversité (MÉDAIL, 1996, 2007), Frédéric Médail donne un premier élément de réponse : « il apparaît de plus en plus que les processus écosystémiques (productivité et cycles biogéochimiques) sont déterminés principalement par les caractéristiques fonctionnelles et biologiques des organismes plutôt que par leur nombre » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

Des dangers pesant sur la biodiversité

Les défrichements et la fragmentation des forêts

Au nord de la Méditerranée, la fragmentation des forêts et matorrals est contrebalancée par la reforestation des zones en déprise rurale.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

En Europe méditerranéenne, la fragmentation est d'abord le résultat des déforestations anciennes. « Pour les fondations du cirque d'Arles, 25 000 à 30 000 arbres (chêne, pin d'Alep, pin parasol) ont été coupés en Provence, durant le seul hiver 148-149 apr. J.-C., afin de confectionner des pilotis » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). À l'époque romaine, la déforestation est déjà intense, basée sur la construction navale, qui serait pour l'historien Fernand Braudel sa cause principale (BRAUDEL, 1986). Cette déforestation et l'érosion qui lui est consécutive auraient déclenché la disparition des grandes civilisations antiques (minoenne, mycénienne, romaine). Un exemple nous est fourni avec le déclin d'Éphèse, brillante cité gréco-romaine située sur la côte occidentale d'Asie mineure. Dans les montagnes environnantes, les bois de chênes, mis en évidence par des analyses polliniques, ont peu à peu reculé devant les pâturages (on a trouvé des pollens fossiles de plantain), puis devant la culture céréalière (on a récolté des pollens de blé). Dès lors, une érosion très active et un assèchement progressif ont entraîné la faillite des activités agraires et commerciales, la terre végétale des montagnes ayant peu à peu comblé le port. Privée du fondement de son existence, la population d'Éphèse a abandonné la ville au VIIe siècle. Les déboisements du XIe au XIIIe siècles, comme ceux des « communaux » de Haute-Provence (la « terre gaste »), que les villageois pouvaient essarter et cultiver, montrent ensuite une exploitation massive mais plutôt désordonnée des forêts, corrélée avec le renouveau démographique qui marque ces « beaux jours du Moyen Âge ». Quant aux défrichements orchestrés à l'époque moderne (du XVIe au XVIIIe siècles) par les Républiques de Venise, de Raguse ou de Gênes, ils sont sans doute à mettre en relation avec les besoins des forges ou des salines, des verreries et des constructions navales, notamment de l'arsenal de Toulon, qualifié par G. Buti d'« entreprise xylophage », les guerres de Louis XIV et du XVIIIe siècle nécessitant l'abattage de milliers d'arbres, en provenance de multiples régions européennes. Une cinquantaine de navires sont construits entre 1669 et 1715, avec au moins 138 000 chênes âgés de 80 à 150 ans (WICHA, 1996), tandis qu'à peu près la moitié (28 bâtiments de guerre) sortent des chantiers toulonnais en seulement 6 années, de 1777 à 1783 (BUTI, 2002). On sait que les sapins et les pins laricio de Corse étaient particulièrement recherchés pour les mâtures, et que les forêts d'Aïtone (sous les Génois) et de Vizzavona (sous les Français) ont été largement épuisées.

Mais la péri-urbanisation et l'agriculture intensive expliquent la poursuite actuelle de la fragmentation. La métropolisation galopante des littoraux, la forte consommation de terres des huertas (vignobles, vergers et maraîchages) sont autant de facteurs qui entraînent le mitage des espaces boisés, l'isolement d'écosystèmes initialement interdépendants. En Provence ou en Languedoc, les bordures des massifs forestiers ou de la garrigue, même les ripisylves, sont de plus en plus grignotées par une viticulture renaissante. Dans la garrigue montpelliéraine, malgré une certaine recolonisation forestière, la fragmentation des lisières mais aussi interne aboutit souvent à une érosion des sols et de la biodiversité.

Les déforestations restent également préoccupantes au sud de la Méditerranée. Là aussi, elles entraînent l'érosion des sols et empêchent une mobilisation efficace des eaux.

Mais dans ces pays en développement, elles prennent une ampleur particulière, en raison de l'explosion démographique, du besoin en terres agricoles, de leur rareté et leur faible productivité dans les zones montagneuses, où les paysans, peu encadrés, recourent parfois à des cultures itinérantes, grandes consommatrices d'espaces et sources d'érosion. Sur les pentes du Rif et du Moyen et Haut Atlas, les pertes du capital sol pourraient augmenter de 50 % entre 2000 et 2035, si le rythme actuel de l'érosion hydrique est maintenu. Quant à l'érosion éolienne, elle menace les provinces du Sud et de l'Est marocains. Entre 1960 et 1986, la perte des terres de culture dans les oasis des provinces d'Errachidia et d'Ouarzazate a été estimée à 115 ha. Au Maroc, la superficie défrichée annuellement en domaine forestier est estimée à 4500 ha environ. Dans le Haut Atlas (province d'Azilal), cette surface serait comprise entre 3000 et 5000 ha. Dans la forêt de la Mamora (non loin de Rabat-Salé), les défrichements, les délits de coupes, notamment destinés aux troupeaux en période de sécheresse et de disette, auxquels s'ajoutent les attaques des champignons ou des chenilles du bombyx disparate, empêchent la régénération des chênes-lièges, qui cèdent souvent la place à des essences de reboisement (pins, acacias à tanin, eucalyptus). Les surfaces boisées de cette forêt ont été divisées par 10 entre 1920 (130 000 ha) et 1995 (à peine 13 000 ha). Mais les populations nombreuses de certaines zones montagneuses (Rif, Haut Atlas), à défaut d'arbres comme le chêne vert ou le thuya de Berbérie, vont jusqu'à couper des ligneux bas : les genêts, le buis ou encore les cistes, même l'armoise ou le thym. La régression de la strate chaméphytique et l'érosion du sol restreignent alors les possibilités de la régénération naturelle arborée (diminution des plantes « nurses » et du stockage du carbone). Tel est le

cas, évoqué plus haut, de la thuriféraie de la vallée de l'Azzaden, dans le Haut Atlas, qui avait perdu 438 ha entre 1965 et 1989.

L'érosion de la biodiversité et les perspectives d'une nouvelle crise d'extinction

La biodiversité est un terme forgé en 1985 par W.G. Rosen lors d'un colloque et popularisé en 1992 à Rio de Janeiro, pendant le Sommet de la Terre. Ce vaste réservoir, alimentaire et surtout pharmaceutique, d'écosystèmes et d'espèces naturelles est essentiel à l'humanité, la nature donnant souvent des réponses aux diverses agressions (maladies, pollutions, incendies…).

Avec 10 % des végétaux supérieurs du globe sur 1,6 % de la surface terrestre, les cinq régions du domaine méditerranéen possèdent une exceptionnelle biodiversité (QUÉZEL, MÉDAIL, 1995).

Le bassin méditerranéen, qui accueille entre 25 000 et 30 000 espèces végétales, a deux fois plus d'éléments arborés supérieurs que l'Europe tempérée (290 taxons contre 135), la richesse en espèces d'arbres endémiques étant encore plus forte (201 taxons contre 46). Sa biodiversité élevée s'explique par l'hétérogénéité des milieux topographiques et climatiques, mais aussi par son histoire biogéographique qui reflète les bouleversements paléogéographiques et les crises climatiques depuis 14 Ma, depuis le Miocène moyen (cf. *supra*). Une cinquantaine de refuges, falaises, gorges, versants sud, péninsules, îles (MÉDAIL, 2008), ont été identifiés en Méditerranée, grâce aux données de la phylogéographie, l'étude de la distribution spatiale de la variation génétique chez les populations de 75 végétaux. La répartition de ces refuges montre le rôle joué par les péninsules épargnées par le front des glaciers (Ibérie, Italie, Balkans) et par des impacts glaciaires plus sévères à l'ouest du bassin (refuges plus nombreux et fragmentés), enfin le rôle joué par les montagnes littorales qui ont permis d'atténuer l'aridité liée au froid et de migrer vers les niches écologiques sur de courtes distances. Pendant les interglaciaires, les végétaux ont pu se réunir et s'hybrider, provoquant « des divergences ou des mélanges de génomes qui ont donné naissance à de nouveaux végétaux endémiques récents, géographiquement séparés mais écologiquement voisins (endémovicariants) » (MÉDAIL, 2007).

Pivots de la biodiversité, les refuges ont permis la reconquête postglaciaire pour les espèces les plus aptes à la dispersion, ou sont alors devenus des réservoirs qui ont piégé les espèces. Deux exemples peuvent être évoqués, le piégeage du hêtre européen en Méditerranée et celui de l'olivier méditerranéen dans les montagnes du Sahara central (Hoggar, Tassili n'Ajjer, Aïr). Bien que localisées essentiellement en région eurasiatique, des populations de *Fagus sylvatica* sont présentes en ambiance humide dans la partie nord du bassin méditerranéen, aux ubacs plus frais et plus sombres jusque vers 1 900 m (chap. 8) : extrême nord de l'Espagne, sud-est de la France (Sainte-Baume, mont Ventoux, montagne de Lure, Corse), péninsule italienne (jusqu'en Calabre et sur le flanc nord de l'Etna, où il atteint 2 280 m), péninsule balkanique (jusque dans le Pinde), nord de l'Anatolie. En Corse, à l'étage montagnard-méditerranéen, une « variante eurosibérienne » (GAMISANS, 1999) composée d'un hêtre sylvatique, aux feuilles plus fermes et brillantes qu'en zone tempérée, et du sapin blanc (*Abies alba*), autre espèce d'origine médio-européenne, remplace aux ubacs la végétation héliophile des adrets, la forêt à pin laricio, avant de s'effacer vers 1 500-1 600 m devant la lande endémique à aulne odorant. Comme d'autres espèces forestières tempérées, le hêtre n'a pu survivre pendant la dernière glaciation que dans quelques refuges d'Europe du Sud, la reconquête s'opérant lors du réchauffement postglaciaire holocène. Les zones de refuges et les migrations sont déterminées par les données polliniques de l'*European Pollen Database*, qui héberge à l'Imep les informations de 1 000 sites dans 37 pays. Mais afin d'obtenir davantage de précision sur les itinéraires et la vitesse des déplacements, les palynologues de l'Imep croisent leurs résultats avec les données génétiques de l'Inra. « En étudiant l'ADN des arbres actuels, les généticiens forestiers savent décrire précisément la répartition sur le continent européen des différentes lignées végétales d'une espèce d'arbre donnée, c'est-à-dire des populations qui partagent des caractéristiques génétiques témoignant de leur parenté » (BEAULIEU DE *et al.*, 2008). Comme on ne retrouve nulle part en Europe les caractères génétiques des hêtres du sud de l'Italie, on estime que la reconquête a buté contre la barrière des Alpes.

C'est aussi l'alternance paléoclimatique qui explique le piégeage d'une végétation de caractère méditerranéen dans le centre du Sahara (BALLOUCHE, THINON, 1999).

Lors de l'optimum climatique, la forêt steppe s'est avancée loin vers le sud, soit par progression continue, soit par dissémination à longue distance (PONS, QUÉZEL, 1958), et vers 4 700 BP existait dans les montagnes du Sahara central une steppe arborée à *Olea europaea* subsp. *laperrinei* et à *Pistacia atlantica* (THINON *et al.*, 1996). Le retour des conditions désertiques a provoqué son refoulement vers l'Afrique du Nord

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

ou vers des zones refuges restées un peu plus humides, puis son évolution « dans ces massifs centro-sahariens en donnant des endémiques vicariantes mais encore très proches des espèces-souches repliées vers le nord » (OZENDA, 1991). Au sud, à cause de l'aridification de l'actuelle zone sahélienne, était refoulée une végétation à dominante tropicale humide, en laissant aussi des témoins réfugiés dans la haute montagne saharienne. Ainsi, la flore du Hoggar, étudiée dès l'époque française (MAIRE, 1940), montre des reliques de souches tropicales (acacias, calotropis, balanites…) et de souches méditerranéennes (olivier sauvage, myrte, lavande…) très minoritaires, qui restent subordonnées à la végétation proprement désertique (palmier, tamaris…). *Olea europaea* subsp. *laperrinei,* le célèbre olivier qui porte le nom du général Laperrine (1860-1920), pacificateur du Sahara et ami du missionnaire Charles de Foucauld, vit en groupes de moins de 100 individus au bord des lits d'oued ou dans les falaises (BESNARD, 2009), accompagné d'autres arbustes comme *Pistacia atlantica*, *Acacia ehrenbergiana, Zizyphus lotus* et *Myrtus nivellei* (QUÉZEL, 1965), souvent voisins mais distincts des taxons de Méditerranée. Présent aussi dans l'Aïr et dans le Tassili n'Ajjer (avec *Cupressus dupreziana*), l'olivier de Laperrine est phénotypiquement et génétiquement différencié des oliviers du nord de l'Algérie, mais son mode de reproduction identique (asexué, par clonage) lui a permis de conserver une importante diversité génétique, de résister à la sécheresse (P moyennes de 50 à 100 mm) et au broutement des animaux (BAALI-CHERIF *et al.*, 2007). Cependant, à cause du changement climatique en cours et de l'activité humaine grandissante, des prospections de génétique moléculaire ont été lancées à partir de 2004 dans le Hoggar afin de mieux connaître les stratégies de reproduction d'un taxon relique « qui représente une source de fourrage notamment pour le bétail et les chameaux, mais surtout pour les animaux sauvages en particulier le mouflon à manchette (*Ammotragus lervia*), une espèce menacée sur la liste rouge » (BESNARD, 2009). En fait, les populations de l'olivier de Laperrine, qui ne montrent aucune trace récente de régénération naturelle, sont actuellement menacées de disparition.

À cause des multiples impacts anthropiques, la perte des habitats naturels ne laisserait plus que 5 % de végétation vraiment naturelle.

« Afin d'identifier les plus hautes priorités de conservation au niveau mondial, trente-quatre hotspots ont été recensés par l'ONG Conservation International, dont celui du bassin méditerranéen (…) avec une dizaine de hotspots régionaux périméditerranéens » (MÉDAIL, 2007). Un « point chaud de biodiversité » est une écorégion (ou un groupe d'écorégions) riche en espèces et en endémiques, qui a subi d'importantes pertes d'habitats naturels causées par une forte anthropisation. Les hotspots contiennent au moins 1 500 espèces de plantes vasculaires endémiques (soit au moins 0,5 % des quelque 300 000 endémiques du monde) et ont perdu au moins 70 % de leur habitat originel. Véritable carrefour phytogéographique entre les Alpes et la mer, entre ses influences occidentale et orientale, le hotspot régional méditerranéen des Alpes maritimes a été un refuge majeur tant pour la flore mésogéenne que pour la flore arctico-alpine et eurosibérienne. Il se caractérise « par une richesse floristique égale à environ 2 870 espèces et sous-espèces de végétaux vasculaires et un endémisme élevé pour un secteur continental » (MÉDAIL, DIADEMA, 2006). C'est le plus important centre d'endémisme de l'arc alpin, avec 108 espèces présentes sur une superficie de 4 500 km^2. 17 % de ces endémiques se trouvent sur le littoral, entre Nice et Menton, en populations fragmentées, menacées par l'intense urbanisation. Entre influences alpine et méditerranéenne, la zone rurale du moyen pays et des vallées compte 32 % des endémiques, mais en pleine mutation elle subit une pression urbaine sans précédent. Adossée à la frontière, la zone centrale du parc national du Mercantour, qui comprend les secteurs amont des vallées de la Roya, Bévéra, Vésubie ou encore de la Tinée, constitue un haut pays aujourd'hui globalement déserté (sauf par les touristes) où la reconquête altitudinale de conifères subalpins (pin mugo, pin à crochets, pin cembro) fait baisser la richesse floristique des prairies et des pelouses (MÉDAIL, DIADEMA, 2006). Ce haut pays comprend 50 % des espèces endémiques des Alpes maritimes, avec par exemple *Saxifraga cochlearis* et *Moehringia lebrunii,* caractéristiques de la haute vallée de la Roya (cf. *infra*).

Théorisée par l'écologue britannique Norman Myers, la notion de « hotspot » est un concept efficace dans la mesure où elle permet de récolter des fonds pour une stratégie conservatrice ciblée. Pourtant, de nombreux scientifiques et responsables d'ONG pensent qu'elle a un effet pervers, en laissant de côté les autres zones naturelles de la planète et en privilégiant trop les espèces emblématiques. Outre cette notion de « point chaud de biodiversité », l'ONG Conservation International a introduit des concepts complémentaires. Une « zone sauvage de haute biodiversité » contient aussi au moins 1 500 espèces de plantes vasculaires endémiques, mais a maintenu 70 % ou plus de son habitat naturel : il y en a cinq, qui concer-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

nent surtout les forêts tropicales mais aussi les déserts nord-américains. Un « pays de mégadiversité » contient au moins 3 000 espèces de plantes vasculaires endémiques (soit au moins 1 % du total mondial) : il y a en 18, avec en tête le Brésil, l'Indonésie et la Colombie (plus de 15 000 endémiques), suivis de près par le Mexique, la Chine, l'Australie et Madagascar. La France avait été rajoutée aux 17 pays mégadivers reconnus en 1997, « en raison du poids des Dom-Tom, en particulier la Nouvelle-Calédonie avec environ 2 400 plantes endémiques, la Réunion, avec 165 plantes, ou la Polynésie française, avec environ 560 espèces » (MITTERMEIER *et al.*, 2008). Les hotspots régionaux de Méditerranée « abritent environ 5 500 plantes endémiques, soit 44 % de la richesse floristique répartie sur 22 % des terres, [et leur] localisation… coïncide nettement avec celle des zones refuges » (MÉDAIL, 2007). Situés pour 25 % sur le littoral où les densités humaines sont supérieures à 250 hab./km^2 et pour 17 % sur des territoires de faible densité (0-50 hab./km^2), ces refuges subissent des pressions humaines supérieures à la moyenne qui invitent expressément à prendre en compte le capital naturel (la biodiversité) dans les stratégies de développement économique (chap. 10). « Des chercheurs des États-Unis, dans une étude récente portant sur cinquante ans, ont démontré qu'un écosystème riche en espèces est non seulement plus productif mais également plus à même de se remettre de variations climatiques extrêmes et d'attaques d'organismes nuisibles ou de maladies » (STEINER, 2008). Pour Achim Steiner, directeur exécutif du Pnue (Programme des Nations unies pour l'environnement), le XXIe siècle, qui sera celui de la biologie, de l'association des ressources génétiques à la diversité biologique de la planète, devra forcer l'humanité à se passer des anciennes approches économiques, à rechercher une plus grande durabilité, notamment dans le domaine environnemental, tâche qui risque cependant d'être plus ardue dans un monde aux changements climatiques mal contrôlés.

Contribuant à la recherche de zones prioritaires pour de futures stratégies de conservation, l'étude du hotspot des Alpes maritimes et liguriennes, l'un des plus importants du bassin méditerranéen (MÉDAIL, QUÉZEL, 1997), a porté sur les facteurs écologiques et historiques affectant la richesse et la distribution des espèces endémiques (CASAZZA *et al.*, 2008). Sept influences bioclimatiques, plus ou moins méditerranéennes ou tempérées, se partagent cette région également contrastée sur le plan tectonique et lithologique (substrats calcaire, siliceux, ophiolitique). Les analyses de 36 taxons endémiques ont montré pour chaque unité géographique opérationnelle leur forte concentration, les plus grandes valeurs (entre 10 et 16 taxons) étant trouvées dans la vallée supérieure de la Roya, ou dans les montagnes de l'arrière-pays de Menton. Elles révélèrent aussi la localisation et l'importance de quatre aires principales d'endémisme, caractérisées par au moins 2 taxons. La richesse et la distribution des taxons endémiques dans le hotspot des Alpes maritimes et liguriennes s'expliquent par l'interaction des facteurs écologiques et historiques, mais aussi par le rôle des facteurs physiques, tenu par des montagnes littorales, ici renforcé par la barrière de sommets qui borde au nord et à l'est la vallée de la Roya. Les conditions environnementales (diversité des substrats, des influences climatiques et des habitats) expliquent sans doute la coexistence d'espèces alpines et plus thermophiles sur une surface aussi peu étendue. Près du col de Tende, la vallée de la Roya sépare les Alpes maritimes des Alpes liguriennes. Mais surtout sa situation en bordure du dernier glacier würmien a fourni un maximum de refuges potentiels pour sa végétation. Ainsi ont pu se développer les processus dynamiques de « divergence (conduisant finalement à la spéciation), migration, ou extinction, le premier phénomène étant démontré par la diversité génétique » (CASAZZA *et al.*, 2008), par exemple de la sabline *Moehringia sedoides,* et ceux de migration ou d'extinction pouvant être perçus dans la fragmentation de l'aire de certaines espèces. « Les glaciations ont eu une forte influence sur la richesse en taxon [mais] une moindre influence sur leur distribution, leur effet étant affaibli par les migrations postglaciaires » (CASAZZA *et al.*, 2008). La méthode d'investigation biogéographique INDVAL utilisée par les chercheurs italiens et français dans cette étude est un outil très utile, qui permet à la fois d'identifier les espèces caractérisant une aire d'endémisme et d'indiquer le taux de recouvrement de cette aire par un taxon donné. Par exemple, INDVAL a montré que *Saxifraga cochlearis* et *Moehringia lebrunii,* deux taxons caractéristiques de la haute vallée de la Roya, en sont inégalement représentatifs, le premier qui recouvre presque entièrement l'aire endémique l'étant bien davantage que le second, cantonné sur une très petite partie. La sabline *Moehringia lebrunii* fait partie des « plantes relictuelles qui ont probablement survécu à plusieurs épisodes historiques dramatiques » (MARTINI, 1994).

La perte de la biodiversité fait poindre à l'horizon 2050 la perspective d'une sixième crise d'extinction des espèces.

Dans les pays méditerranéens à forte croissance démographique, la disparition des habitats na-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

turels et de leurs cortèges d'espèces animales et végétales est aujourd'hui particulièrement rapide. On peut rappeler l'exemple des cédraies marocaines d'altitude, victimes des ébranchements anarchiques, des coupes effectuées dans les chênes verts ou les genévriers thurifères qui leur sont associés, leur fragmentation entraînant, *via* l'érosion des sols et celle de la biodiversité, l'écorçage des jeunes arbres par les singes magots. Mais au nord, la situation n'est guère meilleure : la « remontée biologique » née de la déprise rurale ne compense pas vraiment la perte de biodiversité due aux pratiques agraires intensives (généralisation des herbicides, des pesticides). En effet, ces forêts récentes essentiellement composées de résineux, plantés par l'homme ou résultant d'une reconquête naturelle, s'apparentent plus à de vastes étendues vouées à la sylviculture qu'aux milieux naturels originels foisonnant de vies.

Mais la modification et la destruction des habitats boisés, la dégradation des sols et la pollution des eaux, la surexploitation des ressources naturelles, exercent aussi leur pression dans d'autres domaines bioclimatiques, comme les forêts tropicales où 7 % de la surface terrestre abritent plus de la moitié des espèces vivantes. Si l'extinction est un phénomène naturel, on sait qu'elle a connu cinq phases massives dues aux bouleversements géologiques ou climatiques. « Et voilà que l'on parle avec insistance de sixième crise d'extinction, en désignant le coupable : l'homme, nous, vous et moi – sans oublier nos aimables ancêtres, ces chasseurs envahisseurs et défricheurs de la planète » (BARBAULT, 2006). Le cri d'alarme avait été lancé dès 1979 par l'anglo-saxon N. Myers, qui évoquait une disparition de l'ordre de 40 000 espèces par an. Controversée en 2001 par le statisticien danois B. Lomborg, la pression alarmiste a été relancée en 2004 par C.D. Thomas, qui annonçait que les changements climatiques pourraient faire disparaître un million d'espèces animales et végétales d'ici le milieu du siècle. « Si l'humanité dans son ensemble ne détermine pas d'ici là des voies radicalement nouvelles pour conduire les affaires, alors l'horizon est sombre et la sixième crise d'extinction une perspective certaine » avertit encore l'écologue Robert Barbault, insistant plus que jamais sur la nécessité d'une gestion durable des forêts, dans le cadre d'une coopération régionale et internationale.

Au sud et à l'est de la Méditerranée, un surpâturage croissant

Le surpâturage des ovins et surtout des caprins, davantage prédateurs, participe grandement à la déforestation.

Les cas déjà évoqués au Maghreb, notamment dans le Haut Atlas et le Rif, ont montré que le parcours en forêt constitue souvent la source principale de revenus pour la population. Au Maroc, les massifs forestiers et les parcours alfatiers représentent 17 % du bilan fourrager national. Le droit de parcours est reconnu par la législation sous réserve de la pérennité de la forêt, mais la charge réelle des troupeaux ovins et bovins est 3 à 5 fois plus forte que la possibilité pastorale des massifs boisés. Dans la forêt de la Mamora, même si certains arbres majestueux réputés fructifères dominent encore une pelouse de Graminées et de Légumineuses bien fournie, « le sous-bois, souvent clairsemé, est constitué de genêt, de passerine, de palmier nain, toutes plantes résistantes à la dent du bétail » (FRAVAL, VILLEMANT, 1997). Lors des périodes de sécheresse et de disette de plus en plus fréquentes, les éleveurs coupent alors des branches pour leurs bêtes, qui apprécient particulièrement les feuilles et les glands du chêne-liège. Cette surconsommation des espèces appétantes et le piétinement des troupeaux diminuent fortement les capacités de régénération des végétaux. Tandis que les arbres en chandelier de la Mamora mutilée vieillissent, et que leur stock de glands régresse fortement, « aucune plantule n'échappe à la dent de son abondant bétail ». Le pâturage et l'émondage ne sont interdits que dans la réserve royale d'Aïn Johra, ex-chasse résidentielle du maréchal Lyautey. Comme au Maroc, en Algérie les charges pastorales sont plus élevées que la charge maximale possible (2 à 3 fois), et de nombreuses forêts sont devenues des « forêts parcs ».

Dans certaines montagnes de la rive nord, les cultures en s'effaçant ont accru l'impact de l'élevage.

C'est le cas des phryganes grecques, où l'érosion et un assèchement amplifié par une longue saison sèche (5 à 6 mois) pèsent lourdement sur les possibilités de régénération forestière. Délos, au cœur des Cyclades, en est la parfaite illustration. D'après la récolte de pollens et de macrorestes effectuée en 1996 par P. Poupet et M. Brunet, la végétation potentielle de l'île vers 4 000 BP était composée « de conifères thermophiles et de groupements de chênes verts et caducifoliés avec des oliviers, des caroubiers, des lentisques et des alaternes ». La végétation de la Délos antique, cœur de l'impérialisme athénien au Ve siècle av. J.-C., avait sans doute changé, mais elle n'était pas encore celle d'aujourd'hui. Le palmier de Délos évoqué par Ulysse devant la silhouette de Nausicaa était-il naturel, planté par l'homme, ou un symbole exceptionnel, lié à la naissance d'Apollon ? En tout cas, quelques siècles plus tard, le *Critias* de Platon nous apprend que

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

l'Attique, malgré les coupes de bois et le surpâturage, était largement moins dénudée qu'aujourd'hui. Mais de toute évidence, c'est l'analyse anthracologique (POUPET, 2001) qui nous renseigne le plus sur le couvert boisé de Délos : à l'époque archaïque, classique et hellénistique poussait encore une chênaie mixte à dominante de chênes sclérophylles, avec certains de leurs compagnons comme le nerprun alaterne ou les filaires. Quant aux paysages actuels de l'île, Pierre Poupet les qualifie surtout de « phryganas », c'est-à-dire de matorrals secondaires très dégradés, à chaméphytes en coussinets épineux clairsemés (surtout *Sarcopoterium spinosum*, la pimprenelle épineuse), à cistes, à plantes aromatiques et médicinales, essentiellement au sud sur les sols granitiques, et à pelouses herbacées, surtout au nord sur les substrats métamorphiques. Assez fréquente en Grèce, cette nouvelle étape dans la dégradation est due à l'extension des feux pastoraux sur les terres de parcours, et Pierre Poupet parle de « pyropaysages ». Bien que l'agriculture ait totalement disparu de l'île de Délos, la végétation accentue sa dégradation sur des sols de plus en plus minces et de plus en plus secs, encore voués à l'élevage extensif des chèvres et des moutons. « Les larges plages d'asphodèles en sont la matérialisation car cette plante pyrophyte bulbeuse prolifère derrière les incendies que les éleveurs provoquent pour favoriser la repousse de pelouses, ses feuilles et ses fleurs étant ignorées par les ruminants » (POUPET, 2001). Et si la recolonisation post-incendie est assez rapide, la cicatrisation des plantes prend tout de même environ sept ans, durant lesquels la phrygane est de nouveau livrée au feu.

Les conséquences écologiques des grands incendies répétitifs

Après les dynamiques post-incendies des communautés boisées, les réponses de leurs espèces végétales (chap. 2), il faut examiner l'impact des incendies sur la phytocénose. Des petits feux pas trop fréquents (10 à 50 ans) auto-entretiennent les communautés végétales héritées du passé (forêts, matorrals…)

Pour des chercheurs comme Louis Trabaud et Michel Thinon, la forêt méditerranéenne est bien adaptée aux petits incendies. Ils stimulent les fleurs à bulbes, la germination des graines, les rejets de souche, la propagation des pyrophytes, et même la vie animale en détruisant les broussailles. En revanche, de très grands incendies comme ceux provoqués par la sécheresse record de 2003 sont désastreux, pour la végétation comme pour la faune. Aujourd'hui, les types d'incendies forestiers dépendent surtout des modifications du climat et de l'évolution récente des

Phrygane près de Delphes.



© J. Mirloup

Assez fréquent en Grèce, notamment dans les Cyclades, ce type de paysage est un matorral secondaire très dégradé.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© M.-A. Coudray-Tassin

Collines dans l'est de la Crète.

Les pelouses herbacées répandues dans la phrygane témoignent de sa dégradation par les feux pastoraux. Le recul des cultures ayant accru l'impact de l'élevage extensif des moutons, cette dégradation s'accentue, la recolonisation post-incendie étant souvent interrompue par un nouveau feu.

usages agro-sylvo-pastoraux. Sans doute le réchauffement en cours, qui augmente l'évapotranspiration potentielle et la combustibilité des végétaux, contribue-t-il à accroître le nombre de feux de forêt qui a doublé depuis les années 1970, tout comme les surfaces incendiées, au Maroc, dans la péninsule Ibérique, en Italie ou en Grèce. Pourtant, en France comme en Croatie, en Israël ou même en Turquie, le nombre d'incendies est resté plus ou moins stable.

Mais l'éclosion et la nature des incendies dépendent aussi du type d'espace boisé et de son utilisation. D'après des observations sur 20 ans en Espagne, ce seraient les forêts caducifoliées qui verraient les feux les plus petits et les moins fréquents, alors que les forêts sclérophylles connaîtraient des feux d'importance et de fréquence plus grandes ; les forêts de résineux étant les plus vulnérables avec leurs cortèges d'espèces aromatiques. Sur la rive nord, les grands incendies résultent souvent de l'embroussaillement, de la recolonisation forestière par les pins qui accroît la connectivité et l'inflammabilité des espaces boisés. Mais au sud, c'est l'essor démographique et la permanence des usages agro-sylvo-pastoraux qui expliquent l'énorme accroissement des surfaces incendiées (une véritable fuite en avant). Dans les forêts marocaines, si la moyenne annuelle des surfaces incendiées est de l'ordre de 2 700 ha pour la période 1960-1995, la moyenne des années 1960 (1 883 ha) se trouvait multipliée par 2,4 pour la période 1990-1995 (4 503 ha). Et en 1995, la sécheresse avait causé le ravage par le feu de 6 824 ha, dont 5 800 ha dans la région du Rif occidental. Là aussi, la gravité des incendies varie selon le type de végétation et notamment du sous-bois, et selon les régions, le Nord-Ouest marocain étant la région la plus touchée (en moyenne 40 à 45 % des surfaces incendiées du pays).

S'ils sont répétitifs, les très grands feux (plus de 1 000 ha) affectent la pédogenèse et la biodiversité des biocénoses. En 2003, des milliers d'hectares de forêts ont été détruits : 300 000 au Portugal, 60 000 en France, 32 000 en Californie…

Les grands incendies perturbent gravement les propriétés physico-chimiques des sols. La combustion de la litière et de l'humus engendre une diminution de leur capacité d'échange : porosité réduite, perte en éléments minéraux et organiques (mal compensée par l'apport de cendres), et à cause du ruissellement en surface « perte en argiles et limons des horizons supérieurs, ce qui

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

conduit à une ablation du sol, d'où une baisse de la capacité de rétention en eau » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). On sait que la perte de potentiel édaphique dans les matorrals retarde l'évolution vers la chênaie caducifoliée (chap. 4), surtout lorsqu'ils sont affectés d'incendies récurrents, à cycles courts (de moins de 10-12 ans).

« À terme, la répétition des incendies en un même lieu entraîne une forte diminution de la biodiversité et un appauvrissement général des ressources naturelles » (TATONI, 2007). Mais « c'est la fréquence des feux qui stabilise les formations dans un certain état » (TRABAUD, 2004). On sait que les incendies pas trop violents ni trop répétitifs peuvent augmenter la richesse floristique en ouvrant des clairières où la litière détruite et les cendres permettent l'implantation de pyrophytes comme les cistes, d'arbrisseaux spinescents comme le genévrier oxycèdre ou le genêt épineux, et aussi de végétaux transitoires annuels. Cet enrichissement est plus fort sur les sols siliceux : dans les montagnes des Albères et des Aspres, au cours des premières années, les plantes annuelles sont très abondantes (TRABAUD, 1993). En fait, si la richesse floristique des espaces incendiés est maximale pendant la deuxième ou troisième année, elle finit par diminuer et se stabiliser au bout de 5 ans. Mais si les grands incendies deviennent récurrents, au nord comme au sud, à cause de l'embroussaillement et de la mise en continuité des espaces boisés par des pinèdes très inflammables, cette fois on assiste à une forte réduction de la biodiversité en espèces forestières.

Les très grands feux affectent aussi durement la faune. Dans les Maures, où 10 000 ha sont partis en fumée en 2003, ont péri non seulement les insectes, les rainettes, les lézards et 2 000 tortues d'Hermann – une espèce patrimoniale menacée – mais également une bonne part de la grande faune, lièvres, sangliers, chevreuils… Cependant, en pareil cas, certains animaux évitent la catastrophe. Les vers de terre, qui creusent profondément, sont moins touchés, contrairement aux bactéries, décomposeurs essentiels de la litière organique en matière minérale assimilable par les végétaux. De même, beaucoup d'insectes aériens dont les œufs ou les nymphes survivent sous terre aux feux d'été. « Dans les forêts de chênes-lièges, on a même pu observer des pullulations de chenilles processionnaires le premier printemps suivant un grand incendie » (PRODON, 2004). Les oiseaux, qui ont eu le temps de fuir, se réinstallent alors que d'autres, colonisateurs étrangers (des espèces rares), sont toujours là. Les troncs calcinés peuvent avoir un rôle positif : de perchoir pour les oiseaux semenciers, de sites de nids potentiels, d'aliments pour les insectes xylophages qui attirent les oiseaux insectivores comme les pies grièches ou la sittelle corse, espèce rare menacée, à forte valeur patrimoniale. D'après Roger Prodon, la durée du retour à l'état initial de l'avifaune dépend du type de formation végétale : 1 an dans une pelouse à brachypode rameux, environ 6 ans pour une garrigue, 6 à 8 ans pour une suberaie, 12 ans pour un maquis dense à bruyère arborescente, 40 à 50 ans pour une yeusaie (PRODON, 2004).

L'impact de la répétition des incendies sur la végétation a été évalué en Provence cristalline, dans le massif des Maures, en termes de biodiversité, de bilan du carbone et de dégradation des potentialités de l'écosystème.

De nombreuses collaborations régionales entre chercheurs se sont révélées capitales pour une gestion durable des écosystèmes des Maures (chênaies et maquis) dans le but de mieux comprendre comment les anciens feux ont modifié la structure de la végétation et peuvent ainsi jouer sur le risque futur d'incendie (SCHAFFHAUSER, 2009). L'évaluation en laboratoire de l'inflammabilité et de la combustibilité a montré que ces paramètres dépendent moins du nombre ou de la fréquence des feux que du temps depuis le dernier feu, de la formation de litière et l'accumulation de combustible, donc en fait de la dynamique de reconstitution de l'écosystème (CURT *et al.*, 2008). Une forte récurrence des incendies peut régulariser la structure verticale de la végétation, limiter sa biomasse de litière, comme dans les maquis bas à cistes, mais elle peut aussi rendre sa structure verticale plus hétérogène. Dans les forêts mal entretenues de chênes-lièges, des feux répétés conduisent à des trouées, où le vent plus rapide favorise la propagation du feu dans les peuplements clairs. Ainsi, s'installent durablement les espèces buissonnantes du maquis, augmentant le risque d'incendie futur. Le passage de quatre feux en cinquante ans serait un seuil important pour la reconstitution de la végétation, au-delà duquel les cycles biogéochimiques nécessaires aux espèces vivantes seraient particulièrement touchés, notamment le cycle de l'azote. Malmenées par le passage fréquent des incendies, les bactéries du sol ne sont plus en mesure de fixer l'azote atmosphérique (sur d'autres atomes, comme l'hydrogène ou l'oxygène), de le rendre utilisable par les plantes pour la fabrication de leurs protéines ou leurs acides nucléiques (l'ADN). « La conjonction de nombreux feux et de sécheresses répétées conduit à un effondrement du fonctionnement biologique de l'écosystème dans ses parties aériennes comme souterraines. Chacune des perturbations (feu et sécheresse) amplifie les effets néfastes de l'autre » (VENNETIER *et al.*, 2008). Quatre années

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

successives de sécheresse constitueraient, comme quatre feux en 50 ans, un seuil critique pour l'écosystème, le changement climatique ne pouvant d'ailleurs qu'augmenter le nombre et les effets néfastes des incendies. Une récurrence moyenne de l'ordre d'un feu tous les 25 à 50 ans permet une structure pluristratifiée, un maquis haut dominé par la bruyère arborescente, voire une suberaie sur maquis qui peut persister plus de trente ans. Mais cet écosystème est en limite de rupture, car la fermeture du couvert dans des vieux maquis de 3 à 4 m favorise une accumulation de combustible, notamment de la bruyère au détriment des autres espèces, ce qui peut générer des feux très intenses. (SCHAFFHAUSER, 2009). Si les paramètres modifiés par une fréquence moyenne des incendies sont récupérés quantitativement au bout de 15 à 25 ans, il faut attendre « en général 50 ans pour les aspects qualitatifs, au niveau de la matière organique, des cycles biogéochimiques, du fonctionnement microbiologique du sol et de la biodiversité végétale » (VENNETIER *et al.*, 2008). Enfin, une absence de feux pendant 50 ans permet la fermeture de stades arborés, de suberaies submatures à fortes connexions horizontales, une absence pendant 150 à 200 ans permettant une spectaculaire remontée biologique et du potentiel de l'écosystème, marquée par la restitution d'un stock significatif de carbone dans les horizons superficiels du sol et une modification importante de la structure et de la composition floristique.

L'impact d'autres perturbations anthropogènes sur les espaces boisés

Les reboisements mènent souvent à des échecs écologiques et même économiques (QUÉZEL *et al.*, 1990b).

La politique de reboisements déjà ancienne dans le domaine méditerranéen, aboutit aujourd'hui à la présence de surfaces considérables, privées ou d'État, couvertes par des espèces autochtones comme les cèdres, les pins thermophiles et d'altitude, ou par des espèces exotiques testées en arboretums, originaires d'Australie et de Californie, tels les eucalyptus, les acacias, les casuarinas, le pin et le cyprès de Monterey ou quelques sapins et le *Pseudotsuga* californiens. Le rôle joué par les reboisements dans la politique de régénération des forêts méditerranéennes sera évoqué au chapitre suivant, avec la recherche d'une gestion durable. On se bornera ici à constater les principaux problèmes induits par ces reboisements. Les problèmes écologiques et économiques résultent avant tout de l'emploi massif de conifères, qui entraîne une acidification des sols préjudiciable à la régénération naturelle d'autres espèces ligneuses, donc à la biodiversité. En 1978-79, Michel Thinon a montré au mont Ventoux, dans des reboisements de chêne vert, de pubescent, de pin noir d'Autriche (âgés de 115 ans) et de cèdre de l'Atlas (âgé de 88 ans), que c'est la litière du pin noir qui est la plus acide (pH de 4,4 en surface contre 7,2 pour le pubescent,) et qu'elle comporte davantage de matière organique non décomposée (93,7 % en surface contre 60 % pour le pubescent) (THINON, 1979). Ce mauvais recyclage de la litière et de l'humus sous les pins noirs de reboisement bloque la régénération naturelle d'un sous-bois. D'une façon générale, dans les reboisements en résineux, on constate que la biodiversité est toujours très faible. Mais ce qui a compté dans ces reboisements pour les forestiers, bien plus qu'une optique de développement durable, c'est évidemment la productivité des conifères, plus élevée que celle des chênes autochtones, notamment celle du cèdre de l'Atlas, introduit au mont Ventoux dès 1861. Et qui plus est, aujourd'hui, ces forestiers apprécient largement la valeur économique des espèces hybrides de pins ou de sapins, témoins d'une certaine pollution génétique due aux reboisements. Quant aux problèmes sanitaires et de pollution génétique, ils sont engendrés par l'introduction de taxons d'une origine différente. Les phénomènes d'introgression et d'hybridation posent la question « du devenir de ces populations (…) tant au niveau des impératifs de conservation du patrimoine génétique que de la résistance aux aléas climatiques et aux agressions parasitaires » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Certes, l'utilisation de conifères de reboisement d'origines différentes comme le pin noir, le sapin de Céphalonie, le cèdre de l'Atlas ou encore le sapin de Douglas risque d'étendre une hybridation entre les divers pins noirs, entre des sapins orientaux et le sapin blanc, ou encore entre le pin brutia et le pin d'Alep. Mais qu'en est-il des potentialités d'attaques parasitaires dans les populations d'hybrides ? Quand on sait que ces attaques « n'ont pas entraîné l'apparition de dégâts importants » dans les espèces de reboisement ? Certes, dans les cédraies françaises se sont installées des colonies de pucerons et la tordeuse du cèdre (*Epinotia cedricida*), mais leurs attaques sont sans commune mesure avec les explosions spectaculaires de parasites défoliateurs (comme *Thaumetopia pityocampa*), déclenchées dans les cédraies naturelles marocaines par la dégradation anthropique et les sécheresses périodiques.

L'étude des impacts des débroussaillements et des pollutions chimiques est assez récente.

La destruction des ligneux bas et l'élagage des ligneux hauts s'effectuent par voie humaine individuelle, ou par le pâturage et le brûlage dirigé.

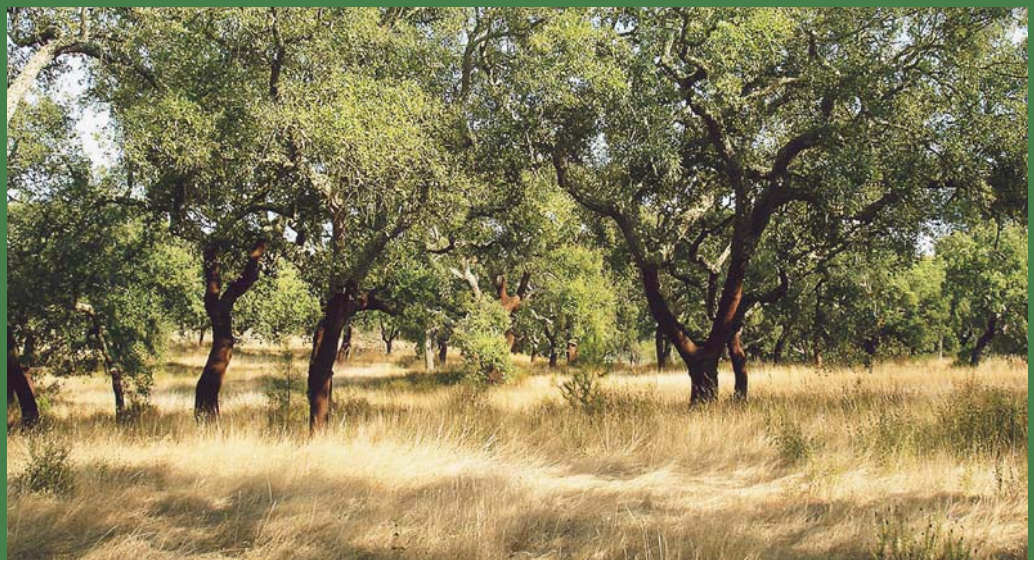
On peut donc retrouver une évolution analogue aux dynamiques post-incendies (LOISEL, 1992). Le risque d'incendie estival est d'ailleurs amplifié par les nombreuses thérophytes xérophiles qui envahissent un sol plus chaud. Cela d'autant que la capacité de stockage de l'eau diminue, du fait du ruissellement accru et de l'érosion qu'il entraîne. Quant aux pollutions chimiques, plusieurs chercheurs les mettent de plus en plus en évidence : dégâts des embruns marins pollués affectant les pins littoraux d'Italie (surtout le pin parasol) ; dommages subis aussi par les lentisques et les chênes verts de Port-Cros (cuticule foliaire dissoute) ; réduction de la photosynthèse de pins d'Alep proches d'une carrière de calcaire (stomates bouchés, cuticule foliaire détruite) ; impact des rejets de dioxyde de soufre sur des pins d'Alep proches d'une centrale thermique (croissance radiale affectée mais aucun jaunissement des aiguilles). Enfin, d'autres études ont concerné l'augmentation des gaz à effet de serre montrant que l'ozone, plus important en été, peut conduire au dépérissement du pin d'Alep.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Chapitre 10

Vers une gestion durable ?



© C. Tassin

Ce document est la propriété exclusive de F

Les risques qui pèsent sur les espaces boisés méditerranéens ont conduit à envisager leur protection, leur gestion dans le cadre d'un développement durable, c'est-à-dire « économiquement viable, écologiquement sain, socialement acceptable et approprié sur le plan technologique, qui augmente de manière équitable le bien-être des générations présentes sans sacrifier celui des générations futures » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Ce concept invite à prendre en compte, à différentes échelles spatio-temporelles, les dynamiques naturelles des écosystèmes comme les perturbations humaines qui les affectent. Ce qui signifie que toute gestion conservatoire et durable des forêts doit être le fruit d'une véritable concertation et coopération des scientifiques, des politiques et des populations locales.

Face aux menaces croissantes d'ordre anthropique, les scientifiques ont élaboré une « biologie de la conservation » dont les objectifs consistent à évaluer les répercussions des impacts anthropozoogènes, puis à proposer des solutions pour maintenir durablement la richesse biologique au niveau des espèces comme des habitats. Jointes à des objectifs socio-économiques adaptés à l'hétérogénéité des situations culturelles, aux diverses pressions anthropiques, ces propositions de gestion écologique sont la base d'une conservation durable des espaces boisés. En effet, les dangers évoqués dans le chapitre précédent ont montré que la crainte majeure réside dans une forte réduction – sinon la perte – de la biodiversité, qu'elle soit orchestrée par les fragmentations ou la relève forestière et le reboisement, le surpâturage ou les grands incendies. D'ailleurs, les six critères de gestion durable définis en 1993 par la Conférence interministérielle d'Helsinki témoignent, au moins pour la moitié

photo > Renouveau du montado, système sylvo-pastoral efficace pour préserver une production de qualité et la biodiversité (Alentejo, Portugal).

d'entre eux, de ces préoccupations écologiques. Aujourd'hui, la conservation de biodiversité est devenue l'élément clé de toute stratégie adaptative, notamment dans les points chauds du bassin méditerranéen, d'Australie, de Californie et de la Région du Cap.

Mais les scientifiques n'arrivent pas toujours à convaincre les populations locales et les décideurs politiques, qui restent souvent indifférents, comme au nord du bassin méditerranéen devant des espaces qui s'embroussaillent et apparaissent comme excentrés, presque marginaux dans les forêts européennes. Au sud et à l'est, c'est la fonctionnalité de survie des espaces boisés qui explique la rareté et une certaine impuissance des expériences de gestion durable. Selon le WWF, le Fonds mondial pour la nature, en 2001 il restait moins de 5 % du patrimoine forestier postglaciaire au Liban, en Syrie et en Jordanie (contre 17 % pour l'ensemble du bassin). Là, comme au Maghreb, malgré quelques actions encourageantes, le sauvetage des lambeaux boisés est promis à bien des difficultés. Sur la rive nord, la déprise rurale a davantage fait progresser la fonctionnalité écologique des forêts, au détriment des fonctions de production et de consommation directe. Aujourd'hui, il est souvent question de préserver la mosaïque paysagère et d'en promouvoir la biodiversité, notamment celle des espaces ouverts ou des vieilles forêts. Mais il reste que les instances internationales ou nationales, les associations régionales ou locales manquent encore de coordination et de moyens pour être efficaces sur le long terme, tant dans leurs objectifs écologiques que socio-économiques.

La prise de conscience de la question forestière

L'action de la FAO

Le Comité des questions forestières méditerranéennes Silva Mediterranea

La connaissance de l'évolution de la couverture forestière est un révélateur essentiel des relations entre l'environnement et le développement. La détérioration des forêts européennes dans les années 1980 fait prendre conscience de leurs valeurs environnementales, économiques, culturelles et sociales. Et la Conférence ministérielle de Strasbourg qui affirme en 1990 le besoin d'une gestion concertée est suivie dès 1993 par celle d'Helsinki qui montre l'absolue nécessité d'une protection forestière. Mais le rôle crucial des forêts dans le développement est aussi mis en évidence par l'ONU, qui organise un Congrès forestier mondial à Paris en 1991, la Conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement (Cnued) à Rio de Janeiro en 1992, et la même année, différentes conventions internationales sur la diversité biologique, la désertification et les changements climatiques. En ce qui concerne plus précisément le bassin méditerranéen, la FAO (Food and Agriculture Organization) affirmait déjà depuis 1948, à travers son Comité Silva Mediterranea, la nécessité d'une coopération forestière entre les pays riverains.

L'idée d'une coopération forestière entre les pays de la Méditerranée n'était pas neuve. Elle fut lancée dès 1911 à Madrid par un forestier français, Robert Hickel, qui avait acquis une longue expérience dans ces pays, notamment en Algérie. Son rapport sur *Le problème du reboisement dans le bassin méditerranéen* soulignait la nécessité de concevoir de nouvelles techniques de gestion et de sylviculture, et prônait la mise sur pied d'une association internationale de techniciens. En 1922 fut créée Silva Mediterranea, la Ligue des forêts méditerranéennes. Cela, grâce à la participation de scientifiques et de responsables forestiers de nombreux pays du pourtour méditerranéen, qui avaient pour objectifs de sensibiliser l'opinion aux questions forestières et d'encourager la formation de sociétés locales de reboisement et d'amélioration pastorale. « La ligue était très active : des réunions se tenaient à intervalles réguliers, un bulletin *Silva Mediterranea* fut publié, ainsi qu'une série de rapports qui présentent encore un intérêt à ce jour » (MORANDINI, 1999). Malgré tout, elle finit par ralentir, puis stopper totalement ses activités à la fin des années 1930, victime d'un contexte politique international de plus en plus tendu. Trois ans seulement après la naissance de l'ONU, fut créée en 1948 la sous-commission de la FAO sur les problèmes forestiers de la Méditerranée. Elle rassemblait des membres de l'ancienne ligue Silva Mediterranea et bon nombre de représentants des services forestiers de tous les pays de l'Atlantique à la mer Caspienne et des Alpes au Sahara. Placée par la suite sous le parrainage mixte des commissions des forêts pour l'Europe, le Proche-Orient et l'Afrique, elle adopta en 1956 le nom de l'ancienne ligue Silva Mediterranea, puis fut restructurée en Comité FAO des questions forestières méditerranéennes en 1985.

Les principaux objectifs du Comité visent à conserver et remettre en état les forêts méditerranéennes. C'est-à-dire évaluer périodiquement les tendances de l'utilisation des terres forestières des États membres, réaliser avec eux

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

des études techniques et des enquêtes pour les aider à définir et à mettre en œuvre des politiques forestières nationales. Mais aussi identifier des priorités et des projets de recherche forestière présentant un intérêt commun pour ces États, cela avec la collaboration des instituts de recherche régionaux. Enfin, prendre en compte les préoccupations des usagers de la forêt, le développement socio-économique des populations comme composante de la foresterie. Une démarche participative essentielle à une gestion durable des forêts, surtout au sud du bassin. « Les rencontres forestières maghrébines organisées avec la collaboration de la FAO (Silva Mediterranea) à Tunis du 12 au 14 novembre 1993 ont confirmé cette approche » (Larbi, 1999). Mais depuis le début, l'activité de Silva Mediterranea a pris diverses formes. La première décennie a donné la priorité aux questions techniques et scientifiques, qui constituaient la base de toute action pratique. Mais à partir de 1960, le Projet de développement méditerranéen est la première manifestation concrète du besoin d'action intégrée et durable en matière de développement forestier. Et après sa restructuration de 1985, l'action du Comité FAO devient plus globale, plus orientée vers une gestion durable des forêts. Face aux conséquences de la crise économique, aux besoins accrus d'amélioration du bien-être général, le Comité cherche à faciliter la mise en œuvre de politiques forestières nationales intégrées, qui prévoient la participation locale. Lors des sessions principales sont abordées « les questions d'ordre général, concernant essentiellement les politiques, l'économie et l'organisation forestières (…) les thèmes spéciaux notamment les questions scientifiques et techniques [étant] confiées à des groupes de travail spécifiques », rapporte Riccardo Morandini, conseiller scientifique de Silva Mediterranea. Ces groupes étudient par exemple les problèmes du chêne-liège, les techniques de reboisement ou encore les plantations d'eucalyptus (d'où la publication en 1979 par la FAO d'un ouvrage de base *Eucalyptus for planting*). Mais la mise en place d'un Comité pour la coordination de la recherche forestière en Méditerranée va permettre de lancer une série de réseaux de recherche régionaux qui traitent en profondeur les thèmes identifiés pendant les sessions de Silva Mediterranea : la sélection de peuplements de conifères méditerranéens pour la production de semences, l'influence de la couverture forestière sur le régime des eaux, l'introduction d'espèces exotiques (en l'occurrence celle de l'eucalyptus), l'amélioration des pâturages des zones arides et semi-arides et, un peu plus tard, la gestion des feux de forêt et la sylviculture du pin parasol, du cèdre et du chêne-liège. Ces activités de recherche sont réalisées en étroite coopération avec l'Iufro, l'Union internationale des instituts de recherches forestières.

Le PAF/MED de 1992 et le tournant de 2002 pour Silva Mediterranea

Formulé en 1992, le Programme d'action forestier méditerranéen est élaboré dès 1993 par le Comité Silva Mediterranea de la FAO. Malgré les efforts réalisés dans les domaines scientifique, technique et financier, la dégradation des espaces boisés se poursuit dans les années 1980 à un rythme inquiétant. L'alerte est donnée par la FAO (de 1987 à 1992) et par le Xe Congrès forestier mondial à Paris (en 1991). À Rio en 1992, la Cnued lance un véritable appel à tous les pays pour qu'ils élaborent des plans d'action forestiers nationaux orientés vers une gestion durable et la conservation de la biodiversité, plans qui pourraient être encadrés par un programme d'action international. Finalement, à la session 1992 du Comité Silva Mediterranea, le PAF/MED voit le jour. Il est conçu comme un cadre conceptuel régional « pour faciliter la révision par les pays de leur politique et planification forestières, ainsi que pour harmoniser et renforcer la coopération internationale dans le domaine de la conservation et du développement des forêts méditerranéennes » (Malagnoux, Lanly, 1999).

À Rome, en 2002, l'action de Silva Mediterranea est revigorée. Dès 1997, à la session d'Antalya, son rôle et son avenir sont largement discutés. Des participants vont même jusqu'à remettre en question son existence. Devant les difficultés, le Comité demande son examen externe et celui de ses réseaux. Si le PAF/MED met bien l'accent sur une gestion planifiée et durable des forêts, sa mise en œuvre est hypothéquée par les problèmes financiers et la volonté politique des États, notamment par une coopération Nord-Sud peu dynamique. Car face aux multiples défis du développement, les Pays du sud et de l'est de la Méditerranée (les PSEM) doivent dans les années 1990, en plus des difficultés communes à tous les États méditerranéens à mettre en place une gouvernance efficace pour l'environnement, assurer un fort développement économique et social pour satisfaire les besoins d'une population croissante.

Depuis, les pays membres de Silva Mediterranea s'emploient à mettre en œuvre les recommandations du Comité. À la XXe session, à Sofia, en avril 2008, étaient inscrits à l'ordre du jour la question relative à la réorganisation du Comité et l'état des lieux des activités des groupes de travail. Il a été décidé de redynamiser les 4 groupes de travail existants et d'en créer deux nouveaux, Forêts et changements climatiques et Mécanismes

de financement, le Comité demandant aux six groupes d'élaborer un programme d'activités pour la période 2009-2012. La réunion d'avril 2010 s'est tenue à Antalya au cours de la Première semaine des forêts méditerranéennes.

Dans le sillage de Silva Mediterranea, le Congrès forestier mondial et la Conférence Medecos

Organisé par la FAO, le XIIIe Congrès forestier mondial s'est tenu à Buenos Aires en octobre 2009. Venus de 160 pays, les quelque 7 000 participants ont travaillé sur le thème Développement forestier : équilibre vital. Considérant que la discussion sur les problèmes liés aux forêts a trop longtemps été limitée aux professionnels du secteur forestier, le Congrès a décidé d'explorer les pressions majeures externes qui s'exercent sur lui plus rapidement que par le passé : changement climatique global, croissance démographique, conditions économiques et sociales, dégradation environnementale. Pour la première fois le Congrès a incorporé des forums de discussion, des réunions de travail et une session de communication. À travers ses 9 conclusions et ses 27 propositions d'actions stratégiques, il a exprimé la certitude que l'équilibre vital entre les forêts et le développement peut être amélioré, et l'espoir qu'en attendant le prochain congrès de 2015 des signes de progrès vers cet équilibre seront effectifs.

Prévue au Chili pour octobre 2010, la XIIe Conférence internationale Medecos s'est tenue du 6 au 9 septembre 2011 à Los Angeles. Organisée par la société indépendante Isomed (International Society for Mediterranean Ecology) qui siège à Lisbonne, Medecos examine tous les 3-4 ans les données récentes sur les écosystèmes méditerranéens, la protection et la gestion des habitats naturels et de leurs cortèges d'espèces. Après la première rencontre de Valdivia (Chili) en 1971, la Conférence a été accueillie dans diverses localités des 5 régions du domaine bioclimatique méditerranéen : Californie (Stanford 1977, San Diego 1997), Chili (Valparaiso-Reñaca 1994), Afrique du Sud (Stellenbosch 1980, 2000), Sud-Ouest australien (Perth 1984, 2007), Méditerranée (Montpellier 1987, Crète 1991, Rhodes 2004).

Les efforts de coopération régionale

Le développement de la coopération intergouvernementale

La question forestière étant liée aux questions agricoles, le Ciheam est créé dès 1962. Ce Centre international des hautes études agronomiques méditerranéennes est mis en place sous l'égide de l'OCDE par sept pays du sud de l'Europe, pour développer des activités de recherche et de formation supérieure dans les domaines du développement rural et de la foresterie. Les PSEM les rejoindront ultérieurement. Un Programme d'assistance technique pour l'environnement méditerranéen, mis en place en 1989, est orchestré par la CEE, la Banque mondiale et la Banque européenne d'investissement, mais il souffre de moyens limités par rapport aux besoins. Le programme Meda de l'Union européenne concerne le développement rural intégré et la conservation des écosystèmes forestiers de la Méditerranée.

D'autres organismes régionaux sont issus du Pnue : le PAM, le CMDD et le Plan Bleu. Le Plan d'action pour la Méditerranée (PAM) a été mis en place à Barcelone en 1975. Il concernait tout d'abord la mer et ses rivages, mais en 1995 il a été élargi au développement durable. En 1996, est créée une Commission méditerranéenne du développement durable (la CMDD). Elle réunit des représentants des États riverains, de la Commission européenne et d'ONG environnementales. En 1999, la CMDD adopte un premier jeu de 130 indicateurs méditerranéens pour le développement durable, dont trois s'appliquent directement aux forêts : l'intensité de l'exploitation forestière, l'évolution de la surface forestière, la surface forestière bénéficiant d'une protection. Mais malgré la volonté de construire des règles communes de gestion durable des biens publics environnementaux de la région, de profonds écarts subsistent entre les pays de la rive nord et ceux de la rive sud dans les objectifs et les moyens des politiques mises en œuvre.

Quant au Plan Bleu (dont l'esprit a été défini à Split en 1977), c'est un centre d'activités régionales du Pnue/PAM, fixé en France à Sophia-Antipolis, chargé de la fonction d'Observatoire méditerranéen de l'environnement et du développement durable. Piloté par les pays riverains et la Commission européenne, il prône une gestion intégrée des espaces ruraux conciliant la croissance économique et la protection des milieux. Ses objectifs depuis 1977 sont : la mise en œuvre d'un développement soucieux de l'environnement, de la conservation des écosystèmes continentaux, de leur faune, leur flore et leurs ressources énergétiques, par la promotion de la coopération régionale ; la production d'analyses prospectives sur l'environnement et le développement, et l'élaboration de scénarios d'avenir possibles.

L'analyse prospective des politiques environnementales et de développement durable est exposée dans le *Nouveau Rapport du Plan Bleu* de 2005. Faisant suite au premier rapport de 1989, cette magnifique publication de 400 pages avec

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

ses 250 cartes et graphiques et ses nombreuses études de cas, est le fruit d'un travail d'expertise collective tourné vers l'action. Le rapport de 2005 passe d'abord en revue les changements survenus dans le monde, notamment en ce qui concerne la mondialisation des questions environnementales, l'impulsion donnée par l'UE pour la rive nord et la Conférence de Rio pour les rives est et sud. Puis il analyse des avenirs possibles à l'horizon 2025, un « scénario de base tendanciel » si les tendances actuelles se perpétuent, et un « scénario alternatif » si l'on prend vraiment le chemin de la coopération régionale et du développement durable. Selon le Plan Bleu, l'environnement, malgré le foisonnement des associations, reste largement une affaire d'État, encore peu intégrée dans le développement. Si les efforts de mise en place des politiques ont été considérables, celles-ci sont souvent inappliquées, faute de moyens et d'une gouvernance environnementale capable d'affronter les pressions croissantes – notamment sur les espaces boisés – et les enjeux d'un développement durable qui concerne aussi les problèmes sociaux. Ce déficit de gouvernance, dû à la complexité de la législation et la faiblesse des administrations environnementales (sauf peut-être en Italie, en Espagne et en France, pays décentralisés), est particulièrement grave dans les PSEM qui doivent satisfaire les besoins d'une population croissante. Au total, les politiques environnementales restent plus curatives que préventives et « la question d'une gouvernance efficace pour un développement respectueux de l'environnement reste posée » (Pnue/PAM/Plan Bleu, 2005). La FAO et le Plan Bleu ont organisé en 2005, avec le soutien de la France, un Forum régional à Rabat sur le thème Secteur forestier et développement durable en Méditerranée : défis, politiques et gouvernance. En 2008, le Plan Bleu était présent à Sofia à la XXe session de Silva Mediterranea où il a proposé au Comité les axes d'un programme de travail pour la période 2008-2010. Et en avril 2011, lors de la Seconde semaine des forêts méditerranéennes qui s'est tenue à Avignon, il a participé en partenariat (notamment avec la FAO) à l'organisation de trois sessions sur le thème *Forêts, sociétés et territoires.* Le principal objectif était de présenter des expériences territoriales de gestion participative des écosystèmes forestiers méditerranéens, afin de promouvoir des initiatives d'amélioration de leur gouvernance.

Le développement des initiatives scientifiques et environnementales

Au niveau scientifique, de nombreux programmes de recherche sur les écosystèmes forestiers et leur gestion sont mis sur pied par l'Ecofor, les universités, l'Imep et les parcs naturels.

Créé en 1993, renouvelé en 2003 pour 10 ans, le GIP Ecofor (Groupement d'intérêt public Écosystèmes forestiers) a pour mission d'orienter ces programmes sur le fonctionnement et la gestion durable des forêts. Il faut donc remarquer, au sein des 9 organismes scientifiques, techniques ou professionnels (Cemagref, Cirad, CNRS, CNPPF, Engref, IFN, Inra, IRD, ONF), la participation de l'Office national des forêts qui a pour mission de gérer les forêts publiques (couper, replanter, protéger, aménager…), et de l'Inventaire forestier national qui fait l'état des lieux. Créé en 1958 sous la tutelle du ministère de l'Agriculture, l'IFN effectue en continu le suivi statistique de la forêt publique et privée française, cette surveillance permettant d'orienter, de mettre en œuvre la politique forestière nationale. Ses missions sont réalisées à cinq échelons interrégionaux, dont l'un se trouve à Montpellier, dans cette ville où en octobre 2010 le CNRS a inauguré une technologie unique au monde, un ensemble de serres baptisé Ecotron qui met la nature sous surveillance. « Ces dômes à l'allure banale recèlent un concentré exceptionnel de technologies permettant d'étudier la manière dont les écosystèmes sont affectés par les modifications de l'environnement » (A. Devailly, *Le Monde*, hors-série, Bilan Planète 2010). Soumis à diverses conditions environnementales, des échantillons d'écosystèmes intacts pesant jusqu'à huit tonnes y subissent « des mesures nettement plus précises… que sur le terrain… sur un grand nombre de paramètres » (J. Roy, *Le Monde*, hors-série, Bilan Planète 2010).

Les initiatives scientifiques et (ou) techniques des conservatoires botaniques nationaux et des parcs naturels régionaux sont également à prendre en compte. Les conservatoires botaniques nationaux (Porquerolles) sont des organismes autonomes mais agréés par le ministère chargé de la Protection de la nature, dont la mission consiste à connaître et à conserver la flore et les habitats naturels. Parmi les parcs naturels régionaux (Narbonnaise, Haut-Languedoc, Lubéron, Corse…) celui des Alpilles a été créé récemment. Filiale du parc national de Port-Cros, le Conservatoire botanique méditerranéen de Porquerolles, créé en 1979-80, assure une mission d'information et de formation à destination du grand public et des gestionnaires d'espaces naturels. Collaborant avec un réseau de scientifiques et botanistes de terrain, il possède des laboratoires, des chambres de culture et une banque de semences. En 2005, pour célébrer son 25e anniversaire, il organise à Hyères avec l'Imep, un colloque international sur *La conservation de la flore méditerranéenne dans un environnement changeant*, réunissant des

scientifiques et des gestionnaires forestiers des pays riverains de la Méditerranée.

Divers organismes gouvernementaux ou régionaux visent la protection forestière et environnementale, mais ils disposent de moyens réduits face aux multiples défis à relever. L'Institut pour la forêt méditerranéenne a été créé en 1989 par le Conseil régional Paca et l'Entente interdépartementale en vue de la Protection de la forêt contre l'incendie, avec le soutien de la Caisse d'Épargne. Il sensibilise le grand public aux spécificités des espaces boisés méditerranéens, et recueille les dons des mécènes pour gérer des actions de prévention et de réhabilitation. L'Observatoire de la forêt méditerranéenne (l'OFME) est un cadre conventionnel créé en 2000-2001, sous l'égide de l'État, la région Paca, de l'Union régionale des communes forestières et de l'Entente interdépartementale pour la protection de la forêt et de l'environnement contre l'incendie. Inscrit au Contrat de plan État-Région, l'OFME prévoit des crédits pour la gestion durable de la forêt et facilite l'information et la rencontre de ses acteurs. En ce qui concerne le risque d'incendie de forêt, on peut signaler l'action du Ceren, le Centre d'essais et de recherche interdépartemental sur la protection de la forêt et de l'environnement contre l'incendie, et de l'Ecasc, l'École d'application de la sécurité civile qui, en mai 2008, a organisé une formation sur la gestion de ce risque s'adressant aux associations de communes forestières et aux collectivités locales.

De multiples ONG et associations locales à sensibilité écologique et forestière ont également vu le jour. Le Comité français de l'UICN, créé en 1992, regroupe au sein d'un partenariat original 2 ministères, 13 organismes publics, 40 ONG, des collectivités locales, des entreprises et plus de 250 experts réunis en commissions spécialisées et en groupes de travail thématiques. Il s'est fixé deux missions principales : répondre aux enjeux de la biodiversité en France et valoriser l'expertise française à l'international. Fondée en 1948, l'UICN, l'Union internationale pour la conservation de la nature travaille pour la protection des ressources naturelles et participe à la définition de conventions internationales, notamment pour la diversité biologique. Observateur officiel auprès des Nations unies, cette union démocratique qui siège en Suisse est le plus ancien et le plus vaste réseau mondial de protection de l'environnement, rassemblant plus de 1 000 organisations gouvernementales et non gouvernementales, 11 000 scientifiques et experts bénévoles répartis dans plus de 160 pays. Le Forum méditerranéen de l'UICN, réuni à Malaga en novembre 2010, a investi l'organisation dans le rôle de coordinatrice des efforts dans la perspective d'une utilisation rationnelle des ressources disponibles et la promotion d'un développement intelligent entre le nord et le sud de la Méditerranée. En 1961, l'UICN avait contribué à la création du WWF, le Fonds mondial pour la nature, ONG fortement impliquée dans le développement durable, qui cherche avec diverses organisations (ONG ou autres) et des associations de protection de la nature à « enrayer, puis inverser le processus de dégradation de la planète ». Représentée dans plus de 100 pays, cette organisation bénévole qui compte 5 millions de membres œuvre en France avec sa filiale WWF-France, créée en 1973.

Fondée en 1978, Forêt méditerranéenne est l'association française jumelle de l'AIFM, l'Association internationale forêt méditerranéenne. Elle a d'ailleurs contribué à la forger en 1996. Cette initiative a été appuyée par une société portugaise et italienne, l'Unesco, la FAO (Silva Mediterranea) et le PAM. Malgré le rôle joué dans cette création par l'État français et les régions Paca et Languedoc-Roussillon, l'AIFM, dont le siège social se trouve à Marseille, est une association totalement indépendante. En organisant des rencontres, en participant à de nombreuses réunions (comme celles de Silva Mediterranea) et en publiant régulièrement ses *Nouvelles des forêts méditerranéennes*, elle s'est fixée deux buts principaux : faciliter l'échange des connaissances relatives aux milieux naturels et forestiers des pays à climat méditerranéen et à leurs modes de gestion ; promouvoir une coopération internationale pluridisciplinaire sur les aspects environnementaux, technologiques, socio-économiques, d'aménagement du territoire de ces milieux. Elle est active également par ses rencontres et sa publication *la feuille et l'aiguille.* En 2005, dans le cadre de ses rencontres triennales (Foresterranée), elle a préparé des États généraux de la forêt méditerranéenne, tenus dans toutes les régions méditerranéennes françaises et conclus au domaine départemental de l'étang des Aulnes à Saint-Martin-de-Crau. Le Manifeste des Aulnes met en exergue les spécificités de la forêt méditerranéenne française et la nécessité d'une politique globale pas « centrée uniquement sur la protection contre les incendies, qu'il convient cependant de soutenir et d'améliorer » (Forêt méditerranéenne, 2005). On peut remarquer que le foisonnement des ONG a conduit à certains regroupements, tel celui du MED Forum. Constitué à Barcelone en 1995 sur la demande de nombreuses ONG, ce réseau en 1997 en rassemble plus de 80 des 18 pays riverains, auxquelles il faut rajouter celles du Portugal, d'Andorre et de Jordanie, toutes visant la défense et la protection de l'en-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

vironnement dans un cadre de développement durable. Il est le porte-parole de leurs actions auprès des instances et des forums internationaux : MED Forum était présent aux réunions du PAM, de la Convention de Barcelone, de la CMDD, de la Convention de lutte contre la désertification, au Congrès mondial de l'UICN… Une Banque de projets de MED Forum finance les actions de partenariat.

L'ébauche d'une gestion conservatoire

L'élément clé : la conservation de la biodiversité

Aujourd'hui, on parle plutôt de la biodiversité que de la nature. Pour l'économiste Jacques Weber, ce concept est plus concret « en faisant référence explicitement à tout l'ensemble des écosystèmes, des espèces et des gènes », alors que la signification de la nature, « projection de l'ordre social sur le milieu environnant (…) diffère entre les sociétés, les géographies et le temps » (WEBER, 2008). Le terme forgé en 1985 par W.G. Rosen est devenue le mot clé dans les discours, car il couvre un champ très large : « les espèces sauvages et domestiques, des bactéries aux grands mammifères, mais également les habitats et les interactions entre ces différentes composantes, des gènes aux écosystèmes, et même les services rendus par ces derniers » (Commissariat général au développement durable, 2010).

La Convention internationale sur la diversité biologique

Ce traité international a comme objectifs le développement de stratégies nationales pour la conservation de la biodiversité, son utilisation durable et le partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques. Ouverte aux signatures en juin 1992, la CDB était signée par 168 pays en décembre 1993. D'abord installés à Genève, ses bureaux optèrent définitivement pour Montréal. Longtemps, les diverses conférences n'ont eu qu'une portée peu contraignante, des pays comme les États-Unis s'étant abstenus de ratifier la Convention. Il fallut attendre la Conférence de Bratislava en 1998 et celle de Kuala Lumpur en 2004 pour aborder la question du partage juste et équitable des bénéfices tirés de la biodiversité, d'ailleurs sans qu'aucune décision ne soit prise, les pays du Sud riches en ressources réclamant un régime contraignant « d'accès et de partage » afin d'éviter une exploitation favorable aux pays du Nord.

Vingt ans plus tard, la CDB issue du Sommet de Rio reste le seul instrument international pouvant appréhender les problématiques liées à la diversité biologique. Une Évaluation des écosystèmes pour le millénaire est commandée en 2000 par le Secrétaire général de l'ONU Kofi Annan, mais ce travail, qui nécessite les contributions de plus de 1 360 experts issus de près de 50 pays et va durer 4 ans, vise surtout à répondre aux besoins d'usagers de l'environnement, notamment du monde des affaires qui est invité à relever le défi d'un développement soutenable. En 2002, lors du Sommet de la Terre de Johannesburg, la communauté internationale promet de tout faire pour réduire avant 2010 le taux d'érosion de la biodiversité. Et, en 2006, pour renforcer l'importance de cet enjeu, les Nations unies déclarent 2010 l'Année internationale de la biodiversité. Pourtant, huit ans après la déclaration d'Afrique du Sud, aucun des pays signataires n'a pu enrayer le rythme d'appauvrissement de la biodiversité, aucun n'a pu trouver un développement plus harmonieux avec la nature. 2010 est donc l'année où, face à cet échec, la communauté internationale doit faire le bilan de l'action pour la préservation des espèces et réfléchir à de nouvelles perspectives d'avenir.

Aussi l'Année internationale de la biodiversité s'achève-t-elle, à la surprise générale, sur la note d'espoir de la Conférence de Nagoya (octobre 2010). Malgré les affrontements entre les pays industrialisés (hormis les États-Unis non signataires de la CDB) et les pays en développement, peu enclins à prendre de nouveaux engagements sans contrepartie, les 193 pays membres de la Convention sur la diversité biologique parviennent à un accord pour freiner le rythme d'extinction des espèces d'ici à 2020. La communauté internationale a-t-elle voulu éviter, dix mois après l'échec de Copenhague sur le changement climatique, de reproduire l'affligeant spectacle de sa paralysie et de son inaction ? Ou bien cette avancée de Nagoya est-elle due au rapport alarmant du Pnue sur *Les perspectives mondiales de la biodiversité*, publié au printemps 2010 ? S'il est stratégique, le plan 2011-2020 n'est pas pour autant contraignant, même avec ses 20 sous-objectifs quantifiés : division par deux du rythme de disparition des habitats naturels ; restauration de 15 % des écosystèmes dégradés ; augmentation de la superficie des aires protégées terrestres (portée de 13 % à 17 %) et maritimes (portée de 1 % à 10 %) ; gestion durable de l'agriculture et de la pêche ; réduction puis suppression en 2020 des subventions dommageables à la biodiversité. Certes en 2002, à

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Johannesbourg, les indicateurs faisaient défaut, mais à Nagoya aucune sanction n'est prévue dans la mise en œuvre des plans nationaux. Et beaucoup de pays du Sud, qui dénoncent l'ampleur de la « biopiraterie », prennent leur revanche avec le meilleur accès aux ressources génétiques et le partage plus équitable des avantages issus de leur utilisation. Mais l'espoir de Nagoya repose aussi sur la création d'une Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES, en anglais), qui serait l'équivalent du Giec, une boussole des politiques de préservation de la biodiversité, en fournissant aux gouvernements des évaluations et des scénarios sur son évolution à venir. Créé sous l'égide de l'ONU, l'IPBES devra mettre les écosystèmes mondiaux sous surveillance mais en évitant toute ingérence. « Les pays en développement ont exigé d'encadrer étroitement le mandat des scientifiques afin que la nouvelle organisation ne se transforme pas en donneuse de leçons » (L. Caramel, *Le Monde*, hors-série, Bilan Planète 2010). De façon quasi unanime, les ONG ont salué l'accord de Nagoya, « le message envoyé à tous les pays est : il faut faire plus » a déclaré Russel Mittermeier de Conservation International. Pourtant, le financement global du programme est loin d'être bouclé, et puis « il ne faut pas oublier qu'entre 2002 et 2010 les chefs d'État ou de gouvernement ont adopté, à quinze reprises au moins, l'objectif de réduire fortement le rythme actuel de perte de la biodiversité… Pour les résultats que l'on sait. Les promesses faites à Nagoya connaîtront-elles un meilleur sort ? » (L. Caramel, *Le Monde*, hors-série, Bilan Planète 2010).

En France, la Stratégie nationale pour la biodiversité

La SNB de la France est conforme aux orientations de la CDB, qu'elle a ratifiée en 1994. L'objectif de stopper la perte d'érosion pour 2010 est ensuite conforté par le Grenelle de l'environnement (octobre 2007). Pour évaluer et améliorer la Stratégie nationale pour la biodiversité, le Grenelle, qui rassemble ONG, patronat, syndicats, État et élus de tous bords pour finalement aboutir à 273 engagements, suggère la création dès 2008 d'un Observatoire de la biodiversité, qui sera décliné en observatoires régionaux ou locaux. Après être restée relativement en marge du premier suivi planétaire de la biodiversité, l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire qui avait mobilisé plus de 50 pays, la France répond ainsi à une partie des engagements de la CDB de Rio. Ces organismes publics ou associatifs – éventuellement construits par une ONG – ont en effet pour mission de collecter et centraliser, sous forme d'indicateurs, des données qualitatives et quantitatives à tous les niveaux de la diversité biologique, des gènes à la biosphère, ces inventaires devant conduire à la diffusion des connaissances (notamment d'une cartographie) nécessaire à l'élaboration et (ou) à la surveillance des politiques de gestion de la biodiversité. Associant de multiples experts, ces observatoires prolongent le travail ancien des musées d'histoire naturelle, qui ont accumulé de nombreuses données souvent sur plusieurs siècles. Le Grenelle 1 a également proposé que soit achevé, à l'initiative du ministère chargé de l'Environnement et avec l'appui du Muséum national d'histoire naturelle, l'inventaire des Znieff, les Zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique, recensées à partir de 1982 dans les 22 régions métropolitaines et les départements d'outre-mer. En 2004, la notion « d'espèce déterminante », qui permet de définir une Znieff, prend une importance majeure dans leur nouvelle caractérisation. Basée sur des critères de rareté, de menace, de statut de protection, d'autochtonie et d'endémisme, la méthode de délimitation de leurs périmètres est ainsi affinée pour être « explicite et incontestable » (ELISSALDE-VIDEMENT *et al.*, 2004). En mai 2010, la loi Grenelle 2 marque la fin du consensus autour de l'écologie, d'ailleurs sensible dès mars avec l'abandon de la taxe carbone, l'une des mesures phares du Grenelle 1. La crise économique semble opposer de nouveau la recherche de la compétitivité et la protection de l'emploi à la conservation des écosystèmes et de la biodiversité.

Au total, la mise en œuvre de la SNB repose sur un ensemble de mesures pratiques en faveur de la protection de la biodiversité et des paysages. En 10 ans (de 1998 à 2008), la dépense nationale concernant ce secteur, financé aux trois quarts (en 2008) par les ministères, les établissements publics et surtout les collectivités locales (principalement les communes), a progressé de 70 %, contre seulement 22 % pour le PIB, et près de 60 % de cette dépense concerne la protection de la biodiversité, le reste étant consacré aux paysages (Commissariat général au développement durable, 2010). Parmi les mesures prises par la France en faveur de cette protection comptent les plans d'actions de sauvegarde et de restauration des espèces, la création et la gestion d'aires protégées, et la mise en œuvre du réseau européen Natura 2000. Sur la période 1998-2008, les espaces naturels ont progressé en nombre et en surface. En métropole, il s'agit surtout des parcs régionaux, protégés par voie contractuelle, s'appuyant sur une charte acceptée par différents usagers associés dans le développement local et la préservation du patrimoine, ou s'appuyant sur une convention internationale, sur les engage-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

ments internationaux pris par la France (convention Ramsar sur les zones humides, programme L'Homme et la biosphère de l'Unesco). Les espaces naturels protégés par voie réglementaire (cœur de parc national, réserves naturelles…), s'appuyant sur des interdictions ou des limitations des activités humaines, ont une superficie plus étendue en outre-mer qu'en métropole.

Les nombreux sites Natura 2000 de l'Union européenne doivent permettre de réaliser les objectifs de la CDB adoptée à Rio : maintenir la diversité biologique tout en tenant compte des exigences économiques, sociales, culturelles et régionales dans une logique de développement durable, et en considérant que les aires protégées présentent un véritable enjeu pour l'économie à long terme. Initialement prévue pour 2004, la désignation des sites a pris du retard, par exemple la constitution du réseau français, validé en 2007, la France ayant été sanctionnée à trois reprises pour sa lenteur par la Cour de justice européenne, malgré des avancées significatives. En application des directives européennes Oiseaux de 1979 et Habitats, Faune, Flore de 1992 ont été créées respectivement des Zones de protection spéciales (ZPS) et des Zones spéciales de conservation (ZSC), ces dernières étant issues des listes nationales puis de la liste européenne des Sites d'importance communautaire (SIC) établies à partir de 1995. En 2008, puis en 2010, le réseau terrestre a été complété par quelques sites maritimes d'un réseau Natura 2000 en mer. L'entrée dans l'UE de 12 nouveaux États a provoqué une nouvelle extension du réseau en 2010. En France, la gestion est assurée par une ou plusieurs collectivités territoriales et un comité de pilotage (Copil) composé des acteurs en présence sur le site : associations, agriculteurs, pouvoirs publics, collectivités, forestiers, propriétaires, chasseurs, pêcheurs, etc. La directive Habitats, Faune, Flore oblige les États membres à entreprendre une surveillance des espèces et des habitats d'intérêt communautaire, et à évaluer tous les six ans leur état de conservation. L'évaluation sur la période 2001-2006 qui a porté en France sur 290 espèces a révélé qu'une seule sur cinq se trouve en bon état de conservation, la part la plus importante étant dévolue à la flore de la région alpine (Alpes et Pyrénées) avec 32 % d'évaluations favorables, et à la faune de la région méditerranéenne avec 28 %. L'analyse a aussi indiqué qu'un habitat sur six est en bon état en France, les milieux les mieux conservés étant les systèmes rocheux (éboulis, falaises) et les fourrés sclérophylles (landes, buxaies, certaines junipéraies), essentiellement dans la région alpine (Alpes et Pyrénées), avec 30 % d'évaluations favorables. Les situations les plus défavorables sont observées pour les habitats marins, littoraux, dunaires, aquatiques et humides. « Alors que les parcs naturels régionaux (PNR) et le réseau Natura 2000 sont deux types d'aires protégées largement déployés en métropole (12,5 % chacun du territoire), leur recouvrement n'est pas aussi important qu'il pourrait y paraître puisque à peine 20 % des surfaces terrestres Natura 2000 sont également couvertes par un PNR » (Commissariat général au développement durable, 2010).

L'intégration de la biodiversité, priorité d'avenir

« Le défi d'aujourd'hui est d'insérer la biodiversité dans l'espace occupé par les humains – en premier lieu dans l'agriculture mais aussi dans les villes et leurs périphéries » (Weber, 2008). Pour conserver les espaces boisés méditerranéens fortement anthropisés et leur riche biodiversité, une gestion durable tant agricole ou pastorale que forestière est absolument nécessaire. À la fin du XXe siècle, l'importance des forêts pour les populations a été mise en relief. En 1989, le premier rapport du Plan Bleu appelait de ses vœux une stratégie de gestion intégrée des espaces ruraux et de leurs ressources conciliant le développement économique et la protection des milieux naturels. Une agriculture qui intègre la valeur de la richesse biologique est plus durable, malgré des rendements moins élevés. Mais depuis son adoption en 1992 au Sommet de la Terre de Rio, la mise en œuvre de la Convention internationale sur la biodiversité a concerné presque uniquement la création et la gestion d'aires protégées. Les politiques de coopération environnementale mises en place ont pâti de la mondialisation, d'une ouverture commerciale qui a maintenu ou aggravé les inégalités, « la divergence de moyens et de perspectives entre une rive nord, qui bénéficie de l'intégration européenne (avec notamment des directives rigoureuses sur l'environnement et des fonds pour le renforcement des capacités…), et une rive sud qui n'en bénéficie pas » (Pnue/PAM/Plan Bleu, 2005). Une lueur d'espoir cependant ? Face à l'application encore modeste de la biodiversité dans les politiques publiques ? Selon Jacques Weber, ce concept clé dans les discours « aura bientôt atteint le même niveau d'attention et de préoccupation que le changement climatique » (Weber, 2008). Cette déclaration optimiste tient sans doute des avancées scientifiques interdisciplinaires en écologie et en économie, qui semblent capables d'étendre la prise de conscience de l'humanité sur les interdépendances qui structurent le vivant et sur les services rendus par les écosystèmes…

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Rive sud : des actions encourageantes mais timides

Les populations de la rive sud exerçant une pression continue sur les espaces boisés, leur biodiversité et leurs sols, il fallait répondre aux défrichements, à la fragmentation et la disparition rapide des habitats naturels et de leurs cortèges d'espèces végétales, orchestrés le plus souvent au profit de l'extension des cultures et du surpâturage ovin et caprin. On évoquera seulement quelques exemples de réalisations concrètes – pris surtout au Maghreb – encore peu efficaces face à cette surexploitation.

Des aires protégées et des réserves de biosphère

L'importance des endémiques dans le nombre de ligneux menacés (plus des 2/3) souligne tout l'enjeu de la conservation de la flore et des communautés forestières du bassin méditerranéen. Si en 1998, l'UICN recense 45 ligneux menacés, P. Quézel et F. Médail en répertorient 61, dont 42 endémiques, sur les 290 présents dans le bassin (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Cette vulnérabilité est particulièrement préoccupante sur la rive sud, comme l'indique par exemple le fort pourcentage d'espèces végétales menacées au Maroc, 24 %, soit pratiquement une sur quatre.

La création d'aires protégées s'accélère depuis l'an 2000. Selon Eurostat, l'Égypte (en 2004) et la Tunisie (en 2005) en détiennent 24, ce dernier pays ayant créé ses 8 parcs nationaux et ses 16 réserves naturelles dans les années 1980-90. La Syrie possède 19 aires protégées (en 2003), le Maroc 14 (en 2003) et la Jordanie 7 (en 2006), le record étant dévolu à Israël avec 427 unités (en 2002). Mais pour conserver une biodiversité maximale, il importe de maintenir dans les espaces boisés de ces aires protégées les séquences de perturbations qui les ont façonnés, afin de préserver l'équilibre de la mosaïque de biocénoses qui les compose. Et comme certains taxons ne peuvent se développer qu'au sein de vastes zones, loin des lisières, le programme Man and Biosphere de l'Unesco a désigné sur le pourtour méditerranéen 34 réserves de biosphère, sur les 425 créées dans le monde. Pour 32 d'entre elles, il s'agit de « surfaces forestières ou préforestières significatives… entourées de zones tampons puis d'une aire de transition gérée par les populations locales dans une optique de développement durable », explique Frédéric Médail, en précisant qu'à l'est certaines forêts principales ne sont pas incluses dans ces structures, telles les cédraies à *Cedrus libani* ou certaines sapinières, pinèdes et chênaies, lacunes en partie comblées par l'existence de nombreux parcs nationaux (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). La Turquie, la Syrie, le Liban, Chypre, la Libye, l'Albanie et la Bosnie n'ont malheureusement pas encore de réserves de biosphère. Qu'elles soient parc national, réserve naturelle ou réserve de biosphère, les aires protégées des PSEM sont souvent dégradées par des impacts humains difficiles à maîtriser.

Les plus vastes réserves de biosphère méditerranéennes sont situées au Maroc. Créée en 2000, celle de l'Oasis du Sud marocain comporte, sur près de 7,2 M ha dont plus de 900 000 ha pour la surface centrale, des forêts alticoles à genévrier thurifère et chêne vert, des forêts présteppiques à acacias, et des oasis à palmier dattier. Créée en 1998, l'Arganeraie du Souss comprend, sur plus de 2,5 M ha dont 110 000 ha pour la zone centrale, outre les formations présteppiques à arganier, des formations à thuya de Berbérie et genévrier de Phénicie. En Algérie, hormis El Kala née en 1990 et Chrea apparue récemment en 2002, il faut signaler l'exemple de Djurdjura créée en 1997, avec plus de 35 000 ha, dont 12 800 ha pour la zone centrale, qui cherche à protéger une grande variété d'écosystèmes forestiers : des chênaies (chêne vert, chêne-liège, chêne zéen), une cédraie à *Cedrus atlantica*, des forêts d'érables, des pinèdes (pin d'Alep, pin noir) et des peuplements d'If. En Tunisie, sur les 4 réserves créées en 1977, dont Djbel Bou-Hedma, Djbel Chambi et Ichkeul, on remarquera celle des îles Zembra et Zembreta, de petite taille (791 ha avec une zone centrale de 550 ha) qui recouvre des matorrals thermophiles à oléolentisque.

La réhabilitation du secteur forestier et l'implication des populations

Le rapport de 2005 du Plan Bleu évoque une stabilisation, voire une progression des superficies en Afrique du Nord et au Proche-Orient. Sauf au Liban, dévasté par la guerre entre 1975 et 1991, les surfaces reboisées sont souvent très importantes : c'est le cas au Maroc, en Tunisie, en Syrie et en Turquie, où plus de 66 000 ha de *Cedrus libani* ont été plantés par le service forestier turc. Et parmi les pays qui progressent le plus, on compterait l'Algérie avec 1,3 % par an, la Libye 1,4 %, l'Égypte 3,3 % et Israël 4,9 % par an. Cette situation résulterait surtout d'un effort général de reboisement, les surfaces plantées occupant entre 20 à 40 % de la superficie forestière des divers PSEM (pour 11,6 % dans tout le bassin). Mais la matorralisation et la steppisation faisant régresser bon nombre de forêts naturelles (de 2 à 4 % par an), les bilans surfaces déboisées/surfaces reboisées restent négatifs, et les chiffres sont à considérer avec précaution.

Au Maroc, le haut commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte contre la désertification ac-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

corde une priorité particulière au reboisement. Selon A. Benabid, 423 000 ha ont été reboisés entre 1950 et 1980. Cet effort vaut pour la reconstitution des forêts naturelles et des parcours comme pour la protection des sols ou l'amélioration du cadre de vie. L'adoption d'un Programme forestier national et de lutte contre la désertification accélère aujourd'hui le reboisement (zones de Chefchaouen, Khénifra et Ifrane) et lance des travaux d'aménagement anti-érosifs dans 11 bassins versants. Un effort est mis sur la création de centres de semences régionaux où sont élaborés des programmes de sélection génétique. Les travaux de régénération assistée des espèces climax cherchent à s'appuyer sur la technique de la « futaie jardinée, au sein de laquelle les recouvrements arborescent et arbustif sont équilibrés » (BENABID, 2002). L'ameublissement du sol ne doit pas détruire ses horizons ni la strate arbustive. L'ensemencement artificiel doit plutôt s'appuyer sur un crochetage manuel ou un labour superficiel avec un scarificateur (une charrue à dents, et non à disques). La campagne de reboisement 2005-2006 a porté sur près de 32 000 ha, dans toutes les régions du pays, surtout à des fins de production et de protection (20 000 ha), le reste étant réparti entre la régénération des forêts et l'amélioration sylvo-pastorale.

La stratégie de l'État dans le secteur forestier est fondée sur une approche participative et partenariale. Si l'intervention du secteur privé dans le reboisement demeure faible, celle de l'État s'appuie sur l'implication de tous les intervenants (usagers, collectivités locales et secteur privé), ainsi que sur les liens des programmes forestiers avec d'autres secteurs (eau, agriculture, énergie…). Le Plan national d'aménagement des bassins versants inclut cette forte participation des communautés locales, mais le financement insuffisant, notamment par les possibles bénéficiaires de l'aval, explique que ses réalisations ne concernent que 13 000 ha par an dans les années 1990, au lieu des 75 000 prévus. Pourtant, une volonté politique nouvelle appuyée financièrement par l'Union Européenne, est en cours au Maroc en matière de foresterie, basée sur la mobilisation des populations locales, comme le montre l'exemple du projet Gefrif (Gestion participative des écosystèmes forestiers du Rif). Depuis que les terres domaniales exploitées de fait sont devenues des propriétés individuelles, les délits de coupe ont régressé et la forêt reprend sa dynamique progressive. « Le développement d'une nouvelle génération de fours à pain (métalliques) fabriqués localement devrait permettre des économies de bois de l'ordre de 50 % et alléger d'autant le travail des femmes (ramassage du bois) » précise le rapport du Plan Bleu. Cette nouvelle gouvernance dans la gestion forestière est facilitée par l'action déconcentrée et simplifiée de l'Agence du Nord, administration transversale qui réunit les fonds nationaux et européens. Par ailleurs, des mesures incitatives ont été prises dans le cadre du Fonds national forestier, permettant l'octroi de subventions et de prêts remboursables : subventions en nature, à raison de 6 000 plants par bénéficiaire et par an ; subventions en espèces pour les reboisements productifs, à hauteur de 30 % du coût du projet ; remboursements pour le reboisement des terrains collectifs, dans le cadre conventionnel, à partir des recettes réalisées.

Actuellement, la surface reboisée avoisine les 600 000 ha, à égalité en essences résineuses et en essences feuillues. En 2008, le plan d'urgence du haut commissariat prévoit le reboisement de 500 000 ha en 10 ans. Les espèces les plus choisies sont le cèdre, le thuya de Berbérie, le cyprès de l'Atlas, le chêne-liège, l'arganier ou encore le caroubier. On peut rappeler l'exemple de l'intervention du gouvernement en faveur de l'arganier : accueil de colloques internationaux à Agadir, création (avec Monaco) de la coopérative de Taitmatine, et depuis le classement de l'arganeraie en réserve de biosphère de l'Unesco, programmes de reboisement avec la participation de l'ONG Fondation du Sud pour le développement et la solidarité. La plantation de 6 000 arbres en 3 ans est prévue dans la région de Taroudannt, 4 000 ayant déjà été plantés à Ameln, près de Tafraout. Et même si un arbre ne donne des fruits qu'au bout de 25 à 30 ans, ce reboisement de la forêt d'arganiers de plus en plus livrée au pâturage et à la culture de la tomate ou des agrumes cherche à préserver la production marocaine d'huile d'argan, concurrencée par celle de pays comme la Tunisie, l'Espagne, la France ou Israël, lesquels importent aujourd'hui des amandons pour produire.

En Tunisie, la réhabilitation forestière a suivi le tournant politique de 1987. Pour la Direction générale des forêts (DGF) du ministère de l'Agriculture, la protection et l'accroissement des espaces boisés sont une priorité nationale. Elle a été concrétisée par la refonte du Code forestier en 1988 et la mise en œuvre de plans nationaux de reboisement et de protection des sols à partir de 1990. Sont impliqués aussi l'Office de développement sylvo-pastoral du Nord-Ouest – l'Odsypano – et l'Institut national de recherches forestières. Le code révisé, qui souhaite un climat de confiance entre forestiers et usagers, prévoit l'intégration des populations dans des Associations forestières d'intérêt collectif (Afic) et le recyclage des cadres techniques dans le domaine socio-économique et de l'animation

rurale. En effet, l'article 16 appelle le forestier à « tenir compte des intérêts légitimes des usagers ». C'est-à-dire à ne plus penser exclusivement à la production ligneuse, mais à compter sur les autres ressources souvent non utilisées pour leur fournir une vie décente : « le tourisme vert, l'élevage du gibier et de certaines espèces de la faune sauvage, les essences aromatiques et médicinales, le petit élevage, la rationalisation de l'exploitation agricole dans les clairières forestières et la formation de micro-entreprises de travaux forestiers » (LARBI, 1999).

L'approche participative a vraiment démarré avec les 10 Opérations pilotes de développement intégré (OPDI) lancées en 1994. Une expérience ancienne réalisée dans les montagnes du nord-ouest de la Tunisie avait montré que les actions menées selon cette approche étaient plus durables que celles définies selon l'approche administrée. Selon les chiffres donnés par Chakroun Mohamed Larbi, l'ensemble des OPDI totalise 21 500 ha, avec de très petites exploitations agricoles (70 % ont moins de 5 ha) où la surface forestière varie entre 50 et 80 % de la superficie totale. Près de 10 000 habitants sont désenclavés, regroupés dans des micro-localités (des douars). Le programme des OPDI, comprend des actions forestières comme le reboisement, lequel peut compter sur trois pépinières pilotes, installées de 1995 à 1997 dans les arrondissements de Nabeul, Kef et Béja (LAMHAMEDI *et al.*, 2000) dans le cadre du Projet de développement forestier. Chacune d'elles, dotée d'une ombrière rétractable, assure une production de 500 000 plants de qualité en conteneurs (pin pignon, pin d'Alep, chêne-liège, acacia, eucalyptus, casuarina…). Six autres pépinières ont été modernisées entre 1998 et 2000. Les OPDI comprennent aussi la construction des infrastructures de base, l'augmentation de la production agricole, la protection de l'environnement, la promotion de petites entreprises de travaux forestiers et celle des activités féminines (jardins potagers, petit élevage, distillation, artisanat…), auxquelles sont consacrés 30 % des crédits. Des ONG spécialisées dans l'animation rurale et la programmation ont accompagné dès le départ ces opérations.

En Algérie, le programme du gouvernement lancé en 1999 et entré en vigueur en 2000 vise le reboisement de 1 250 000 ha en 20 ans. En 2007, le pays est dans les 5 premiers sur le plan mondial en matière de reboisement.

La DGF a planté 120 millions d'arbres sur 74 000 ha, une superficie de 100 000 ha par an étant prévue dans le court terme. Les opérations – comme la plantation d'arbres dans la forêt de Baïnem – concernent la wilaya d'Alger, qui compte une centaine d'espaces boisés étendus sur 5 000 ha dans 55 communes, mais le plan table aussi sur le reboisement de 60 % de zones montagneuses, souvent menacées par l'érosion hydrique. Depuis sa validation en 1999, le projet aurait permis de réaliser 250 000 ha jusqu'en 2008, c'est-à-dire le quart de ce qui a été fait depuis l'indépendance jusqu'en 1999. Le secteur privé est largement impliqué dans ce plan, avec la participation de 130 pépinières privées contre 40 issues du public.

Dans le cadre de ce reboisement, la DGF tente aussi de relancer le projet de Barrage vert de 1969, en mettant en place un programme ciblé sur des zones en désertification. Après avoir été confié à l'armée, ce chantier pharaonique est repris en 1994 par l'administration des forêts, qui n'a pas les mêmes moyens humains : le gouvernement de Boumediene avait mobilisé 20 000 recrues du Service national… Pourtant à cette date, à cause de méthodes peu efficaces, inspirées des Soviétiques, les 12 000 ha plantés étaient réussis seulement à 42 %. Et « si le chêne vert, le cyprès de l'Arizona et le pistachier étaient aussi prévus, seul le pin d'Alep avait été vraiment planté » (BETHEMONT, 2001). La mission actuelle de la DGF, remise à jour par le programme de relance économique du quinquennat 2005-2009, consiste d'abord à réhabiliter des sites, près de Tébessa, Djelfa, M'sila et Khenchela (Enquête DZ, 2006), dégradés par le pacage, les coupes illicites et le dépérissement des pins d'Alep, ravagés par la tordeuse et les chenilles processionnaires. Le projet est abandonné dans sa conception comme barrage à l'avancée du sable vers le nord, on a compris que la lutte contre la désertification doit plutôt se focaliser sur ses véritables causes, à savoir une pression pastorale accentuée par une population plus nombreuse et l'augmentation générale des niveaux de vie. Il faut donc réhabiliter les steppes et les zones de parcours par des mesures comme la mise en défens, le pâturage différé géré en associations d'éleveurs/pasteurs, l'introduction d'arbustes fourragers. Aujourd'hui, le projet de barrage vert sur 1 000 km de long et 20 km de large est remplacé par de petits projets intégrés, des actions de proximité ciblées sur des régions menacées par la désertification. L'État a mis en place un Programme national des Hauts Plateaux et un Programme spécial du Sud de l'Algérie. En 2010, le ministère de l'Agriculture et du Développement rural annonce que le Barrage vert sera élargi d'ici à 2014 de 100 000 ha. Les associations, les habitants et les collectivités locales vont être sensibilisés pour contribuer à la lutte contre la désertification. Outre les opérations de reboisement, les agriculteurs sont encouragés « à produire de l'orge qui est incorporé dans l'alimentation animale afin de réduire l'utilisation

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

excessive des terrains et pâturages par les éleveurs » (BOUDEDJA, 2010).

Au Liban, l'ONG Jouzour Loubnan (Les racines du Liban) a lancé de nombreuses campagnes de plantation sur le territoire. Entre 2008 et 2010, Jouzour Loubnan a planté 21 000 arbres sur les hauteurs de Ehmej, Tarchich, Kfardebian, Aïn Zebde et dans les environs du barrage de Chabrouh. Et à la fin de 2010, Raoul Nehme, son président, a annoncé le lancement de campagnes de plantation de 10 452 cèdres du Liban, caroubiers, amandiers et pruniers sauvages, lauriers et chênes sur une étendue d'environ 350 000 km^2 dans la région de Aynata, au Sud-Liban, projet soutenu par la municipalité, l'armée libanaise et l'ONU (la Finul). L'organisation s'est donnée pour mission de reboiser des régions montagneuses et arides où le surpâturage, la surexploitation et le changement climatique accélèrent la désertification et l'érosion des sols. Elle assure également l'arrosage, la maintenance et le gardiennage des zones reboisées jusqu'à leur pérennité. Dans le cadre de son partenariat avec la faculté des sciences de l'université Saint-Joseph de Beyrouth (USJ), Jouzour Loubnan a financé la création en 2009 d'un laboratoire de germination et de conservation des graines, dirigé par la généticienne Magda Bou Dagher-Kharrat, dont les recherches visent en premier lieu à éviter l'hybridation de *Cedrus libani* subsp. *libani*, symbole du pays, avec d'autres types de cèdres importés. À travers l'étude des arbres et des plantes endémiques, le stockage des semences d'espèces locales sauvages et la production de plantules, le laboratoire Jouzour Loubnan contribue fortement à la protection de la biodiversité.

Des efforts peu efficaces pour réhabiliter les parcours

Dans les PSEM, le fait tribal coutumier a gardé toute son importance dans les terres de parcours des troupeaux, notamment forestiers. Au Maghreb, malgré la domanialisation des forêts, les usagers les considèrent toujours comme leur appartenant plus ou moins collectivement.

C'est l'appartenance au groupe qui règle encore le droit d'accès et la mise en défens. Jusqu'au milieu du XXe siècle, l'organisation communautaire agricole et pastorale assurait une gestion relativement équilibrée des milieux naturels, laquelle pouvait paraître assez durable. Mais à partir des années 1960-70, la transition démographique déclenchée par la baisse de la mortalité entraîne, au Proche-Orient puis au Maghreb, un recul des terres collectives et de leur organisation coutumière, « l'accaparement des terres de parcours, que ce soit pour les mettre en culture ou pour les privatiser (appropriation par le trait de labour permis par la motorisation ou par le creusement d'un puits) » (Pnue/PAM/Plan Bleu, 2005). Les politiques foncières de gestion du collectif ont cherché à organiser la privatisation croissante. Elles étaient destinées à contrôler plus ou moins la puissance économique et politique des grandes sociétés d'élevage extensif (parfois associé à une agriculture marginale). Leurs résultats ont été inégaux, parfois même décevants comme en Algérie sur les terres des hauts plateaux. L'accès à la propriété foncière, les investissements privés des riches éleveurs venus des villes du Tell ont contribué, au même titre que l'augmentation de la population et des niveaux de vie, à l'accroissement du cheptel ovin, à la dégradation des meilleurs parcours steppiques, mis en culture par des pasteurs de plus en plus sédentarisés. Devant les effets pervers de cette privatisation, les gestionnaires des terres collectives de parcours ont parfois cherché d'autres voies. Une approche plus intégrée, territorialisée et participative s'est parfois substituée à la privatisation, que celle-ci soit accaparement de fait ou application de la législation. On peut citer l'exemple des coopératives ethno-lignagères de l'Est marocain, dont le but est de restaurer les parcours les plus riches et les plus dégradés en négociant des règles strictes avec les usagers, et en respectant largement le droit coutumier. « En 1996, après 3 ans, 300 000 ha d'armoise avaient été reconstitués (…) et cette superficie était passée à 450 000 ha vers 2000 » (Pnue/PAM/Plan Bleu, 2005). Cependant, la mise en œuvre de cette nouvelle approche n'est pas sans difficultés, on pourrait craindre un manque de souplesse dans la gestion des usages par une administration encore trop centralisée et cloisonnée.

L'exemple marocain montre que les principaux problèmes liés au parcours en forêt subsistent. Pourtant les actions entreprises par le ministère de l'Agriculture et de la Mise en valeur agricole (le Mamva) ne manquent pas. Dans plusieurs régions comme les provinces de Khénifra ou El Jadida, elles visent l'amélioration des parcours ovins et caprins, principale source de revenus pour la population. Des essais de régénération naturelle sont tentés par le renforcement des mises en défens, surtout dans les cédraies du Moyen Atlas et du Rif et les suberaies comme celle de la Mamora, située à proximité des villes de Rabat, Kénitra, et Khémisset. Une exploitation rationnelle est aussi recherchée avec l'inscription des pasteurs au parcours, et leur organisation au sein de groupements pastoraux, comme dans les provinces de Khénifra, Kénitra et Khémisset. Cette responsabilisation des populations est absolument nécessaire si l'on se réfère à la liste des massacres de sites dus au sur-

pâturage. Un forestier, Saidi, nous en donne un exemple significatif : « l'immense et si riche périmètre du Tizi-n-Tretten (entre Ifrane et Mischliffen) que les troupeaux extincteurs et les bergers pompiers sont chargés de désertifier dès le premier regain pour éviter que les cèdres ne brûlent ».

On sait que les cédraies de l'Atlas marocain sont bien plus parcourues que celles de l'Aurès et du Djurdjura algériens : 800 000 moutons paissent au sein des modestes peuplements du parc national d'Ifrane. Seuls quelques sites sont vraiment conservés dans le triangle du cèdre Ifrane-Khénifra-Itzer, la législation supposée établir la charge des parcours forestiers n'étant pas pratiquée. Au Maroc, même des aires protégées telles que les parcs, les réserves ou les Sibe (Sites d'intérêt biologiques et écologiques) sont pâturées. Au total, les divers projets pour répondre au surpâturage accru restent pratiquement sans effets. Ils souffrent de la difficulté d'organisation des usagers par des administrations encore trop centralisées et cloisonnées, d'une inscription au parcours limitée, de sa réglementation à un espace forestier restreint (région de Rabat et de Kénitra), du non-respect des mises en défens surtout en période de disette, de l'effectif important du cheptel caprin, grand destructeur de la forêt, même dans les forêts productives où il est interdit (forêts de chêne-liège et de cèdre). Mais l'augmentation de la charge sous l'effet des élevages associés aux citadins reste le problème principal : elle est 3 à 5 fois plus forte que la charge maximale. Pour des auteurs comme P. Quézel et F. Médail, seule une pression pastorale modérée axée sur les ovins pourrait maintenir dans les montagnes du Maghreb une diversité floristique suffisante, car les mosaïques végétales seraient préservées – du moins à l'étage montagnard-méditerranéen – et leurs pelouses assez denses favoriseraient la régénération des ligneux (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

L'exemple des steppes syriennes d'Al Badia, dans la région de Tadmur (Palmyre), montre qu'une mise en défens peut malgré tout aboutir à une régénération des parcours. En Syrie, l'élevage ovin transhumant exploite la quasi-totalité du territoire, de la côte jusqu'à l'extrême est en passant par les grandes régions irriguées des vallées (Oronte, Euphrate). Le quadruplement du cheptel ovin au cours des vingt dernières années, la culture de l'orge et l'arrachage des arbustes fourragers pour le bois de feu ont accéléré l'érosion et le processus de désertification. L'emploi de plus en plus fréquent des véhicules tout terrain pour le transport des moutons, des aliments et des réserves d'eau pour un bétail plus nombreux, a aussi endommagé la végétation et les sols. Un projet de Revalorisation des parcours, comportant une analyse des sols et leur réensemencement avec des plantes et des arbustes locaux, a été lancé en 1996, grâce à un accord entre la Syrie, l'Italie et la FAO. Dès la fin du siècle, les effets de la mise en défens sur les parcours en voie de régénération étaient spectaculaires. Mais peut-être cette expérience limitée a-t-elle fondé des espoirs disproportionnés, car les parcours collectifs, organisés en coopératives, donnent en fait des résultats inégaux. La loi de 1995 interdisant les cultures dans les steppes syriennes a permis en 1998 le financement par le Fida (Fonds international pour le développement agricole) d'un projet de réhabilitation couvrant quelque trois millions d'hectares. Mais « le rétablissement en 2001 d'une politique d'appui à la production ovine… dans le but de compenser la baisse des recettes pétrolières et du prix du coton par une augmentation des exportations de moutons (…) est difficilement conciliable avec un objectif de restauration de la végétation des parcours steppiques » (JAUBERT *et al.*, 2010). Lieu d'émergence de l'agriculture et du pastoralisme (dans le Croissant fertile), les steppes du Proche-Orient pourraient être inscrites au patrimoine mondial de l'Unesco, mais contrairement aux régions pastorales du nord de la Méditerranée, cette inscription trouve peu de place auprès des populations et des autorités, tant la patrimonialisation culturelle est un instrument juridique et technique qui « associe, implicitement ou explicitement, les produits à des valeurs d'authenticité, de traditions et de respect de l'environnement » (JAUBERT *et al.*, 2010).

Rive nord : une gestion parfois hésitante et contradictoire

Sur la rive septentrionale, contrairement à la rive sud où les forêts et les pâtures sont surexploitées, la principale menace pour les paysages et la biodiversité est la disparition progressive des milieux ouverts et des pratiques agricoles traditionnelles. Pour répondre à cette évolution, il faut gérer raisonnablement et durablement la reconstitution naturelle des forêts et l'embroussaillement, ainsi que les reboisements artificiels, lutter contre la dégradation des paysages et la perte notable de leur biodiversité.

Les aires protégées : des moyens limités

Les parcs nationaux et régionaux, les réserves de biosphère, les réserves d'intérêt écologique deviennent parfois de véritables espaces laboratoires de développement durable.

Protection des écosystèmes et accueil du public sont en général les missions affirmées des parcs

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

nationaux. Mais certains d'entre eux, tels les parcs nationaux italiens, cherchent aussi à entraîner les populations locales dans une dynamique de développement local, en valorisant certains produits, en créant de nouvelles activités de tourisme durable (comme au parc des Monte Sibillini). En Provence, pour améliorer l'accueil et l'information du public, le parc national de Port-Cros assure le suivi et la gestion des écosystèmes de plusieurs sites (îles de Port-Cros, Bagaud et Porquerolles, presqu'île de Giens, cap Lardier), qui consiste à surveiller leur flore et leur faune terrestre et maritime à forte valeur patrimoniale. On peut donner ici l'exemple d'une surveillance faunistique, celle des peuplements de goélands leucophées, dont le dernier recensement a été réalisé pendant l'Année internationale de la biodiversité, en partenariat avec l'association Développement de recherches en écologie appliquées aux zones méditerranéennes (Dream). Les populations de cette espèce protégée essentiellement méditerranéenne ont connu une véritable explosion démographique, du fait de l'augmentation des ressources alimentaires procurées par les décharges à ciel ouvert et les rejets de la pêche industrielle (DUHEM *et al.*, 2008). Étendu à l'ensemble de l'archipel des îles d'Hyères et au littoral continental du cap Bénat au cap Lardier, le recensement d'avril 2010 a montré une baisse générale des effectifs nicheurs depuis 1982, surtout depuis 2006 (d'environ 45 %), y compris celui des goélands leucophées sur les îles de Marseille (archipels de Riou et du Frioul). Situés dans la zone de prospection alimentaire de cette espèce opportuniste, à 25-40 km de l'archipel d'Hyères, les deux centres de stockage des déchets ultimes (CSDU) disponibles ont vu leur tonnage d'ordures ménagères augmenter jusque vers 2005, sans baisser de façon considérable après. « La quantité des déchets reçus (…) ne semble donc pas expliquer la baisse des effectifs nicheurs observés sur les îles d'Hyères, mais cette dernière pourrait résulter d'une modification des pratiques de gestion des déchets au sein des décharges (…) limitation de la zone d'exploitation (…) augmentation de la fréquence de recouvrement des déchets » (Dream, 2010). Cependant, cette hypothèse ne suffit pas à expliquer la dynamique observée, le parc national de Port-Cros doit poursuivre sa surveillance régulière des effectifs nicheurs de goélands, si possible en harmonisation avec d'autres sites du bassin méditerranéen. « Une émigration élevée vers d'autres secteurs (notamment en ville) pourrait aller dans le sens d'une baisse des effectifs sur les îles » (Dream, 2010). Très vorace, le goéland leucophée, qui niche généralement sur des îles rocheuses proches du littoral ou des falaises côtières, a en effet commencé de coloniser l'intérieur des terres et les abords des fleuves, perturbant les nichées d'espèces sensibles comme le flamant rose. « Ce grand prédateur, capable de nicher aussi en milieu urbain, oblige les scientifiques à se poser la question d'une régulation de ses populations » (MARTIN P., 1997-2005).

Les parcs naturels régionaux français associent également le développement à la protection des derniers milieux naturels ou semi-naturels, peu affectés par les impacts anthropozoogènes. Le parc du Mercantour est le second après celui des Appalaches aux États-Unis à entreprendre l'inventaire complet de ses espèces. Lancée en 2008 pour 10 ans par le Muséum d'histoire naturelle, cette opération s'appuiera à la fois sur des méthodes traditionnelles et modernes de recherche. Et de 3 000 espèces animales et végétales connues, on espère aller jusqu'à 8 000 ou 9 000. Mais 2 à 3 % seulement des « vieilles forêts » méditerranéennes sont intégrés dans des réserves naturelles, essentiellement de l'Andalousie à la Grèce et la Turquie, à l'exemple de la suberaie du parc naturel de los Alcornocales (en Andalousie), des formations rupicoles du parc naturel régional des gorges du Verdon, des forêts de pin laricio du parc naturel régional de Corse, ou des hêtraies du parc national du Monte Gargano (en Italie).

Si les réserves de biosphère sont bien plus nombreuses que sur la rive sud (22 contre 10), les Balkans n'en possèdent que 3 (1 en Croatie et 2 en Grèce). La domination de l'Espagne est écrasante avec ses chênaies sclérophylles et caducifoliées, ses pinèdes variées, ses sapinières de pinsapos, ses dehesas et ses matorrals, répartis et protégés dans 13 réserves. En France, la réserve de biosphère du Fango (en Corse) est la plus ancienne (1977) et la plus petite (23 500 ha dont 4 400 pour la zone centrale) avec sa « vieille forêt » de chênes verts (PANAÏOTIS, 1996) ou ses pins laricio et son maquis haut à arbousiers. Vient ensuite la réserve du mont Ventoux, créée en 1990, sur plus de 80 000 ha dont 2 200 pour la surface centrale, qui comprend des forêts de chêne vert, de chêne pubescent, de pin sylvestre, de pin à crochets, des hêtraies et des peuplements d'if. Enfin, celle du Lubéron est la plus récente (1997) et la plus vaste avec près de 180 000 ha dont environ 35 000 pour la surface centrale. Ses principaux écosystèmes forestiers sont les yeusaies, les chênaies blanches, les pinèdes (pin d'Alep, pin sylvestre) et les hêtraies.

Mais les aires protégées mènent parfois une politique de conservation trop timide. On peut donner l'exemple du réseau d'aires protégées des Alpes maritimes qui, compte tenu de l'anthropi-

sation accrue et de la forte biodiversité des nombreuses zones refuges, « apparaît insuffisant, particulièrement sur la frange littorale, et dans une moindre mesure pour le moyen pays » (MÉDAIL, DIADEMA, 2006). Certes les données des 105 Znieff (de deux générations) qui couvrent le département à plus de 78 % ont permis de mettre en évidence l'exceptionnelle richesse naturelle de ce hotspot, l'un des plus importants du bassin méditerranéen, mais « les résultats de cet inventaire… n'ont pas été transcrits dans une politique ambitieuse de création d'aires protégées » (MÉDAIL, DIADEMA, 2006). En 2005, la zone centrale du parc national du Mercantour comptait pour une bonne part (le quart environ) de la superficie des vingt sites intégrés du réseau Natura 2000, alors qu'elle est bien moins sujette à de forts impacts anthropiques que la zone périphérique. Sur le littoral, l'urbanisation galopante des dernières décennies n'a pu être contenue par un Conservatoire du littoral créé trop tardivement (en 1975), dont les achats (seulement 80 ha répartis en 6 sites) constituaient en 2005, sur un total de 73 000 ha, la surface acquise la plus réduite de France dans un département côtier. Ainsi, malgré la protection internationale, nationale ou régionale de nombreuses espèces, les niveaux élevés d'anthropisation imposent à l'échelle du hotspot des Alpes maritimes, comme d'ailleurs à l'échelle de tout le bassin méditerranéen, une politique intégrative de conservation de la biodiversité. Les disparités entre les pertes d'habitats naturels et le pourcentage réduit d'aires protégées étant en région méditerranéenne les plus fortes au monde (HOEKSTRA *et al.*, 2005), l'identification des zones prioritaires à conserver doit désormais reposer sur une mise en parallèle des points chauds de biodiversité et des zones refuges, mais aussi des degrés d'anthropisation et du réseau existant d'aires protégées.

La lutte contre les plantes envahissantes

Le Conservatoire botanique méditerranéen de Porquerolles s'est engagé avec les agences de l'environnement des régions Paca et Languedoc-Roussillon à un programme de lutte contre les espèces invasives. Ce programme, auquel ont été associés les gestionnaires d'espaces naturels et les représentants des professionnels impliqués dans la vente ou la plantation d'espèces envahissantes aux qualités ornementales, a vocation à rechercher et faire circuler les informations et à proposer des mesures de précaution (FILIPPI, ARONSON, 2010) et diverses techniques de contrôle mécanique, chimique ou biologique. Un guide des *Plantes envahissantes de la région méditerranéenne* a été élaboré en 2003 afin de sensibiliser tous ces acteurs aux 15 espèces végétales les plus problématiques, tels le mimosa *(Acacia dealbata)*, très abondant dans l'Estérel où il a éliminé une bonne partie de la végétation locale (QUERTIER, ABOUCAYA, 1998), l'ambroisie à feuille d'armoise *(Ambrosia artemisiifolia)*, le buddleia *(Buddleja davidii)*, les figuiers de Barbarie *(Opuntia* spp.*)*, ou encore le robinier faux-acacia *(Robinia pseudoacacia)*, qui depuis cinq décennies s'est étendu sur les collines de Toscane (autour de Pise), en faisant reculer les feuillus.

Selon l'Évaluation des écosystèmes pour le millénium (2000-2005), l'extension des espèces exotiques invasives serait la seconde cause d'érosion de la biodiversité après la destruction des habitats naturels.

En fait, ces plantes ne génèrent pas que des nuisances sur l'environnement et les paysages, mais aussi sur la santé publique, rhume des foins dû à l'ambroisie *(Ambrosia artemisiifolia)*, brûlures cutanées dues à la berce du Caucase (*Heracleum mantegazianum*), et sur les pratiques humaines comme l'agriculture, l'élevage, la pêche, la chasse, la gestion de l'eau. En Languedoc-Roussillon, les jacinthes d'eau *(Eichhornia crassipes)* et les jussies (*Ludwigia peploides*) – observées en Corse pour la première fois en 2007 (à Figari) – peuvent modifier les caractères physico-chimiques, la surface aquatique et la vie animale des cours d'eau calmes, des roubines et des étangs du Languedoc-Roussillon. Le séneçon du Cap (*Senecio inaequidens*), Astéracée répandue aussi au nord de l'Italie et le long des côtes atlantiques, et l'herbe de la Pampa (*Cortaderia selloana*) diminuent les rendements des récoltes et des pâturages. Le séneçon du Cap est très toxique pour le bétail, et l'herbe de la Pampa peut le blesser avec ses feuilles coupantes. Introduite d'Afrique du Sud comme espèce ornementale, cette Graminée très inflammable augmente les risques d'incendies, au même titre que les peuplements de mimosas ou d'eucalyptus.

Mais parmi les multiples nuisances générées par les invasions de plantes allochtones, ce sont les menaces pesant sur l'environnement et les paysages qui constituent les dangers les plus graves. Le caractère très compétitif de ces espèces peut en effet modifier la structure et le fonctionnement des écosystèmes, faire chuter les effectifs des espèces locales ou provoquer une pollution génétique par hybridation, voire une extinction de végétaux rares. Ces dangers pour les écosystèmes et la biodiversité sont très souvent observés dans les invasions des mimosas et des griffes de sorcière. Empêchant la lumière de pénétrer jusqu'au sol, les peuplements denses de mimosas (*Acacia dealbata*) émettent aussi des subs-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

tances toxiques qui limitent la germination des espèces indigènes. Aucune végétation ne peut vraiment se développer dans leur sous-bois ; ils ont été qualifiés de « néo-climax anthropogènes » (LOISEL, 1976). Originaires de la région du Cap, les griffes de sorcière, ou figues marines ou des Hottentots (*Carpobrotus* spp.) comptent parmi les végétaux exotiques qui posent le plus de problèmes écologiques dans les zones littorales du domaine méditerranéen, sur les zones sableuses comme rocheuses, comme en Corse, ou sur des sols altérés par l'anthropisation, comme à la pointe de Sagres au Portugal. *Carpobrotus edulis* semble plus envahissant que *Carpobrotus acinaciformis,* et il existe même un hybride encore plus compétitif. Ces espèces, dont les graines sont disséminées par les animaux (rats, lapins ou bovins), s'étalent en grands tapis uniformes, finissant par occuper seules toute la place grâce à leurs stolons qui progressent rapidement et à l'émission de toxines par les racines. Cette force d'invasion s'exerce particulièrement dans les écosystèmes insulaires (cf. *infra*).

Les plantes envahissantes, peuvent aussi menacer l'identité des paysages par leur port arborescent ou herbacé spectaculaire ou leur phénologie, un développement physionomique saisonnier peu courant sur les rives de la Méditerranée. La plupart des espèces originaires d'Afrique du Sud, comme l'asperge à feuilles de myrte (*Elide asparagoides*) et le séneçon anguleux (*Senecio angulatus*), ou d'Australie, comme le mimosa, se développent à la fin de l'automne et fleurissent au cours de l'hiver. La canne de Provence (*Arundo donax*) originaire d'Asie, le figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*) originaire d'Amérique centrale, ou encore le mimosa, l'arbre aux papillons (*Buddleja davidii*), le robinier faux-acacia (*Robinia pseudoacacia*) ont modifié profondément certains paysages, surtout près du littoral. L'herbe de la Pampa, originaire d'Amérique du Sud, se multiplie dans les maquis bas de Corse en éliminant les pelouses.

Cependant, pour l'écologue Jacques Tassin, les invasions biologiques sont un peu facilement accusées « d'appauvrir les milieux naturels, alors qu'elles ne sont souvent que les révélatrices de dégradations liées à l'Homme » (TASSIN, 2010). Pour le Conservatoire botanique de Corse, sans l'action humaine, il n'y aurait que très peu de plantes envahissantes. Les maquis hauts non incendiés depuis des dizaines d'années n'en contiennent pas. Si pour le Conservatoire botanique de Porquerolles, beaucoup de plantes introduites localement n'ont aucune incidence sur l'environnement, ce n'est seulement que dans quelques cas et, souvent après plusieurs années de présence, que certaines prolifèrent en provoquant de graves désordres. Les espèces amenées volontairement (par semis, plantations), comme les figuiers de Barbarie ou les griffes de sorcière, ont une dynamique d'invasion plus rapide que les plantes introduites accidentellement. Provenant d'un continent éloigné, les espèces non indigènes ne rencontrent plus les insectes et les parasites (champignons, bactéries…) qui limitaient leur croissance. Pour les écologues, leur force invasive serait donc « le résultat de changements dans la distribution des ressources vers la production de biomasse. L'espèce investirait ses ressources dans sa croissance et non dans la lutte contre les prédateurs » (MULLER, 2004).

La gestion des espèces invasives doit être menée prioritairement dans les espaces insulaires. Pour le groupe Méditerranée du Comité français de l'UICN, l'extension des végétaux allochtones constituerait sur les îles la première cause de régression de la diversité biologique. Les 162 îles d'au moins 10 km^2 et surtout les 4 000 îlots du bassin méditerranéen sont particulièrement vulnérables aux effets des invasions, parce qu'ils sont caractérisés par de forts pourcentages d'endémisme (cf. *supra*) et un écosystème à la structure simple (LODGE, 1993). Dans le but d'évaluer la cohérence dans le degré d'invasion de certains habitats, des enquêtes de terrain s'appuyant sur 5 285 points d'échantillonnage dans quatre îles, Majorque, Corse, Sardaigne et Crète, ont examiné la fréquence d'occurence et l'abondance locale de trois taxons de plantes invasives : les griffes de sorcière (*Carpobrotus* spp.), l'ailanthe glanduleux (*Ailanthus altissima*), qui devient vite un arbre pouvant atteindre 15 m en 25 ans, et l'oxalide pied-de-chèvre (*Oxalis pescaprae*). Avec le figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*), ces espèces sont considérées comme les plus envahissantes dans les îles méditerranéennes. L'étude a montré que la végétation buissonnante est plus résistante à l'invasion que les habitats urbains, rudéraux et les bordures des routes, et que le degré d'invasion (l'abondance moyenne) est plus fort pour *Oxalis* que pour *Carpobrotus.* Les changements anthropiques (tourisme, urbanisation, agriculture intensive) dans les espaces insulaires de la Méditerranée « vont augmenter la vulnérabilité de certains habitats à l'invasion et accroître la distribution de ces trois taxons envahissants sur ces quatre îles » (AFFRE *et al.*, 2010). D'après les scénarios de changement de la biodiversité mondiale en 2100, les augmentations d'invasions biologiques dans les écosystèmes méditerranéens seront plus importantes que dans tous les autres écosystèmes du monde. Ces phénomènes inva-

sifs qui risquent d'homogénéiser la flore mondiale hypothèquent l'avenir de l'environnement, au même titre que la désertification ou le réchauffement climatique global, lequel pourrait d'ailleurs faciliter ces invasions. À cause « des concentrations en CO_2, de l'augmentation des températures, d'énormes dépôts d'azote, des régimes de perturbations altérés et une augmentation de la fragmentation des habitats, (…) des espèces à distribution méditerranéenne comme *Opuntia ficus-indica* ou *Acacia dealbata* seront de moins en moins limitées dans leur extension géographique par le climat » (LE NEINDRE, 2002).

L'état des lieux réalisé par Marie Le Neindre a indiqué dès 2002 l'absolue nécessité de trouver une solution pour maintenir la biodiversité des îles « tout en permettant aux activités économiques et notamment au tourisme de perdurer ». Des campagnes d'arrachage sont menées par le Conservatoire botanique de Corse, comme celle des jussies à Figari, ou celle du séneçon du Cap dans la pinède de Calvi et dans les environs du village d'Arro (au nord d'Ajaccio), reconduite chaque année. Le Conservatoire de Porquerolles a mis en œuvre un système de hiérarchisation des espèces exotiques en fonction du risque encouru par l'environnement : liste noire pour un risque fort interdisant l'importation, liste grise pour un risque intermédiaire autorisant l'importation après évaluation, et liste blanche pour un risque faible subordonnant l'introduction à un examen critique.

La Stratégie régionale pour la biodiversité votée en mai 2008 par le Languedoc-Roussillon et le contrat de projet État-Région 2007-2013 consacrent un programme spécifique aux problèmes des introductions d'espèces qui figurent dans les engagements du Grenelle de l'environnement. Le programme Plantes envahissantes du Conservatoire botanique de Porquerolles, très axé à ses débuts sur l'information (cf. *supra*), comporte en 2008 deux volets supplémentaires. En premier lieu, l'évaluation du risque invasif au niveau régional a impliqué le lancement d'une cartographie d'espèces majeures, l'ambroisie et le mimosa en 2007, la renouée du Japon (*Reynoutria japonica*) et le buddleia en 2008. La carte de la répartition de l'ambroisie dans le Gard a permis la prise d'un arrêté préfectoral de lutte obligatoire dans ce département. La cartographie a aussi concerné une dizaine d'espèces « émergentes » dans la région languedocienne, dont celle de la grande berce du Caucase à Font-Romeu, et celle du cactus *Cylindropuntia rosea* sur les bords du lac Salagou qui a décidé les instances locales à entreprendre, en partenariat avec le Conservatoire de Porquerolles, son éradication par arrachage mécanique et manuel, puis enfouissement. Comme les îles, les ripisylves périméditerranéennes constituent un milieu favorable au développement des xénophytes, avec par exemple la présence d'*Ailantus altissima, Ambrosia artemisiifolia, Buddleja davidii, Eleagnus angustifolia, Reynoutria japonica, Robinia pseudoacacia…* (QUÉZEL *et al.*, 1990a). Des arbres comme le platane commun (*Platanus* x *acerifolia*), le frêne à fleurs (*Fraxinus ornus*) ou l'arbre de Judée (*Cercis siliquastrum*) se retrouvent naturalisés dans les ripisylves de Méditerranée nord-occidentale, parfois abondamment comme le frêne à fleurs. Entraînées par les crues d'automne, les nombreuses graines de cette espèce encore spontanée dans les Alpes maritimes lui permettent de se diffuser très rapidement vers l'ouest le long des cours d'eau de Provence et du Languedoc, à une vitesse moyenne de 970 m/an (THÉBAUD, DEBUSSCHE, 1991). Le frêne à fleurs est particulièrement bien intégré dans les formations à chêne vert des vallées inférieures de la Vis et de l'Hérault, et dans les Cévennes méridionales (QUÉZEL, BARBERO, 1986).

La lutte contre l'embroussaillement

En France méditerranéenne, les pouvoirs publics imposent une politique de débroussaillement. L'obligation de débroussailler pour les propriétaires diffère selon la localisation du terrain sur le document d'urbanisme. Cette opération peut se faire soit par voie manuelle, qui consiste à réduire la végétation basse, la plus inflammable, et à élaguer les ligneux les plus hauts, soit par le broyage mécanique, qui supprime de nombreux arbres (plus de 50 % du couvert végétal), et le dessouchage (qui s'apparente davantage à un défrichement), le brûlage dirigé, le pâturage ou enfin le traitement chimique. Le brûlage dirigé est utilisé aussi bien pour le débroussaillement que pour le maintien des paysages et des milieux ouverts, ou encore la préparation d'opérations de régénération forestière. En créant des contrastes entre communautés végétales voisines, il peut permettre un enrichissement important de la flore. Il privilégie les espèces à rejet mais aussi les pyrophytes et « peut accentuer la prédominance des espèces forestières à écorce épaisse (pins, chênes) au détriment des espèces feuillues à écorce fine (érables, frênes, sorbiers) » (ÉTIENNE, 2001). Mais des programmes nationaux et internationaux de recherche étudient précisément les avantages et les inconvénients du brûlage dirigé, ses conséquences sur la biodiversité, les strates végétales, le sol et la faune des écosystèmes méditerranéens. En contrôlant aujourd'hui le niveau de la masse végétale com-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

bustible en pleine recrudescence sur la rive nord, cette technique ancestrale de défrichement des terres est devenue un outil moderne dans la prévention des feux de forêt.

Les politiques et programmes de lutte contre les feux de forêt comprennent plusieurs types de mesures. Les mesures de prévention sont la sensibilisation du public, axée surtout sur les incendies accidentels, la mise en place d'une réglementation qui concerne le droit d'allumer des feux ou l'accès aux forêts (interdictions en Espagne, France, Italie et Chypre), et l'existence de sanctions comme l'emprisonnement en cas d'incendie criminel, d'ailleurs plus lourdes au Maghreb (travaux forcés). Quant au débroussaillement et au brûlage dirigé, s'ils sont préventifs (évitent le départ de feux), ils sont aussi des mesures de préparation à la lutte contre l'incendie (en sécurisant le bord des routes), tout comme les prévisions météorologiques (qui peuvent entraîner une mobilisation précoce des moyens), la surveillance durant les périodes dangereuses, la création de tranchées, de coupe-feu et de réserves d'eau… Enfin les moyens d'intervention et de remise en état, déjà déficients au sud, diffèrent selon les pays de la rive nord : cartographie, nombre de véhicules automobiles, bombardiers d'eau (avions et hélicoptères), coupe et ramassage du bois brûlé (au Portugal, il est commercialisé), reforestation stabilisatrice du sol (prévue par la loi en Espagne et au Portugal). En France méditerranéenne, le Circosc, le Centre interrégional de coordination des opérations de sécurité civile, organise les missions des équipes de pompiers. Il établit une carte des risques, mobilise préventivement les moyens de la zone sud-est : 28 avions, 9 hélicoptères, 1 400 hommes de la sécurité civile, 1 000 militaires et 27 000 sapeurs-pompiers. Il fait répandre des « produits retardants » aux endroits stratégiques. Un produit anti-feu nouveau, d'origine allemande et adopté par l'Autriche, le Portugal et l'Espagne, était testé en 2005 par les pompiers des Alpes-Maritimes : ajouté à l'eau, ce polymère donne un gel capable d'emprisonner l'oxygène et donc de faire cesser rapidement le feu.

Selon le rapport de 2005 du Plan Bleu, l'efficacité de la lutte au nord du bassin est toute relative

Certes, les superficies brûlées sont en nette diminution, mais le nombre de feux a augmenté, des centaines par an dans le Midi de la France, à tel point qu'un numéro *du Figaro magazine* (juillet 2005) publie la liste des communes particulièrement menacées (BETTI-CUSSO, RAMEAUX, 2005). Dans les Alpes-Maritimes : Nice, Vence, Grasse. Dans l'Ardèche : le village de Burzet, difficile d'accès. Dans les Bouches-du-Rhône, Marseille, Martigues, Aix-en-Provence, Aubagne et Rognac. En Corse-du-Sud, Ajaccio, Porto-Vecchio, Sartène. En Haute-Corse, Corte, Santo-Pietro-di-Tenda, village de la vallée du Nebio entouré d'un maquis ras et sec. Enfin dans le Var, Le Castellet, petite ville isolée très exposée au mistral.

Le maintien des éco-mosaïques

La gestion durable, c'est d'abord la conservation des paysages, la coexistence des milieux ouverts et des milieux fermés. « Là on favorisera une mosaïque de pelouses et de landes pour permettre le maintien de l'aigle de Bonelli, alors qu'ailleurs on défendra mordicus la régénération du pin d'Alep ou du pin sylvestre comme un premier pas nécessaire vers le rétablissement d'une forêt proche du climax » écrit Michel Étienne, qui observe que cette vision environnementale des espaces boisés, pourtant fondée sur la connaissance de leurs divers stades dynamiques, soulève de nombreuses polémiques et controverses, ne serait-ce qu'à propos du rôle du feu, tantôt vu comme un bienfait, tantôt comme une catastrophe (ÉTIENNE, 2001). Certes, la gestion durable de la forêt méditerranéenne est devenue collective, elle n'est plus basée sur l'exploitation raisonnée de ses produits, cependant les méthodes actuelles, la protection contre les incendies, la conservation des paysages et la restauration de la diversité biologique sont autant de thèmes qui sont parfois contradictoires et font hésiter les responsables. Actuellement, le taux de boisement sur la rive nord est d'environ 40 %, bien supérieur à celui de la rive sud (autour de 4 à 5 %.), et les espaces ouverts, les matorrals sont gagnés par la recolonisation forestière des résineux comme le pin d'Alep.

L'efficacité écologique de la combinaison herbe/arbre plaide aussi pour des aménagements sylvopastoraux de type « dehesa ». Une gestion sylvopastorale modernisée de la biodiversité semble tout à fait justifiée. Il suffit de se rappeler que la biodiversité paysagère et floristique actuelle résulte grandement, depuis le réchauffement holocène, d'activités agricoles, pastorales et forestières. Ainsi, là où les conditions sont favorables, les associations herbe/arbre/animal « vont dévier des successions naturelles connues vers des successions naturelles originales dans lesquelles de nouvelles dynamiques de population pourront se mettre en place et généreront de nouveaux équilibres » (ÉTIENNE, 2001). D'autant qu'elles présentent de moindres risques face aux incendies catastrophiques comme ceux des étés 2003, 2004 et 2005. Une forêt pâturée de chênes verts ou de chênes-lièges est sûrement moins inflammable qu'une pinède ou un matorral. Et déjà, « des expérimentations dans le cadre de contrats avec

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

des collectivités locales et éleveurs sont en cours dans plusieurs pays » (Pnue/PAM/Plan Bleu, 2005). Michel Étienne a mené ou encadré de nombreux travaux sur le fonctionnement des systèmes sylvo-pastoraux méditerranéens. Participant également à plusieurs missions d'expertise sur leur efficacité fonctionnelle (au Chili, au Maroc, en Tunisie, en Espagne…), il a cherché à « en déduire des recommandations de gestion pastorale et sylvicole,… des règles simples permettant un ajustement optimal entre couvert forestier et couvert herbacé ». Cela d'autant plus que cette gestion est méconnue en France, et n'existe vraiment que dans la péninsule Ibérique ou au nord du Maghreb (ÉTIENNE, MEURET, 1996).

La dehesa espagnole ou le montado portugais, qui connaissent un renouveau depuis les années 1990, montrent l'efficacité du sylvo-pastoralisme. Ce système était pourtant entré en crise avec l'ouverture économique de l'Espagne et du Portugal. Dans le quart sud-ouest de la péninsule Ibérique, de très grandes exploitations associaient le chêne-liège (et parfois le chêne vert) à l'élevage extensif bovin et porcin (surtout pour les glands), avec parfois complémentation alimentaire, tout en délaissant de plus en plus la production de charbon de bois et la culture en sec de céréales (suivie d'années de jachère pâturée). La concurrence des nouveaux élevages intensifs et la montée des salaires ont entraîné par le biais de l'exode rural une certaine matorralisation ou le reboisement en *Eucalyptus globulus.* En 2005 en Algarve, le chêne-liège, arbre qui commence à produire après 40 ans, rapporte à l'hectare « environ 45 euros par an contre 150 euros pour l'eucalyptus, qui peut être utilisé après 12 ans pour la pâte à papier », observe Claire Doole, en rappelant ce vieil adage portugais : « Les eucalyptus sont pour nous, les pins pour nos enfants et les chênes-lièges pour nos petits-enfants » (DOOLE, 2005). Mais les plantations d'eucalyptus, qui brûlent bien plus vite que les suberaies, ont été ravagées dès 2003 par les incendies, surtout dans la région de Monchique. En 2007, de nombreux chicots calcinés traînaient encore au bord de la route, tandis que les jeunes eucalyptus, de plusieurs mètres de hauteur, montraient leur croissance rapide. À cette situation préoccupante du montado portugais s'ajoutent les dépérissements du chêne-liège, constatés en Algarve par Louis Amandier dans le massif schisteux de la Serra do Caldeirao : « les attaques de pathogènes et de ravageurs pourraient bien n'être que des conséquences de la combinaison de la sécheresse et de la dégradation du sol » (AMANDIER, 2005). Les labours qui existent encore ici sur des sols superficiels diminuent la capacité de rétention en eau, une eau plus rare avec le réchauffement climatique.

Cependant, un certain renouveau de la dehesa ibérique depuis les années 1990 montre sa forte capacité d'adaptation au milieu naturel méditerranéen. Les nombreux travaux réalisés en Espagne ont mis l'accent sur l'influence bénéfique de l'arbre sur la production herbagère des pâturages. « En définitive, l'influence de l'arbre sur l'allongement de la période de production lui confère un rôle important dans l'amélioration du disponible fourrager dans ces végétations herbacées à saisonnalité marquée » (JOFFRE *et al.*, 1991). La présence de l'arbre dans les dehesas limite la contrainte hydrique, accélère les germinations en favorisant un micro-climat plus humide après les premières pluies, permet une moindre domination des Graminées annuelles sous son couvert (davantage de pérennes, si la charge animale est modérée), enfin ajoute une production de matière sèche (feuilles, glands, bois) à la production herbagère. La valorisation économique de la dehesa est aujourd'hui appuyée par des aides communautaires et par certaines lois. La raison en est la récente prise de conscience du caractère multifonctionnel de ce système, considéré comme un moyen de protection contre les incendies, d'obtention d'une épargne alimentaire ou d'une production de qualité favorable à l'environnement, considéré aussi comme une façon de sauvegarder des paysages et des écosystèmes riches en biodiversité, ou de favoriser l'écotourisme… Dans la région d'Estrémadure, la « loi de la dehesa » fixe à présent les règles de sa gestion durable. Le WWF, également, soutient la relance : Claire Doole signale son soutien au programme de certification FSC du liège portugais, ainsi que le projet Cansino (2005-2008) qui envisage d'introduire des barrières de chênes-lièges dans les principales plantations d'eucalyptus. Le FSC *(*Forest Stewardship Council*,* Conseil de bonne gestion des forêts) est une ONG de Bonn qui accorde un label internationalement reconnu, lequel donne la garantie que le produit provient d'une gestion responsable de la forêt. Comme au Portugal et en Italie, la norme FSC a été attribuée à des suberaies d'Andalousie. En 2005, plus de 12 000 ha ont été certifiés dans les forêts de la région de Cadix et de Séville, et un nouveau Centre andalou du liège a été prévu au sein du parc naturel des Alcornocales. Mais, mesure plus spécifique, un Pacte andalou pour la dehesa a été approuvé par le gouvernement local, « afin d'assurer la conservation de cet écosystème et garantir l'utilisation rationnelle de ses ressources ».

Des reboisements qui visent la productivité

Les reboisements sont effectués surtout en résineux pour des forêts de production. Malgré les



© C. Tassin

Plantations d'eucalyptus dans la Serra de Monchique (Portugal).
Plus rémunératrices que la suberaie, les plantations d'*Eucalyptus globulus* envahissent la Serra ravagée dès 2003 par les incendies. Mais si sa croissance est rapide, l'eucalyptus brûle bien plus vite que le chêne-liège.

Dehesa près de Ronda (Andalousie).



© C. Tassin

En crise avec l'ouverture économique de l'Espagne et du Portugal, ce système qui associait les chênes sclérophylles (ici le chêne vert) à l'élevage extensif et à la culture en sec de céréales connaît un certain renouveau basé sur la combinaison herbe/arbre.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11



© C. Tassin

Le renouveau du montado (Alentejo).

Équivalent portugais de la dehesa, le montado combine les chênes-lièges avec l'élevage des bovins et des porcs noirs. Mais l'exode rural et les nouveaux élevages intensifs ayant entraîné une certaine matorralisation ou le reboisement en eucalyptus, des aides communautaires appuient la valorisation de ce système multifonctionnel basé sur les associations herbe/arbre/animal.

problèmes écologiques ou génétiques, ce type d'opérations continue d'accompagner la reconstitution des forêts méditerranéennes, notamment en Méditerranée occidentale, alors que les feuillus y constituent l'essentiel du potentiel végétal. Ce choix des forestiers se fonde sur la faible productivité des feuillus autochtones, 1 à 2 m^3/ha/an pour le chêne vert (ROMANE, TERRADAS, 1992), contre 1 à 4 pour le pin noir d'Autriche et le pin d'Alep, lequel peut d'ailleurs élever ces valeurs sur des sols profonds de 1 à 12 m^3/ha/an (ABBAS *et al.*, 1985, 1986). Les essences autochtones « introduites » à partir d'autres secteurs géographiques de Méditerranée, peuvent obtenir encore de meilleurs résultats. Le cèdre de l'Atlas, planté dès le XIXe siècle sur le mont Ventoux, peut atteindre des valeurs entre 5 et 10 m^3/ha/an avec des pointes à 15-18 m^3 (TOTH, 1973). Quant aux espèces allochtones, elles ont aussi été choisies pour leur qualité et leur meilleure productivité : pin et cyprès de Monterey, sapins et *Pseudotsuga* californiens, acacias, casuarinas et surtout eucalyptus originaires d'Australie. Les qualités du genre *Eucalyptus* (qui compte plus de 700 espèces) expliquent son extraordinaire ubiquité dans le monde, notamment dans le bassin méditerranéen où il a été très largement répandu par reboisement depuis le début du XIXe siècle, sur la rive nord comme sur la rive sud. Certes, cette espèce exigeante en nutriments, et dont la litière se décompose mal, appauvrit le sol, qui ne fait d'ailleurs l'objet d'aucun suivi après les plantations, mais elle n'élimine pas progressivement la végétation alentour, contrairement à certains acacias et à certaines espèces invasives.

Ces reboisements sont contestés, à la lumière de leurs bilans actuels. Leur principe est à considérer dans une optique de développement durable. Cette conception qui repose sur le rôle de l'homme dans la dynamique végétale est celle de l'ARPCV, l'Association reboisement protection Cengle Sainte-Victoire. Rappelant que « les paysages végétaux méditerranéens apparaissent comme générés par l'action séculaire du couple feu/pâturage », l'écologue Michel Thinon explique que les techniques de reboisement doivent nécessairement intégrer des impératifs écologiques, et que par conséquent le but n'est pas de reboiser uniformément la montagne Sainte-Victoire, « mais d'expérimenter certaines techniques de reboisement que les professionnels n'ont pas le temps d'étudier », comme la création de coupe-feu boisés de feuillus dans les espaces à pins d'Alep et chênes verts. Depuis les premiers reboisements engagés sur le plateau calcaire de Cengle après le feu de 1986, et le programme de plantation de 10 000 arbres à Puyloubier (MATTALIA, 1999) pour l'an 2000 lancé en novembre 1999, les opérations continuent chaque année tout autour de la Sainte-Victoire, et leur extension sur le massif de l'Étoile ou dans les calanques de Marseille (Sormiou), à la de-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

mande des associations locales de protection de la nature, montre la validité de ce savoir-faire. Basé sur « le court-circuitage du stade dangereux de la pinède », le principe de reboisement prôné par l'association cherche à « sortir du cycle infernal du feu » (THINON, 2005), générateur de replantations successives. Il consiste à planter exclusivement des feuillus caducifoliés indigènes capables de rejeter de souche et de former un humus actif, menant à la reconstitution certes lente mais durable de la végétation climacique à chêne pubescent, au sous-bois plus difficilement inflammable. Le frêne à fleurs *(Fraxinus ornus)*, espèce pionnière colonisatrice à développement rapide et forte dispersion éolienne, compte pour 50 % des plants. Le cormier *(Sorbus domestica)* est une espèce intermédiaire héliophile dont les fruits charnus sont dispersés par les animaux. Quelques autres taxons l'accompagnent, comme l'érable de Montpellier ou l'alizier blanc. Enfin, le chêne blanc *(Quercus pubescens)* est l'espèce du stade de maturité… Aujourd'hui, la phase de recouvrement du sol est amorcée avec des frênes à fleurs qui atteignent environ 3 m de hauteur. Leur densité croissante a déjà réduit le nombre des plantes de garrigue fortement combustibles, comme les argelas (ajoncs de Provence ou à petites fleurs) et les genévriers. Tout en améliorant les sols, elle finira par constituer un boisement économiquement viable, certes à vitesse de croissance lente mais durable, dont l'autorésistance est destinée à la protection contre les incendies et à la restauration de la diversité biologique.

Ce retour souhaité à des forêts matures concerne aussi les espaces dégradés de montagne. Suite aux fortes crues de la décennie 1850/1860, alors attribuées à la déforestation, un programme national ambitieux de Restauration des terrains en montagne (RTM), favorisé par les vagues successives de la déprise pastorale, a été mené dès 1860, en Haute-Provence (bassin du Saignon), dans les Alpes méridionales (vallée de l'Ubaye) et dans les Cévennes (massif de l'Aigoual) : expertise des massifs montagneux, définition des périmètres prioritaires d'intervention, achat et reboisement par l'État. Sur les marnes noires des Préalpes sud-occidentales, fortement déboisées et ravinées, la pression humaine ne commence à s'atténuer qu'avec la dépopulation qui s'esquisse vers la fin du XIXe siècle. « Après expropriation pour cause d'utilité publique, des travaux (barrages, petits ouvrages pour infiltrer l'eau, boisements) ont été réalisés, les problèmes des éleveurs pauvres étant résolus par l'émigration vers les villes industrielles et colonies » (Pnue/PAM/Plan Bleu, 2005). L'objectif principal étant à l'époque d'assurer la stabilité des sols, afin de protéger les villes et les espaces situés en aval des inondations, devenues catastrophiques. Au total, ces reboisements mais surtout la recolonisation naturelle ont fait progresser la couverture forestière. Dans le département des Alpes-de-Haute-Provence, le taux de boisement a été multiplié par environ 2 fois et demie entre 1878 et 1989, mais l'évolution écologique n'a pu être vraiment analysée qu'entre 1948 et 1995 à partir de photographies aériennes, et cela dans trois bassins dont celui du Saignon. Dans ce bassin, où l'altitude dépasse 700 m (jusqu'à plus de 1 400 m), le climat est sub-méditerranéen : il n'y a plus de véritable mois sec, au sens de Gaussen. Après une première génération pionnière basée sur le pin noir d'Autriche, il faut aujourd'hui assurer la durabilité de la protection. En 1948, un tiers de la matrice paysagère est encore dégradée, et en 1995 la régression de 50 % de l'espace pastoral n'aboutit qu'à une stabilisation supplémentaire de 6 % de la surface du bassin. Cependant, un retour des feuillus s'amorce, et la gestion à long terme de ces forêts de protection pose « le problème du choix de l'écosystème objectif » (VALLAURI, CHAUVIN, 1997 ; VALLAURI *et al.*, 2002). La réhabilitation doit s'orienter vers une dynamique progressive, vers un écosystème plus mature, du type de celui envisagé dès le XIXe siècle par Prosper Demontzey : sapins, hêtre, chêne pubescent et autres feuillus (DEMONTZEY, 1878). Cela d'autant que la monospécificité et le vieillissement des peuplements de pin noir, en partie parasités par le gui, n'ont pas permis de lutter contre l'érosion régressive au long des talwegs. Mais les reboisements en montagne sont-ils toujours efficaces ? Frédéric Alexandre estime qu'ils peuvent aussi engendrer des effets pervers, comme en Italie du Sud où le poids de la forêt contribue au déclenchement des glissements de terrains (les franes) sur les versants argileux (ALEXANDRE, 2001).

Aujourd'hui, la gestion forestière en montagne doit prendre en compte les changements globaux auxquels sont soumis les écosystèmes, essentiellement l'abandon des terres, le retour de la grande faune, les incendies et le changement climatique. Les objectifs de préservation de la biodiversité et de développement durable obligent à mieux comprendre la dynamique forestière avant la mise en place des mesures de gestion et de conservation. Réalisée par Sandrine Chauchard, une étude de la dynamique d'une forêt des Préalpes du Sud dans le cadre de ce « monde changeant », contribue à la réflexion actuellement menée sur les perspectives d'une gestion durable en montagne : la montagne du Malay est un plateau rocheux situé à 1 300-1 400 m d'altitude. Sous climat méditerranéen à tendance

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

montagnarde, à variabilité marquée surtout au cours du printemps et de l'été, la végétation est largement celle des Préalpes de Castellane : sur les sommets, des peuplements à pins sylvestres dominants et des pelouses à genévrier commun, buis, genêt, lavande et thym, habitats de la vipère d'Orsini ; sur les versants, une forêt mixte à feuillage caduc présentant une forte diversité, dominée par les hêtres, les chênes pubescents et les érables. « L'expansion forestière peut soit être perçue positivement (…) soit elle apparaît comme une menace qui doit être maîtrisée ». La meilleure solution semblerait une gestion du site en mosaïque, qui respecterait, parallèlement à l'actuelle conservation des milieux ouverts, l'évolution naturelle de certaines taches forestières, pour leur « fort potentiel de maturation, de naturalité » et leur forte richesse biologique. « Dernier élément de cette mosaïque, l'actuelle production de bois de chauffage, notamment dans l'ancienne hêtraie, doit être maintenue durablement dans certaines zones » (CHAUCHARD, 2007).

Les stratégies adaptatives hors Méditerranée

En Californie

La Province floristique de Californie fait partie des hotspots de biodiversité définis en 2000 par Conservation International. C'est une des régions les plus riches et les plus diverses du monde au niveau écologique. Elle recouvre essentiellement la bande côtière entre l'extrême nord-ouest du Mexique et le nord de la Californie. Un autre hotspot rajouté après, les bois de pins et de chênes de Madrean, est centré sur le sud-ouest des États-Unis et le nord du Mexique. Comme dans le bassin méditerranéen et les autres régions de ce domaine bioclimatique, la province floristique californienne se distingue par un fort taux d'endémisme végétal. Sur ses 3 500 espèces vasculaires, plus de 60 % ne sont présentes nulle part ailleurs. Cet endémisme conféré par le fort découpage topographique, géologique et climatique, est particulièrement remarquable dans quatre zones : la Sierra Nevada, qui abrite de nombreux pins, sapins, tsugas et surtout l'espèce la plus massive sur terre, le séquoia géant (*Sequoiadendron giganteum*), éparpillé en 75 peuplements reliques ; les Chaînes transverses, où prédominent les paysages buissonnants du chaparral ; les zones littorales, où s'échelonnent diverses forêts de plus en plus sclérophylles vers le sud ; enfin, l'écorégion du Klamath-Siskiyou, qui renferme dans les montagnes côtières du nord de la Californie et du sud de l'Oregon, pratiquement dépourvues de routes, une remarquable mosaïque d'habitats naturels où vivent 36 espèces de conifères, dont le Redwood (*Sequoia sempervirens*), l'arbre le plus haut du monde (avec son maximum connu de 115,5 m), mais aussi une variété de chênes décidus et de prairies.

Aujourd'hui, à peine le quart de la végétation indigène du hotspot reste plus ou moins en bon état.

Les couvertures végétales qui demeurent malgré tout dominantes sont les forêts de conifères ou de feuillus, la steppe et le chaparral. Le hotspot californien est actuellement menacé par l'étalement (*urban sprawl*) des agglomérations urbaines (sur plus de 100 km pour Los Angeles), par la construction de routes et la pollution (cf. la destruction des pins ponderosas et de Jeffrey par le « *smog* » du bassin de Los Angeles). Mais la menace majeure pour les écosystèmes et l'environnement de la région californienne, c'est l'agriculture commerciale. Première région agricole des États-Unis pour la valeur produite, surtout celle de la Vallée centrale, la Province floristique génère la moitié de tous les produits agricoles utilisés par les consommateurs américains. Les pressions anthropiques, surtout les défrichements et les cultures intensives, ont fait de la Californie l'un des quatre États les plus dégradés des États-Unis. Ses écosystèmes comptent parmi les plus menacés du pays : les plages et les côtes ; en particulier, au sud, les brousses à sauge noire du *soft chaparral*, menacées par la forte densité démographique, commerciale et touristique ; les prairies naturelles, réduites à 1 % de leur taille initiale par l'agriculture, l'élevage et le développement urbain ; les forêts anciennes de ponderosas, très inflammables, et de séquoias Redwood, réduites au nord-ouest à 15 % de leur surface initiale par une exploitation intensive ; les zones humides, notamment les forêts riveraines, réduites à 10 % au moins de leur superficie initiale, par l'exploitation forestière et le développement de l'agriculture et de l'élevage, notamment dans Central Valley…

Prenant conscience de la diversité et de la fragilité de ses espaces naturels, la Californie a développé plusieurs stratégies de protection environnementales. Cette prise de conscience a été appuyée par de nombreuses campagnes d'opinion écologistes, qui accompagnaient déjà la contestation des *Sixties*, et par le Code d'éducation de l'État prévoyant l'information des élèves sur les problèmes de l'environnement. Mais on se rappelle que le botaniste, géologue et écrivain John Muir avait déjà milité pour la protection de la nature, obtenant en 1890 le classement du Yosemite en parc national, et créant deux plus tard à San Francisco la première ONG environnementale, le Sierra Club. Des actions ont tenté depuis quelques années de résoudre

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

deux problèmes qui ont des conséquences dramatiques sur les écosystèmes : celui de l'eau, aggravé par des canicules records dues sans doute au réchauffement climatique, et celui de la pollution de l'air. La moitié de l'eau consommée en Californie provient de l'extérieur de l'État, grâce à des infrastructures financées par l'État fédéral. Le ravitaillement se fait par des aqueducs et des barrages : constitution d'un réservoir dans le parc du Yosemite pour les besoins de San Francisco ; aqueduc de Los Angeles, et aqueduc de Californie qui capte l'eau 700 km plus au nord… Résultats : lac Owens, à l'est du mont Whitney, asséché depuis une trentaine d'années ; fleuve Colorado qui, à cause des nombreux barrages, n'est plus qu'un ruisseau lorsqu'il entre au Mexique ; pollution des nappes phréatiques et des cours d'eau, comme dans la Vallée centrale… Douzième pollueur du monde au niveau de l'air, notamment par le *smog* de Los Angeles, la Californie a imposé des limites de vitesse et créé sur les autoroutes des files spéciales de circulation plus rapides, les *carpool*, réservées au covoiturage. Elle a été le premier État à imposer l'essence sans plomb et le pot catalytique. Elle développe aussi les énergies renouvelables : géothermie, énergie éolienne et solaire. Avec plus de 4 800 éoliennes, Altamont Pass, à l'est de San Francisco, présente la plus grande concentration du monde (VINCENT, 2008).

Parmi les principales actions de conservation des écosystèmes et de leur biodiversité, on compte essentiellement la création d'aires protégées. Près de la moitié du territoire appartenant à l'État californien, un peu plus du tiers (37 %) est sous protection officielle. Le California Department of Parks and Recreation, appelé aussi California State Parks, gère 278 parcs qui sont les 8 parcs nationaux (NP) sur plus de 25 000 km^2, une bonne centaine de parcs d'État, près de 50 réserves naturelles, administrées par l'US Department of Agriculture Forest Service, des dizaines de parcs historiques et d'aires récréatives, enfin 16 refuges de faune nationale, gérés par l'US Fish and Wildlife Service. Plus de 50 domaines naturels le sont aussi par des ONG, comme le Sierra Club, The Nature Conservancy, ou la Société pour la nature. Quant aux parcs nationaux, ils sont gérés conjointement par le California State Parks et le National Park Service (qui dépend du département de l'Intérieur des États-Unis). On peut citer les deux plus anciens, le Yosemite National Park et le Sequoia National Park puis également dans la Sierra Nevada, le Kings Canyon NP, et le Giant Sequoia National Monument, créé en 2 000 par le président Clinton pour regrouper 34 peuplements de la Sequoia National Forest. Les parcs nationaux de la Death Valley, de Joshua Tree ou le parc d'État d'Anza-Borrego Desert sont dévolus à la protection des terres steppiques et désertiques par le California Desert Protection Act de 1994, ces zones ayant une extrême valeur visuelle, historique, archéologique, environnementale, écologique, biologique, culturelle, scientifique, pédagogique et récréative… Mais il faut encore mentionner le Redwood National Park, créé officiellement en 1968, élargi en 1978, inscrit en 1980 par les Nations unies sur la liste du patrimoine mondial de l'humanité, puis intégré en 1983 dans la réserve de biosphère de l'Unesco des Coast Ranges. En 1994, le parc fut fédéré avec les trois autres parcs d'État qui avaient été créés en 1927 en même temps que son ancêtre, le Humboldt Redwoods, inaugurant ainsi un dispositif unique aux États-Unis de cogestion (par le National Park Service et le California State Parks). Ouverts aux touristes, les parcs doivent protéger la faune, par exemple dans le Channel Islands National Park, les colonies d'oiseaux marins nicheurs et les phoques et lions de mer qui se reproduisent près de ces îles de la côte sud. Ils doivent protéger les écosystèmes forestiers et les espaces ouverts (de type « *open space* »), les dunes et les prairies côtières envahies par des espèces exotiques, à cause de la suppression des incendies jusque dans les années 1980 ou de l'importation depuis deux siècles de plantes herbacées annuelles d'Europe, au détriment des plantes pérennes natives, qui jaunissent pourtant moins vite les prairies californiennes et produisent davantage de biomasse (il en resterait sur seulement 2 % des surfaces). Des projets de restauration de ces espèces vivaces indigènes sont en cours dans des fermes et des ranches, orchestrés par ARS, l'Agricultural Research Service, malgré le coût élevé des semences. Depuis l'arrivée des Européens, 1 000 nouvelles plantes se seraient installées en Californie. À ce jour, une quinzaine de végétaux envahissants ont été totalement éradiqués (REJMÁNEK et PITCAIRN, 2002 ; SCHOENIG, 2006), surtout par des feux contrôlés dans les prairies, zones alimentaires des cervidés.

C'est seulement dans les années 1970 que l'on s'est rendu compte que le feu était nécessaire à la préservation des paysages végétaux et de leur biodiversité. À partir de 1850, la lutte contre les incendies fut organisée par les colons arrivant de l'Ancien Monde, dans le but de protéger leurs habitations et leur exploitation des forêts. Mais depuis près de quatre décennies, les rangers des parcs naturels appliquent un plan de gestion qui utilise les feux contrôlés, pour réduire la biomasse des sous-bois, libérer les graines par exemple de séquoias, donner de l'espace et de la

lumière aux jeunes pousses, préservant ainsi la richesse biologique des forêts. En cas d'incendies non maîtrisables par les équipes des parcs, le National Interagency Fire Center fournit son aide en hommes et en matériel. Depuis 1905 existe un California Department of Forestry and Fire (CDF, puis CAL FIRE) dont les 800 stations opèrent aujourd'hui avec leurs milliers de pompiers permanents et volontaires contre les incendies catastrophiques, qui sont en recrudescence dans le sud de l'État avec l'accentuation de la sécheresse. En 2006, pour lutter contre le réchauffement climatique, le gouverneur Schwarzenegger signe un accord avec le parlement de Californie sur la diminution de la production des gaz à effet de serre (d'un quart jusqu'en 2020), conforme avec le protocole de Kyoto. En 2009, est initiée une réglementation contraignante pour les raffineries et les productions et importations de carburants. Mais la préparation des élections législatives de mi-mandat remet en question cette loi, certes favorable au secteur vert, le seul à avoir créé des emplois en dépit de la récession, mais qui contraint de nombreuses entreprises à partir vers d'autres horizons moins régulés. La proposition de suspension de cette loi, soumise au référendum populaire, a été finalement repoussée en novembre 2010 par environ 60 % des voix. En 2007, 79 % des Californiens considéraient le réchauffement climatique comme une menace sérieuse (VINCENT, 2007).

En Australie du Sud

La régression de la biodiversité de la flore australienne concerne particulièrement le Sud-Ouest et la région d'Adélaïde. De grandes zones de végétation ont été détruites pour la mise en culture, l'élevage ou l'urbanisation. Les forêts climaciques d'eucalyptus ne sont bien constituées que dans l'extrême Sud-Ouest humide, où les précipitations vont de 600 à 2 000 mm annuels : ce sont les forêts géantes de karri et de jarrah. Les forêts ouvertes et le mallee scrub qui les bordent ont été défrichés dans les années 1930 et 1960 au profit d'une vaste ceinture à blé (la *wheatbelt*) où l'irrigation et l'emploi d'engrais et de pesticides ont entraîné une salinisation et une stérilisation des sols, ainsi qu'une pollution des nappes et des cours d'eau. Dans la région d'Adélaïde, où la sécheresse dure longtemps, la végétation naturelle n'est plus représentée que par le mallee scrub et quelques lambeaux de forêt ouverte. En Australie méridionale, comme dans tout le pays, l'introduction volontaire ou accidentelle d'espèces végétales importées menace la flore indigène. Enfin, les inondations qui touchent maintenant des zones d'Australie auparavant peu concernées, probablement dues à un effet La Niña (chap. 1), montrent l'urgence d'une concertation sur la mise en place d'une solide politique environnementale et de prévention des risques (catastrophes naturelles, réduction des gaz à effet de serre…).

Devant cette situation, le gouvernement australien a créé dans chaque État ou Territoire des zones protégées. Ce sont des parcs nationaux, des réserves, les 64 marais enregistrés dans la convention Ramsar et les 16 sites classés au patrimoine mondial de l'humanité. L'Australie occidentale possède plus de 70 parcs nationaux, tels le parc national du cap Leeuwin (forêt de karri), le parc national Shannon-d'Entrecasteaux ou de la Porongerup Range (forêt de jarrah, de karri et de marri). Dans la région d'Adélaïde, on peut citer le parc national des Flinders Ranges, qui recouvre pratiquement tout le centre de la chaîne, et le parc national de Flinders Chase, sur Kangaroo Island, qui compte au moins quatre cents espèces de plantes locales et vingt espèces de reptiles et de grenouilles, et dont les acacias, les banksias et mélaleucas s'avancent jusque sur certaines plages. En 2002, selon le Department of the Environment and Heritage, plus de 10 % de la superficie de l'Australie (près de 775 000 km^2) sont en zone protégée, avec au total plus de 6 750 aires terrestres.

La législation de l'Australie, pays signataire de la CDB, prévoit aussi la protection de la plupart des espèces. Votée en 1999, la loi fédérale Environment Protection and Biodiversity Conservation protège la faune native et les espèces menacées : chaque État et Territoire possède une liste réglementaire. Un Comité scientifique créé par le gouvernement australien a identifié 85 écosystèmes caractéristiques dans le pays, dont 15 menacés. La coordination de la recherche en matière d'identification, de classification et distribution taxonomique de la flore et la faune est assurée depuis 1973 par l'Australian Biological Resources Study, l'Étude des ressources biologiques australiennes. En 2003, quinze hotspots nationaux de biodiversité ont été définis ainsi qu'un programme les concernant. Une des deux premières initiatives a été de passer des contrats avec des propriétaires pour protéger des communautés boisées et herbacées dans l'est des monts Lofty. Particulièrement riche et menacée au niveau de ses espèces végétales, l'Australie méditerranéenne contient la moitié des hotspots du pays. Deux dans la région d'Adélaïde : South East of South Australia and South West of Victoria et Mount Lofty/Kangaroo Island et cinq dans le Sud-Ouest, qui sont, du sud au nord : Fitzgerald River/Raventhorpe ; Busselton/Augusta ; Central and Eastern Avon Wheat Belt ; Mount Lesueur/Eneabba ; Geraldton to Shark Bay Sand Plains.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

La protection de la biodiversité en Australie comporte aussi une Stratégie nationale contre les mauvaises herbes, gérée par le Department of the Environment and Heritage et le Department of Agriculture, Fisheries and Forestry. Vingt espèces principales ont été déclarées nuisibles (THORP, LYNCH, 2000). Le programme de lutte a de nombreux buts, comme : empêcher l'introduction de nouvelles espèces ; informer les communautés, les propriétaires terriens, les agriculteurs, le secteur industriel et le grand public ; encourager les gouvernements nationaux, territoriaux et locaux à développer des plans d'action d'urgence ; mettre en place des procédures destinées à élaborer, exécuter et surveiller ces plans ; intensifier et coordonner les programmes de recherche, d'information et de formation. La détection des invasions biologiques relève en Australie des State Departments of Primary Industries. Malgré sa détection en 1963, *Chondrilla juncea* n'a jamais pu être éradiquée d'Australie occidentale, malgré un investissement de 56 millions de dollars australiens consentis sur 3 400 ha infestés. L'éradication qui avait commencé tard, en 1974, a été mise en échec par la vitesse de propagation du végétal. Après 28 années d'efforts, la chondrille effilée était encore présente sur plus de 700 sites, représentant une surface de 3 400 ha répartie sur 130 000 ha : le programme d'éradication a été abandonné (WOLDENDORP *et al.*, 2004).

Enfin, la lutte contre les incendies est un enjeu permanent et croissant. Des feux trop fréquents ou trop rares, trop sévères ou trop légers, peuvent affecter gravement les écosystèmes et la biodiversité, et gêner la gestion des terres. Mais les incendies peuvent avoir un rôle essentiel dans le maintien de nombreux écosystèmes. Dans le Sud-Ouest australien, les gestionnaires du Department of Environment and Conservation (DEC) déclenchent au minimum tous les cinq ans des brûlages dirigés de grande amplitude, les surfaces incendiées pouvant varier de 10 000 à 100 000 ha. Outre la conservation de la richesse biologique, ils ont pour objectif de maintenir au plus bas la biomasse combustible. Mais face aux feux trop fréquents qui dévastent parfois les paysages australiens, il apparaît de plus en plus nécessaire de combiner les mesures de prévention et d'intervention.

Au Chili central

Les pressions qui pèsent sur l'environnement chilien sont liées à l'exploitation accrue des ressources naturelles, base du développement d'un pays du Sud en pleine croissance économique.

Selon les rapports 2010 du Pnue, de la Conama (Commission nationale de l'environnement), de l'université du Chili et de l'Institut national des statistiques, l'eau, l'air, les sols, les écosystèmes marins, les forêts endémiques, la biodiversité et l'environnement urbain sont en constante dégradation. Face aux dégâts provoqués par les entreprises nationales et internationales, l'État dispose d'un cadre législatif permissif, « particulièrement laxiste dans les secteurs de protection des forêts et des ressources marines, où les acteurs économiques préfèrent payer les amendes que de se mettre en conformité avec la législation environnementale » (PULGAR, 2010). La dégradation et la réduction des espaces boisés et de la biodiversité ont des causes multiples : utilisation du bois pour le chauffage et la fabrication de nombreux produits, trafic illégal, inondations des surfaces boisées par des barrages hydro-électriques, très forte expansion des agglomérations urbaines (plus de 86 % de la population), et surtout les processus d'habilitation et de substitution qui ont augmenté les incendies. Le processus de substitution consiste à remplacer les forêts primaires par des plantations de pins (*Pinus radiata*) et d'eucalyptus, le processus d'habilitation visant à faciliter les usages agro-pastoraux dans les espaces boisés. La Conaf (Corporation nationale forestière) a constaté entre 1994 (date de la seule loi environnementale existante) et 2008 une importante diminution des forêts primaires valdiviennes et du sud de la zone méditerranéenne (région du Bio-Bio). Ces régions constituent un véritable foyer de forte biodiversité, le domaine méditerranéen chilien possédant à lui seul 50 % des espèces de plantes supérieures.

Des stratégies gouvernementales ont été mises en place, une Stratégie nationale de la biodiversité en 2003, un Système national de secteurs protégés par l'État, la création de parcs et monuments nationaux…« Les acquis principaux sont : la mise en marche d'un Système national des aires sauvages protégées (Snaspe) qui comprend plus de 14 millions d'hectares de forêts dont 32 parcs nationaux, 15 monuments naturels et 2 nouvelles réserves de la biosphère de l'Unesco. Et depuis 1997, il existe des Aires protégées privées (APP) d'une superficie de 15 millions d'hectares » (PULGAR, 2010). Dans la grande région métropolitaine de Valparaiso-Viña et de Santiago, où « l'agriculture d'exportation est peu compatible avec une durabilité complète, alliant dans la durée et sur un même territoire, un développement social, économique et environnemental » (FALIÈS, 2008), les aires protégées couvrent en partie la Cordillère côtière, tels le parc national de la Campana (8 000 ha) ou la réserve naturelle de Peñuelas (8 000 ha). De même, les sites prioritaires de protection de la

biodiversité définis par la Conama pour leurs espèces endémiques, comme le condor *Vultur gryphus*, le palmier du Chili *Jubeae chilensis* ou le faux hêtre *Nothofagus macrocarpa*. « Leur préservation entre les deux aires urbaines de Valparaiso et de Santiago implique de leur garantir un habitat de grande taille et des corridors écologiques » (FALIÈS, VELUT, 2008). Somme toute, la loi de base de l'environnement de 1994 est impuissante à conserver les forêts et à réhabiliter le matorral dégradé en espinal, malgré les efforts pour recréer des systèmes herbe/arbre (OVALLE *et al.*, 1995). La sauvegarde des espèces des zones protégées et humides ainsi que la lutte contre les espèces exogènes pâtissent de la faiblesse des investissements financiers. Le Chili attend toujours son ministère de l'Environnement : l'aboutissement du projet présenté en 2008 sous la présidence de Michelle Bachelet, accepté par le Sénat et la Chambre en 2010, est plus incertain depuis que les nouvelles autorités politiques ont présenté des objections.

Face à ces insuffisances, a surgi un monde associatif vaste et fragmenté, constitué d'organisations nationales de défense de l'environnement (OSCE) aux multiples fonctions. Les rôles de ces OSCE découlant de la loi de 1994 consistent à lancer des campagnes éducatives pour la protection de l'environnement et à s'opposer aux projets nuisibles, l'État ayant le devoir de faciliter l'information, notamment à travers la Conama, son service de consultation et de coordination environnementale. Les OSCE de défense des forêts ont cherché à limiter les dégâts causés par l'agriculture intensive et les reboisements de substitution. Pour Marcela Pulgar, les organisations environnementalistes du Chili, nées vers la fin des années 1980 lors du retour de la démocratie, sont appelées à jouer un rôle politique et économique croissant. Palliant certaines déficiences environnementales de l'État, elles montrent la nécessaire mise en place d'un ministère de l'Environnement. Sensibles à leur lobbying politique, « de plus en plus de politiciens participent aux campagnes environnementalistes à côté des OSCE chiliennes » (PULGAR, 2010). Et face à une croissance économique axée sur l'exploitation intensive des ressources naturelles, « de plus en plus d'organisations de la société civile de défense de l'environnement vont jouer le rôle de contrôler et de surveiller ces activités industrielles et simultanément d'informer la population des dégâts possibles » (PULGAR, 2010). Depuis quelques années, plusieurs sociétés d'extraction possèdent une cellule écologique. Et le recul de la pauvreté et l'augmentation du niveau d'éducation rendent la population plus attentive à l'environnement. Pour le Pnud de l'ONU, les OSCE du Chili représentent avant tout le pôle majeur où s'expriment les valeurs du pays.

Dans la Région du Cap

Le Royaume floristique du Cap (*Cape Floristic Region*) est l'un des 34 hotspots de biodiversité identifiés dans le monde. Il contient 3 % des espèces végétales du monde sur 0,04 % de sa superficie (chap. 5), et environ 70 % des 9 600 plantes répertoriées sont endémiques (soit près de 6 200). À elle seule, la montagne de la Table possède 2 200 espèces, soit plus que le Royaume-Uni. Mais si « avec plus de 7 000 espèces sur 46 000 km^2, le fynbos a la plus forte biodiversité du monde » (COWLING, RICHARDSON, 1995), sa végétation arbustive et buissonnante est aujourd'hui de plus en plus menacée par l'agriculture (notamment la viticulture en plein essor), par l'extension des zones urbaines (Le Cap devrait doubler sa population d'ici 2025), par les plantes invasives importées d'autres régions méditerranéennes et le changement climatique de la planète. Comparable à de véritables reboisements, l'invasion de plantes exotiques couvre 1,7 million d'hectares et concerne une quinzaine d'espèces, venues surtout d'Amérique du Sud, d'Australie et d'Europe : pins et prosopis européens ou californiens, eucalyptus, *Hakea* et acacias australiens. Ces arbres et arbustes transforment le fynbos indigène en formations forestières et arbustives hautes, une végétation d'espèces multiples en un groupe d'arbres d'une seule espèce, dont les conséquences sont l'érosion de la biodiversité locale et la réduction du cours des ruisseaux, notamment le captage dans les zones de partage des eaux. Par ailleurs, l'accroissement de la biomasse augmente la fréquence des incendies, les arbres envahisseurs occupant ensuite rapidement les zones brûlées, grâce à leurs graines dispersées par le vent.

L'évolution cyclique du fynbos, comme celle de bon nombre de matorrals méditerranéens, dépend de feux de brousse ni trop fréquents ni trop rares. *Fynbos needs fire !* proclame aujourd'hui le parc national de la montagne de la Table. Selon les écologues et botanistes Richard Cowling et Dave Richardson, la fréquence des feux dans le fynbos varie entre 4 et 45 ans, mais la plupart des communautés végétales brûlent en moyenne tous les 12 à 15 ans. « C'est à la fin des années 1960 que les botanistes ont commencé à réaliser que le feu est essentiel à la préservation de la biodiversité » (COWLING, RICHARDSON, 1995). L'incendie fut prescrit pour la première fois en 1968 dans les monts Kogelberg, afin de promouvoir la régénération d'une population vieillissante d'une Protéacée en voie d'extinc-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

tion, la Marsh Rose (*Orothamnus zeyheri*). La même année, le Forestry Department acceptait aussi de prescrire le feu dans la gestion de fynbos de montagne sous le contrôle de l'État, pratique ensuite étendue par le Mountain Catchment Act de 1970, la loi sur les bassins versants montagnards (COWLING, RICHARDSON, 1995). L'exquise Marsh Rose est un arbuste de 3 m présentant peu de branches et qui n'a qu'une seule tige à la base. Les feuilles de 3 à 5 cm de long qui se recouvrent comme des tuiles sont poilues et sentent le linge repassé. Inclinées sur une tige courte, les têtes florales généralement terminales (au nombre de 20 à 45) sont pendantes, courbées vers le bas (REBELO, 1995). Cette espèce endémique très localisée, la seule du genre *Orothamnus*, se trouve aujourd'hui dans deux zones protégées, surtout dans la réserve de biosphère du Kogelberg (à l'est de Cape Town, de Valsbaai), entre 450 et 850 m, dans les zones d'infiltrations, sur des pentes fraîches, marécageuses et tourbeuses orientées vers le sud. Il n'existe qu'une seule petite population sur les monts de la Klein River, près d'Hermanus (Walkerbaai). Protégées pour la première fois contre les activités de cueillette et la vente ambulante en 1938, surprotégées contre le feu, les populations de Marsh Rose ont poursuivi un déclin alarmant, jusqu'à ce que l'on évalue les bienfaits d'incendies à intervalles convenables. Une des populations les mieux connues qui comptait environ 450 plantules en 1947, n'en avait plus que 17 en 1963 et seulement 6 en 1967 (BOUCHER, MACCANN, 1975). Le premier essai de mise à feu de 1968 fut couronné de succès, puisque dans le Kogelberg, vers le début des années 1970, furent comptées 1 956 plantes. *Orothamnus* commence à fleurir après trois ans et atteint son apogée après neuf ans. Une fréquence accrue des incendies tue les plantes et diminue le stock de graines du sol. Après 12 ans, la sénescence diminue la croissance et la floraison de la plante. Après 20 ans, le déclin du peuplement peut être très spectaculaire, le feu devient nécessaire à un nouveau cycle régénérateur. Mais s'il estime qu'un cycle de 15 ans paraît optimal, Christian Boucher pense que l'espèce peut survivre à une période d'au moins 30 ans sans incendie, les graines pouvant rester dormantes pendant une vingtaine d'années (BOUCHER, 1981). Une Protéacée semblable, *Mimetes stokoei,* disparue de la Kogelberg Nature Reserve, est restée dormante pendant plus de 60 ans. Les mesures de protection imposées par le Service des forêts ont tellement bien réussi depuis 1968 qu'*Orothamnus zeyheri* est passée en 1996 du statut de Plante menacée d'extinction à celui de Plante rare (HILTON-TAYLOR, 1996) : fermeture au public (sauf pour la recherche) du Kogelberg en 1968, prorogée indéfiniment à partir de 1971 ; accès actuel plus ouvert mais strictement contrôlé ; classement de l'espèce dans la Flore menacée d'extinction selon l'ordonnance de 1974 ; commerce international interdit (de 1975 à 1997), puis restreint, par l'inscription dans la base de données de la Convention sur le commerce international des espèces menacées d'extinction (Cites) du Pnue ; contrôle de la fréquence des incendies, des feux spontanés ; éradication de toutes les plantes envahissantes, suivi annuel par le personnel de Cape Nature. Les programmes de surveillance continue du Kogelberg ont été mis en place par le Service des forêts conjointement avec C. Boucher, spécialiste de la flore des montagnes méditerranéennes, qui travaillait alors au Botanical Research Institute. Les recherches ayant abouti vers la fin des années 1970 à la création de plantes greffées dans la pépinière de l'ancien Cape Nature Conservation Department, un programme de reproduction commerciale semble envisageable, et les contrôles découlant de l'inscription à la base Cites inutiles. Actuellement, les plantes facilement greffées, qui ne vivent que quelques années, sont cultivées à la fois au Jardin botanique national de Kirstenbosch et à l'Agricultural Research Council d'Elsenburg.

La conservation de la biodiversité repose surtout sur le réseau d'aires protégées. Si 20 % de ce territoire restent à peu près vierges de toute action anthropique, 14 % sont situés dans des parcs nationaux et des réserves naturelles. Sous l'impulsion du South African National Parks Boards (SANParks), qui gère les parcs nationaux sud-africains, et du WWF South-Africa, a été initié en 1998 un projet de Conservation de la biodiversité de la péninsule du Cap, afin d'accompagner la création du parc national de la montagne de la Table et les actions en cours dans la péninsule de Cap, reconnue comme l'un des « joyaux » et des points chauds de la biodiversité mondiale. Le parc, qui reçoit plus de 1,2 million de visiteurs par an, a mis en place un nouveau modèle de gestion des parcs nationaux sud-africains. Soutenu par le FEM/Banque mondiale et le FFEM/AFD, le Fonds français pour l'environnement mondial (créé en 1994) et l'Agence française de développement, qui finance des projets économiques et sociaux dans les pays en développement et les pays émergents, il a notamment développé une politique de collecte et de valorisation des savoirs traditionnels et un système d'interprétation du parc destiné à faire connaître l'identité de ses différents territoires. Les informations recueillies par des ONG locales et l'université du Cap ont été regroupées dans un film documentaire, utilisé aujourd'hui

par le parc pour son programme d'éducation environnementale. Cette politique de collaboration étroite avec les communautés locales est la conséquence évidente du contexte périurbain et de la forte diversité culturelle de l'agglomération du Cap. Mais cette approche, assez nouvelle en Afrique du Sud, est également tributaire de l'expertise des parcs nationaux français : en collaboration avec le parc national de Port-Cros, le parc national des Cévennes a fourni une assistance technique aux partenaires sud-africains.

Pour valoriser les services apportés aux écosystèmes face à un développement économique à court terme et aux engagements sociaux de l'État, leur « donner une valeur monétaire est le seul moyen politique efficace d'assurer l'intervention » (VAN WILGEN *et al.*, 1998).

En 1995 est lancé le programme Working for Water (WFW), destiné à améliorer la durabilité de ces services, principalement dans l'acheminement de l'eau vers les centres urbains. Il s'agit de préserver la diversité biologique de la flore indigène en détruisant des parcelles de végétaux invasifs fortement consommateurs d'eau, qui utiliseraient au total presque 9 % de l'écoulement du pays. Estimé à 60 millions de dollars par an sur 20 ans, le coût de l'abattage de ces arbres pourrait être réduit de 20 millions par an, « si l'on exclut les plantes envahissantes qui n'affectent pas le partage des eaux et si l'on compte sur les bienfaits du contrôle biologique en cours » (VAN WILGEN *et al.*, 1998). À court de moyens financiers, les décideurs politiques ont préféré l'abattage des arbres exotiques pour acheminer l'eau de captage à la construction de nouveaux barrages, d'autant plus que le réchauffement climatique aggrave l'action étouffante de ces espèces et la fréquence des incendies. En 2002, l'Afrique du Sud a connu une grande sécheresse, 70 % des récoltes de maïs ont été perdues. En ce XXIe siècle, les écologues et botanistes R. Cowling, D. Richardson et N. Myers évoquent plusieurs scénarios possibles pour l'évolution du fynbos. Au pire : extension des plantes envahissantes sur les pentes humides de montagne, accroissement de l'agriculture intensive spécialisée, expansion urbaine sur des bordures riches en espèces, amplification de l'érosion sur des pentes dénudées par des feux plus fréquents et incontrôlés, baisse des revenus de l'écotourisme et fermeture de nombreuses réserves par manque de fonds… L'espoir étant une réelle prise de conscience des bienfaits économiques, sociaux et culturels du fynbos pour assurer le succès de la lutte contre les arbres et les arbustes envahissants, un meilleur ravitaillement en eau, contrôler l'exploitation commerciale de la flore ornementale, créer des emplois pour la population rurale, et surtout développer l'écotourisme, source culturelle et financière nécessaire à une bonne gestion conservatrice de la biodiversité (COWLING, RICHARDSON, 1995).

Un devenir problématique pour les paysages végétaux

La gestion volontariste des espaces boisés méditerranéens dans le cadre d'un développement durable ne fait que s'engager, et déjà elle rencontre nombre d'obstacles qui semblent parfois insurmontables. Qu'en sera-t-il dans les prochaines décennies, si les changements climatiques et les changements de modes d'usages des terres liés à la démographie se poursuivent ? S'il est encore hasardeux de prévoir les menaces qui pèsent sur les paysages végétaux, leurs habitats forestiers et leur capital biologique, les scientifiques arrivent malgré tout à esquisser les grandes lignes d'une évolution qui apparaît sous la dépendance étroite de puissants impacts anthropiques, qu'ils soient déprise rurale ou au contraire surexploitation, ou encore mitage urbain et touristique. Des scénarios de biodiversité globale pour 2100 montrent que le bassin méditerranéen sera probablement une des régions les plus affectées par les atteintes à l'environnement (SALA *et al.*, 2000). Pierre Quézel évoque notamment une dégradation accentuée des espaces naturels côtiers, une uniformisation des paysages et des habitats forestiers au nord de la Méditerranée, une extinction progressive des surfaces boisées au sud et à l'est. Mais en ce qui concerne les impacts de l'aléa climatique, les évaluations sont bien plus difficiles « dans un laps de temps de quelques décennies, c'est-à-dire relativement bref à l'échelle de la restructuration éventuelle de la végétation » (QUÉZEL, 1999b).

Des transformations à court terme

Le nouveau diagnostic du Plan Bleu de 2005 a confirmé les risques environnementaux annoncés par les scénarios tendanciels : dégradation des écosystèmes, pressions accrues sur l'eau, les sols et le littoral… Et d'ici 2025, selon ces tendances lourdes, le cumul des impacts humains avec l'aléa climatique accentuera encore les transformations des paysages végétaux et la perte de la biodiversité. Le rapport sur l'état de l'environnement et du développement en Méditerranée confié par le PAM au Plan Bleu en 2009 évoque la particulière vulnérabilité de la région méditerranéenne au changement climatique. Le scénario tendanciel prévoit que c'est la croissance économique qui permettra de financer la réparation des dégâts qu'elle a pu causer. Mais le Plan Bleu envisage aussi un scénario alternatif, où la qualité de l'en-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

vironnement viendrait appuyer la croissance économique, dans une optique de développement durable. De fait, « l'avenir n'est jamais écrit par avance, et l'on ne doit pas sous-estimer la capacité des sociétés à s'adapter à de nouveaux défis » (Pnue/PAM/Plan Bleu, 2005). De toute façon, même si les actions concrètes continuent à se mettre en place dans tous les pays, la fracture environnementale se creusera sans doute davantage entre les deux rives.

Le nord de la Méditerranée s'achemine vers une uniformisation des paysages et des habitats forestiers. La remontée biologique engendrée par la déprise rurale risque de se poursuivre dans les prochaines décennies. Elle devrait se manifester surtout par une extension des pinèdes à pin d'Alep aux étages thermo- et méso-méditerranéens, et à pin sylvestre au supra-méditerranéen. Avec cependant moins de force pour ces conifères expansionnistes, qui ont déjà gagné comme en Provence beaucoup d'espaces post-culturaux laissés en friches, que pour le pin maritime dont la colonisation risque de s'intensifier, comme dans les châtaigneraies abandonnées de Corse. Cette remontée biologique transformera ces préforêts à conifères plus matures en véritables forêts de feuillus, qui se rapprocheraient alors du climax avec une extension des chênes à feuilles caduques plus grande que celle des chênes sclérophylles. Enfin, nombre de surfaces livrées à la déprise pastorale et non entretenues par les propriétaires vont connaître un embroussaillement accru, favorisant ainsi l'uniformisation du paysage.

La maturation et la mise en continuité des espaces boisés risquent de renforcer les grands incendies et l'érosion de la biodiversité. Au niveau des habitats naturels, la maturation favorisera certaines espèces rares sciaphiles et éliminera progressivement les espèces plus héliophiles, souvent remarquables, des lisières et des pelouses. Mais les menaces les plus graves, selon Frédéric Médail, pèsent sur les zones refuges ibéro-maghrébines à *Prunus lusitanica*, *Rhododendron ponticum* et *Frangula alnus* subsp. *Baetica* (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003). Et si des peuplements très localisés comme ceux à *Abies pinsapo* (d'Andalousie), à *Abies nebrodensis* (de Sicile) ou encore à *Pinus nigra* subsp. *salmanii* sont aujourd'hui protégés, ils n'en restent pas moins menacés pour des raisons écologiques ou anthropiques particulières, par exemple par la pollution génétique liée aux reboisements. Ce problème, déjà évoqué, est grave pour les peuplements à pin noir de Salzmann de la région de Bessèges, les hybridations avec le pin laricio, planté massivement dans les Cévennes siliceuses il y a plus d'un siècle par les Houillères et les services forestiers, menaçant leur originalité génétique. À tel point que Pierre Quézel évoque pour les années à venir une impossible distinction entre les deux espèces, voire une probable extinction, « si rien n'est tenté », du pin noir cévenol. Au niveau des espèces, des risques d'extinction existent surtout pour celles qui sont rares et menacées, localisées et sans grande valeur forestière (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003), comme *Quercus soluntina*, endémique de Sicile, mais aussi à haute valeur biogéographique comme *Phoenix theophrasti* (surtout en Turquie, à Kumluca-Karaöz) ou *Zelkova sicula* (dont il reste environ 200 individus en Sicile). Derrière la notion de vulnérabilité se profile en effet celle du risque d'extinction. Les phanérophytes menacées sont actuellement inscrites dans des livres rouges internationaux (UICN) et nationaux (WALTER, GILLETT, 1998). On a vu que sur les 290 espèces arborescentes existant en région méditerranéenne (contre 135 dans les forêts médio-européennes), les scientifiques en ont recensé 61 qui seraient menacées, c'est-à-dire plus d'une sur cinq. Outre ceux cités ci-dessus, les risques d'extinction en Méditerranée septentrionale concerneraient bien d'autres espèces comme *Abies nebrodensis*, le sapin de Sicile pourtant protégé dans le massif des Nébrodes, *Betula pendula* en Espagne et au Maroc, *Juniperus macrocarpa* dans tout le bassin, *Prunus lusitanica* en Espagne, au Portugal, en France (et aussi au Maroc), *Tamarix passerinoides*, endémique de Sicile…

Au sud et à l'est de la Méditerranée, la forte pression humaine et pastorale, conjuguée avec un aléa climatique marqué, devrait se poursuivre pendant plusieurs décennies. Si les politiques de réhabilitation forestière fondées sur l'implication des populations ne sont pas plus largement mises en œuvre, l'érosion des sols et la régression des espaces boisés vont s'accentuer. Au rythme actuel de 2 à 4 % de disparition par an, « d'ici à 50 ans, il ne devrait théoriquement subsister que moins de la moitié des superficies actuelles couvertes par les forêts, et ceci du bord de la mer jusque sur les sommets des montagnes », écrit Pierre Quézel, rappelant que leur surexploitation par les défrichements anarchiques et le parcours permanent des troupeaux aboutit à une thérophytisation, qui ne laissera bientôt plus que des espèces toxiques ou épineuses, délaissées par les bêtes (QUÉZEL, 1999b). Sur des sols davantage dénudés, piétinés par les troupeaux, le capital biologique et l'équilibre écologique continueront de régresser. Les menaces les plus graves pèsent surtout sur les cédraies, mais aussi sur les thuriféraies, les forêts de pin maritime, les arganeraies, les diverses structures à genévriers

et à cyprès de l'Atlas, voire localement à thuya de Berbérie. Cependant, au Maghreb, la situation est également inquiétante pour les sapinières, les peuplements de *Pinus nigra* subsp. *mauretanica, Olea maroccana* (tous deux non inclus dans la liste UICN), *Quercus faginea* subsp. *tlemcenensis*. Et en Méditerranée orientale, malgré une gestion forestière plus stricte (surtout en Turquie), certaines communautés sont à surveiller : forêts à *Abies equi-trojani, Quercus aucheri, Liquidambar orientalis* en Turquie, formations à *Quercus alnifolia* et *Cedrus libani* subsp. *brevifolia* à Chypre, peuplements à *Zelkova abelicea* et *Phoenix theophrasti* en Crète, ou à *Abies borisii-regis* et *Quercus trojana* subsp. *euboica* en Grèce…

Au nord comme au sud, les risques de dégradation accentuée pour les espaces naturels côtiers sont peut-être les plus graves du bassin méditerranéen. Actuellement, la modification du régime des eaux, les pollutions d'origine tellurique et maritime, mais surtout les constructions et les infrastructures de toutes sortes ainsi que le développement incessant du tourisme se cumulent pour générer des impacts destructeurs sur les écosystèmes littoraux. En 1993, dans les Alpes-Maritimes, les espaces sans construction sur au moins 2 km ne représentaient déjà plus que 8 % du littoral. Une partie de la flore côtière est actuellement présumée éteinte, notamment les psammophytes littoraux, tels *Stachys maritima*, *Scrophularia ramosissima*, *Calystegia soldanella*, et la flore des eaux douces et de divers biotopes aquifères sublittoraux, comme *Nymphea alba, Myriophyllum verticillatum*, *Utricularia minor*. Si les halophytes et les espèces électives du bord de mer ont été bien conservées, à l'exception de l'embouchure du Var (SALANON *et al.*, 1994), « au moins 37 espèces sont actuellement très rares… et/ou menacées d'extinction à court terme… ex. : *Echinophora spinosa, Juncus gerardii, Medicago marina* » (MÉDAIL, DIADEMA, 2006). Dans les prochaines décennies, l'érosion des rivages méditerranéens, la dégradation des habitats et de la biodiversité littorale vont s'amplifier du fait de « l'accroissement attendu des infrastructures, constructions et prélèvements de matériaux sur le littoral, de la construction de nouveaux barrages sur les fleuves et de la dégradation des prairies marines » (Pnue/PAM/Plan Bleu, 2005). En 2025, le littoral de la Méditerranée pourrait avoir 20 millions de citadins et 130 millions de touristes supplémentaires, surtout la rive est et sud.

Parmi les habitats littoraux les plus dégradés et les plus menacés comptent les écosystèmes dunaires et certaines zones humides. Pour ces sites, le réchauffement climatique serait un facteur aggravant à long terme, notamment dans les lagunes et les deltas : montée du niveau de la mer, inondations, apparition d'espèces envahissantes au détriment d'espèces autochtones... Mais bon nombre de structures végétales remarquables, de type thermo-méditerranéen, actuellement en pleine régression sur les côtes du Maroc, d'Espagne, de Sicile, de Crète ou encore de Turquie sud-occidentale, risquent aussi de disparaître. Outre la brousse à oléolentisque et à caroubier (notamment entre Nice et Menton) et les tétraclinaies (comme près de Carthagène), on peut citer à nouveau le palmier de Théophraste en Crète et en Anatolie. Les intérêts financiers et l'impact touristique sont tels que dans l'avenir « on ne peut espérer sauvegarder que des fragments d'écosystèmes, par le biais de l'achat par des structures nationales, Conservatoire du littoral par exemple en Espagne » (QUÉZEL, 1999b). On a dit comment le Conservatoire du littoral, créé en 1975, n'a pu contrecarrer l'urbanisation galopante du littoral des Alpes-Maritimes, avec des achats trop faibles, les plus réduits pour un département littoral.

Des transformations amplifiées

Si les perturbations d'origine anthropique liées à la déprise rurale ou au contraire à la surexploitation conditionnent majoritairement l'évolution des écosystèmes naturels méditerranéens dans un proche avenir, le doublement du CO_2 atmosphérique prévu entre l'an 2000 et 2050 risque aussi d'influer sur leur diversité et leur répartition, leur structure et leur fonctionnement.

De 1998 à 2010, la prise de conscience internationale du problème du réchauffement général de la planète est marquée par plusieurs conférences climatiques.

Le Protocole de Kyoto en 1998, entré en vigueur en 2005 et prévu jusqu'en 2012 permet d'enclencher un processus de stabilisation des gaz à effet de serre (CO_2, méthane, CFC…). On sait que l'effet de serre rend habitable la terre en retenant le rayonnement infrarouge réémis par la planète vers l'atmosphère, ainsi réchauffée à 22 % par les continents, mais à 43 % par les océans. L'océan est le véritable maître du climat avec ses mécanismes essentiels : pompe à chaleur et à CO_2 (dissolution naturelle), évaporation (qui redistribue la chaleur et initie le cycle de l'eau), courants marins… Mais Kyoto n'a que peu d'effets sans l'intégration des États-Unis, qui avaient refusé dès 2001 de ratifier le processus qu'ils avaient signé, et celle des nouvelles puissances économiques (Corée, Chine, Brésil…).

L'échec de la Conférence de Copenhague en décembre 2009 et la stérilité des quatre réunions

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

organisées à Bonn et à Tianjin en 2010 marquent surtout le désaccord sur la répartition des efforts – financiers et de réductions des émissions de gaz à effet de serre (GES) – pour assurer l'objectif affiché : limiter la hausse de la température moyenne de la planète à 2 degrés d'ici à la fin du siècle. L'accord de Copenhague (trois pages à peine) a été négocié, en contradiction avec les règles multilatérales des Nations unies, par une vingtaine de pays, les principaux émetteurs de GES, États-Unis, Europe et grands pays émergents comme la Chine, l'Inde, l'Afrique du Sud et le Brésil, pratiquement dans le dos des pays les plus pauvres et les plus vulnérables, notamment ceux d'Afrique, grands perdants, les premiers à souffrir du réchauffement. Redoutant de se voir imposer un contrôle international de leurs réductions d'émissions, les deux plus grands pollueurs de la planète, la Chine et les États-Unis, ont campé sur leurs intérêts nationaux, même si la nouvelle administration démocrate s'est montrée enfin convaincue de sa participation.

En décembre 2010, à la Conférence de Cancun, 190 nations sont parvenues – à l'exception de la Bolivie – à un compromis sur l'environnement prévoyant de revoir périodiquement les objectifs à long terme (limite à 2 °C en 2100) en fonction de l'évolution des connaissances scientifiques, des rapports du Giec (Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat) et des impacts observés du réchauffement. Une première révision est prévue de 2013 à 2015. L'accord de Cancun esquisse aussi « la boîte à outils de la lutte contre le changement climatique : fonds vert, réduction de la déforestation, transfert de technologies vertes vers les pays du Sud » (G. Allix, Service Planète, *Le Monde*, 15 déc. 2010). Mais beaucoup de points ont été laissés en suspens : financement du fonds vert, efficacité des engagements de réduction des émissions de CO_2… Certes, les grands pays émergents comme la Chine ou l'Inde, qui se sont montrés les plus déterminés à débloquer le processus des négociations sur le climat face à l'inertie (prudente ?) du Japon, de la Russie, des États-Unis ou d'une Europe divisée, ont accepté de produire tous les deux ans des rapports sur leurs inventaires et leurs réductions de GES. Mais la vérification de ces rapports ne prévoit aucune contrainte, seulement des consultations et analyses internationales « non intrusives », « non punitives », et « dans le respect de la souveraineté nationale ». Cancun marque donc un affaiblissement du processus onusien, les Nations unies se voyant obligées d'entériner un processus qui vient du « bas », c'est-à-dire la politique climatique que chaque participant est disposé à faire. Finalement, après Cancun, on se demande comment on pourrait produire « un traité global et légalement contraignant sur le climat sans un investissement renouvelé des pays industrialisés » (G. Allix, Service Planète, *Le Monde*, 15 déc. 2010).

Selon le Giec (2001), la concentration en CO_2 doublerait au cours du XXIe siècle. Elle a déjà augmenté de 31 % entre l'ère pré-industrielle et l'an 2000. Si la température moyenne de surface, au niveau mondial, a augmenté de 0,6 °C au cours du XXe siècle, le Giec envisage « d'ici 2100 des fourchettes de réchauffement global allant de 1,4 °C à 5,8 °C » (Pnue/PAM/Plan Bleu, 2005). Déjà la décennie 1990 semble avoir été la plus chaude depuis un millénaire dans l'hémisphère Nord… Mais la plus forte teneur en CO^2 ferait aussi augmenter les précipitations moyennes annuelles de 5 à 20 %. Cependant, des incertitudes persistent sur l'ampleur, la vitesse et les impacts de ces changements climatiques globaux. Et puis « une inconnue supplémentaire majeure concerne les répercussions d'un éventuel réchauffement global à une échelle régionale comme celle de la Méditerranée. Les courants marins pourraient être modifiés à l'échelle de la planète et influencer à leur tour les climats locaux dans le sens d'un refroidissement » (Pnue/PAM/Plan Bleu, 2005).

Sur la rive nord, le modèle de circulation générale Arpege-Climat (Météo France) a mis en évidence d'ici 2100 un réchauffement de 2 à 3 °C. Un peu plus forte (3 à 4 °C) en Languedoc-Roussillon, dans le centre et le sud de la péninsule Ibérique, et en Afrique du Nord, l'augmentation serait plus modeste en Méditerranée orientale (2 à 2,5 °C). De toute façon, les conséquences de cette élévation des températures s'affirment de plus en plus.

L'expansion thermique des eaux marines mais aussi la fonte des glaciers et des inlandsis font s'élever le niveau moyen des mers : 10 à 20 cm au siècle dernier, et entre 20 et 60 cm sont encore prévus par le Giec entre 2007 et la fin du siècle. Mais les observations des chercheurs américains, britanniques et néerlandais en 2009 ont montré une accélération de la réduction de l'inlandsis groenlandais (par glissement des glaciers dans la mer). Ainsi, les calculs de 2010 tablent sur une montée des eaux bien plus impressionnante, entre 55 cm et 1,75 m en 2100.

L'augmentation des températures renforce aussi l'évaporation, ce qui change le régime des précipitations. Pour un doublement du taux de CO_2 atmosphérique, les précipitations d'hiver et de printemps pourraient s'accroître de 30 à 50 % au nord et au centre de la Méditerranée, excepté au Proche-Orient, lequel connaîtrait même un déficit pluviométrique hivernal. Plusieurs modèles de simulations climatiques évoquent des pluies

convectives violentes (voire de type torrentiel) de plus en plus fréquentes. Une augmentation d'un degré de la mer provoquerait dans la région de Barcelone un accroissement de 5 % de la part des pluies de convection.

Mais la plus grande fréquence, durée et intensité des phénomènes météorologiques extrêmes seront aussi marquées par une plus longue et plus forte sécheresse estivale. Et celle-ci s'étendrait sur les marges nord à climat non méditerranéen. « L'analyse de tendance conduite sur les séries mensuelles de quantités de précipitations de la période 1835-1995 à Montpellier montre une très faible diminution des pluies annuelles (-0,03 mm/an) mais une diminution significative de 0,46 mm/an des pluies de mai à août, sensible depuis les années 1880 », observent Corinne Hoff et Serge Rambal, en précisant que la cartographie des isohyètes (d'après le cumul des précipitations sur cette période mai-août) montre une nette avancée de l'isohyète de 150 mm de 35 km vers l'intérieur entre les deux périodes d'étude 1851-1900 et 1959-1994 (HOFF, RAMBAL, 2000).

L'accentuation de la sécheresse estivale en Méditerranée devrait renforcer l'aridification du climat en Espagne et en Afrique du Nord, mais la mer Égée et le Moyen-Orient pourraient au contraire recevoir davantage de pluies estivales (DÉQUÉ, 2000 ; DÉQUÉ *et al.*, 1998).

À l'horizon 2025, en région méditerranéenne, le Plan Bleu prévoit un réchauffement inférieur à 1 °C et des excès climatiques accentués. Depuis les années 1990, bon nombre de tempêtes catastrophiques, de fortes crues, de sécheresses sévères, témoignent de la réalité des changements climatiques en cours : « changement des rythmes et de l'intensité des précipitations, doublé d'une variabilité intra- et interannuelle accrue, avec une augmentation notable – qui a sans doute déjà débuté – des pluies torrentielles, voire de tornades de type subtropical » (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

Les progrès récents de la simulation climatique vont permettre d'affiner les scénarios de changement climatique, notamment sur la rive sud. Présentée au chapitre 1, l'étude de Fatima DRIOUECH (2010) sur la variabilité spatio-temporelle des précipitations hivernales marocaines a mis en évidence leur déclin entre 1961 et 2008, surtout à partir des années 1980, conjugué avec une augmentation de la fréquence des sécheresses. Les différents modèles de simulation climatique utilisés lors de cette recherche ont confirmé cette évolution générale à l'horizon 2021-2050. La version à résolution variable du modèle global Arpege-Climat, qui constitue une descente d'échelle dynamique d'une simulation Giec (haute résolution d'environ 50 km), a permis d'élaborer des scénarios compatibles avec ceux issus d'une dizaine de modèles climatiques régionaux (MRC). Généralisée à tout le Maroc de décembre à février, la baisse des cumuls pluviométriques concernerait, à l'ouest des Atlas, la période plus étendue d'octobre à mars, avec « une baisse du nombre d'événements de fortes précipitations et une augmentation du nombre maximal de jours consécutifs secs » (DRIOUECH, 2010). Ces projections d'Arpege-Climat, l'évolution vers des conditions plus sèches en hiver, ont été confirmées dans l'ensemble, à la fois en termes de moyennes et d'extrêmes, par l'utilisation du modèle à aire limitée Aladin-Climat à très haute résolution (12 km) sur la moitié nord du pays : diminution des précipitations hivernales d'environ 10 à 15 %, diminution des événements extrêmes de 10 à 20 %, assèchement de l'été. Selon F. Driouech, cette nouvelle réduction d'échelle rend la modélisation moins incertaine, plus proche de la réalité, car les détails spatiaux font apparaître quelques différences, même peu nombreuses, avec le modèle à résolution variable Arpege. Par exemple, la pluviosité moyenne au printemps « augmenterait de 5 à 20 % sur la moitié nord du pays, à l'exception de la région côtière nord-ouest située entre Tanger et Casablanca qui ne connaîtrait pas de changement important » (DRIOUECH, 2010). L'exemple marocain montre que les progrès récents en termes de descente d'échelle spatiale permettront sans doute de mieux appréhender la gestion des risques, en utilisant de nouveaux ensembles de simulations, « comme ceux liés au programme Cordex du WCRP (World Climate Research Program de l'Organisation météorologique mondiale) » (DRIOUECH, 2010).

La descente d'échelle temporelle, qui débute également en matière de prévision climatique, ouvre des perspectives supplémentaires : « établir des scénarios à dix ou vingt ans sera la principale innovation scientifique du prochain rapport du Giec qu'il doit remettre vers 2013-2014 » (S. Foucart, *Le Monde,* hors-série, Bilan Planète 2010). Mais pour établir des probabilités jusqu'en 2035 seulement, le nouveau défi des chercheurs sera d'intégrer des connaissances extrêmement précises sur les océans à un moment donné (salinité, courants, absorption de la chaleur due aux gaz à effet de serre…), mais aussi les nouvelles découvertes ou hypothèses sur les origines de la variabilité interannuelle et interdécennale du climat : influence de la NAO, de l'Enso, des variations de l'activité solaire suivant un cycle de onze ans, du taux d'humidité dans la stratosphère… Des travaux publiés en mars 2010 dans la revue *Science* montrent une baisse de 10 % de ce taux de vapeur d'eau, qui pourrait expliquer le ralen-

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

tissement du réchauffement entre 2000 et 2009 (sans toutefois l'interrompre). Aujourd'hui, « les chercheurs pensent qu'entre 1980 et 2000 ce taux d'humidité stratosphérique a augmenté (…) et pourrait être responsable de 25 % de l'accélération du réchauffement noté sur cette période » (S. Foucart, *Le Monde*, hors-série, Bilan Planète 2010).

Toutefois, les conséquences sur la végétation viendraient de « la modification de la variabilité du climat (…) plus que d'un changement dans la valeur moyenne des paramètres météorologiques » (HOFF, RAMBAL, 2000).

Premier impact : un décalage latitudinal et altitudinal des étages de végétation. Sur le revers nord, il pourrait faire remonter l'étage méso-méditerranéen au-delà des marges septentrionales actuelles, et le thermo-méditerranéen jusqu'à 300 m d'altitude (comme au nord de l'Algérie) en France méridionale, en Catalogne et en Italie du Centre et du Nord. En altitude, la limite supérieure des arbres continuera son relèvement, déjà enclenché par la déprise pastorale. Sur le revers sud, l'étage infra-méditerranéen pourrait remonter sur le littoral nord-marocain, tandis que les étages de montagne se relèveraient de plusieurs centaines de mètres, amenuisant inévitablement l'alti-méditerranéen sur les sommets du Haut Atlas ou du Taurus. Remontant vers le nord, le climat saharien ferait progresser la steppisation et la désertification, laquelle restera cependant « infiniment plus sous la dépendance des impacts anthropiques que d'éventuelles modifications climatiques ». (QUÉZEL, 1999b).

Second impact : des changements complexes dans la structuration générale des écosystèmes forestiers. Sur la rive nord, ils pourraient privilégier les formations thermophiles à pins et genévriers et les brousses à oléolentisque à basse altitude au détriment des ligneux sclérophylles (sauf du chêne-liège), lesquels devraient remonter plus au nord. Sur la rive sud, la matorralisation et la thérophytisation des espaces forestiers et préforestiers, liées au surpâturage et aux défrichements plus ou moins anarchiques, seront renforcées par l'élévation des températures, tandis qu'en montagne des caducifoliés et des cédraies pourraient disparaître. La désertification des marges sahariennes entraînera une destruction rapide des structures préforestières et présteppiques à *Pinus halepensis, Juniperus thurifera, Tetraclinis articulata, à Pistacia atlantica* et *Ziziphus lotus*, moins vive cependant en bordure de l'océan Atlantique (QUÉZEL, MÉDAIL, 2003).

Parmi les réponses possibles des végétaux à l'aléa climatique, on pense plus à une migration vers le nord qu'à une adaptation sur place. Les prémices de cette migration semblent actuellement marquées par l'apparition depuis 20 ans du palmier nain *(Chamaerops humilis)* sur le littoral provençal (MÉDAIL, QUÉZEL, 1996, 2003), l'extension de l'euphorbe arborescente *(Euphorbia dendroides)* en Crète et en Grèce méridionale, la régression des steppes arborées à *Pistacia atlantica*, ou encore l'extension d'*Aristida pungens* (le drinn, Graminée saharienne) en zone méditerranéenne. Pourtant une évolution adaptative *in situ* est tout à fait envisageable pour nombre d'espèces, notamment celles à cycle de vie court comme les thérophytes annuelles. De même, des ligneux comme *Quercus ilex* ou *Quercus pubescens* pourraient, d'après C. Hoff et S. Rambal, faire preuve d'une grande plasticité écologique, surtout les jeunes individus. Leur résistance au stress hydrique serait stimulée par la forte concentration en CO_2, laquelle augmenterait le rendement de la photosynthèse et diminuerait la densité, donc la conductivité, des stomates. Le gain de productivité des conifères serait beaucoup plus aléatoire, surtout pour les résineux eurasiatiques comme *Pinus sylvestris*, particulièrement menacé, on l'a vu, dans le Lubéron pendant la sécheresse de 2003. « Le réchauffement climatique devrait logiquement provoquer le recul du pin sylvestre au profit du pin d'Alep » affirme Michel Vennetier, en se basant sur la décroissance en diamètre et en hauteur de *Pinus sylvestris* au cours du XXe siècle (VENNETIER, 2005). Des simulations ont montré que la productivité du pin d'Alep pourrait, avant de chuter, continuer de s'accroître jusqu'au milieu du XXIe siècle (sauf grands gels, grandes canicules ou maladies). De toute façon, l'augmentation de la productivité de certains ligneux, qu'ils soient feuillus ou résineux, fournira une biomasse très inflammable, qui aura des conséquences sur la fréquence et la violence des incendies, comme le montrent les feux dévastateurs de ces dernières années, notamment ceux de l'été 2009 dans la forêt corse ou aux portes de Los Angeles, en Californie.

La restauration du coussoul de Crau, modèle de gestion paysagère ?

Le coussoul de Crau est « un palimpseste et un chef-d'œuvre en péril » (DUTOIT, 2010). Cette formation végétale unique au monde conserve les traces de son histoire plurimillénaire. Le coussoul, du latin « *curso* », « parcourir en tous sens », est un habitat comparable aux dehesas espagnoles et aux montados portugais, avec sa végétation riche en diversité, pâturée par les moutons pendant plusieurs millénaires. On y rencontre des espèces rares, protégées aux plus

hauts niveaux, comme la fougère scolopendre à feuilles sagittées (*Phyllitis sagittata*) ou la germandrée aristée (*Teucrium aristatum*). L'origine de cette pelouse sèche a été évoquée plus haut avec les phases anthropiques plus ou moins intenses qui l'ont affectée, attestées par nombre de sites pastoraux datés du Néolithique et l'étude anthracologique des ruines de bergeries romaines. Installée sur le paléo-delta caillouteux construit par la Durance aux époques glaciaires (entre 2 MA et 30 000 BP), cette formation herbacée qui laisse subsister de nombreux espaces de sol nu est considérée comme la dernière steppe de l'Europe de l'Ouest (DEVAUX *et al.*, 1983). « La conjonction du climat méditerranéen et la formation d'un sol rouge peu profond ou Fersialsol sont à l'origine de la création de cet habitat fortement contraignant du point de vue hydrique, auquel la vie a répondu par une grande diversification des stratégies qui permettent de survivre. On peut ainsi y dénombrer plus de 70 espèces de plantes à fleurs sur moins d'un mètre carré » (DUTOIT, 2010). Remontant au moins jusqu'à l'Âge de bronze, le coussoul de Crau serait issu d'un matorral néolithique dégradé par les incendies et la pression pastorale (HENRY *et al.*, 2010), les perturbations anthropozoogènes s'ajoutant aux contraintes physiques pour multiplier la diversité des espèces (DUTOIT, 2004). La Crau sèche possède ainsi une association végétale unique, l'*Asphodeletum fistulosi*, qui a été considérée comme la plus riche de Provence (MOLINIER, TALLON, 1950), avec notamment ses asphodèles (*Asphodelus ayardii* et (ou) *fistulosus*) et la stipe voile de mariée (*Stipa capillata),* gracieuse Poacée cespiteuse aux feuilles filiformes, généralement enroulées. Mais depuis le XVIe siècle, le coussoul subit une réduction drastique de 80 % de sa surface (de plus de 50 000 à 10 000 hectares). Notamment avec l'apparition de prairies bocagères destinées à la production de foin, qui ont permis de reconstituer un cheptel ovin actuellement presque aussi nombreux que celui qui existait à l'époque romaine (100 000 têtes, contre 150 000). « Au XIXe siècle et dans la seconde moitié du XXe siècle, ce sont les implantations militaires, industrielles et agricoles, avec la création de plus de 4 500 hectares de vergers intensifs, qui ont failli mener à la disparition totale de cet écosystème » (BUISSON, DUTOIT, 2006). L'industrialisation massive depuis la construction du port pétrolier de Fos-sur-Mer dans les années 1960, les raffineries, les aciéries, les aéroports, dont l'aéroport militaire d'Istres, les stockages de munitions et la plus grande décharge à ciel ouvert d'Europe, ont fini par aboutir en 2001 à la création sur plus de 7 500 ha de la réserve naturelle nationale des Coussouls de Crau, qui n'a cependant pas fait cesser le grignotage : 24 ha détruits entre 2006 et 2010 par des canalisations enterrées ; 30 ha (hors réserve) pour l'agrandissement d'une carrière ; 5 ha perdus en 2009 par la fuite d'un oléoduc, sans compter les destructions de surfaces entraînées par la dépollution (DUTOIT, 2009)…

La restauration de 357 ha de paysage naturel dans la Crau, lancée en 2009-2010, a été l'objet d'une étroite collaboration entre les partenaires politiques, économiques et scientifiques.

Dans l'attente d'une économie verte, capable de répondre durablement aux inquiétudes suscitées par les modifications d'usages et les changements climatiques, le biologiste et écologue Thierry Dutoit propose d'attribuer à cet espace protégé « un statut de patrimoine biologique ou de monument biologique, basé sur l'intégrité de fonctionnement et de composition des écosystèmes » (DUTOIT, 2010). Un statut qui permettait d'attendre la multiplication des opérations de réhabilitation, qui ne serait donc que temporaire, puisque cette « sanctuarisation » des espaces naturels dits « extraordinaires » relève largement de l'échec de la loi de 1976 sur la protection de la nature, selon laquelle « les opérateurs doivent prouver qu'ils ont tout fait pour réduire les dégâts occasionnés par leur activité industrielle, et si possible compenser leur action sur l'environnement » (BETTAYEB, 2009). L'opération de réhabilitation qui débute à partir de 2009 dans le coussoul de Crau vise la restauration d'un paysage remplacé dans les années 1980-90 par un verger industriel (DUTOIT, OBERLINKELS, 2010). Situé en limite de la réserve naturelle, ce chantier, le plus grand de ce type en France doit créer une continuité écologique. La première phase (de janvier à septembre 2009) a consisté à retirer les 200 000 pêchers, les 100 000 peupliers brise-vent, et plusieurs milliers de kilomètres de tuyaux d'irrigation en PVC du verger industriel, avant de les broyer et de les recycler dans la filière bois énergie et d'aplanir le terrain, pour permettre le retour des oiseaux steppiques et du pâturage ovin traditionnel. En octobre a commencé la « phase de restauration expérimentale » : semis d'espèces « dites nurses favorables à la présence des fourmis qui véhiculent les graines de végétation steppique des coussouls voisins » (BETTAYEB, 2009) ; épandage de foins pour apporter les graines des coussouls ; apports également de sols des coussouls voisins permettant d'inoculer des graines, des bulbes et des rhizomes d'espèces steppiques. Dans chaque opération de ces travaux financés par CDC Biodiversité, le CNRS et la Région Paca, est mis en œuvre « un dialogue constant entre CDC, les scientifiques, les services de l'État et les gestionnaires d'espaces naturels » (DUTOIT, 2010),

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

qui pourrait déboucher sur un nouveau comportement des industriels, « la compensation écologique par l'offre », c'est-à-dire une compensation foncière recherchée avant – et non après – la mise en route de tout projet portant atteinte à l'environnement et à la biodiversité. « Il pourra leur être proposé d'acheter des « unités de compensation » de la plaine de Crau, équivalentes à celles qu'ils vont faire disparaître » (BETTAYEB, 2009). C'est en février 2008, peu après la loi Grenelle 1 (octobre 2007) rappelant l'importance d'une compensation écologique peu mise en œuvre depuis 1976, que la Caisse des dépôts et consignations lance sa filiale privée CDC Biodiversité, une société de services qui profite de sa capacité financière pour contribuer au financement des infrastructures écologiques dont le pays a besoin. Accompagnant par contrat et partenariat les acteurs économiques, entreprises, maîtres d'ouvrage, privés ou publics, collectivités, « CDC Biodiversité a vocation à les aider à gérer leurs enjeux de biodiversité, leur proposant en particulier d'être un opérateur de long terme de la mise en œuvre de la compensation, [dont] les durées d'engagement fluctuent actuellement entre 20 et 60 ans » (THIÉVENT, 2010). En fin de compte, cette restauration dans le coussoul de Crau, qui sera suivie d'une phase de gestion de l'espace sur trente ans pour le rendre pleinement aux moutons, a pour mérite de tester « les limites de nos savoirs et techniques en ingénierie écologique (…) bien moindres que [ceux] en ingénierie agronomique qu'il a fallu pour mettre en place ces vergers dans les années 1990, [et] de mieux faire connaître le coût de la réhabilitation écologique [35 000 euros l'hectare en 2009] afin que les aménageurs et les industriels limitent au maximum leur implantation dans des espaces fragiles soumis à ces mécanismes de compensation » (DUTOIT, 2010).

Peut-on espérer que sur les rives de la Grande bleue, au nord comme au sud, les populations locales et les décideurs politiques prennent vraiment en compte dans toute gestion conservatoire et durable des espaces boisés, aux diverses échelles spatio-temporelles, les dynamiques naturelles des écosystèmes comme les perturbations humaines qui les affectent ? Espérer aussi qu'ils réussissent à affronter la réalité des changements globaux du climat, à « faire la différence entre l'augmentation de la fréquence des événements extrêmes, la variabilité climatique, et le changement climatique qui lui, se mesure dans la durée » ? (B. Seguin, *la feuille et l'aiguille* n° 82, février 2011). Car on sait qu'aujourd'hui, malgré une prise de conscience qui semble s'étendre, les politiques environnementales, plus curatives que préventives, pâtissent d'un manque de gouvernance efficace dans un monde globalisé qui maintient ou aggrave les inégalités entre les Nords développés et les Suds en développement, ainsi que les divergences de moyens et de perspectives entre les régions « méditerranéennes » industrialisées comme la rive nord du bassin et celles qui appartiennent à des États encore considérés comme des pays en développement (PED), soit relativement puissants (Afrique du Sud, Turquie, Chili), soit en situation intermédiaire (Maghreb et Proche-Orient). Tout autant que le pourtour méditerranéen, les régions hors Méditerranée devront renforcer, ou reconsidérer, leurs politiques paysagères actuelles en tenant compte de plus en plus des avancées scientifiques interdisciplinaires en écologie et en économie, et en s'engageant davantage sur la voie de la concertation et de la coopération – notamment entre les deux rives du bassin – pour que ces politiques soient réellement appliquées, pour que l'environnement soit durablement intégré dans le développement.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Glossaire

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Acuminée
Se dit d'une feuille qui porte un acumen, une pointe fine et allongée, adaptée à l'écoulement des gouttes.

Adret
Terme alpin désignant un versant de montagne exposé au sud dans l'hémisphère Nord (soulane est le terme pyrénéen).

Advection
Transport horizontal de masse d'air.

Akène (un)
Fruit sec non charnu indéhiscent, à une seule graine non adhérente à la paroi du fruit (gland, noisette).

Albédo
Part du rayonnement solaire réfléchie par l'atmosphère ou par la surface terrestre.

Amaryllidacée
Géophyte vivace à bulbe, telle que le perce-neige, le narcisse ou l'amaryllis, originaire d'Afrique du Sud.

Anthracologie
Quantification et datation des charbons de bois fossiles permettant d'évaluer l'importance et la fréquence des incendies à une période donnée.

Anthropique
Qui concerne l'homme (du grec *anthrôpos)*.

Anthropisation
Intervention de l'homme dans la formation d'un paysage, d'un sol, marquée surtout par l'agriculture, les feux et le pâturage.

Anthropozoogène
Se dit des perturbations engendrées par l'homme et ses troupeaux. (Qualificatif improprement employé en biogéographie, signifiant littéralement « qui engendre l'homme et l'animal ».)

Apex
Pointe d'un organe végétal.

Apiacées
Nom moderne des Ombellifères, famille de plantes herbacées à petites fleurs disposées en ombelles (carotte, persil, ciguë…).

Association végétale
Combinaison d'espèces qui vivent fréquemment côte à côte, caractérisant un type de conditions de vie.

Astéracées
Nom moderne des Composées, famille de plantes herbacées aux petites fleurs nombreuses réunies en capitules serrés ressemblant parfois à des fleurs simples (pâquerette, pissenlit, bleuet…).

Astringent
Qui peut faciliter la cicatrisation des tissus.

Asylvatique
Se dit d'un étage non forestier, d'un milieu soumis à des conditions excluant la présence de forêts.

Avifaune
La faune des oiseaux (du latin *avis*)

Baie
Fruit charnu indéhiscent sans noyau, à pépins (raisin, groseille…).

Biocénose
Association d'êtres vivants présents dans un même milieu (le biotope).

Biodiversité
Diversité biologique, concept général qui recouvre la pluralité et la variété du monde vivant à plusieurs niveaux : diversité génétique, spécifique, écosystémique…

Biomasse
Masse de matière vivante par unité de surface.

Biome
Grand type de milieu de la planète défini par l'environnement physique et climatique et composé d'une mosaïque d'écosystèmes. Les biomes sont parfois regroupés en zonobiomes (des forêts pluvieuses tropicales aux toundras polaires).

Biotope
Support géographique offrant à des espèces vivantes bien déterminées (la biocénose) des conditions d'habitat relativement stables.

BP (ou cal BP)
Acronyme anglais que l'on place après une date et qui signifie *Before Present* (avant le présent). La datation BP est couramment utilisée en paléoécologie, en paléontologie, en archéologie ou en géologie pour les périodes les plus récentes. La datation cal BP est un calibrage dû au fait que la datation BP par la méthode du carbone 14 ne tient pas compte des fluctuations du taux de radiocarbone dans l'atmosphère au cours du temps.

Bractée
Petite feuille souvent très modifiée, située à la base d'une fleur, d'une inflorescence ou sur le pédoncule de celle-ci.

Brassicacées
Nom moderne des Crucifères, famille de plantes herbacées dont la fleur a quatre pétales libres disposés en croix et dont le fruit est une silique (moutarde, radis, navet…).

Brèche
Roche sédimentaire détritique, conglomérat formé de fragments anguleux d'autres roches.

Caducifolié
Qui perd ses feuilles en hiver, ou à la saison sèche dans les régions tropicales.

Calcicole (ou calciphile)
Se dit d'une plante qui pousse sur les sols à forte teneur en calcium, sols calcaires ou marno-calcaires (genévrier oxycèdre…).

Calcifuge
Se dit d'une plante qui ne supporte pas les substrats à forte teneur en calcium.

Capitule (un)
Inflorescence condensée à fleurs sessiles et très serrées (Astéracées…).

Carpelle (un)
Élément de l'ovaire de la fleur qui contient les ovules.

Cespiteux
Se dit d'un végétal en touffe s'accroissant sur la périphérie.

Climacique
Qualifie une formation végétale en équilibre avec le milieu.

Climax
Équilibre de la végétation qui s'établit avec les conditions du milieu, notamment climatiques et pédologiques, en l'absence de toute perturbation.

Colluvial
Qualifie un dépôt superficiel de matériaux sur les pentes.

Corymbe (un)
Inflorescence à fleurs situées pratiquement dans un même plan mais à pédicelles fixés à des niveaux différents sur la hampe.

Cryoclastie
Fragmentation des roches lorsque l'eau des pores et des diaclases gèle fortement.

Cyclogenèse
Formation des dépressions, des perturbations cyclonales.

Décidu
(voir caducifolié).

Déhiscent
Qualifie un fruit qui s'ouvre spontanément à maturité.

Dendrochronologie
Analyse de cernes de croissance des végétaux ligneux.

Diaclase
Fissure d'une roche, à ne pas confondre avec une cassure tectonique.

Draille
Piste empruntée par les troupeaux pendant la transhumance.

Drupe (une)
Fruit charnu indéhiscent contenant une seule graine, enfermée dans un noyau dur (cerise, abricot, pêche, prune…).

Écocomplexe
Système d'écosystèmes interdépendants, concept à la fois écologique et géographique qui vise à remplacer la notion de « paysage » en intégrant des paramètres d'ordre matériel, économique et culturel (patrimonial).

Écologie
Étude des relations, des flux de matière et d'énergie, entre les êtres vivants et les milieux où ils vivent et se reproduisent.

Écosystème
Unité de base fonctionnelle, formée par un milieu physique déterminé (le biotope) et les espèces animales et végétales qui y vivent (la biocénose).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Écotone (un)
Lieu de contact et de transition entre deux biocénoses différentes, ou écosystème particulier occupant cet espace.

Écotype
Au sein d'une espèce, individu légèrement différencié en réponse à un milieu particulier.

Édaphique
Qui concerne le type de sol.

Effet de fœhn
Vent qui ayant déversé son humidité sur une montagne devient sec et chaud en redescendant sur le versant opposé (référence au fœhn de Suisse et du Tyrol).

Endémique
Qualifie une espèce végétale limitée à un territoire bien défini.

Environnement
Combinaison des éléments naturels (biologiques, physiques, chimiques…) et socio-économiques qui constituent le cadre et les conditions de vie d'un être vivant, d'une population ou d'une communauté.

Espèce
Ensemble d'individus qui se ressemblent et peuvent se reproduire entre eux.

Eutrophisation
Processus par lequel un milieu tend à devenir riche en éléments nutritifs, par exemple l'accumulation des débris organiques dans des lacs ou des étangs, provoquant la désoxygénation de leurs eaux stagnantes.

Évapotranspiration
Cumul de l'évaporation directe avec la transpiration des végétaux.

Facteurs abiotiques
Ensemble des facteurs non liés aux êtres vivants d'un écosystème (facteurs physico-chimiques) influant sur le vivant (l'eau, le CO_2, la lumière, les nutriments minéraux, l'espace, la température, le feu…)

Facteurs biotiques
Ensemble des facteurs biologiques liés à l'action des êtres vivants, ensemble des interactions entre les constituants organiques présents dans un écosystème donné (compétition alimentaire et spatiale, prédation, parasitisme, commensalisme, pollinisation…)

Formation végétale
Ensemble de végétaux qui forme une collectivité d'aspect physionomique homogène (forêt, garrigue, prairie, steppe…).

Fruticée (une)
Groupement végétal formé par des plantes ligneuses ramifiées naturellement dès la base.

Génome
Patrimoine génétique d'une espèce.

Genre
Ensemble d'individus rassemblant plusieurs espèces, apparentées par leurs caractères communs.

Géosystème
Concept territorial qui a parfois supplanté la notion de paysage, apparu en Union soviétique et développé en France par Georges Bertrand ; unité spatiale bien délimitée, plus large que l'écosystème, qui met l'accent sur la description et l'évolution du cadre géographique, alors que « l'écosystème représente une approche biocentrique et métabolique, où les éléments non vivants sont subordonnés à l'analyse du vivant » (BERTRAND, 2002).

Glomérule (un)
Inflorescence dense, à fleurs sessiles réunies en couronnes serrées au même niveau.

Gousse
Fruit sec déhiscent, provenant du développement d'un seul carpelle et s'ouvrant en deux valves par deux fentes.

Habitat
Lieu ou caractéristiques du milieu où peut vivre et s'épanouir une population d'individus d'une espèce donnée.

Halophile
Qui croît exclusivement ou de préférence sur des sols salés.

Héliophile
Qui croît de préférence en pleine lumière.

Holocène
Période postglaciaire, qui commence vers 10 300 ans BP, marquée par un réchauffement général où l'on distingue cinq phases principales.

Huerta
Plaine méditerranéenne très fertile, aménagée pour l'agriculture intensive et spécialisée.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Indéhiscent
Qualifie un fruit qui ne s'ouvre pas spontanément.

Inflorescence
Ensemble de fleurs regroupées sur un même axe.

Isohyète (une)
Ligne joignant les points ayant le même total pluviométrique.

Karstique
Qualifie un relief, généralement calcaire, dont les modelés en creux s'expliquent en général par la dissolution (lapiaz, aven, doline…).

Lapiaz ou lapiez (ne pas prononcer le z)
Ciselures de dissolution à la surface des roches calcaires.

Ligneux
Qui est constitué essentiellement par du bois (plante ligneuse opposée à plante herbacée).

Malacophylle
Qui a des feuilles tendres.

Mésologie
Étude du milieu et de ses composantes.

Mésophile
Se dit d'une plante, d'une formation ou d'un groupement ne tolérant pas les valeurs extrêmes d'un facteur écologique quelconque, ne supportant notamment ni sécheresse ni humidité excessive.

Métastable
Se dit d'un système temporairement stable, en équilibre, ou ayant l'apparence de la stabilité.

Nebelwald
Forêt de nuages, de brouillards.

Niche écologique
Situation qui convient à une espèce pour l'accomplissement de ses fonctions écologiques. Concept qui concerne donc aussi bien l'habitat que le régime alimentaire de cette espèce, son rôle fonctionnel dans les réseaux trophiques (nutritionnels). Une espèce donnée peut occuper différentes niches à des stades différents de son développement. Il ne faut pas confondre la niche écologique (la spécialisation dans un habitat donné) avec l'habitat (le lieu ou les conditions de vie).

Ombelle (une)
Inflorescence à fleurs situées pratiquement dans un même plan (souvent horizontal), à pédicelles fixés tous au même niveau.

Orogenèse
Formation des chaînes de montagnes.

Orographique
Relatif au relief terrestre.

Paléoécologie
Étude écologique des biocénoses passées.

Palynologie
Analyse des pollens et spores fossiles dans le but de reconstituer les paléoflores.

Pédologie
Science qui étudie les sols.

Périglaciaire
Qualifie le système d'érosion des régions où l'action du gel et du dégel joue un rôle essentiel dans le sol et les roches.

Phénologie
Modifications physionomiques saisonnières des végétaux (feuillaison, floraison, fructification…), ou science qui étudie ces rythmes de vie.

Phréatophyte
Plante dont les très longues racines vont puiser dans les nappes d'eau.

Phyllade
Roche schisteuse et micacée à l'aspect soyeux.

Phylogénie ou phylogenèse
Histoire de la descendance des êtres vivants, de leur formation et leur évolution à partir d'ancêtres communs.

Phylogéographie
Distribution géographique des taxons d'un même phylum.

Phylum
Lignée des taxons qui ont dérivé d'un ancêtre commun.

Phytocénose
Communauté végétale vivant dans des conditions de milieu uniformes.

Pléistocène
Début de l'ère quaternaire marqué par une alternance de phases glaciaires et interglaciaires (1,810 Ma à 10 300 ans BP), qui correspond en gros au Paléolithique.

Pluvisilve (ou rainforest)
Forêt pluvieuse.

Poacées
Nom moderne des Graminées, immense famille de plantes herbacées aux minuscules fleurs en épis et aux fruits réduits à des grains.

Poljé
Plaine karstique au fond plat tapissé d'une terre de décalcification fertile, dont la genèse peut combiner la tectonique et l'érosion par dissolution.

Poudingue
Roche sédimentaire détritique, conglomérat résultant de la cimentation de galets ou de blocs alluviaux (vient de l'anglais *pudding*).

Psammophyte
Plante vivant sur un substrat sableux. L'oyat des dunes fait doublement référence à ce substrat, par son nom scientifique (*Ammophila arenaria*) qui vient du grec (le genre) et du latin (l'espèce).

Pyrophyte
Plante qui résiste bien au feu, ou dont la germination est favorisée par la chaleur des incendies.

Résilience
Capacité d'un écosystème à supporter des modifications paramétriques, à résister à un choc (une perturbation) par autorégulation, tout en conservant l'essentiel de ses propriétés.

Ressource génétique
Matériel d'origine végétale, animale, microbienne ou autre, contenant des unités fonctionnelles de l'hérédité et ayant une valeur effective ou potentielle.

Rosacées
Famille de plantes à nombreuses étamines souvent pourvues d'un double calice (rosier, fraisier, aubépine, beaucoup d'arbres fruitiers européens…).

Sciaphile
Se dit d'un végétal qui tolère un ombrage important.

Sclérophylle
Qui a des feuilles dures, à cuticule épaisse.

Sempervirent
Se dit d'un végétal à feuillage persistant (les feuilles ne tombent pas massivement, saisonnièrement), c'est le cas des sclérophylles.

Séquestration du carbone
Processus de fixation du dioxyde de carbone (CO_2) hors de l'atmosphère, soit par développement de cultures ou d'écosystèmes (séquestration biologique), soit par capture à la sortie des installations industrielles et stockage dans des réservoirs naturels souterrains (séquestration géologique).

Sérotineux
Se dit des pins dont la dissémination des graines est tardive, au-delà de la saison de maturité (pin d'Alep, pin brutia, pin maritime…).

Services rendus par les écosystèmes
Bienfaits que les hommes obtiennent des écosystèmes : services d'approvisionnement (nourriture, eau…), services de régulation (des inondations, des maladies…), services culturels (bénéfices spirituels, récréatifs…), services de soutien aux conditions favorables à la vie (cycle des éléments nutritifs…).

Sessile
Se dit d'un organe sans pédoncule ou sans pétiole, inséré directement sur l'axe.

Silicicole (ou acidophile)
Se dit d'un végétal qui pousse sur les sols siliceux acides (chêne-liège, bruyère arborescente, myrte, lavande stéchade…).

Silique (une)
Fruit sec déhiscent, dont les graines sont portées par une fine cloison médiane.

Spéciation
Émergence d'une nouvelle espèce à la suite de la mise en place, au sein d'une espèce ancestrale, de barrières géographiques, écologiques, reproductives…

Spinescent
Qui dégénère en épine, couvert d'épines.

Stolon
Tige rampante qui participe (comme le rhizome dans le sol) à la conquête de l'espace en s'enracinant et en faisant naître de nouveaux individus.

Sublimation
Passage d'un corps de l'état solide à l'état gazeux (cas de la neige subissant une forte insolation en haute montagne).

Sylvigenèse
Formation, élaboration des forêts.

Taxon
Élément d'une classification systématique, quel que soit le rang qu'il y occupe (embranchement, classe, ordre, famille, genre, espèce, sous-espèce, variété).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Tectonique
Ensemble des déformations des roches (plissements, failles…). La tectonique des plaques est une théorie qui explique les orogenèses, les séismes et le volcanisme par les mouvements de divergence et de convergence des plaques lithosphériques (de l'écorce terrestre).

Thermophile
Se dit d'une plante qui croît de préférence dans des sites chauds et ensoleillés.

Tomenteux
Qui a l'aspect du duvet.

Trophique
Relatif à la nutrition des êtres vivants.

Ubac
Terme alpin désignant un versant de montagne exposé au nord dans l'hémisphère Nord (ombrée = terme pyrénéen).

Vernaculaire
Le nom vernaculaire d'une espèce est le nom couramment utilisé dans son pays d'origine dans une langue donnée (par opposition au nom scientifique).

Verticille
Ensemble de trois ou plusieurs organes (feuilles, fleurs…) partant d'un même niveau de l'axe qui les porte.

Vicariant
Se dit d'une espèce qui occupe la même niche écologique qu'une espèce très voisine, mais dans une région différente (ex. : le genévrier élevé de Méditerranée orientale, espèce vicariante du genévrier thurifère du Maghreb, présent comme lui aux étages montagnard- et oro-méditerranéens).

Würmien
Relatif à la dernière glaciation de l'ère quaternaire, le Würm (120 000-10 300 ans BP).

Xérophile
Se dit d'une espèce pouvant s'accommoder des milieux secs.

Yeusaie ou Yeuseraie (terme peu usité)
Peuplements de chênes verts ou yeuses (*Quercus ilex* L.).

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Bibliographie

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

ABBAS H., BARBERO M., LOISEL R., QUÉZEL P., 1985-1986 – Les forêts de pin d'Alep dans le Sud-Est méditerranéen français. Analyses écodendrométriques, 1ère et 2e parties. *Forêt médit.* 7 : 3-42 ; 8 : 2-45.

ABIH-SALEH B., BARBERO M., NAHAL I., QUÉZEL P., 1976 – Les séries forestières de végétation au Liban. Essai d'interprétation schématique. *Bull. Soc. Bot. Fr*. 123 : 541-560.

ACHHAL A., AKABLI O., BARBERO M., M'HIRIT O., PEYRE C., QUÉZEL P., RIVAS-MARTINEZ S., 1980 – À propos de la valeur bioclimatique et dynamique de quelques essences forestières au Maroc. *Écol. Médit*. 5 : 211-249.

AFFRE L., SUEHS, C.M., CHARPENTIER S., VILÀ M., BRUNDU G., LAMBDON P., TRAVESET A., HULME P.E., 2010 – Consistency on the habitat degree of invasion for three invasive plant species across Mediterranean islands. *Biological invasions*, 12 (8) : 2537-2548.

AIDOUD A., 1989 – *Contribution à l'étude des écosystèmes pâturés des hautes plaines algéro-oranaises. Fonctionnement, évaluation, et évolution des ressources végétales.* Thèse de doctorat, Alger, USTHB, 240 p.

AIDOUD A., LE FLOC'H E., LE HOUÉROU H.-N., 2006 – Les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sécheresse* 17, 1-2 : 19-30.

AIDOUD A., TOUFFET J., 1996 – La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Sécheresse* 7 : 187-193

AKMAN Y., 1982 – Climats et bioclimats en Turquie. *Écol. Médit*. 8 : 73-87.

AKMAN Y., BARBERO M., QUÉZEL P., 1978 – Contribution à l'étude de la végétation forestière de l'Anatolie méditerranéenne (1ère partie). *Phytocoenologia* 5 : 1-79.

AKMAN Y., BARBERO M., QUÉZEL P., 1979a – Contribution à l'étude de la végétation forestière de l'Anatolie méditerranéenne (2e partie). *Phytocoenologia* 5 : 189-276.

AKMAN Y., BARBERO M., QUÉZEL P., 1979b – Contribution à l'étude de la végétation forestière de l'Anatolie méditerranéenne (3e partie). *Phytocoenologia* 5 : 277-346.

AKMAN Y., KURT L., DEMIRYÜREK E., QUÉZEL P., KURT F., EVREN H., KÜCÜKÖDÜK M., 1998 – Les groupements à *Pinus brutia* sur roches ultrabasiques et calcaires, dans la région de Marmaris et Bodrum (Mugla), à l'étage thermo-méditerranéen du Sud-Ouest anatolien (Turquie). *Écol. Médit*. 24 : 63-71.

AKMAN Y., QUÉZEL P., 1996 – « La steppe centro-anatolienne : interprétation phytoécologique ». *In* : *Actes des 7e Rencontres de l'ARPE Provence-Alpes-Côte d'Azur. Digne*, Colloque scientifique international Bio. Mes. : 127-131.

ALCARAZ C., 1983 – La tétraclinaie sur terra rossa en sous-étage sub-humide inférieur chaud en Oranie (ouest-algérien). *Écol. Médit*. 9 : 109-135.

ALCARAZ ARIZA F., PEINADO LORCA M., 1987 – « El sudeste iberico semiarido ». *In* Peinado Lorca M., Rivas-Martinez S., eds. : *La vegetación de España*, Madrid, Serv. Publ. Universidad Alcalá de Henarez : 257-281.

ALEXANDRE F., 2001 – « Le milieu biophysique méditerranéen ». *In* Monteil G. : *La Méditerranée*, collectif coordonné par Moriniaux V., Paris, Éd. du Temps : 44-74.

ALFONSI M.-J., 1966 – « Les Acharniens ». *In* : Aristophane, *Théâtre complet*, Paris, Garnier Flammarion : 50.

ALI A.A., CARCAILLET C., TALON B., ROIRON P. TERRAL J.-F., 2005 – *Pinus cembra* L. (arolla pine), a common tree in the inner French Alps since the early Holocene and above the present tree line: a synthesis based on charcoal data from soils and travertines. *J. Biogeogr*. 32 : 1659-1669.

AMANDIER L., 2005 – Suberaie de l'Algarve : une forêt en train de dépérir. C. R. de Mission. *Nouvelles des forêts méditerranéennes*, n° 1, p. 7.

ANDRIEU-PONEL V., BEAULIEU J.-L. DE, PONEL P., GUITER F., LEYDET M., 2007 – 450 000 ans d'enregistrement climatique et écologique continu en France. *Échos Science*, 5 : 4-6.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

ANDRIEU-PONEL V., PONEL P., JULL A.J.T., BEAULIEU J.-L. DE, BRUNETON H., LEVEAU P., 2000 – Towards the reconstruction of the Holocene vegetation history of lower Provence: two new pollen profiles from Marais des Baux. *Vegetation History and Archaeobotany* 9 (2) : 71-85.

ARISTA M., 1995 – The structure and dynamics of an Abies pinsapo forest in southern Spain. *Forest. Écol. Manag*. 74 : 81-89.

ARNAUD-FASSETTA G., 2007 – *L'hydrogéomorphologie fluviale, des hauts bassins montagnards aux plaines côtières : entre géographie des risques, géoarchéologie et géosciences.* HDR, Univ. Paris-Diderot, vol. 2, Synthèse scientifique, 435 p.

ARNAUD-FASSETTA G., 2008 – La géoarchéologie fluviale, Concepts, attendus et méthodes d'étude rétrospectives appliqués à la caractérisation du risque hydrologique en domaine méditerranéen. *Échogéo. Rev*., n° 4.

ARNO S. F., 1973 – *Discovering Sierra Trees*. Yosemite Association and Sequoia Natural History Association, coop. National Park Service, US Department of the Interior, 89 p.

ARNOULD P., 1993 – « Climax, un concept à tout faire ? » Phytodynamique et biogéographie historique des forêts. *Colloques phytosociologiques*, t. XX : 101-118.

ARNOULD P., 1994 – La recherche française en biogéographie. *Bull. Assoc. Géo. Fr*., n° 4 : 404-413.

ARROYO M.T.K., CAVIERES L., MARTICORENA C., MUNOZ-SCHICK M., 1995 – « Convergence in the Mediterranean floras in Central Chile and California: insights from comparative biogeography ». *In* Arroyo M.T.K. Zedler P.H., Fox M.D., eds. : *Ecology and biogeography of mediterranean ecosystems in Chile, California and Australia,* Ecological Studies, 108, New York, Springer-Verlag : 43-48.

AUTRAN J. C., 1974 – *La végétation de la presqu'île de Sicié.* Étraves, n° 31.

AXELROD D.I., 1975 – Evolution and biogeography of Madre-Tethyan sclerophyll vegetation. *Ann. Missouri Bot. Gard*. 62 : 280-334.

AZIZ D., 1996 – *Le cèdre du Liban*. Beyrouth, éditions Arziates, 140 p.

BAALI-CHERIF D., BOUGUEDOURA N., BESNARD G., BOUHIRED L., 2007 – Étude des populations de l'olivier de Laperrine (*Olea europaea* subsp. *laperrinei* Batt. et Trab.) du Sahara central algérien (Hoggar et Tassili) : aspects biologiques et caractérisation moléculaire. Alger, *Annales de l'Institut national agronomique El Harrach*, vol. 28, n° 1-2 : 35-73.

BAGNOULS F., GAUSSEN H., 1953 – Saison sèche et indice xérothermique. Toulouse, *Bull. Soc. Hist. nat.* 88 : 193-239.

BAGNOULS F., GAUSSEN H., 1957 – Les climats biologiques et leur classification. *Ann. Géogr*. 66 : 193-220.

BALLOUCHE A., THINON M., 1999 – Quelles affinités méditerranéennes pour la Haute montagne saharienne ? Réponses de la paléophytogéographie. *Ét. Géogr. Phys*., XXVIII : 17-20.

BARBAULT R., 2006 – *Un éléphant dans un jeu de quilles. L'homme dans la biodiversité*. Paris, Seuil, 270 p.

BARBERO M., BONIN G., LOISEL R., QUÉZEL P., 1990 – Changes and disturbance of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the Mediterranean basin. *Vegetatio* 87 : 151-173.

BARBERO M., BONIN G., QUÉZEL P., 1975 – Les pelouses écorchées des montagnes méditerranéennes. *Phytocoenologia* 1 : 427-459.

BARBERO M., LOISEL R., 1983 – Les chênaies vertes du sud-est de la France méditerranéenne ; valeurs phytosociologiques, dynamiques et potentielles. *Phytocoenologia* 11 : 225-244.

BARBERO M., LOISEL R., MÉDAIL F., QUÉZEL P., 2001 – Signification biogéographique et biodiversité des forêts du bassin méditerranéen. *Bocconea* 13 : 11-25.

BARBERO M., LOISEL R., QUÉZEL P., 1992 – Biogeography, ecology and history of Mediterranean Quercus ilex ecosystems. *Vegetatio* 99, 100 : 19-34.

BARBERO M., QUÉZEL P., 1975 – Les forêts de sapin sur le pourtour méditerranéen. *Ann. Inst. Bot. Cavanilles* 32 : 1245-1289.

BARBERO M., QUÉZEL P., 1976 – Les groupements forestiers de Grèce centro-méridionale. *Écol. Médit*. 2 : 3-86.

BARBERO M., QUÉZEL P., 1979 – Contribution à l'étude des groupements forestiers de Chypre. *Doc. phytosociol*. nouv. sér. 4 : 9-34 + 1 tab. h.-t.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

BARBERO M., QUÉZEL P., 1980 –
La végétation forestière de Crète. *Écol. Médit*. 5 : 175-210.

BARBERO M., QUÉZEL P., 1995 –
« Desertification, desertisation, aridification in the mediterranean region and global change ». *In* Bellan D., Bonin G., Emig C., eds. : *Functioning and dynamics of natural and perturbed ecosystems,* Paris, Lavoisier, Intercept Ltd., : 549-569.

BARBERO M., QUÉZEL P., RIVAS-MARTINEZ S., 1981 –
Contribution à l'étude des groupements forestiers et préforestiers du Maroc. *Phytocoenologia* 9 : 311-412.

BARBOUR M.G., MAJOR J., 1988 –
Terrestrial vegetation of California. Sacramento, California Native Plant Society, Expanded edition, 1002 p.

BÄRTELS A., 1998 –
Guide des plantes du Bassin méditerranéen. Paris, Éd. Eugen Ulmer, 400 p.

BATTISTINI R., 1979 –
L'Afrique australe et Madagascar. Paris, PUF, 2e éd. : 19.

BAUDRY J., TATONI T., 1993 –
Changes in landscape patterns and vegetation dynamics in Provence, France. *Landscape Urban Plann*. 24 : 153-159.

BEAUJEU-GARNIER J., 1971 –
La Géographie, méthodes et perspectives. Paris, Masson, 141 p.

BEAULIEU J.-L. DE, ANDRIEU V., CHEDDADI R., DAVID F., GOEURY C., PONEL P., REILLE M., ROLANDO C., TALON B., THINON M., 2002 –
« Paléoenvironnements et paléoclimats ». *In* : *Dossier de contractualisation 2004-2007*, Imep-UMR 6116, Univ. d'Aix-Marseille-I et III, 209 p.

BEAULIEU J.-L. DE, FADY B., LIMA P., 2008 –
« L'histoire du hêtre décodée ». *In* : *Le printemps des chercheurs - Climat et environnement*, Marseille, Espace imprimerie : 30-31.

BEDEL J., 1986 –
Aménagement et gestion des peuplements de pin d'Alep dans la zone méditerranéenne française. Ciheam, *Options méditerranéennes* 86 (1) : 109-120.

BENABID A., 2000 –
Flore et écosystèmes du Maroc. Évaluation et préservation de la biodiversité. Paris, Ibis Press, 360 p.

BENABID A., 2002 –
Le Rif et le Moyen Atlas : biodiversité, menaces, préservation. Doc. prép. African Mountains High Summit Conference (Nairobi, mai 2002), Rabat/Salé.

BENSOUIAH R., 1997 –
La dégradation de parcours steppiques, étude de cas sur la région de Djebel Amour. Alger, INA, thèse de magister.

BEROUTCHACHVILI N., BERTRAND G., 1978 –
Le géosystème ou « système territorial naturel ». *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest,* 49, 2 : 167-180.

BERTHELOT M., GENIN A., GOURDON D., 2002 –
« Variabilité interannuelle des précipitations dans les Alpes du Sud de 1951 à 2000 et analyses statistiques multivariées sur la décennie 1990/2000 ». *In* : *Applications de la climatologie aux échelles fines,* résumés du XVe colloque de l'Association internationale de climatologie, Besançon, 11-13 sept., P. U. franc-comtoises, *Ann. Litt. Univ. Franche-Comté*, 745, série « Cahiers de géographie », 39.

BERTRAND G., 1978 –
Le paysage entre la nature et la société. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest,* 49, 2 : 239-258.

BERTRAND G., 1984 –
Les géographes français et leurs paysages. *Ann. Géogr.,* n° 216 : 218-229.

BERTRAND C., BERTRAND G., 2002 –
Une géographie traversière. L'environnement à travers territoires et temporalités. Paris, Arguments, coll. Parcours, 311 p.

BESNARD G., 2009 –
Génétique et évolution des plantes en milieux méditerranéen et tropical. HDR, Univ. des sciences et technologies de Lille I, 46 p.

BETHEMONT J., 2001 –
Géographie de la Méditerranée. Paris, A. Colin, 2e éd., 313 p.

BETTAYEB K., 2009 –
Un écosystème reprend ses droits. *Le journal du CNRS*, n° 237 : 35.

BETTI-CUSSO M., RAMEAUX C., 2005 –
Incendies en France, les communes à risques. Paris, *Le Figaro magazine*, 23 juillet : 30-32.

BIROT P., 1953 –
La Méditerranée et le Moyen-Orient. Tome 1 : *La Méditerranée occidentale, Géographie physique et humaine. Péninsule Ibérique, Italie, Afrique du Nord*. Paris, PUF, coll. Orbis, 56 cartes et graph., 551 p.

BIROT P., 1965 –
Les formations végétales du globe. Paris, Sedes, 508 p.

BOBEK H., 1958 –
« Vegetationsverwüstung und Bodenerschöpfung in Persien und ihr Zusammenhang mit dem Niedergang älterer Zivilisationen ». *In* : *International Union for Conservation of Nature and Natural ressources*, Seventh Technical Meeting, Athens, 11-19 sept., 10 p.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

BONNET V., DUTOIT T., TATONI T., 2002 –
« Spatial gradients of vegetation and soil after fire in the calcareous Provence (France) ».
In Trabaud L., Prodon R., eds. : *Fire and biological processes,* Leiden, Backhuys Publishers : 303-314.

BONTÉ S., 2006 –
Caractérisation des climats et des environnements rhodaniens postglaciaires par l'analyse des isotopes stables des carbonates pédologiques. Thèse de doctorat, Univ. d'Avignon, CNRS, 324 p.

BORDE J., SANTANA AGUILAR R., 1980 –
Le Chili, la terre et les hommes.
Paris, Éd. du CNRS, 252 p.

BOUCHER C., 1981 –
« Autecological and population studies of Orothamnus zeyheri in the Cape of South Africa ». *In* Synge H. (ed.) : *Biological Aspects of Rare Plant Conservation*, Chichester, John Wiley and Sons : 343-353.

BOUCHER C., 2000 –
La Flore des montagnes méditerranéennes.
Complétée de 10 itinéraires botaniques, Aix-en-Provence, Edisud, 205 p.

BOUCHER C., MACCANN G., 1975 –
The *Orothamnus* saga. *Veld and Flora*, 61 (2) : 2-5.

BOU DAGHER-KHARRAT M., 2001 –
Caractérisation du génome et structuration géographique de la diversité génétique du genre Cedrus. Thèse de doctorat en sciences, Univ. Paris-VI.

BOU DAGHER-KHARRAT M., 2009 –
La génétique à la rescousse du cèdre du Liban. Beyrouth, Visioconférence, USJ.

BOU DAGHER-KHARRAT M., GRENIER G., BARITEAU M., BROWN S., SILJAK-YAKOVLEV S., SAVOURÉ A., 2001 –
Karyotype analysis reveals interspecific differentiation in the *Cedrus* genus despite genome size and base composition constancy. *Theoretical and Applied Genetics,* 103 : 846-854.

BOU DAGHER-KHARRAT M., MARIETTE S., FADY B., LEFÈVRE F., GRENIER G., PLOMION C., SAVOURÉ A., 2007 –
Geographical diversity and genetic relationships among *Cedrus* species assayed by AFLP. *Tree Genetics and Genomes*, vol. 3, n° 3 : 275-285.

BOUDEDJA N., 2010 –
Lutter contre la désertification : le Barrage vert sera élargi. Alger, *El Watan, Le Quotidien indépendant*, 25 avril.

BOWERS J. E., 1993 –
Shrubs and Trees of the Southwest Deserts.
Tucson (Arizona), Western National Parks Association, 140 p.

BOYDAK M., 1996 –
Ecology and silviculture of cedar of Lebanon (Cedrus libani *A. Rich.*) *and conservation of its natural forests*. Ankara, Ministry of Forestry, Publication department, 61 p.

BRAQUE R., 1987 –
Biogéographie des continents. Paris, Masson, 470 p.

BRAUDEL F., 1986 –
La Méditerranée, les Hommes et l'héritage.
Paris, Flammarion, 219 p.

BRAUN-BLANQUET J., 1915 –
Les Cévennes méridionales (massif de l'Aigoual). Étude sur la végétation méditerranéenne.
Genève, *Arch. Sci. Phys. Nat*. 4 : 39-40.

BRAUN-BLANQUET J., 1933 –
L'association végétale climatique, unité phytosociologique, et le climax du sol dans le Midi méditerranéen. *Bull. Soc. Bot. Fr*. 80 : 717-722.

BRAUN-BLANQUET J., 1936 –
La forêt d'yeuse languedocienne (*Quercion ilicis*), monographie phytosociologique. Nîmes, *Mém. Soc. Étud. Sci. Nat*. 5 : 1-147.

BRAUN-BLANQUET J., 1964 –
Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Wien, Springer Verlag, 3e éd., 865 p.

BRAUN-BLANQUET J., ROUSSINE N., NÈGRE R., 1952 –
Les groupements végétaux de la France méditerranéenne. Paris, CNRS, 298 p.

BRETON C., MÉDAIL F., PINATEL C., BERVILLE A., 2006 –
*De l'olivier à l'oléastre : origine et domestication de l'*Olea europaea *L. dans le Bassin méditerranéen.* Inra/Univ. Montpellier/Ensam/IRD/CNRS-Imep Aix-en-Provence/Montpellier, SupAgro, *Cahiers Agricultures* 15 (4) : 329-336.

BRULLO S., GIANGUZZI L., LA MANTIA A., SIRACUSA G., 2008 –
La classe *Quercetea ilicis* in Sicilia. Catania, *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat.* 41, 369 : 1-124.

BRUNET R., DOLLFUS O., 1990 –
Géographie universelle, « Mondes nouveaux », t. 1. Paris, Hachette/Reclus.

BRUNETON H., MIRAMONT C., ANDRIEU-PONEL V., 2001 –
Deux enregistrements morphosédimentaires des rythmes climatiques en domaine méditerranéen du Tardiglaciaire à l'Atlantique (bassin du Saignon, Alpes du Sud, marais des Baux, Basse-Provence).
Quaternaire, 12, (1-2) : 109-125.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

BUISSON E., DUTOIT T., 2006 –
Creation of the Natural Reserve of La Crau: implications for the creation and management of protected areas. *J. Envir. Manag*. 80 (4) : 318-326.

BUREL F., BAUDRY J., 1999 –
Écologie du paysage : concepts, méthodes et applications. Paris, Lavoisier, éditions Tec et Doc, 360 p.

BUTI G., 2002 –
Des forêts pour un arsenal méditerranéen : Toulon au XVIIIe siècle. *Forêt médit.* 23 : 53-64.

CAFFERTY S., 2007 –
Trees: West. New York, Harper Collins Publishers, 192 p.

CARCAILLET C., BARAKAT H.N., PANAÏOTIS C., LOISEL R., 1997 –
Fire and late-Holocene expansion of *Quercus ilex* and *Pinus pinaster* in Corsica. *J. Veg. Sci*. 8 : 85-94.

CARCAILLET C., TALON B., 2001 –
Soil carbon sequestration by Holocene fires inferred from soil charcoal in the dry French Alps. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 3, 3 : 282-288.

CARCAILLET C., VANNIÈRE B., 2004 –
« Les incendies de végétation : une très vieille histoire naturelle et humaine ». *In* Éd. Les Écologistes de l'Euzière : *Le feu dans la nature. Mythes et réalité,* Prades-le-Lez (Hérault) : 41-49.

CARRION J.S., NAVARRO C., NAVARRO J., MUNUERA M., 2000 –
The distribution of cluster pine (*Pinus pinaster*) in Spain as derived from paleoecological data: relationships with phytosociological classification. *The Holocene* 10 : 243-252.

Carte de la végétation de la région méditerranéenne (1/5 000 000), 1970 –
Paris, FAO, Unesco, 2 f., not. expl., 90 p.

CASAZZA G., ZAPPA E., MARIOTTI M.G., MÉDAIL F., 2008 –
Ecological and historical factors affecting distribution pattern and richness of endemic plant species: the case of Maritime and Ligurian Alps hotspot. *Diversity and Distributions* 14 : 47-58.

CERECEDA P., SCHEMENAUER R.S., 1991 –
The occurrence of fog in Chile. *J. Appl. Meteorol.* 30 : 1097-105.

CETIK R., 1976 –
The phytosociological and ecological studies of the Cedrus *woodland vegetation of Cigilikara and Bucak at El Mali*. Comm. Fac. Sci. Ankara, 20.

CHARRE J., 1997 –
Dessine-moi un climat – Que penser du diagramme ombro-thermique ? *Mappemonde* 2 (97) : 29-31.

CHAUCHARD S., 2007 –
Dynamique d'une forêt de montagne méditerranéenne dans un monde changeant. Thèse de doctorat Biologie des populations et écologie, Univ. Montpellier-II, 143 p.

CHEYLAN J.-P., 2001 –
« Évolutions de l'occupation des sols en hautes garrigues viticoles et périurbaines de l'Hérault ». *In* Éd. Univ. Montpellier III : Actes du Colloque international CNRS à Montpellier : 481-491.

CLEMENTS F.E., 1916 –
Plant succession: an analysis of the development of vegetation. Washington, Carnegie Inst. Washington Publ. 242, 512 p.

CLEMENTS F.E., 1936 –
Nature and structure of the climax. *J. Écol.* 24 : 252-284.

COLOMB E., ROUX R.M., 1978 –
La Crau, données nouvelles et interprétations. *Géol. Médit.,* V, 3 : 303-324.

COMBOURIEU-NEBOUT N., FAUQUETTE S., QUÉZEL P., 2000 –
What was the late Pliocene Mediterranean climate like: a preliminary quantification from vegetation. *Bull. Soc. géol. Fr.* 171 : 271-277.

Commissariat général au développement durable, 2010 –
Données de synthèse sur la biodiversité. 2010, année internationale de la biodiversité. La Défense, Service de l'observation et des statistiques, Saint-Jean-de-Braye (Loiret), Imprimerie Nouvelle, 82 p.

COOMBES A.J., 2002 –
Trees. New York, DK Smithsonian Handbooks, Dorling Kindersley, Inc., 320 p.

COPPENS Y., PICQ P., 2001 –
Aux origines de l'humanité. Paris, Fayard, 650 p.

COURTIN J., 2000 –
Les premiers paysans du Midi. Paris, La Maison des Roches, 128 p.

COWLING R., RICHARDSON D., 1995 –
Fynbos: South Africa's Unique Floral Kingdom. Le Cap, Fernwood Press, 156 p.

COWLING R.M., RUNDELL P.W., LAMONT B.B., ARROYO M.K., ARIANOUTSOU M., 1996 –
Plant diversity in mediterranean-climate region. *Trends Ecol. Evol*. 11 : 362-366.

CURT T., BERTRAND R., SCHAFFHAUSER A., TATONI T., 2008 –
« Les communautés végétales fortement perturbées par les feux deviennent-elles plus inflammables et plus combustibles ? Un exemple dans les maquis et formations à chêne-liège ». *In* : *Actualité de la recherche en écologie des communautés végétales,* actes du quatrième colloque Ecoveg, Rennes, 12-14 mars 2008, Paris, Lavoisier, éditions Tec et Doc : 145-150.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

DA LAGE A., MÉTAILIÉ G., 2005 –
Dictionnaire de biogéographie végétale. Paris, CNRS éditions, 579 p.

DAHMANI-MEGREROUCHE M., 1998 –
Les chênaies vertes en Algérie. Approche syntaxonomique, bioclimatique et syndynamique. Thèse de doctorat en sciences, Marseille, Univ. d'Aix-Marseille-III, 350 p.

DAMETTE F., SCHEIBLING J., 1984 –
Vingt ans après, la géographie et sa crise ont la vie dure. *La Pensée*, n° 239.

DEBUSSCHE M., LEPART J., DERVIEUX A., 1999 –
Mediterranean landscape changes: evidence from old postcards. *Global Écol. Biogeogr*. 8 : 3-15.

DELOBETTE H., DORQUES A., 2003 –
Trésors retrouvés de la garrigue. Villeveyrac (Hérault), Le Papillon Rouge Éd., 139 p.

DEMANGEOT J., 1960 –
Le climat du Gran Sasso d'Italia. *Méditerranée*, 1, 4 : 95-132.

DEMANGEOT J., 1975 –
« L'étagement écologique du Gran Sasso d'Italia ». *In* : *Omaggio al Gran Sasso*, L'Aquila, Club Alpino Italiano : 97-103.

DEMANGEOT J., 2006 –
Les milieux « naturels » du globe. Paris, Armand Colin, 10e éd., 364 p.

DEMONTZEY P., 1878 –
Étude sur les travaux de déboisement et de gazonnement des montagnes. Paris, Imprimerie nationale, 421 p.

DÉQUÉ M., 2000 –
« Modélisation numérique des impacts climatiques ». *In* : *Impacts potentiels du changement climatique en France au XXIe siècle*, Mission interministérielle de l'effet de serre et ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, Paris : 22-45.

DÉQUÉ M., MARQUET P., JONES R.G., 1998 –
Simulation of climate change over Europe using a global variable resolution general circulation model. *Clim. Dyn*. 14 : 173-189.

DERRUAU M., 1988 –
Précis de Géomorphologie. Paris, Masson Éd., 533 p.

DEVAUX J.-P., ARCHILOQUE A., BOREL L., BOURRELLY M., LOUIS PALLUEL J., 1983 –
Notice de la carte phytosociologique de la Crau (Bouches-du-Rhône). *Biologie-Ecologie méditerranéenne* 10 : 5-54.

DJEBAILI S., 1990 –
Syntaxinomie des peuplements préforestiers et steppiques de l'Algérie aride. *Écol. Médit*. 16 : 231-244.

DOOLE C., 2005 –
Portugal : le liège, un patrimoine à préserver pour les générations futures. Doc. WWF.

Dossier de contractualisation, 2004-2007 –
Imep-UMR CNRS 6116, 209 p.

DOUAIHY B., 2011 –
Caractérisation écogéographique et génétique de Juniperus excelsa *dans l'est du Bassin méditerranéen*. Thèse de doctorat, Beyrouth, Fac. Sci. Univ. St-Joseph, Paris, MNHN.

DOUGUEDROIT A., NORRANT C., 2006 –
Tendances des précipitations en relation avec la circulation atmosphérique pluviogène, dans le Bassin méditerranéen (1950-2000). XIXe colloque de l'Association Internationale de Climatologie, sept. 2006, Epernay (France).

Dream, 2010 –
Surveillance et gestion des populations de goélands leucophées (Larus michahellis) *des îles d'Hyères*.
Rapport Parc national de Port-Cros, 27 p.

DRIOUECH F., 2010 –
Distribution des précipitations hivernales sur le Maroc dans le cadre d'un changement climatique : descente d'échelle et incertitudes. Thèse de doctorat, Toulouse, Univ.-INP, 163 p.

DRIOUECH F., DÉQUÉ M., MOKSSIT A., 2009 –
Numerical simulation of the probability distribution function of precipitation over Morocco. *Clim. Dyn*. 32 : 1055-1063.

DUBAR M., BUI-THI-MAÏ., NICOL-PICHARD S., THINON M., 2004 –
Étude palynologique du carottage de Pont d'Argens (Roquebrune-sur-Argens, Var) : histoire holocène de la végétation en Provence cristalline ; facteurs naturels et anthropiques.
Écol. Médit. 30, 2 : 147-157.

DUCHAUFOUR, P., 2001 –
Introduction à la science du sol : sol, végétation, environnement. Paris, Bordas, Collection Sciences Sup., 352 p.

DUFAURE J.-J., 2007 –
La mobilité des paysages méditerranéens – Hommage à Pierre Birot. *Rev. Géogr. des Pyrénées et du Sud-Ouest*, Travaux II, 387 p.

DUGRAND R., 1964 –
La garrigue montpelliéraine : essai d'explication d'un paysage. Paris, PUF, 292 p.

DUHEM C., ROCHE P., VIDAL E., TATONI T., 2008 –
Effect of anthropogenic food ressources on yellow-legged gull colony size on Mediterranean islands. *Population ecology*, 50 : 91-100.

DUTOIT T. (coord.), 2004 –
Recherches scientifiques dans la plaine de Crau (Bouches-du-Rhône, France). *Ecologia Mediterranea*, numéro spécial, 30 (1), 132 p.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

DUTOIT T., 2009 –
Fuite d'hydrocarbure : un patrimoine biologique incommensurable en péril.
Le courrier de la Nature, 246 : 6-7.

DUTOIT T., 2010 –
Pèr memòri l'ermas de Crau? *In* memoriam le coussoul de Crau? Inra,
Courrier de l'environnement, 58 : 37-44.

DUTOIT T., OBERLINKELS M., 2010 –
Restauration d'un verger industriel vers une terre de parcours à moutons. *Espaces naturels*, 29 : 26-28.

DUTOIT T., THINON M., TALON B., BUISSON E., ALARD, D., 2009 –
Sampling soil wood charcoals at a high spatial resolution: a new methodology to investigate the origin of grassland plant communities.
J. Veget. Sci. 20 : 349-358.

EL-GADI A., JAFRI S.M.H., 1976-1990 –
Flora of Libya. Tripoli, Al Faateh University, Faculty of Science, Fasc. 1-150.

ELHAÏ H., 1968 –
Biogéographie. Paris, Armand Colin, Collection U, 406 p.

EL HAMROUNI A., 1992 –
Végétation forestière et préforestière de la Tunisie : typologie et éléments de gestion.
Thèse de doctorat d'État, Marseille, Univ. d'Aix-Marseille-III, 298 p. + annexes.

ELISSALDE-VIDEMENT L., HORELLOU A., HUMBERT G., MORET J., 2004 –
Guide méthodologique sur la modernisation de l'inventaire des zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique.
Paris, Muséum national d'histoire naturelle, Coll. Patrimoines naturels, 73 p.

EMBERGER L., 1930 –
La végétation de la région méditerranéenne, essai d'une classification des groupements végétaux.
Rev. gén. Bot. 42 : 641-662 ; 705-721.

EMBERGER L., 1933 –
Nouvelle contribution à l'étude de la classification des groupements végétaux. *Rev. gén. Bot*. 45 : 473-486.

EMBERGER L., 1939 –
Aperçu général sur la végétation du Maroc. Commentaire de la carte phytogéographique du Maroc 1 : 1 500 000.
Zürich, *Veröff. Geobot. Inst. Rübel* 14 : 40-157.

EMBERGER L., 1955 –
Une classification biogéographique des climats.
Montpellier, *Rev. Trav. Lab. Bot. Fac. Sci*. 7 : 3-43.

Enquête DZ, 2006 –
Barrage vert, priorité absolue de la DGF. Alger, *El Watan, Le Quotidien indépendant*, 22 mars.

ERINÇ S., BENER M., 1961 –
Turkiyede uzun süreli iki yagis rasadi : Istanbul ve Tarsus (Deux séries pluviométriques de longue durée en Turquie : Istanbul et Tarse). *Istanbul üniversitesi coğrafya eustitüsü dergisi (Revue de l'Institut de géographie de l'Univ. d'Istanbul),* n° 12 : 100-116, 3 fig.

ESCARRÉ J., HOUSSARD C., DEBUSSCHE M., LEPART J., 1983 –
Évolution de la végétation et du sol après abandon cultural en région méditerranéenne : étude de successions dans les garrigues du Montpelliérais (France). *Acta Oecol. Plant*. 4 : 221-239.

ESTIENNE P., GODARD A., 1998 –
Climatologie. Paris, Armand Colin, U Géographie, 368 p.

ÉTIENNE M., 2001 –
Protection de la forêt méditerranéenne contre les incendies et biodiversité. Inra,
Dossier de l'environnement, 21 : 139-143.

ÉTIENNE M., MEURET M., 1996 –
Des troupeaux pour quoi faire ? CD-Rom bilingue (français, anglais) réalisé pour le cinquantenaire de l'Inra.

FADY B., BARITEAU M., FALLOUR D., GIROUD E., LEFÈVRE F., 2000 –
« Isozyme gene markers and taxonomy of Mediterranean *Cedrus* species ». *In* Panetsos K. ed. : *Adaptation and selection of Mediterranean* Pinus *and* Cedrus *for sustainable afforestation of marginal lands,* Proceedings of the final conference of the EU project FAIR CT95-0097, Mytilene, June 2-6, Thessaloniki, Aristotelian Univ. of Thessaloniki : 21-26.

FADY B., BOU DAGHER-KHARRAT M., LEFÈVRE F., VENDRAMIN G.G., 2002 –
« Range wide genetic variation patterns in Mediterranean *Cedrus* using cpSSRs and AFLPs ».
In : 10e congrès *Plant and Animal Genome*, San Diego (USA), 12-16 janvier, poster n° 168.

FALIÈS C., 2008–
Vers des territoires rurables dans la région centrale du Chili ? *Géocarrefour,* vol. 83 (3), Agricultures, durabilité et territoire : 201-212.

FALIÈS C., VELUT S., 2008 –
Marges urbaines, marges rurales, entre Santiago du Chili et Valparaiso.
Autrepart, n° 45 : 207-219.

FEKI M., 2009 –
Variabilité spatio-temporelle des précipitations dans l'extrême nord de la Tunisie.
Geographia Technica, n° spécial : 175-180.

FENNANE M., 1987 –
Étude phytoécologique des tétraclinaies marocaines. Thèse de doctorat d'État, Marseille, Univ. d'Aix-Marseille-III, 147 p.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

FENNANE M., BARBERO M., QUÉZEL P., 1984 –
Le thuya de Berbérie au Maroc : aperçu phytogéographique et écologique.
Rabat, *Bull. Inst. Sci*. 8 : 115-134.

FILIPPI O., ARONSON J., 2010 –
Plantes invasives en région méditerranéenne : critères d'évaluation et protocole d'aide à la décision pour la plantation dans les jardins et les espaces verts. *Écol. Médit*. 36 : 31-54.

FLAHAUT C., 1897 (1937) –
La distribution géographique des végétaux dans la région méditerranéenne française.
Paris, Lechevalier, 180 p.

FLAHAUT C., 1901 –
« La flore et la végétation de la France ».
In Coste H. : *Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes*, Paris, Albert Blanchard : 1-52.

Flore du Chili –
http://www.chileflora.com/index.html

FLORET C., PONTANIER R., 1978 –
Relations climat-sol-végétation dans quelques formations végétales spontanées du Sud-Tunisien. Production végétale et bilan hydrique des sols. Pnud, Cepe Louis Emberger, CNRS, Orstom, minist. Agric. Tunisie, Doc. tech. n° 1, 96 p. + ann.

Forêt méditerranéenne, 2005 –
Le manifeste des Aulnes. *La feuille et l'aiguille*, n° 61 : 2-3.

FORMAN R.T.T., 1995 –
Land mosaics: The Ecology of landscapes and Regions. Cambridge, Cambridge University Press, 632 p.

FOUACHE E. 1994 –
Recherches sur l'alluvionnement historique en Grèce occidentale (Épire, Acarnanie, Péloponnèse). Géomorphologie et géographie historique. Thèse Univ. Paris, 360 p.

FOUACHE E., 2003 –
The Mediterranean world environment and history. Paris, Elsevier, 485 p.

FOUACHE E., 2006 –
10 000 ans d'évolution des paysages en Adriatique et en Méditerranée orientale.
Travaux de la maison de l'Orient méditerranéen (TOM). Paris, Diff. De Boccard, 225 p.

FOUACHE E., 2010 –
L'approche géoarchéologique. *Rev. Géomorph.*, vol. 12 : 5-14.

FRAVAL A., VILLEMANT C., 1997 –
La Mamora et ses ennemis. Inra,
Dossiers de l'environnement, 15 : 133-146.

GALLOIS-MONTBRUN B., 1986 –
La végétation riveraine de la basse vallée de la Durance. *Bull. Soc. linn. Provence* 37 : 79-99.

GAMISANS J., 1999 –
La végétation de la Corse.
Aix-en-Provence, Edisud, 391 p.

GATEAU F., PROVOST M., 1996 –
Carte archéologique de la Gaule (CAG). L'étang de Berre. Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, Paris, ministère de la Culture, ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, éditions de la Fondation des Sciences de l'Homme, vol. 13 (1).

GAUQUELIN T., 1988 –
Dynamique de la végétation et des formations superficielles dans les montagnes du bassin occidental de la Méditerranée : étude des formations à genévrier thurifère et à xérophytes épineuses en coussinet des Atlas marocains.
Thèse de doctorat d'État, Toulouse,
Univ. Paul-Sabatier.

GAUQUELIN T., ASMODÉ J.-F., LARGIER G., 2000 –
Le genévrier thurifère (Juniperus thurifera *L.*) *dans le bassin occidental de la Méditerranée : systématique, écologie, dynamique et gestion.*
Paris, Office national des forêts,
les Dossiers forestiers n° 6, 291 p.

GAUSSEN H., 1926 –
Végétation de la moitié orientale des Pyrénées.
Paris, Lechevalier, 526 p.

GAUSSEN H., 1933 –
Géographie des plantes. Paris, Armand Colin, 222 p.

GAUSSEN H., 1954 –
« Théorie et classification des climats et micro-climats. » *In* : Paris, C. R. VIIIe congrès international de botanique, sect. 27 : 125-130.

Géographie universelle, 1927-1948 –
Sous la direction de P. Vidal de la Blache et L. Gallois, 15 vol., Paris, A. Colin.

GLEASON H.A., 1917 –
The structure and development of the plant association. *Bull. Torrey Bot. Club* 43 : 463-481.

GLEASON H.A., 1926 –
The individualistic concept of the plant association. *Bull. Torrey Bot. Club* 53 : 7-26.

GODARD A., TABEAUD M., 1998 –
Les climats. Mécanismes et répartition.
Paris, A. Colin, 2e éd., 192 p.

GODARD A., TABEAUD M. 2009 –
Les climats. Mécanismes, variabilités, répartition. Paris, A. Colin, 4e éd., 217 p.

GRABHERR G., 1999 –
Guide des écosystèmes de la terre. Paris, Éd. Eugen Ulmer, 364 p.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

GRIFFIN J.R., 1988 –
« Oak woodland ». *In* Barbour M.G., Major J., eds. : *Terrestrial vegetation of California*, Sacramento, California Native Plant Society, Expanded edition : 383-415.

GRIME J.-P., 2001 –
Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties. Chichester, J. Wiley and Sons, 417 p.

GUEHL J.-M., AUSSENAC G., BOUACHRINE J., PENNES J.-M., FEHRI A., 1991 –
« Effets de sécheresses atmosphérique et édaphique sur la photosynthèse et la transpiration et efficience d'utilisation de l'eau chez quelques sapins méditerranéens ». *In* Ducrey M., Oswald H., éd. : Séminaire international *Sapins méditerranéens ; adaptation, sélection et sylviculture*, Luxembourg, Commission des communautés européennes, Office des publications officielles des Communautés européennes : 205-215.

GUITER F., ANDRIEU-PONEL V., DIGERFELD G., REILLE M., BEAULIEU J.-L. DE, PONEL P., 2005 –
Vegetation history and lake-level changes from the Younger Dryas to the present in Eastern Pyrenees (France): pollen, plant macrofossils and lithostratigraphy from lake Racou (2 000 m a s.l.). *Vegetation History and Archaeobotany* 14, 2 : 99-118.

GUITTONNEAU G. G., HUON A., 1992 –
Connaître et Reconnaître la flore et la végétation méditerranéennes. Rennes, Edilarge SA, Éd. Ouest-France, 334 p.

HALPERT M.S., ROPELEWSKI C.F., 1992 –
Surface temperature patterns associated with the southern oscillation. *J. Climate* 5 : 577-593.

HANES T.L., 1988 –
« California chaparral ». *In* Barbour M.G., Major J., eds. : *Terrestrial vegetation of California*, Sacramento, California Native Plant Society, Expanded edition : 417-468.

HARVEY H.T., SHELLHAMMER H.S., STECKER R.E., 1980 –
Giant Sequoia ecology. Washington D.C., U.S. Dept. of the Interior, National Park Service.

HENRY F., TALON B., DUTOIT T., 2010 –
The age and the history of the French Mediterranean steppe revisited by soil wood charcoal analysis. *The Holocene* 20 (1) : 25-34.

HERRERA C.M., 1992 –
Historical effects and sorting processes as explanations for contemporary ecological patterns: character syndromes in Mediterranean woody plants. *Am. Nat.* 140 : 421-446.

HILTON-TAYLOR C., 1996 –
Red Data List of southern African plants. Pretoria, National Botanical Institute, Strelitzia 4.

HOEKSTRA J.M., BOUCHER T. M., RICKETTS T.H., ROBERTS C., 2005 –
Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. *Ecology Letters*, 8 : 23-29.

HOFF C., RAMBAL S., 2000 –
« Les écosystèmes forestiers méditerranéens face aux changements climatiques ». *In* : *Impacts potentiels du changement climatique en France au XXIe siècle,* Paris, Mission interministérielle de l'effet de serre et ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement : 88-98.

HUETZ DE LEMPS A., 1994 –
Les paysages végétaux du globe. Paris, Masson, 2e éd., 182 p.

HYNDMAN STEIN A., 1956 –
Les forêts naturelles du Chili. FAO, *Unasylva*, vol. 10, n° 4.

IBANEZ M., 2005 –
Les territoires proches d'une aire urbaine : complexité de la gouvernance territoriale. Étude exploratoire appliquée à l'espace des garrigues du nord de Montpellier. Mémoire de master ADE, Montpellier, Institut de géoarchitecture, 104 p.

JACOBS M.-R., 1955 –
La forêt d'eucalyptus en Australie. FAO, *Unasylva*, vol. 10, n° 3.

JALUT G., TURU I MICHELS V., 2006 –
« La végétation des Pyrénées françaises lors du dernier épisode glaciaire et durant la transition Glaciaire-Interglaciaire (Last Termination) ». *In* Fullola J. M., Valdeyron N., Langlais M., dir. : *Els Pirineus i les àrees circumdants durant el Tardiglacial. Mutacions i filiacions tecnoculturals, evolució paleoambiental*. Homenatge Georges Laplace, XIV Colloqui internacional d'arqueologia de Puigcerdà, 10-11 nov., Institut d'Estudis Ceretans : 1-23.

JAUBERT R., AL-DBIYAT M., GEYER B., 2010 –
« La patrimonialisation des steppes du Proche-Orient : un instrument pour quelle stratégie ? » *In* Lerin F., ed. : *Pastoralisme méditerranéen : patrimoine culturel et paysager et développement durable,* Montpellier, Ciheam-IAMM/Avecc/Unesco, *Options méditerranéennes*, A 93 : 117-136.

JOFFRE R., HUBERT B., MEURET M., 1991 –
Les systèmes agro-sylvo-pastoraux méditerranéens : enjeux et réflexions pour une gestion raisonnée. Paris, Unesco, Dossier MAB n° 10, 96 p.

JOHNSTON V.R., 1994 –
California forests and woodlands. A natural history. Berkeley and Los Angeles, California University Press, 222 p.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

KADIK B., 1983 –
Étude du pin d'Alep en Algérie.
Thèse de doctorat d'État, Marseille,
Univ. d'Aix-Marseille-III, 313 p. + annexes.

KHALDOUN A., 1995 –
Les mutations récentes de la région steppique d'El Aricha. Réseau Parcours : 54-59.

KHATTELI H., 1981 –
Recherches stationnelles sur la désertification dans la Jeffara tunisienne : dynamique de l'érosion éolienne. Thèse de 3e cycle en géographie, Univ. de Paris-I, 218 p.

KIRCHHOFF T., 1876 –
« Les merveilles de la Vallée de Yosemiti ».
In : *Le Tour du Monde, Nouveau Journal des Voyages,* Paris, Hachette : 178.

KLEIN J. C., 1994 –
La végétation altitudinale de l'Alborz central (Iran). Téhéran, Institut français de recherches en Iran, 205 p.

KNIPPERTZ P., 2003 –
Tropical-extratropical interactions causing precipitation in Northwest Africa: statistical analysis and seasonal variations.
Mon. Wea. Rev. 131 : 3069-3076.

KNIPPERTZ P., CHRISTOPH M., SPETH P., 2003 –
Long-term precipitation variability in Morocco and the link to the large-scale circulation in recent and future climates. *Meteorol. Atmos. Phys.* 83 : 67-88.

KOENIG A.-M., 2007 – À l'assaut des arbres géants. Paris, Prisma Presse, *GEO* n° 346, déc. : 114.

KUHNHOLTZ-LORDAT G., 1938 –
La Terre incendiée. Essai d'agronomie comparée. Nîmes, La Maison Carrée, 361 p.

LAMB P.J., PEPPLER R.A., 1987 –
North Atlantic Oscillation:
Concept and an application. *Bull. Amer. Meteor. Soc*. 68 : 1218-1225.

LAMHAMEDI M.-S., AMMARY Y., FECTEAU B., FORTIN J.-A., MARGOLIS H., 2000 –
Problématique des pépinières forestières en Afrique du Nord et stratégies d'orientation.
Cahiers Agricultures 9 (5) : 369-380.

LANNER R.M., 2002 –
Conifers of California. Los Olivos, Cachuma Press, 2e éd., 274 p.

LANNER R.M., VAN DEVENDER T.R., 1998 –
« The recent history of pinyon pines in the American Southwest ». *In* Richardson D.M., ed. : *Ecology and biogeography of* Pinus, Cambridge, Cambridge University Press : 171-182.

LARBI C.-M., 1999 –
La gestion concertée des forêts.
FAO, *Unasylva*, vol. 50, n° 197.

LAVAYSSIÈRE S., 1996 –
Plantes carnivores en liberté. *Dionée, bull.* n° 36.

LAVERY P.B., MEAD D.J., 1998 –
« *Pinus radiata*: a narrow endemic from North America takes on the world ». *In* Richardson D.M., ed. : *Ecology and biogeography of* Pinus, Cambridge, Cambridge University Press : 432-449.

LEBRETON P., PEREZ DE PAZ P.-L., BARBERO M., 1998 –
Étude systématique du sous-genre *Oxycedrus* (section oxycedroides) du genre *Juniperus* (Cupressaceae). *Écol. Médit*. 24 : 53-61.

LE HOUÉROU H.-N., 1969 –
La végétation de la Tunisie steppique (avec références aux végétations analogues d'Algérie, de Libye et du Maroc). *Ann. Inst. nation. Rech. agron. Tunisie* 42 : 1-624 + 1 carte h.-t.

LE HOUÉROU H.-N., 1995 –
Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du nord de l'Afrique ; diversité biologique, développement durable et désertisation.
Options médit. série B, 10 : 1-396.

LE HOUÉROU H.-N., 2005 –
The isoclimatic Mediterranean biomes: bioclimatology, diversity and phytogeography. Montpellier, Copymania Publication, 2 vol., 760 p.

LEMÉE G., 1967 –
Précis de biogéographie. Paris, Masson, 358 p.

LE NEINDRE M., 2002 –
Les espèces introduites et envahissantes dans les îles méditerranéennes : état des lieux et propositions d'action. Stage de DESS, Comité français UICN (Union mondiale pour la nature), Groupe Méditerranée, Univ. de Corse, Fac. des Sciences et Techniques, 80 p.

LE ROY LADURIE E., 2002 –
Histoire des paysans français, de la peste noire à la Révolution. Paris, éditions du Seuil, L'Univers historique, 805 p.

LEPART J., ESCARRÉ J., 1983 –
La succession végétale, mécanismes et modèles : analyse bibliographique. *Bull. Écol*. 14 : 133-178.

Les Écologistes de l'Euzière, 2004 –
Le feu dans la nature. Mythes et réalité.
Prades-le-Lez (Hérault), 168 p.

LIPPERT W., PODLECH D., 1994 –
Plantes de Méditerranée.
Paris, Éd. Nathan, 255 p.

LITTLE E.L., 2005 –
National Audubon Society Field Guide to North American Trees (Western Region). New York, Alfred A. Knopf, Inc., 20e éd., 640 p.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

LODGE D.M., 1993 –
Biological invasions: lessons for ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 8 (4) : 133-137.

LOISEL R., 1976 –
La végétation de l'étage méditerranéen dans le Sud-Est continental français. Thèse de doctorat d'État, Marseille, Univ. d'Aix-Marseille-III, 384 p. + annexes.

LOISEL R., 1992 –
Incidences des différentes techniques de débroussaillement sur les écosystèmes forestiers et préforestiers méditerranéens. Marseille, Commission des communautés, contrat EV-4V-OO87-F (rapport non publié), 94 p.

LOPEZ D., TRACOL Y., 2006 –
Carte des formations végétales du Chili, du Norte Chico semi-aride à la Région de Santiago (d'après F. Luebert et P. Pliscoff). La Serena, Ceaza.

LUEBERT F., PLISCOFF P., 2006 –
Sinopsis bioclimatica y vegetacional de Chile. Santiago, Editorial Universitaria, 316 p.

LUMARET R., OUAZZANI N., 2001 –
Ancient wild olives in Mediterranean forests. *Nature* 413 : 700.

MACQUART-MOULIN F., 1977 –
La flore du Cap et le feu. *Hommes et Plantes* 22 : 29-37.

MAGNIN F., 1991 –
Mollusques continentaux et histoire quaternaire des milieux méditerranéens (sud-est de la France, Catalogne). Thèse de doctorat de l'UFR des Sciences géographiques et de l'aménagement, Univ. d'Aix-Marseille-II, 364 p.

MAIRE R., 1924 –
Étude sur la végétation et la flore du Grand Atlas et du Moyen Atlas marocains. *Mém. Soc. Sci. Nat. Maroc* 7 : 1-220.

MAIRE R., 1940 –
Étude sur la flore et la végétation du Sahara central. Mém. Soc. Hist. nat. Afrique du Nord, 1re partie : 1-272.

MALAGNOUX M., LANLY J.-P., 1999 –
Coopération méditerranéenne Nord-Sud dans le domaine forestier. FAO, *Unasylva*, vol. 50, n° 197.

MANEVELDT G.W., 1996 –
University of Western Cape's enviro-facts guide to fynbos. Site web : http://www.botany.uwc.ac.za/envfacts/fynbos/

MARIOTTI A., ZENG N., LAU K.M., 2002 –
Euro-Mediterranean rainfall and ENSO: a seasonally varying relationship. *Geographical Research Letters*, 29 (12).

MARTIN P., 1997-2005 –
La nature méditerranéenne en France. Les Écologistes de l'Euzière, Paris, Delachaux et Niestlé, 272 p.

MARTIN S., 2004 –
Caractérisation de l'anthropisation à l'Holocène en Provence et en Languedoc oriental, par les mollusques terrestres. Thèse de doctorat de l'UFR d'Art et d'archéologie, Univ. Paris-I-Panthéon-Sorbonne, 429 p.

MARTIN S., MAGNIN F., KISS L., 2003 –
« Land snails and human impact: the temporal resolution of Holocene assemblages ». *In* Fouache E., éd. : *The Mediterranean world environment and history,* Paris, Elsevier : 235-246.

MARTIN S., MAGNIN F., KISS L., 2006 –
« Les assemblages malacologiques : mémoire des paysages méditerranéens et leur histoire ». *In* : Colloque international *Interactions Nature-Société, analyse et modèles*, La Baule, UMR6554 LETG.

MARTINEZ HERRERA E.E., 2006 –
Effecto del micrositio en una plantación de Olivillo, Petrillo y Canelo en el Parque Nacional Fray Jorge. Santiago, Facultad de ciencias florestales, 65 p.

MARTINI E., 1994 –
Ricerche geobotaniche su *Moehringia lebrunii* Merxm. e *Primula allionii* Loisel. Endemismi ristretti delle Alpi Marittime. *Revue valdôtaine d'histoire naturelle*, 48 : 229-236.

MARTONNE E. DE, CHEVALIER A., CUENOT L., 1955 –
Biogéographie (t. 3 du *Traité de géographie physique*). Paris, Armand Colin, 7e édition, 480 p.

MATTALIA J.-P., 1999 –
10 000 arbres pour l'an 2000. Aix-en-Provence, ARPCV, *la feuille de chêne,* n° 36.

MÉDAIL F., 1996 –
Structuration de la biodiversité de peuplements végétaux méditerranéens en situation d'isolement. Thèse de doctorat en Sciences, Marseille, Univ. d'Aix-Marseille-III, 290 p. + annexes.

MÉDAIL F., 2001 –
Biogéographie, écologie et valeur patrimoniale des forêts de pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) en région méditerranéenne. *Forêt médit.* 22 : 5-22.

MÉDAIL F., 2007 –
La biodiversité végétale méditerranéenne : une évolution en crise. *Échos Science*, 5 : 13-15.

MÉDAIL F., 2008 –
« A natural history of the islands' unique flora ». *In* Arnold C., ed. : *Mediterranean islands*, London, Mediterranean islands c/o Survival Books : 26-33.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

MÉDAIL F., DIADEMA K., 2006 –
Biodiversité végétale méditerranéenne et anthropisation : approches macro- et micro-régionales. *Ann. Géo.*, n° 651 : 618-640.

MÉDAIL F., QUÉZEL P., 1996 –
Signification climatique et phytoécologique de la redécouverte en France méditerranéenne de *Chamaerops humilis* L. (Palmae). Paris, *C. R. Acad. Sci.*, *Sciences de la vie/Life Sciences* 319 : 139-145.

MÉDAIL F., QUÉZEL P., 1997 –
Hotspots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 84 : 112-127.

MÉDAIL F., QUÉZEL P., 2003 –
Conséquences écologiques possibles des changements climatiques sur la flore et la végétation du bassin méditerranéen. *Bocconea*, 16 : 5-30.

MÉDAIL F., ROCHE P., TATONI T., 1998 –
Functional groups in phytoecology: an application to the study of isolated plant communities in Mediterranean France. *Acta Oecol.* 19 : 263-274.

M'HIRIT O., 1982 –
Étude écologique et forestière des cédraies du Rif marocain. Thèse de doctorat d'État, Marseille, Univ. d'Aix-Marseille-III, 436 p. + annexes.

M'HIRIT O., 1999 –
La forêt méditerranéenne, espace écologique, richesse économique et bien social. FAO, *Unasylva*, vol. 50, n° 197.

M'HIRIT O., BENZYANE M., BENCHEKROUN F., EL YOUSFI S.M., BENDAANOUN M., 1998 –
L'arganier. Une espèce fruitière-forestière à usages multiples. Mardaga, Sprimont, 151 p.

M'HIRIT O., SAMIH A., MALAGNOUX M., 1994 –
Le cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* Manetti. Actes du séminaire international sur le cèdre de l'Atlas, *Ann. Rech. for. Maroc* 27 : 1-733.

MIRAMONT C., 2000 –
Évolution temporelle de la dynamique érosive et sédimentaire dans les Alpes du Sud : l'exemple des bassins de « terres noires » et de la Durance. *Forêt médit.* 21 : 195-201.

MIRAMONT C., ANDRIEU V., ARNAUD-FASSETTA G., BELINGARD C., BRUNETON H., EDOUARD J.-L., JORDA M., PICHARD G., PROVANSAL M., ROSIQUE T., SIVAN O., 2000 –
« Synthèse des travaux récents sur l'histoire climatique tardiglaciaire et holocène en Provence (Alpes du Sud et Basse-Provence) ». *In* Réunion SPF : *Histoire du climat pendant le Tardiglaciaire et l'Holocène et premières traces d'anthropisation en France*, Besançon, 14 juin 2000.

MITCHELL A., WILKINSON J., 1984-2001 –
Arbres de France et d'Europe occidentale. Paris, Arthaud, 271 p.

MITTERMEIER R.A., BROOKS T., FONSECA G., BRITO D., 2008 –
« Hotspots et régions sauvages. Les pays de mégadiversité. » *In* Jacquet P., Tubiana L. : *L'annuel du développement durable – Regards sur la Terre 2008*, Paris, Les Presses de Sciences Po, *Annuels* : 131-133 ; 153-154.

MOLINIER R., 1956 –
La végétation de la presqu'île du Cap Sicié. Marseille, *Bulletin du Muséum d'histoire naturelle*, 16 : 1-23.

MOLINIER R., TALLON G., 1950 –
La végétation de la Crau (Basse-Provence). *Revue générale de Botanique* 56 : 1-111.

MONJAUZE A., 1968 –
Répartition et écologie de *Pistacia atlantica* Desf. en Algérie. *Bull. Soc. Hist. nat. Afrique du Nord* 56 : 7-128 + 2 cartes h.-t.

MONTÈS N., 1999 –
Potentialités, dynamique et gestion d'une formation arborée à genévrier thurifère (Juniperus thurifera L.) *des Atlas marocains : le cas de la vallée de l'Azzaden*. Thèse de doctorat de l'Univ. Toulouse Le Mirail, Géographie-aménagement, 211 p.

MOONEY H.A., 1988 –
« Southern coastal scrub ». *In* Barbour M.G., Major J., eds. : *Terrestrial vegetation of California*, Sacramento, California Native Plant Society, Expanded edition : 471-489.

MORANDINI R., 1999 –
Silva Mediterranea : 50 ans de coopération dans le domaine forestier méditerranéen. FAO, *Unasylva,* vol. 50, n° 197.

MORHARDT S., MORHARDT E., 2004 –
California Desert Flowers. Berkeley and Los Angeles, Phyllis M. Faber Books, University of California Press, 284 p.

MORON V., GOUIRAUD I., 2005 –
La relation entre l'Enso et les anomalies atmosphériques nord-atlantiques en hiver. *La Météorologie*, 48 : 39-47.

MOULLEC J.-M., 2004 –
Les Protea ou Sugarbushes. *Subtropica, Rev. du Jardin exotique de Roscoff,* juillet.

MULLER S. (coord.), 2004 –
Plantes invasives en France. État des connaissances et propositions d'actions. Paris, Muséum national d'histoire naturelle, Patrimoines naturels, 62, 168 p.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

NAHAL I., 1974 –
Réflexions et recherches sur la notion de climax de la végétation sous le climat méditerranéen oriental. *Écol. Médit.* 1 : 1-10.

NAHAL I., 1977 –
Le pin brutia (*Pinus brutia* Ten. ssp. *brutia*) et les facteurs climatiques. *Res. J. Aleppo Univ.* 2 : 19-60.

NAHAL I., 1986 –
Taxonomie et aire de répartition des pins du groupe *Halepensis*. Ciheam, *Options médit.* 1 : 1-10.

National Audubon Society, 2004 –
Pocket Guide: Familiar Trees of North America (West). New York, Chanticleer Press Edition, Alfred A. Knopf, Inc., 11e éd., 192 p.

NEBOIT R., 1984 –
Érosion des sols et colonisation grecque en Sicile et en Grande Grèce. *Bulletin de l'Association de Géographes français*, 499 : 5-13.

NEBOIT R., 2010 –
L'homme et l'érosion. Clermont-Ferrand, PU Blaise Pascal, 3e édition, 350 p.

NE'EMAN G., TRABAUD L., 2000 –
Ecology, biogeography and management of Pinus halepensis *and* P. brutia *forest ecosystems in the Mediterranean Basin*. Leiden, Backhuys Publishers, 407 p.

NICHOLSON S.E., KIM J., 1997 –
The relationship of the El Niño-Southern Oscillation to African rainfall. *Int. J. Climatol.* 17 : 117-135.

OTTMANI N., 1995 –
Actes des Journées d'étude sur l'Arganier. Essaouira, 29-30 sept.

OVALLE C., AVENDANO J., ARONSON J., DEL POZO A., 1995 –
Amélioration de l'espinal : système agro-sylvo-pastoral du Chili méditerranéen. Ciheam, *Options médit.* : 170.

OZENDA P., 1964 –
Biogéographie végétale. Paris, Doin, 374 p. + 2 cartes h.-t.

OZENDA P., 1975 –
Sur les étages de végétation dans les montagnes du bassin méditerranéen. *Doc. Cartogr. écol.* 16 : 1-32.

OZENDA P., 1991 –
Les relations biogéographiques des montagnes sahariennes avec la région méditerranéenne. *Revue de géographie alpine,* vol. 79, n° 79-1 : 43-53.

PANAÏOTIS C., 1996 –
Étude des potentialités de pérennisation du chêne vert (Quercus ilex L.) *en Corse : le cas de la forêt du Fango (Réserve de l'Homme et de la Biosphère)*. Thèse de doctorat en Sciences, Corte, Univ. de Corse, 259 p.

PASSINI M.-F., DELGADILLO J., SALAZAR, M., 1989 –
L'écosystème forestier de Basse-Californie : composition floristique, variables écologiques principales, dynamique. *Acta Oecol. Plant.* 10 (3) : 275-293.

PAVLIK B.M., MUICK P.C., JOHNSON S.G., POPPER M., 2006 –
Oaks of California. Los Olivos (California), Cachuma Press and the California Oak Foundation, 6e éd., 185 p.

PÉDELABORDE P., 1956 –
Le climat hivernal de la Sierra Nevada de Californie d'après David H. Miller. *Ann. Géogr.*, vol. 65, n° 352 : 456-461.

PÉGUY C.-P., 1970 –
Précis de climatologie. Paris, Masson, 468 p.

PEINADO LORCA M., RIVAS-MARTINEZ S., 1987 –
La vegetación de España. Madrid, Publ. Universidad Alcala de Henares, 544 p.

PETRIDES G.A., 2005 –
Trees of the California Sierra Nevada. Mechanicsburg (Pennsylvania), Stackpole Books, 80 p.

PLANHOL X. DE, 1958 –
De la plaine pamphylienne aux lacs pisidiens. Nomadisme et vie paysanne. Paris, Adrien-Maisonneuve, 495 p., 57 fig., 64 pl. h.-t.

PLANHOL X. DE, 1963 –
Études récentes en Turquie. *Ann. Géo.* 72, 392 : 495-497.

PLANHOL X. DE, 1965 –
Les nomades, la steppe et la forêt en Anatolie. *Geographische Zeitschrift*, vol. 53, n° 2 : 101-116.

PLANHOL X. DE, 1968 –
Pression démographique et vie montagnarde (particulièrement dans la ceinture alpino-himalayenne). *Rev. Géo. Alp.,* vol. 56, n° 3-4 : 531-551.

PLANHOL X. DE, 1969 –
Le déboisement en Iran. *Ann. Géo.* 78, 430 : 625-635.

PLANHOL X. DE, ROGNON P., 1970 –
Les zones tropicales arides et subtropicales. Paris, A. Colin, Collection U, 487 p.

PLANTON S., BESSEMOULIN P., 2000 –
Le climat s'emballe-t-il ? *La Recherche*, 335 : 46-49.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Pnue/PAM/Plan Bleu, 2005 –
Méditerranée : les perspectives du Plan Bleu sur l'environnement et le développement, Nouveau Rapport du Plan Bleu. La Tour d'Aigues (Vaucluse), Éd. de l'Aube, 428 p. + 250 cartes et graphiques.

Ponel P., 1994 –
Les fluctuations climatiques au Pléniglaciaire würmien déduites des assemblages d'Arthropodes fossiles à La Grande Pile. Paris, *C. R. Acad. Sci.,* t. 319, série II : 845-852.

Pons A., 1984 –
Les changements de la végétation de la région méditerranéenne durant le Pliocène et le Quaternaire en relation avec l'histoire du climat et de l'action de l'homme. *Webbia* 38 : 427-434.

Pons A., Quézel P., 1958 –
Premières remarques sur l'étude palynologique d'un guano fossile du Hoggar. *C. R. Acad. Sci*. 244 : 2290-2292.

Pons A., Quézel P., 1998 –
À propos de la mise en place du climat méditerranéen. Paris, *C. R. Acad. Sci., Sciences de la Terre et des planètes* 327 : 755-760.

Pons A., Thinon M., 1987 –
The role of fire from paleoecological data. *Écol. Médit*., 13 : 3-11.

Poupet P., 2001 –
Science du sol et archéologie. À propos d'un exemple délien. *Études rurales* n° 153-154, Éd. EHSS : 91-114.

Prodon R., 2004 –
« L'incidence du feu sur la faune ». *In* Les Écologistes de l'Euzière : *Le feu dans la nature. Mythes et réalité*. Prades-le-Lez (Hérault), 71-87.

Pujos A., 1966 –
Les milieux de la cédraie marocaine. Étude d'une classification des cédraies du Moyen Atlas et du Rif en fonction des facteurs du sol et du climat et de la régénération naturelle actuelle dans ces peuplements. *Ann. Rech. for. Maroc* 8 : 1-283 + cartes h-.t.

Pulgar M., 2010 –
Le rôle des organisations de la société civile de défense de l'environnement : le cas du Chili. Mémoire de master, Univ. libre de Bruxelles, Fac. des Sciences, Institut de gestion de l'environnement et aménagement du territoire, 105 p.

Quertier P., Aboucaya A., 1998 –
Surveillance et maîtrise des espèces exotiques invasives en forêt domaniale : l'exemple d'*Acacia dealbata* Willd. en forêt domaniale de l'Estérel. *Biocosme mésogéen* 15 : 17-26.

Quézel P., 1965 –
La végétation du Sahara, du Tchad à la Mauritanie. Stuttgart, Gustav Fischer, 333 p.

Quézel P., 1979 –
Matorrals méditerranéens et chaparrals californiens. Quelques aspects comparatifs de leur dynamique, de leur structure et de leur signification écologique. *Ann. Sci. for.* 36 : 1-12.

Quézel P., 1981 –
Les hautes montagnes du Maghreb et du Proche-Orient : essai de mise en parallèle des caractères phytogéographiques. *Anales Jardín Botánico de Madrid*, 37 (2) : 353-372.

Quézel P., 1991 –
« Structures de végétation et flore en Afrique du Nord : leurs incidences sur les problèmes de conservation ». *In* Rejdali M., Heywood V.H., éd. : *Conservation des ressources végétales*, Rabat, Actes éditions, Institut agronomique et vétérinaire Hassan-II : 19-32.

Quézel P., 1998a –
Diversité et répartition des sapins sur le pourtour méditerranéen. *Forêt médit.* 19 : 93-104.

Quézel P., 1998b –
Cèdres et cédraies du pourtour méditerranéen : signification bioclimatique et phytogéographique. *Forêt médit.* 19 : 243-260.

Quézel P., 1999a –
Les grandes structures de végétation en région méditerranéenne : facteurs déterminants dans leur mise en place post-glaciaire. *Geobios* 32 : 19-32.

Quézel P., 1999b –
Biodiversité végétale des forêts méditerranéennes, son évolution d'ici à trente ans. *Forêt médit.* 10/1 : 3-8.

Quézel P., Barbero M., 1981 –
Contribution à l'étude des formations présteppiques à genévriers au Maroc. *Bol. Soc. Brot*., sér. 2, 53 : 1137-1160.

Quézel P., Barbero M., 1985 –
Carte de la végétation potentielle de la région méditerranéenne. Feuille 1 : *Méditerranée orientale*. Paris, CNRS, 69 p. + 1 carte h.-t.

Quézel P., Barbero M., 1986 –
À propos des forêts de *Quercus ilex* dans les Cévennes. *Bull. Soc. linn. Provence* 38 : 101-117.

Quézel P., Barbero M., 1988 –
Signification phytoécologique et phytosociologique des peuplements naturels de pin de Salzmann en France. *Écol. Médit*. 14 : 41-63.

Quézel P., Barbero M., 1989 –
Zonation altitudinale des structures forestières de végétation en Californie méditerranéenne ; leur interprétation en fonction des méthodes utilisées sur le pourtour méditerranéen. *Ann. Sci. for*. 46 : 233-250.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

QUÉZEL P., BARBERO M., 1992 –
Le pin d'Alep et les espèces voisines : répartition et caractères écologiques généraux, sa dynamique récente en France méditerranéenne.
Forêt médit. 13 : 158-170.

QUÉZEL P., BARBERO M., BENABID A., 1987 –
Contribution à l'étude des groupements forestiers et préforestiers du Haut Atlas (Maroc).
Écol. Médit. 13 : 107-117.

QUÉZEL P., BARBERO M., BENABID A., RIVAS-MARTINEZ S., 1994 –
Le passage de la végétation méditerranéenne à la végétation saharienne sur le revers méridional du Haut Atlas oriental (Maroc).
Phytocoenologia 22 : 537-582.

QUÉZEL P., BARBERO M., BENABID A., RIVAS-MARTINEZ S., 1995 –
Les structures de végétation arborées à *Acacia* sur le revers méridional de l'Anti-Atlas et dans la vallée inférieure du Draa (Maroc).
Phytocoenologia 25 : 279-304.

QUÉZEL P., BARBERO M., BONIN G., LOISEL R., 1990a –
« Recent plant invasions in the circum-Mediterranean region ». *In* Di Castri F., Hansen A.J., Debussche M., eds. : *Biological invasions in Europe and the Mediterranean Basin*, Dordrecht, Kluwer Academic Publisher : 51-60.

QUÉZEL P., BARBERO M., LOISEL R., 1990b –
Les reboisements en région méditerranéenne. Incidences biologiques et économiques.
Forêt médit. 12 : 103-114.

QUÉZEL P., BONIN G., 1980 –
Les forêts feuillues du pourtour méditerranéen ; constitution, écologie, situation actuelle, perspectives. *Rev. for. fr*. 32 : 253-268.

QUÉZEL P., MÉDAIL F., 1995 –
« La région circumméditerranéenne, centre mondial majeur de biodiversité végétale ». *In* : *Actes des 6e Rencontres de l'ARPE Provence-Alpes-Côte d'Azur*, Gap, Colloque scientifique international Bio'Mes : 152-160.

QUÉZEL P., MÉDAIL F., 2003 –
Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Paris, Elsevier SAS, Éd. scientifiques et médicales, 571 p.

QUÉZEL P., PAMUKÇUOGLU A., 1973 –
Contribution à l'étude phytosociologique et bioclimatique de quelques groupements forestiers du Taurus. *Feddes Repert*. 84 : 185-292.

QUÉZEL P., SHEVOCK J., 1982 –
Essai de mise en parallèle de la zonation altitudinale des structures forestières de la végétation entre la Californie méridionale et le pourtour méditerranéen.
Écol. Médit. 8 : 389-408.

RAPP G., HILL C., 1998 –
Geoarchaeology: The Earth Science Approach to Archaeological Interpretation.
Londres, Yale University Press, 274 p.

RAUNKIAËR C., 1905 –
Types biologiques pour la géographie botanique. Danemark, *Bull. Acad. Roy. Sc. Lett*., t. 5 : 347-437.

RAVEN P.H., AXELROD D.I., 1978 –
Origin and relationships of the California flora.
Univ. California Publ. Bot. 72 : 1-134.

REBELO A.G., 1995 –
SASOL Proteas: A field Guide to the Proteas of Southern Africa. Vlaeberg, Fernwood Press.

RECLUS E., 1876-1894 –
Nouvelle Géographie Universelle. La terre et les hommes. Tome 1 : *L'Europe méridionale*. Paris, Hachette, 1072 p.

REILLE M., 1976 –
Analyse pollinique de sédiments postglaciaires dans le Moyen Atlas et le Haut Atlas marocains : premiers résultats. *Écol. Médit*. 2 : 153-170.

REILLE M., ANDRIEU V., 1993 –
Variations de la limite supérieure des forêts dans les Pyrénées (France) pendant le Tardiglaciaire. Paris, *C. R. Acad. Sci*., 316, série 2 : 547-551.

REILLE M., ANDRIEU V., BEAULIEU J.-L. DE, 1996 –
Les grands traits de l'histoire de la végétation des montagnes méditerranéennes occidentales.
Écologie 27 : 153-169.

REILLE M., GAMISANS J., ANDRIEU-PONEL V., BEAULIEU J.-L. DE, 1999 –
The Holocene at Lac de Creno, Corsica, France : a key site for the whole island.
New Phytol. 141: 291-307.

REJMÁNEK M., PITCAIRN M.J., 2002 –
« When is eradication of exotic pest plants a realistic goal? » *In* Veitch C.R., Clout M.N., eds. : *Turning the tide: The Eradication of Invasive Species*, IUCN : 249-253.

RIVAS-MARTINEZ S., 1975 –
La vegetación de la clase *Quercetea ilicis* en España y Portugal. *Anal. Inst. Bot. Cavanilles* 31 : 205-259.

RIVAS-MARTINEZ S., 1982 –
Étages bioclimatiques, secteurs chorologiques et séries de végétation de l'Espagne méditerranéenne. *Écol. Médit*. 8 : 275-288.

RIVAS-MARTINEZ S., 1987 –
Mapa de series de vegetación de España.
Madrid, Icona, Serie Técnica, 268 p. + 30 cartes.

RIVAS-MARTINEZ S., LOUSÃ M., DIAZ T.E., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ F., COSTA J.C., 1990 –
La vegetación del sur de Portugal (Sado, Alentejo y Algarve). *Itinera Geobot*. 3 : 5-126.

ROBERT J., 2003 –
Basse Californie, Un désert entre deux mers. *L'Express*, 17 avril.

RODWELL M.J., HOSKINS B.J., 1996 –
Monsoons and the dynamics of deserts. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* 122 : 1385-1404.

ROGNON P., COUDÉ-GAUSSEN G., 1992 –
Reconstitutions des circulations atmosphériques du Pléistocène terminal et de l'Holocène au large de l'Afrique (15-35° N). *Paleoecology of Africa* : 1-26.

ROMANE F., TERRADAS J., eds., 1992 –
Quercus ilex L. ecosystems: function, dynamics and management. Dordrecht, Boston and London, Kluwer Academic Publishers, *Advances in Vegetation Science*, 13, 377 p.

ROUGERIE G., 2006 –
Émergence et cheminements de la biogéographie. Paris, L'Harmattan, 223 p.

ROUGERIE G., BEROUTCHACHVILI N., 1991 –
Géosystèmes et paysages : bilans et méthodes. Paris, Armand Colin, Coll. U Géo., 302 p.

SALA O.E., CHAPIN III F.S., ARMESTO J.J., BERLOW E., BLOOMFIELD J., DIRZO R., HUBER-SANWALD E., HUENNEKE L.F., JACKSON R.B., KINZIG A., LEEMANS R., LODGE D.M., MOONEY H.A., OESTERHELD M., LEROY, POFF N., SYKES M.T., WALKER B.H., WALKER M., WALL D.H., 2000 –
Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287 : 1170-1174.

SALANON R., GANDIOLI J.-F., KULESZA V., PINTAUD J.-C., 1994 –
La flore littorale des Alpes-Maritimes : évolution depuis le XIXe siècle et bilan actuel. *Biocosme mésogéen*, n° 11 : 53-329.

SAUVAGE C., 1961 –
Recherches géobotaniques sur les subéraies marocaines. *Trav. Inst. sci. chérifien, sér. bot*. 21, 462 p. + 11 cartes h-.t.

SAUVAGE C., 1963 –
Étages bioclimatiques. Atlas du Maroc. Notices explicatives. Rabat, Comité national de Géographie du Maroc, 44 p.

SAWYER J.O., THORNBURGH D.A., GRIFFIN J.R., 1988 –
« Mixed evergreen forest ». *In* Barbour M.G., Major J., eds. : *Terrestrial vegetation of California*, Sacramento, California Native Plant Society, Expanded edition : 359-381.

SCALTSOYIANNES A., 1999 –
Allozyme differentiation and phylogeny of cedar species. *Silvae Genet.* 48 : 61-68.

SCHAFFHAUSER A., 2009 –
Impacts de la récurrence des incendies sur la végétation, son inflammabilité et sa combustibilité en forêts de chênes-lièges et maquis (massif des Maures, Var, France). Thèse Univ. Paul-Cézanne Marseille-III/Cemagref Aix-en-Provence, 283 p.

SCHEIBLING J., 1994 –
Qu'est-ce que la Géographie ? Paris, Hachette, 199 p.

SCHOENIG S., 2006 –
« Integration of state weed programs and community-based weed Councils in California ». *In* Brunel S., ed. : *Proceedings. Environmental Encounters Series*, Council of Europe Publishing : 263-271.

SCHÖNFELDER P. et I., 2004 –
Flore du Bassin méditerranéen. Paris, Éd. Vigot, 318 p.

SEIGUE A., 1985 –
La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Paris, Maisonneuve et Larose, 502 p.

SENUT B., 2009 –
« L'évolution de l'homme ». *In* Hirsch B., Roussel B. : *Le Rift est-africain, une singularité plurielle.* Montpellier, IRD Éd. : 162-165.

SIMON L., 1998 –
Les Paysages végétaux. Paris, Armand Colin, 96 p.

SLIMANI H., 1998 –
Effet du pâturage sur la végétation et le sol et désertification. Cas de la steppe à alfa de Rogassa des Hautes Plaines Occidentales algériennes. Thèse de Magister, Alger, USTHB, 123 p.

SQUEO F.A., GUTIÉRREZ J.R., HERNANDEZ I.R., 2004 –
Historia natural del Parque Nacional Fray Jorge. Chili, La Serena, Ediciones Universidad, Ceaza.

STEINER A., 2008 –
Interview du Secrétaire général adjoint des Nations unies et directeur exécutif du Programme des Nations unies pour l'environnement (Pnue). *In* Jacquet P., Tubiana L. : *L'annuel du développement durable – Regards sur la Terre 2008*, *biodiversité, nature et développement*, 288 p. Paris, Les Presses de Sciences Po : 183-184.

STIVENS D., 1966 –
The roving eucalypt. FAO, *Unasylva*, vol. 16, n° 66.

STUART J.D., SAWYER J.O., 2001 –
Trees and Shrubs of California. Berkeley and Los Angeles, University of California Press, 468 p.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

TALBI M., 1993 –
Contribution à l'étude de la désertification par télédétection dans la Jeffara (Tunisie sud et sud-est). Thèse de doctorat d'État en géographie, Univ. de Tunis-I, 2 tomes, 305 p., 54 cartes et fig., 8 pl. couleur.

TALON B., 1997 –
Évolution des zones supra-forestières des Alpes sud-occidentales au cours de l'Holocène. Analyse pédoanthracologique. Thèse de doctorat, Marseille, Univ. d'Aix-Marseille-III, 213 p.

TALON B., 2010 –
Reconstruction of Holocene high altitude vegetation cover in the French Southern Alps: evidence from soil charcoal.
The Holocene 20 (1) : 35-44.

TALON B., CARCAILLET C., THINON M., 1998 –
Études pédoanthracologiques des variations de la limite supérieure des arbres au cours de l'Holocène dans les Alpes françaises.
Géogr. Phys. Quatern. 52 : 195-208.

TARRIER M., DELACRE J., 2007 –
Le Maroc, un royaume de biodiversité.
Paris, Éd. Ibis Press, 2 vol., 600 p.

TASSIN J., 2010 –
Plantes et animaux venus d'ailleurs : une brève histoire des invasions biologiques.
Saint-Denis de la Réunion, éditions Orphie, 127 p.

TATONI T., 1992 –
Dynamique des écosystèmes de terrasses de culture abandonnées. Évolution des paysages et impact humain.
Thèse de doctorat en Sciences, Marseille, Univ. d'Aix-Marseille-I, 167 p. + annexes.

TATONI T., 2007 –
Dynamique de la végétation et changements récents dans les paysages méditerranéens.
Échos Science 5 : 10-12.

TATONI T., BONNET V., 2008 –
« Analyse spatiale et fonctionnelle de la réponse de la végétation après incendie en Provence ». *In* Atelier : *Feux de végétation actuels et passés,* RTP EDD et SHS, Besançon, 28 et 29 janvier.

TATONI T., MAGNIN F.,
BONIN G., VAUDOUR J., 1994 –
Secondary successions on abandoned cultivation terraces in calcareous Provence. 1. Vegetation and soil. *Acta Oecol*. 15 : 431-447.

TATONI T., ROCHE P., 1994 –
Comparison of old-field and forest revegetation dynamics in Provence. *J. Veg. Sci*. 5 : 295-302.

TAYLOR R.J., 1998 –
Desert Wildflowers of North America.
Missoula (Montana), Mountain Press Publishing Company, 350 p.

THÉBAUD C., DEBUSSCHE M., 1991 –
Rapid invasion of *Fraxinus ornus* L. along the Hérault river system in southern France: the importance of seed dispersal by water.
J. Biogeogr. 18 : 7-12.

THIÉBAULT S., 1997 –
Early-Holocene vegetation and the human impact in central Provence (Var, France): charcoal analysis of the Baume de Fontbrégoua.
The Holocene 7 : 343-349.

THIÉVENT P., 2010 –
La CDC Biodiversité aux commandes.
Espaces Naturels, 29 : 24-25.

THINON M., 1979 –
Incidence écologique des reboisements du mont Ventoux (Vaucluse). Aspects floristiques et pédologiques. Thèse de doctorat de 3e cycle, Marseille, Univ. d'Aix-Marseille-III, 117 p.

THINON M., 1988 –
La forêt, le feu et l'homme en Provence, six mille ans d'histoire. *Bull. Arpon* 30 : 5-17.

THINON M., 2005 –
Le reboisement en région méditerranéenne. Bilan des plantations de l'ARPCV. Aix-en-Provence, *La feuille de chêne*.

THINON M., BALLOUCHE A., REILLE M., 1996 –
Holocene vegetation of the central Saharan mountains: the end of a myth. *The Holocene* 6 : 452-462.

THINON M., TALON B., 1998 –
Ampleur de l'anthropisation des étages supérieurs dans les Alpes du Sud. Données pédoanthracologiques. *Écol*. 29 : 323-328.

THORNE R.F., 1988 –
« Montane and subalpine forests of the Transverse and Peninsular Ranges ».
In Barbour M.G., Major J., eds. : *Terrestrial vegetation of California*, Sacramento, California Native Plant Society, Expanded edition : 537-557.

THORP J.R., LYNCH R., 2000 –
Weeds of National Significance. Commonwealth of Australia and National Weeds Strategy Executive Committee, ISBN 1-876977-20-5.

TOTH J., 1973 –
Première approche de la production potentielle du cèdre de l'Atlas dans le sud de la France.
Rev. for. fr. 25 : 381-399.

TOUFLAN P., TALON B., 2009 –
Spatial reliability of soil charcoal analysis: the case of subalpine forest soils. *Écoscience* 16 : 23-27.

TOUFLAN P., TALON B., WALSH K., 2010 –
Soil charcoal analysis: a reliable tool for specially precise studies of past forest dynamics.
A case study in the French Southern Alps.
The Holocene 20 (1) : 45-52.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

TRABAUD L., 1987 –
Dynamics after fire of sclerophyllous plant communities in the Mediterranean Basin. *Écol. Médit*. 13 : 25-37.

TRABAUD L., 1993 –
Reconstitution après incendie de communautés ligneuses des Albères (Pyrénées-Orientales françaises). *Vie Milieu* 43 : 43-51.

TRABAUD L., 2004 –
« La réponse de la végétation aux incendies ». *In* Les Écologistes de l'Euzière : *Le feu dans la nature. Mythes et réalité* : 51-68.

TRABAUD L., CAMPANT C., 1991 –
Difficulté de recolonisation naturelle du pin de Salzmann *Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii* (Dunal) Franco après incendie. *Biol. Conserv*. 58 : 329-343.

TRABAUD L., PRODON R., 2002 –
Fire and biological processes. Leiden, Backhuys Publishers, 345 p.

TRABOULSI M., CAMBERLIN P., 2004 –
Années arrosées et années sèches au Proche-Orient : relation avec la circulation atmosphérique régionale. *Ann. Assoc. Int. Climato*. 1 : 103-116.

TRIAT-LAVAL H., 1978 –
Contribution pollenanalytique à l'histoire tardi- et postglaciaire de la végétation de la basse vallée du Rhône. Thèse de doctorat d'État, Univ. d'Aix-Marseille, 343 p.

TRIAT-LAVAL H., 1979 –
Histoire de la forêt provençale depuis 15 000 ans d'après l'analyse pollinique. *Forêt médit.* 1 : 19-24.

TRINAJSTIC I., 1984 –
Vegetation of the alliance *Oleo-Ceratonion* Braun-Blanquet on the Yugoslav Adriatic coast. *Acta Bot. Croat*. 43 : 167-173.

TRINAJSTIC I., SUGAR I., 1977 –
Contribution à la connaissance de la végétation de l'alliance *Oleo-Ceratonion* de la presqu'île de Salerno au sud de Naples (Italie). *Acta Bot. Croat*. 36 : 135-141.

TWEED W., 1988 –
The General Sherman Tree. Three Rivers (California), Sequoia Natural History Association, coop. National Park Service, 14 p.

USLU S., 1959 –
Iç Anadolu steptirinin anthropogen karacteri üzerine araştirmalar (Recherches sur le caractère anthropogène des steppes de l'Anatolie intérieure). Istanbul, Orman umum müdürlügü yayinlarindan (Publication de la Direction générale des forêts), n° 302, 148 p., 78 phot., 13 fig., cartes h.-t.

VAL E. DEL *et al.*, 2006 –
Rain forest Islands in the Chilean Semi-arid Region: Fog dependency, Ecosystem Persistence and Tree Regeneration. Springer, Science-Business Media, Inc. *Ecosystems* 9 : 598-608.

VALLAURI D., ARONSON J., BARBERO M., 2002 –
An analysis of forest restoration 120 years after reforestation on badlands in the Southwestern Alps. *Restor. Écol.* 10 : 16-26.

VALLAURI D., CHAUVIN C., 1997 –
L'écologie de la restauration appliquée à la forêt. *Revue forestière française*, n° 3 : 195-203.

VAN DER MAAREL E., 1993 –
Some remarks on disturbance and its relation to diversity and stability. *J. Veg. Sci.* 4 : 733-736.

VAN WILGEN B.W., COWLING R.M., LE MAÎTRE D.C., 1998 –
Ecosystem services, efficiency, sustainability and equity: South Africa's Working for Water programme. *In Trends in Ecology and Evolution* : 378.

VAN WYK B. et P., 1997 –
Field guide to trees of Southern Africa. Le Cap, Struik Publishers, 536 p.

VARESE P., 1994 –
Les groupements végétaux ligneux riverains de la basse Durance (Provence). *Coll. Phytosociol*. 22 : 565-593.

VENNETIER, M., 2005 –
Changement climatique et forêt méditerranéenne. *Bull. de l'AIFM*, n° 16, p. 4.

VENNETIER M., CECILLON L., GUÉNON R., SCHAFFHAUSER A., VERGNOUX A., BOICHARD J.-L., 2008 –
Étude de l'impact des incendies de forêt répétés sur la biodiversité et sur les sols. Recherche d'indicateurs. Cemoa Publications et Publications scientifiques et techniques du Cemagref. http://cemadoc.cemagref.fr/cemoa/PUB00024917

VERNET J.-L., 1973 –
Étude sur l'histoire de la végétation du sud-est de la France au Quaternaire d'après l'étude des charbons de bois principalement. *Paléobiol. contin*. 4 : 1-90.

VERNET J.-L. 1997 –
L'homme et la forêt méditerranéenne de la préhistoire à nos jours. Paris, éditions Errance, Coll. des Hespérides (Archéologie-histoire), 248 p.

VERNET J.-L., 2006 –
History of the *Pinus sylvestris* and *Pinus nigra* ssp. *salzmanii* forest in the sub-Mediterranean mountains (Grands Causses, Saint-Guilhem-le-Désert, southern Massif central, France) based on charcoal from limestone and dolomitic deposits. *Veg. Hist. and Archaeobot.* 16 : 23-42.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

VERNET J.-L., METER A., ZÉRAÏA L., 2005 –
Premières datations de feux holocènes dans les monts de Saint-Guilhem-le-Désert (Hérault, France), contribution à l'histoire de la forêt relique de *Pinus nigra* Arnold ssp. *salzmannii* (Dunal) Franco. *C. R. Geosciences*, vol. 337, 5 : 533-537.

VIERS, G., 1990 –
Éléments de climatologie. F. Nathan, Paris, 224 p.

VIGNE J.-D., 2000 –
« Les débuts néolithiques de l'élevage des ongulés au Proche-Orient et en Méditerranée : acquis récents et questions. » *In* Guilaine J., éd. : *Premiers paysans du monde, naissance des agricultures*, Paris, éditions Errance : 143-168.

VINCENT A., 2007 –
Comment Terminator est devenu le géant vert. *Géo*, n° 377, mars : 36.

VINCENT A., 2008 –
Californie, la passion de l'écologie. *Géo*, n° 356, octobre : 53.

VISBECK M., HURREL J.,
POLVANI L., CULLEN H., 2001 –
The North Atlantic Oscillation. Present, Past and Future. *PNAS*, vol. 98, n° 23 : 12876-12877.

VOGL R.J., ARMSTRONG W.P.,
WHITE K.L., COLE K.L., 1988 –
« The closed cone pines and cypresses ». *In* Barbour M.G., Major J., eds. : *Terrestrial vegetation of California*, Sacramento, California Native Plant Society, Expanded edition : 295-358.

WALTER K.S., GILLETT H.J., 1998 –
1997 IUCN Red List of threatened plants. IUCN-The World Conservation Union, Gland and Cambridge, Ixiv + 862 p.

WEAVER J.E., CLEMENTS F.E., 1938 –
Plant Ecology. New York/London, Mc Graw-Hill Book Company, inc./Mc Graw Hill publications in the botanical sciences, 601 p.

WEBER J., 2008 –
« Interview avec Jacques Weber ». *In* Jacquet P., Tubiana L. : *L'annuel du développement durable. Regards sur la Terre 2008*, Biodiversité, nature et développement, 288 p. Paris, Les Presses de Sciences Po *Annuels* : 201-202.

WHITE P.J., 1979 –
Pattern, process and natural disturbance in vegetation. *Bot. Rev*. 45 : 229-299.

WHITTAKER R.H., 1951 –
A criticism of the plant association and climax concepts. *Northwest Sci*. 25 : 17-31.

WICHA S., 1996 –
Le bois et la marine, entre 1669 et 1715 : l'exemple de l'arsenal de Toulon. Étude sur les conditions d'approvisionnement, d'exploitation et de conservation du bois de chêne. Paris, Mémoire de l'École des hautes études en sciences sociales, 179 p. + annexes.

WILLCOX G., 2000 –
De la cueillette à l'agriculture. *Pour la science* 274 : 36-40.

WOLDENDORP G., BOMFORD M., BARRY S.,
PANETTA F.D., CUNNINGHAM D., 2004 –
« Development of strategies for eradication of selected agricultural sleeper weeds ». *In* Sindel B.M., Johnson S.B., eds. : *Weed management: balancing people, planet, profit*, 14th Australian Weeds Conference, papers and proceedings, Wagga Wagga Australia, Weed Society of New South Wales : 492-495.

XOPLAKI E., GONZÁLEZ-RONCO J.F.,
LUTERBACHER J., WANNER H., 2004 –
Wet season Mediterranean precipitation variability: influence of the large-scale dynamics and trends. *Clim. Dyn.* 23 : 63-78.

YALTIRIK F., BOYDAK M., 1991 –
Distribution and ecology of the palm *Phoenix theophrasti* (Palmae) in Turkey. *Bot. Chron*. 10 : 869-872.

ZINKE P.J., 1988 –
« The Redwood forest and associated North Coast forests ». *In* Barbour M.G., Major J., eds. : *Terrestrial vegetation of California*, Sacramento, California Native Plant Society, Expanded edition : 679-698.

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Table des illustrations

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Figure 1 –
Situation bioclimatique de quelques villes méditerranéennes en fonction des bioclimats et des étages de végétation définis par le climagramme pluvio-thermique d'Emberger 19

Figure 2 –
Deux situations météorologiques intéressant la Méditerranée 25

Figure 3 a –
Diagrammes climatiques ombro-thermiques : Méditerranée occidentale 31

Figure 3 b –
Diagrammes climatiques ombro-thermiques : Méditerranée est et sud 32

Figure 3 c –
Diagrammes climatiques ombro-thermiques : Méditerranée est et sud, autres régions 33

Figure 4 –
Les climats méditerranéens d'Amérique, d'Afrique du Sud et d'Australie 37

Figure 5 –
Les climats du bassin méditerranéen 90

Figure 6 –
Les paysages végétaux du bassin méditerranéen 90

Figure 7a –
Répartition spatiale des chênes sclérophylles dans le bassin méditerranéen 94

Figure 7b –
Répartition bioclimatique des chênes sclérophylles dans le climagramme pluvio-thermique d'Emberger 95

Figure 8 –
Les paysages végétaux de la région californienne 116-117

Figure 9 –
Distribution-type des principales essences forestières dans le sud de la Sierra Nevada californienne 122

Figure 10 –
Aires de répartition de quelques essences forestières de Californie 124

Figure 11 –
Les formations végétales du Chili central méditerranéen 137

Figure 12 –
Les paysages végétaux du Royaume floristique du Cap 139

Figure 13 –
Les paysages végétaux en Australie du Sud 143

Figure 14 –
La progression végétale récente dans la garrigue montpelliéraine 178-179

Figure 15 –
Bloc-diagramme phytogéographique du Maroc 286

Tableau 1 –
L'amplitude thermique moyenne sur 30 à 40 ans dans quelques stations 23

Tableau 2 –
Évolution générale de la végétation du bassin méditerranéen à l'ère quaternaire 52

Encarts thématiques

L'adaptation des végétaux à la sécheresse méditerranéenne 59-68
Caractères distinctifs de pins expansionnistes du domaine méditerranéen 79-85
Le Redwood des Coast Ranges de Californie 119-121
La forêt relique de Fray Jorge (Norte Chico chilien) 133-135
Les forêts à eucalyptus et Protéacées du Sud-Ouest australien 145-151
Le Parque Natural da Arrabida (Portugal) 166-167
La garrigue montpelliéraine, une dynamique progressive 172-176
Le chaparral californien et les marges semi-arides 194-206
Le matorral et l'espinal chiliens 214-220
Le fynbos d'Afrique du Sud 225-230
Le mallee scrub australien 238-242
La végétation azonale de la sansouire (Camargue) 249-250
La flore azonale de la pointe de Sagres (Portugal) 259-261
La végétation azonale des dunes 264-267
Les pins supra-californiens et le Giant Sequoia (Sierra Nevada occidentale) 324-329

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Table des matières

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Préface ... 07
Yann Arthus-Bertrand

Avant-propos ... 09

Partie 1
L'évolution des paysages végétaux méditerranéens ... 13

Chapitre 1
Le climat, facteur dominant ... 15

Qu'appelle-t-on domaine méditerranéen ? ... 15
Des limites avant tout bioclimatiques ... 15
Des limites répondant à des besoins agricoles ... 15
Des limites privilégiant les précipitations ... 18
Cinq régions dont quatre hors Méditerranée ... 20
Les climats méditerranéens, entre les domaines tempéré et tropical ... 23
Les constantes : le jeu zonal des anticyclones tropicaux ... 23
Des étés chauds et secs ... 23
Des hivers doux et humides ... 24
Des variabilités interannuelles ... 26
Les nuances et les excès : des facteurs locaux ... 30
Une mer originale dans un cadre montagneux ... 30
Des climats complexes dans le bassin méditerranéen ... 35
Des climats plus simples, à l'empreinte océanique ... 36

Chapitre 2
Des mosaïques végétales fragiles et instables ... 39

Les régions méditerranéennes, berceau de la biogéographie ... 40
L'approche biogéographique ... 40
Une géographie d'essence « naturelle et culturelle » ... 40
Des liens étroits avec l'« écologie du paysage » ... 42
Les concepts de base et leur remise en cause ... 43
Les précurseurs : de Montpellier à Toulouse ... 43
D'Aix-Marseille au pourtour méditerranéen ... 45
Une vie végétale soumise au climat et aux perturbations humaines ... 46
La mise en place de la végétation méditerranéenne ... 47
Des recherches pluridisciplinaires en haute résolution temporelle ... 47
À l'ère tertiaire : l'origine de la végétation méditerranéenne ... 50
À l'ère quaternaire : large effacement des végétations antérieures ... 51
À l'Holocène : recolonisation forestière à partir des zones refuges ... 54
L'organisation des plantes *vs* les excès du climat ... 56
La sécheresse estivale, principale contrainte ... 56
L'adaptation anatomique et biologique des plantes ... 57
Des paysages végétaux vulnérables *vs* l'intense anthropisation ... 69

Le triptyque plurimillénaire agriculture – feux – pâturages . . . 69
Les incendies actuels : un impact différent selon leur fréquence . . . 72
Conceptions dynamiques et successions végétales . . . 75
L'hétérogénéité des structures potentielles des paysages végétaux . . . 77
Les potentialités des forêts . . . 77
Les potentialités des préforêts . . . 78
Les potentialités des forêts présteppiques . . . 78

Partie 2
Les paysages végétaux des basses terres méditerranéennes . . . 87

Chapitre 3
Les forêts métastables, dites climaciques . . . 89

Les forêts du bassin méditerranéen . . . 89
La forêt de chêne vert à feuillage persistant, ou yeusaie . . . 89
Une distribution quasi circumméditerranéenne . . . 89
La strate arborescente : les chênes sclérophylles du complexe *ilex* . . . 92
La strate buissonnante : les chênes sclérophylles du complexe *coccifera* . . . 95
Les espèces de la yeusaie sur sol calcaire . . . 96
Les espèces de la yeusaie sur sol siliceux . . . 102
La forêt de chêne-liège à feuilles subpersistantes . . . 104
Une distribution ouest-méditerranéenne . . . 104
La strate arborée : le chêne-liège . . . 104
La strate buissonnante : une grande diversité floristique . . . 105
Les « forêts steppes » des régions les plus sèches . . . 106
4 à 7 mois secs : l'oléolentisque, le thuya de Berbérie, le genévrier de Phénicie . . . 107
7 à 10 mois secs : l'arganier, l'acacia, le pistachier de l'Atlas . . . 110

Les forêts des régions hors du bassin méditerranéen . . . 114
En Californie : des lambeaux forestiers et des forêts reliques . . . 114
La côte et les reliefs, des faciès similaires ? . . . 114
Au long du littoral des Coast Ranges : la forêt relictuelle perhumide de Redwood . . . 114
Dans le nord des Chaînes côtières : la forêt mixte humide de conifères et de chênes . . . 122
Vers le sud : la forêt subhumide à chênes sclérophylles . . . 123
Dans la Vallée centrale : le recul de la prairie à Graminées et des chênes caducifoliés . . . 127
Au Chili central : des taches forestières et des îlots reliques . . . 131
Des vestiges hygrophiles des époques glaciaires . . . 131
Une durisilve sur les premières pentes des montagnes . . . 135
En Afrique du Sud, la forêt relique de Knysna . . . 136
Une forêt afromontagnarde tempérée . . . 136
Une forêt apparue dès l'ère tertiaire . . . 138
En Australie du Sud, les forêts d'eucalyptus . . . 140
Un arbre universellement propagé . . . 140
Dans le Sud-Ouest : deux types principaux de forêts climaciques . . . 141
Dans la région d'Adélaïde : la forêt dévastée par les incendies . . . 151

Chapitre 4
Matorrals, pinèdes et steppes en Méditerranée . . . 153

Les maquis, dégradations des chênaies sempervirentes sur sols siliceux . . . 154
Une formation buissonnante dense et fermée . . . 154
Les types de maquis . . . 154
Le maquis corse . . . 156
Le maquis des Maures . . . 157

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Les garrigues, dégradations de la chênaie verte sur sols calcaires ... 160
Une formation buissonnante ouverte ... 160
De nombreuses taches de sol nu ... 160
Des espèces surtout thermophiles et xérophiles ... 160
Deux types principaux de dégradation ... 161
La garrigue à chêne kermès, dégradation sylvo-pastorale sur calcaires durs ... 161
La garrigue à romarin, dégradation agro-pastorale sur calcaires marneux ... 162
Une stabilité de plus en plus appréciée ... 165
Le maintien d'espaces ouverts dans les pays en déprise ... 165
Le facteur de la stabilité : la fréquence des incendies ... 165

L'exemple de la garrigue montpelliéraine ... 168
La partie centrale des garrigues du Bas-Languedoc ... 168
Dans les années 1960, « des aspects contrastés et typiques » ... 168
Aux portes de la ville : une garrigue dépouillée ... 168
Sur les versants marneux des bassins méridionaux : la lande à romarin ... 169
Sur les tables de calcaire du centre : la garrigue boisée à chêne vert ... 169
Sur les hauts plateaux au nord-ouest : une mosaïque où domine la lande à buis ... 169
Dans le sillon tectonique du Lez : une garrigue à l'aspect de pinède ... 169
Une reconquête forestière en cours ... 169
Jusqu'aux années 1960, la relative stabilité de la garrigue ... 169
Depuis les années 1960, « trois processus de transformation » ... 170
La dynamique de fermeture actuelle ... 170
Sur les plateaux jurassiques : la garrigue boisée à chêne vert ... 170
Au nord de Viols-le-Fort : vers la garrigue arbustive ou boisée à buis ... 176
Dans les bassins marneux : vers la garrigue boisée à romarin et bruyère multiflore ... 176
Dans le couloir du Lez : la forte expansion des pins d'Alep ... 177
Aux portes de Montpellier : la relative stabilité de la garrigue basse ... 179

Au nord, l'expansion des pinèdes en basse altitude ... 180
Les pinèdes à pin d'Alep ou à pin brutia ... 180
Des exigences écologiques voisines ... 181
Des groupements transitoires ou climaciques ? ... 181
Les pinèdes à pin maritime ou à pin pignon ... 183
Le pin maritime ou pin mésogéen : une distribution occidentale ... 183
Le pin pignon ou pin parasol : des peuplements spontanés ou artificiels ... 184

Au sud et à l'est de la Méditerranée, des steppes herbacées ... 185
Dans les plaines sèches : la thérophytisation possible ... 185
Dans les zones semi-arides : la steppisation fréquente ... 186
Les steppes herbacées et arbrissélées, transition avec le désert ... 186
Au Proche-Orient, pas toujours des steppes de basses terres ... 186
Au Maghreb, des steppes dites « de plaines » ou « de piémonts » ... 189
Un caractère climacique discuté ... 191
Des steppes herbacées sensibles à la désertification ... 191

Chapitre 5
Les maquis hors bassin méditerranéen ... 193

Le chaparral californien et la végétation présteppique ... 193
Le *soft chaparral* : une formation littorale, basse et ouverte ... 207
Le *hard chaparral* : un enchevêtrement d'espèces sclérophylles ... 207
Des arbustes ou petits arbres de la famille des Rosacées ... 207
Parmi les Rhamnacées, surtout des céanothes ... 208
Des manzanitas très résistants à la sécheresse ... 209
D'autres espèces peuplent encore le chaparal ... 209
Les chênes buissonnants sclérophylles, espèces les plus caractéristiques ... 210
Un écosystème semi-naturel ... 210

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Des formations présteppiques, à l'est des chaînes californiennes ... 211
Le contact avec les formations steppiques et subdésertiques ... 212
La steppe à armoise ... 212
Les semi-déserts à Creosote Bush ... 212
D'autres plantes du désert, sur la bordure « méditerranéenne » ... 212

Le matorral et l'espinal chiliens ... 221
Le matorral, des espèces buissonnantes endémiques ... 221
Versants sud, humides et frais : un matorral épais ... 221
Versants nord, plus ensoleillés : un matorral bas, riche en acacias et cactus cierges ... 222
Face aux brouillards océaniques, un matorral côtier résistant ... 222
L'espinal, forme dégradée du matorral ... 223
Une brousse claire à espino *(Acacia caven)* dominant ... 223
Des tentatives pour l'amélioration du système agro-sylvo-pastoral ... 223
Le matorral, un maquis semi-naturel ? ... 224

Le fynbos ou bushveld d'Afrique du Sud ... 231
La formation arbustive dominante du *fynbos biome* ... 231
Le *fynbos biome* : un des trois biomes du Royaume floristique du Cap ... 231
Le fynbos : un maquis sur sols pauvres ... 231
Le renosterveld : la prédominance des Astéracées ... 232
Le *subtropical thicket* : un maquis sans les formes typiques du fynbos ... 232
Une physionomie, reflet de sa richesse floristique exceptionnelle ... 232
Des arbustes de 1 à 3 m de la famille des Protéacées ... 232
Des buissons très riches en Éricacées ... 233
Un foisonnement de Restionacées avec les genres *Restio* et *Elegia* ... 233
Les Astéracées, famille la mieux représentée avec de nombreuses succulentes ... 233
Fynbos côtier et fynbos de montagne ... 234
Le *succulent karoo* : une steppe à succulentes et à xérophytes ... 234
Un maquis climacique, parfois étendu aux dépens de la forêt ... 234
Un fynbos sans doute en bonne partie naturel ... 234
Un fynbos parfois d'origine secondaire ? ... 235
Les incendies occasionnels, facteur clé pour l'équilibre du fynbos ... 236
Les feux intenses et fréquents, un danger pour l'équilibre du fynbos ... 236

Le mallee scrub australien ... 242
Une végétation buissonnante sclérophylle ... 242
La strate arbustive de petits eucalyptus et de Protéacées ... 242
La présence marquante des arbres herbes ... 243
Une formation pour une bonne part climacique ... 243
L'exemple du mallee au nord de Perth : de Gingin à la baie des Requins ... 243
Au nord du mallee scrub, le mulga scrub des zones subdésertiques ... 244

Chapitre 6
La végétation azonale ... 245

Les plaines humides littorales et alluviales ... 245
La végétation des plaines littorales et des marais ... 246
Des plaines « bonifiées » ... 246
En Camargue : des zones plus ou moins humides ... 247
La végétation des plaines alluviales : les ripisylves ... 251
De larges plaines caillouteuses pauvres en végétation ... 251
Une végétation azonale spécifique ... 252
La typologie des ripisylves ... 253

Les milieux rocheux de l'intérieur et du littoral ... 256
La végétation des gorges et des côtes rocheuses ... 256
Des écosystèmes structurés par les microclimats des gorges ... 256

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

La végétation spécifique des côtes des massifs anciens et chaînes récentes . . . 256
L'exemple de la pointe de Sagres, au sud-ouest du Portugal . . . 258
La végétation des côtes sableuses . . . 261
Des littoraux régularisés avec les matériaux des deltas . . . 261
La végétation amphibie des étangs ou des lagunes saumâtres . . . 262
La végétation protectrice des dunes . . . 262

Partie 3
Les paysages végétaux des montagnes méditerranéennes . . . 269

Chapitre 7
Les caractères originaux des climats montagnards . . . 271

L'altitude, quelle influence sur le climat méditerranéen ? . . . 272
Des montagnes non exclues du domaine climatique . . . 272
Des étagements climatiques spécifiques . . . 272
Le déroulement de l'année climatique . . . 272
Des totaux pluviométriques renforcés . . . 273
Le mécanisme : l'ascendance orographique . . . 273
Les conséquences : des milieux essentiellement forestiers . . . 273
Malgré tout, une forte impression de sécheresse . . . 274
Des nuances liées à la fragmentation et à l'exposition des reliefs . . . 274
Des climats montagnards nuancés par la latitude . . . 274
Même division bioclimatique que pour les bas pays ? . . . 274
Trois types de climats méditerranéens montagnards . . . 275
Le climat « dalmate », sur la bordure nord-occidentale . . . 275
Le climat « atlasique », dans le reste du bassin méditerranéen . . . 276
Le climat « névadien », en Amérique . . . 279

Chapitre 8
La complexité des étagements végétaux . . . 283

Dans le bassin méditerranéen . . . 283
L'organisation générale . . . 283
Des étages « européens » ou « méditerranéens » ? . . . 283
Des étagements qui changent . . . 284
Quatre types principaux de paysages végétaux . . . 285
Les forêts de feuillus montagnardes : chênaies et hêtraies . . . 287
Les chênaies sclérophylles . . . 287
Les chênaies caducifoliées . . . 287
Les autres forêts caducifoliées . . . 292
Les forêts de conifères : pinèdes, sapinières et cédraies . . . 293
Les pins : les conifères les mieux diversifiés . . . 293
Les sapins : des peuplements purs ou mixtes . . . 300
Les cèdres : une amplitude altitudinale différente . . . 303
La végétation présteppique à genévriers et supraforestière . . . 308
À la limite supérieure des forêts : des junipéraies à déterminisme thermique . . . 308
À haute altitude : les pelouses écorchées à xérophytes épineux . . . 310
Hors de la Méditerranée . . . 312
Dans les montagnes peu élevées d'Australie et d'Afrique du Sud . . . 312
En Californie : des étagements remarquables . . . 313
La place essentielle des conifères d'altitude dans les paysages . . . 313
À l'ouest de la Sierra Nevada, the *lower montane coniferous forest* . . . 314
Sur le même versant, le séquoia géant . . . 315

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Trois autres étages sur le versant occidental névadien ... 318
Les autres versants montagneux de Californie ... 319
Au Chili central : de nombreuses interpénétrations d'espèces ... 320
Depuis le sud du pays, un échelonnement de forêts ... 320
Dans le domaine méditerranéen, surtout les forêts à *Nothofagus* des Andes ... 321

Partie 4
Protection et conservation des espaces boisés ... 331

Chapitre 9
Des espaces boisés fragiles ... 333

Les perturbations humaines à l'ère industrielle ... 334
Au milieu du XIXe siècle : une forte emprise anthropique sur les forêts ... 334
L'ère industrielle : des perturbations humaines contrastées ... 334
Des risques actuels graves ... 336
Des espaces boisés multifonctionnels ... 336
Les fonctions de production de biens et de services ... 336
Les fonctions écologiques de protection ... 337
Des dangers pesant sur la biodiversité ... 337
Les défrichements et la fragmentation des forêts ... 337
L'érosion de la biodiversité et les perspectives d'une nouvelle crise d'extinction ... 339
Au sud et à l'est de la Méditerranée, un surpâturage croissant ... 342
Les conséquences écologiques des grands incendies répétitifs ... 343
L'impact d'autres perturbations anthropogènes sur les espaces boisés ... 346

Chapitre 10
Vers une gestion durable ? ... 349

La prise de conscience de la question forestière ... 350
L'action de la FAO ... 350
Le Comité des questions forestières méditerranéennes Silva mediterranea ... 350
Le PAF/MED de 1992, et le tournant de 2002 pour Silva Mediterranea ... 351
Dans le sillage de Silva Mediterranea, le Congrès forestier mondial et la Conférence Medecos ... 352
Les efforts de coopération régionale ... 352
Le développement de la coopération intergouvernementale ... 352
Le développement des initiatives scientifiques et environnementales ... 353
L'ébauche d'une gestion conservatoire ... 355
L'élément clé : la conservation de la biodiversité ... 355
La Convention internationale sur la diversité biologique ... 355
En France, la Stratégie nationale pour la biodiversité ... 356
L'intégration de la biodiversité, priorité d'avenir ... 357
Rive sud : des actions encourageantes, mais timides ... 358
Des aires protégées et des réserves de biosphère ... 358
La réhabilitation du secteur forestier et l'implication des populations ... 358
Des efforts peu efficaces pour réhabiliter les parcours ... 361
Rive nord : une gestion parfois hésitante et contradictoire ... 362
Les aires protégées : des moyens limités ... 362
La lutte contre les plantes envahissantes ... 364
La lutte contre l'embroussaillement ... 366
Le maintien des éco-mosaïques ... 367
Des reboisements qui visent la productivité ... 368
Les stratégies adaptatives hors Méditerranée ... 372
En Californie ... 372
En Australie du Sud ... 374

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Au Chili central . . . 375
Dans la Région du Cap . . . 376
Un devenir problématique pour les paysages végétaux . . . 378
Des transformations à court terme . . . 378
Des transformations amplifiées . . . 380
La restauration du coussoul de Crau, modèle de gestion paysagère ? . . . 383

Glossaire . . . 387
Bibliographie . . . 393
Table des illustrations . . . 413
Encarts thématiques . . . 414

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11

Ce document est la propriété exclusive de Forrest Jean (teuthi@yahoo.fr) - 04 novembre 2020 à 18:11











Contrairement au sens commun, le domaine méditerranéen ne se limite pas à l'espace géographique situé autour du bassin de la Méditerranée. Caractérisé par ses étés chauds et secs et ses hivers humides, le milieu méditerranéen marque la transition entre domaine tempéré et tropical. Il trouve son expression la plus emblématique autour de la Méditerranée mais on le rencontre également en Californie, au Chili, en Afrique du Sud et en Australie méridionale.

Pour rendre compte de toute la diversité des paysages méditerranéens en fonction de l'altitude, de l'exposition, de la proximité maritime, l'ouvrage présente les caractéristiques du milieu méditerranéen dans ces cinq régions : composition de la couverture végétale, structure, étagement altitudinal, associations dominantes, relations avec les autres éléments du cadre physique et humain.

Alors que la déprise rurale sur la rive nord du bassin méditerranéen vide les campagnes et qu'une intense surexploitation menace la rive sud et le Chili central, à l'heure où se développent au contraire en Californie, en Australie du Sud et dans la région du Cap des aires protégées abritant une exceptionnelle biodiversité, la gestion de ce milieu fragile s'impose désormais comme un enjeu environnemental majeur.

Dans une perspective d'amélioration de la gestion de l'espace méditerranéen, cet ouvrage propose ainsi une synthèse biogéographique remarquablement documentée et richement illustrée. Enseignants, étudiants, géographes, naturalistes, chercheurs, décideurs, responsables en charge de la gestion de l'environnement y trouveront à la fois un ouvrage de référence et une invitation à la découverte approfondie du milieu naturel méditerranéen.

Claude TASSIN, géographe, a enseigné la géographie physique au lycée et à l'Université. Infatigable voyageur, il a parcouru nombre de pays méditerranéens en Europe, au Proche-Orient, en Afrique et aux États-Unis.



IRD
44, bd de Dunkerque
13572 Marseille cedex 02
editions@ird.fr
www.editions.ird.fr

9 782709 917315

ISBN 978-2-7099-1731-5

45 €