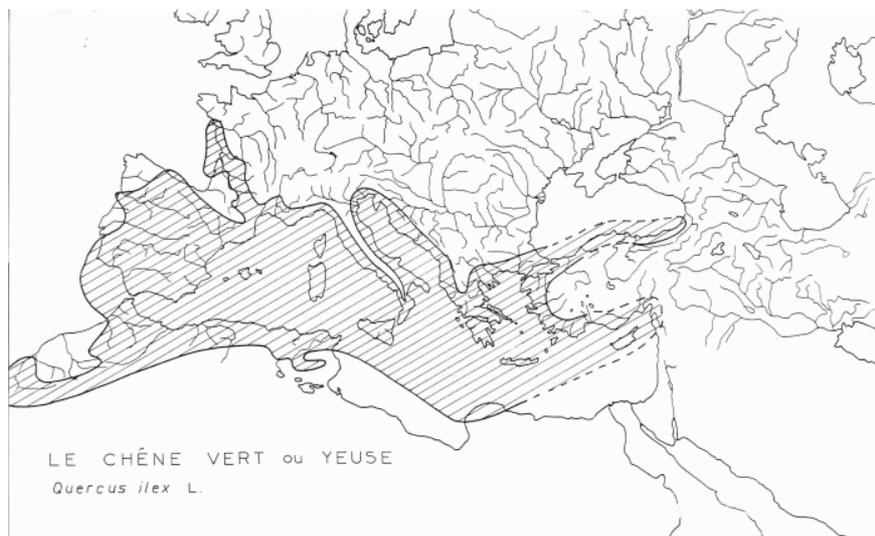


CHAPITRE III : CHOROLOGIE

La chorologie peut être définie comme l'étude de la répartition géographique des végétaux. Cette étude conduit à l'élaboration de cartes de répartition ou cartes chorologiques.

I. Représentations cartographiques des aires de répartition des espèces

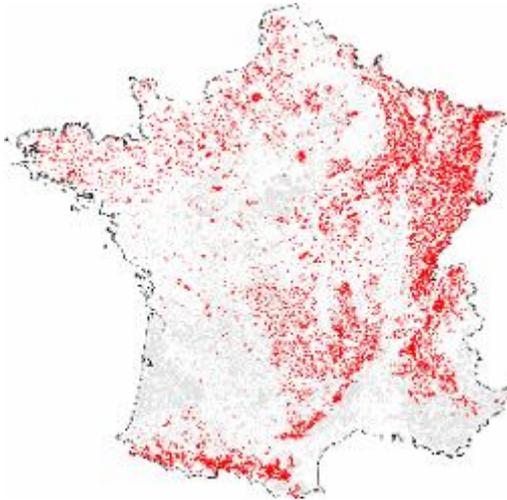
Il existe différents types de cartes de répartition, les deux plus courants sont la répartition par surfaces et celles par points.



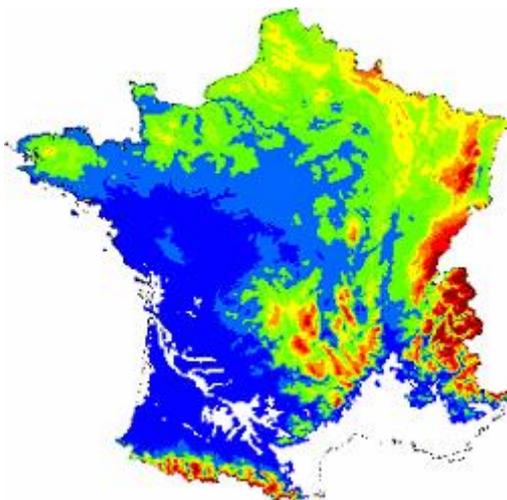
Plusieurs sources de données peuvent être utilisées afin de réaliser ces cartes :

1.1. Les données de l'IFN

Ces dernières proviennent des campagnes d'inventaire par placettes de l'IFN. Nous représentons ci-dessous l'aire de répartition actuelle du hêtre.



Aire Modélisée :



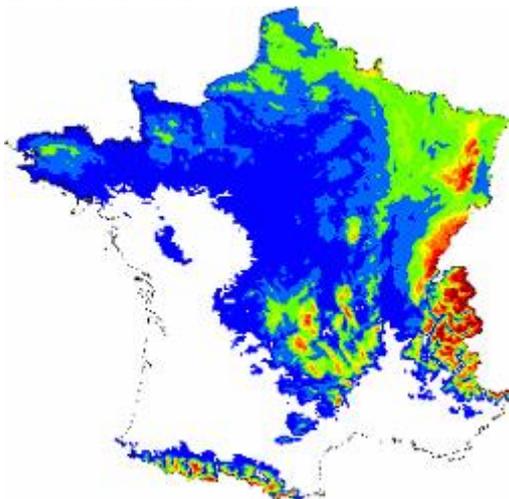
Légende des probabilités

□	0 à 0,1
■	0,1 à 0,2
■	0,2 à 0,3
■	0,3 à 0,4
■	0,4 à 0,5
■	0,5 à 0,6
■	0,6 à 0,7
■	0,7 à 0,8
■	0,8 à 0,9
■	0,9 à 1
■	paramètres climatiques futurs au delà de la gamme actuelle

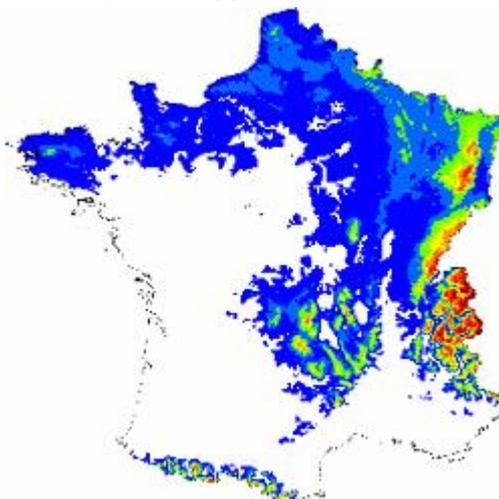
Source : IFN

En tenant compte des évolutions possibles du climat (réchauffement climatique), il est possible de simuler l'évolution probable de cette aire de répartition. Cette simulation ne prend cependant pas en compte les capacités d'adaptation des essences, ni l'interaction possibles avec des pathogènes ou insectes ravageurs,...

Evolution en 2050 :



Evolution en 2100 :



Pour plus d'informations, consulter :

http://www.nancy.inra.fr/la_sciences_et_vous/dossiers_scientifiques/rechauffement_climatique_et_forets_francaises/donnees

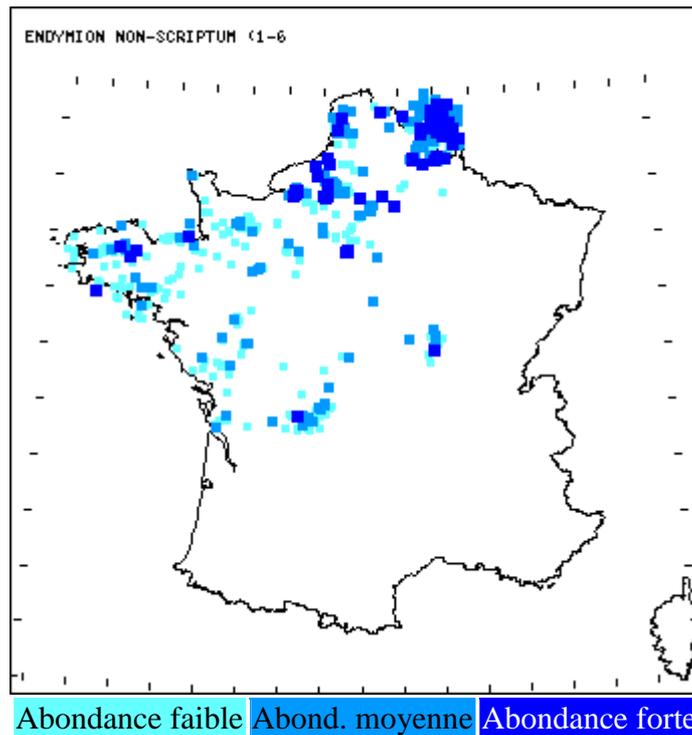
1.2 Les données issues de relevés floristiques

Une des bases de données les plus intéressantes est la base de données SOPHY (<http://sophy.u-3mrs.fr/>). Cette base de données a été constituée à partir de plusieurs milliers de relevés phytosociologiques dont un certain nombre proviennent de tableaux de Référence.

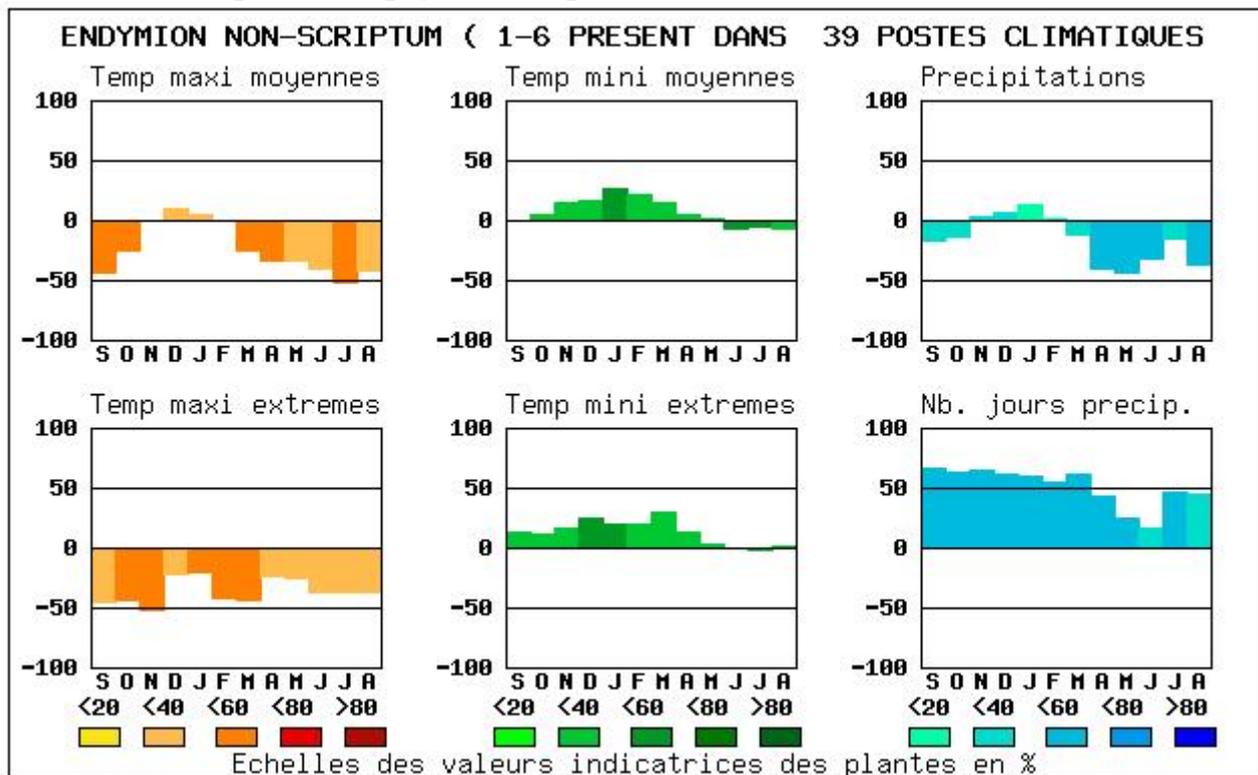
En croisant les informations climatiques et de localisation des espèces, il est possible d'établir le profil phytoclimatique de chaque espèce.

Nous reproduisons ci-dessous des exemples concernant :

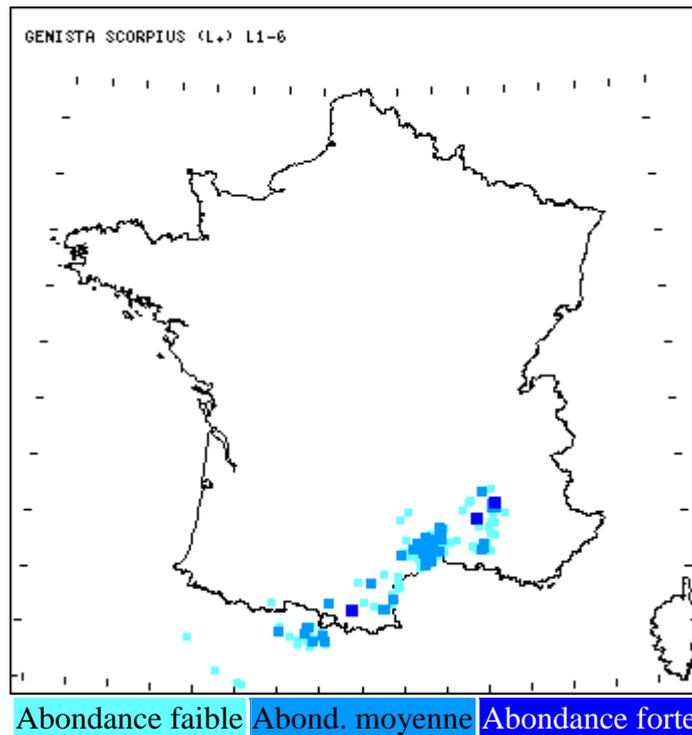
- la jacinthe (espèce atlantique ; *Endymion non-scriptum*)
- le genêt scorpion (espèce méditerranéenne ; *Genista scorpius*)
- la fougère aigle (espèce subcosmopolite ; *Pteridium aquilinum*)
- la luzule blanchâtre (espèce médioeuropéenne ; *Luzula luzuloïdes*)



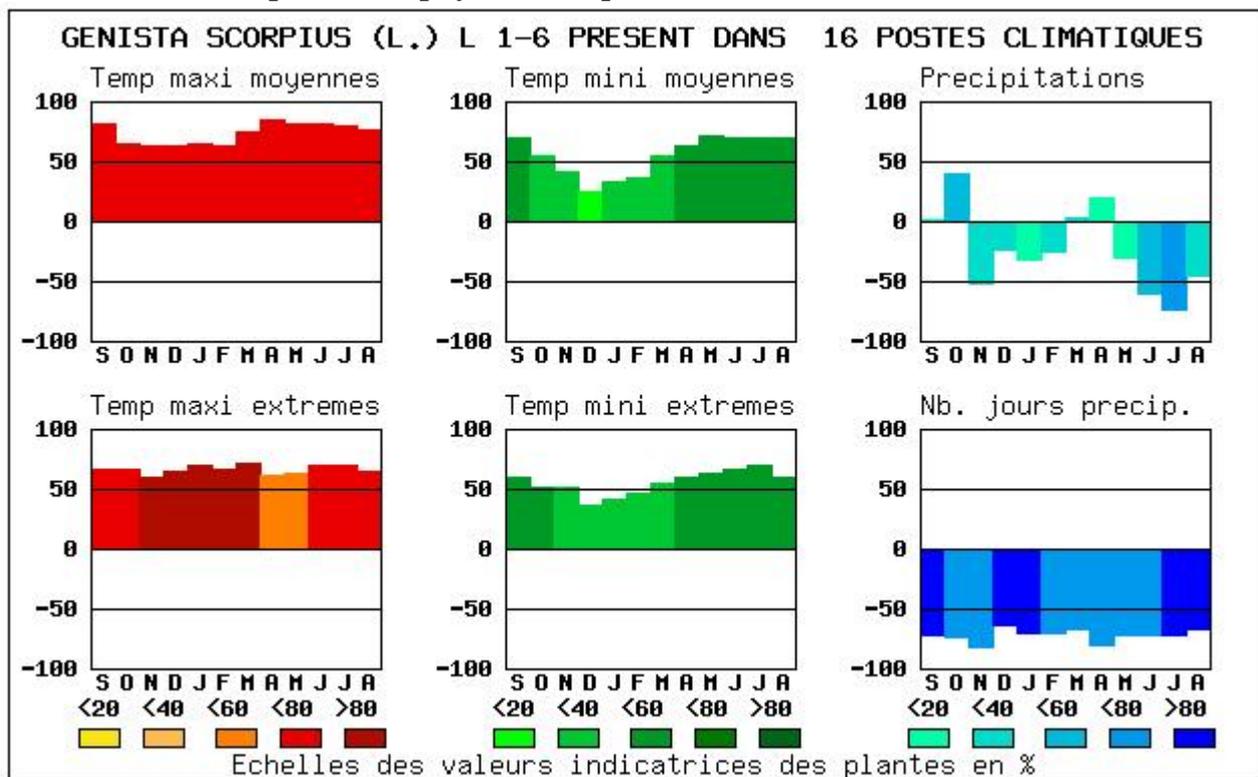
Comportement phytoclimatique de ENDYMION NON-SCRIPTUM

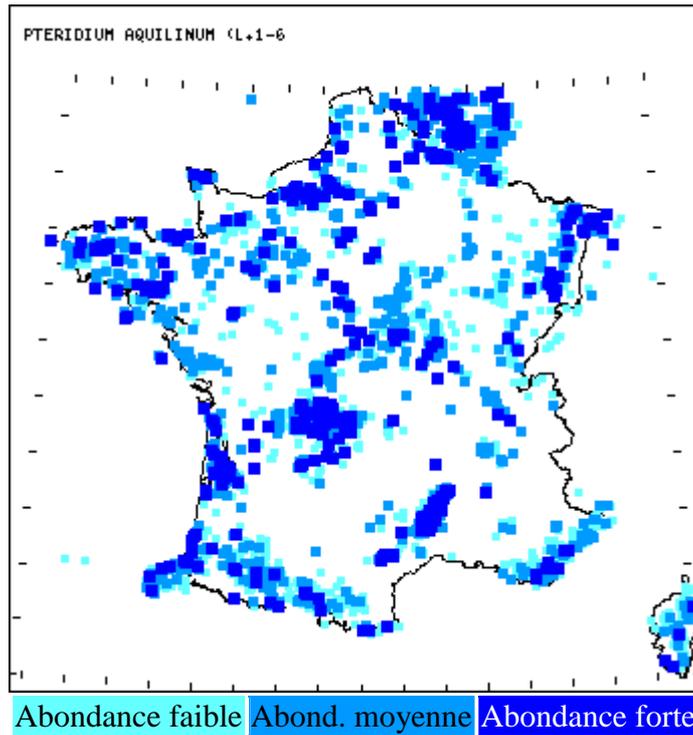


Pour plus d'informations et de profils d'espèces : <http://sophy.u-3mrs.fr/>

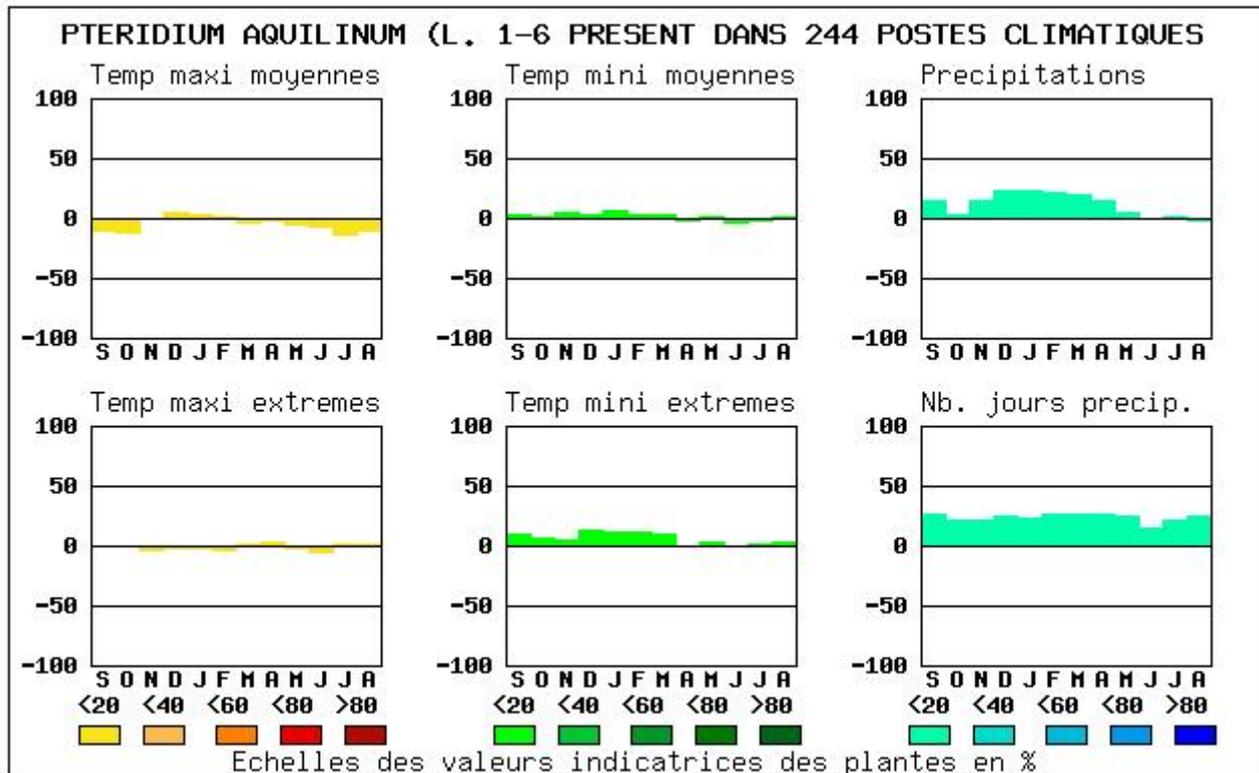


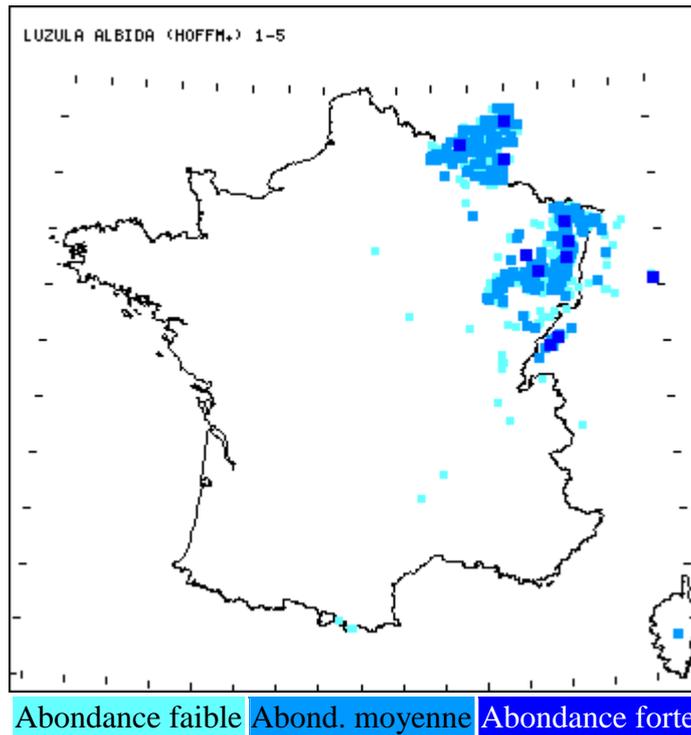
Comportement phytoclimatique de GENISTA SCORPIUS (L.)



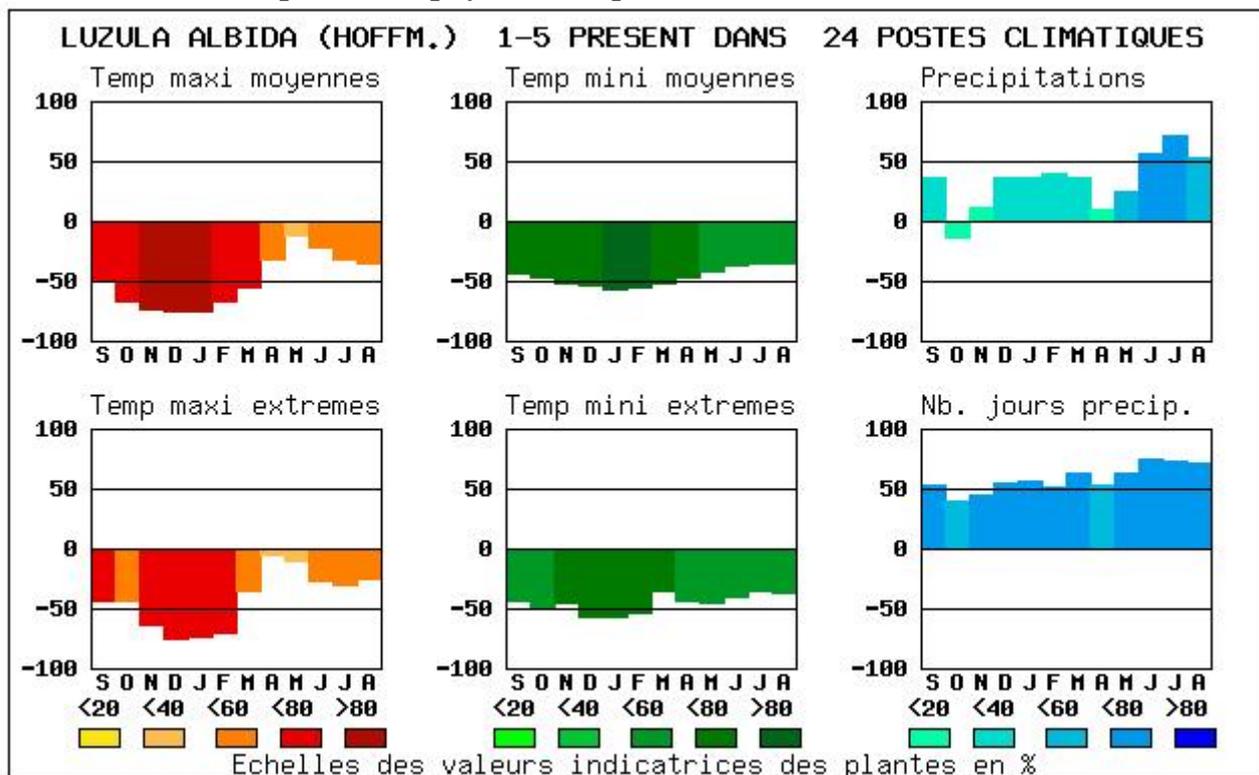


Comportement phytoclimatique de PTERIDIUM AQUILINUM (L.)





Comportement phytoclimatique de LUZULA LUZULOIDES



II. Nature des aires

2.1. L'aire naturelle

Ensemble des territoires où l'espèce est indigène.

2.2. L'aire secondaire :

Formée par l'ensemble des territoires situés en dehors de l'aire naturelle, où l'espèce est présente. Ceci étant dû à une introduction volontaire ou non.

On distingue :

Espèce acclimatée : espèce implantée hors de son aire naturelle, dans des zones climatiques où l'espèce survit mais ne peut se reproduire (cas de nombreuses espèces arborées de parc)

Espèce naturalisée : espèce implantée hors de son aire naturelle, dans des zones climatiques où l'espèce survit et peut se reproduire (exemple : douglas dans les Ardennes ou dans le Massif Central)

III . Dimension des aires

3.1. Aires cosmopolites

Elles couvrent les grandes parties des zones habitables du globe. Ce type de répartition est plus fréquent lorsque l'on se trouve au niveau de la famille taxonomique.

Les familles cosmopolites sont par exemple : les Poacées, les Asteracées,...

Au niveau des espèces, on peut citer *Poa annua* (*pâturain annuel*), *Phragmites communis* (*roseau*), *Pteridium aquilinum* (*fougère aigle*)

3.2. Aires circumterrestres (ou zonales)

Ces aires occupent l'ensemble des terres ou des océans compris entre certaines limites de latitudes.

On distingue ainsi du Nord au Sud :

Des aires circumboréales : ex : *Oxalis acetosella*

Des aires circumtempérées : ex : *Ribes* sp (groseillers) pour l'hémisphère nord.

Des aires circumtropicales ou pantropicales : ex : palmiers

3.3. Aires polytropicales

Parmi ces aires de distribution, on peut distinguer les cas suivants :

Aires	Amérique tropicale	Afrique tropicale	Asie tropicale	Océanie
Pantropicales	x	x	x	x
Neotropicales (nouveau monde)				
Paléotropicales (ancien monde)		x	x	x
Polytropicales	x	x		
	x		x	x

3.4. Aires plurirégionales

Elles concernent les espèces présentes dans plusieurs régions d'un même empire floral.

3.5. Aires régionales

Elles concernent des espèces dont l'aire de distribution est limitée à une seule région florale.

3.6. Aires endémiques

On dit qu'une espèce est endémique lorsque celle-ci est présente dans un seul territoire.

On parle d'**endémisme insulaire** (Les Iles Hawaï et Madagascar possèdent une flore endémique à environ 80 %, la Corse comprend 140 espèces végétales endémiques,...), d'**endémisme montagnard** (les Alpes abritent plus de 400 espèces endémiques) et d'**endémisme écologique** (flore cupricole par exemple, liée au sol riche en cuivre).

On peut également distinguer également :

Le paléoendémisme : il concerne les espèces paléoendémiques ou endémiques reliques ou endémiques par conservation. Il s'agit d'espèces anciennes qui, par le passé possédaient une aire de répartition vaste, et qui sous l'effet de conditions climatiques de plus en plus défavorables (ou de la concurrence d'espèces nouvelles à pouvoir compétitif plus grand), ont vu leur aire de répartition se réduire.

On peut citer par exemple le *Ginkgo biloba*, qui s'est réfugié dans les montagnes de l'intérieur de la Chine et qui couvrait tous les continents au Tertiaire.

Le néoendémisme : il s'agit d'un endémisme d'origine récente, en cours.

IV. Les territoires floristiques ou phytogéographiques

4.1. Eléments de Flore

Il est possible de grouper les espèces ayant des centres de dispersion analogues, on arrive ainsi à la **notion d'ELEMENT de flore, groupes d'espèces nées dans une même région et ayant subi des déplacements d'ensemble au cours des âges.**

Les espèces d'un même élément de flore ont donc également des affinités climatiques semblables.

L'élément méditerranéen est ainsi composé d'espèces caractérisant la région méditerranéenne, elles sont endémiques à cette région. On trouve dans cet élément des espèces comme : *Pinus halepensis*, *Pistacia lentiscus*, *Quercus coccifera*, *Myrtus communis*, *Quercus ilex*, *Erica arborea*,...

Les éléments de Flore qui concernent la France sont présentés en annexe 1 de ce chapitre.

4.2. Territoires phytogéographiques

La composition de la faune et de la flore peut rester quasi constante sur de vastes territoires; ailleurs, cette composition, peut au contraire se modifier brutalement lorsqu'une discontinuité géographique (topographique ou climatique) se charge d'imposer des barrières.

De telles observations ont conduit, dès le siècle dernier, à penser qu'il devait être possible de concrétiser ces différences en reportant sur document cartographique les limites plus ou moins précises entre flores et faunes dissemblables.

C'est en fait essentiellement la flore qui a été utilisée pour établir ces zones homogènes car le travail a principalement été effectué à partir d'espèces qui jouent un rôle physiologique majeur dans la structure des paysages.

Ces zones homogènes pour la flore sont à l'origine de la notion de territoires phytogéographiques. Un territoire phytogéographique se définit le mieux par le degré d'originalité de sa flore et de sa végétation. Néanmoins, cette définition n'a pas encore réuni l'unanimité des phytogéographes, les uns mettant quasi uniquement l'accent sur l'individualité floristique, les autres préférant adjoindre à ce critère ceux que l'on peut tirer de la végétation. A priori, l'ensemble des taxons (espèces) dont les aires comparativement restreintes et plus ou moins superposables délimitant un territoire phytogéographique forment alors un **élément phytogéographique ou élément de flore** dont nous avons parlé plus haut (Annexe1).

Cette analyse de la structure de la répartition de la Flore conduit à établir une véritable structure hiérarchique partant de subdivisions floristiques majeures vers les districts locaux. L'extension et l'importance du territoire phytogéographique dépend du niveau hiérarchique des taxons endémiques qui le délimitent (Tanghe, 1975).

On distinguerait ainsi :

- au niveau de la Terre entière, les **empires floraux**, fondés sur l'endémisme des familles et de sous-familles. On distingue habituellement six empires : holarctique, paléotropical, néotropical, australien, antarctique et du Cap.

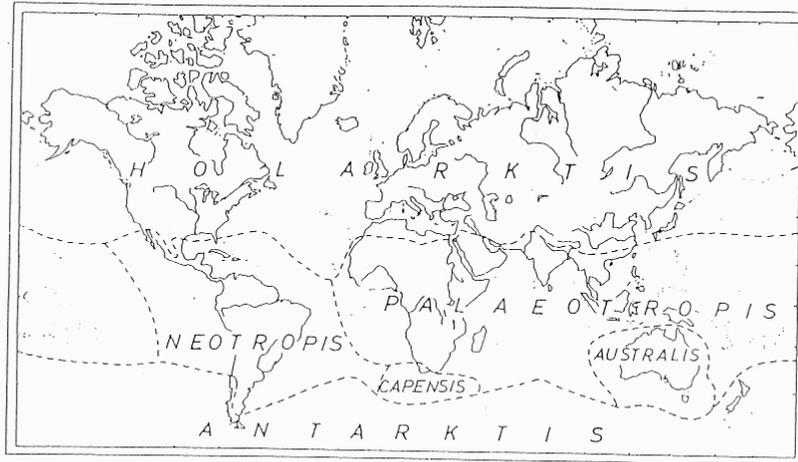
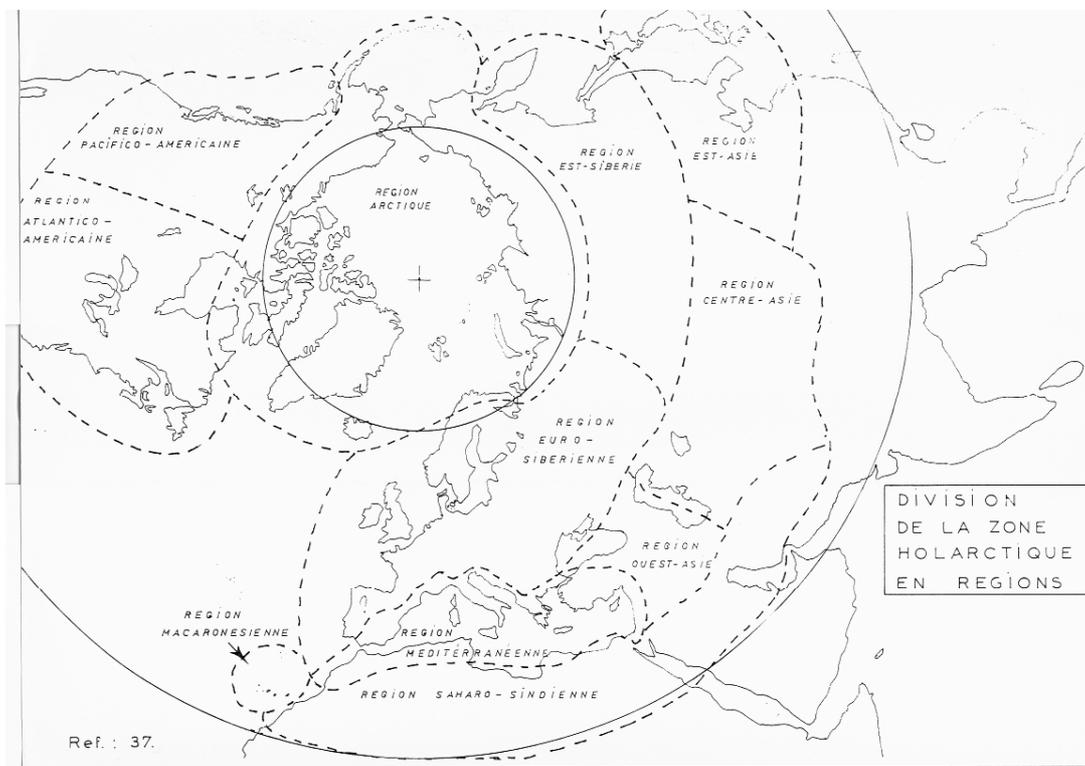


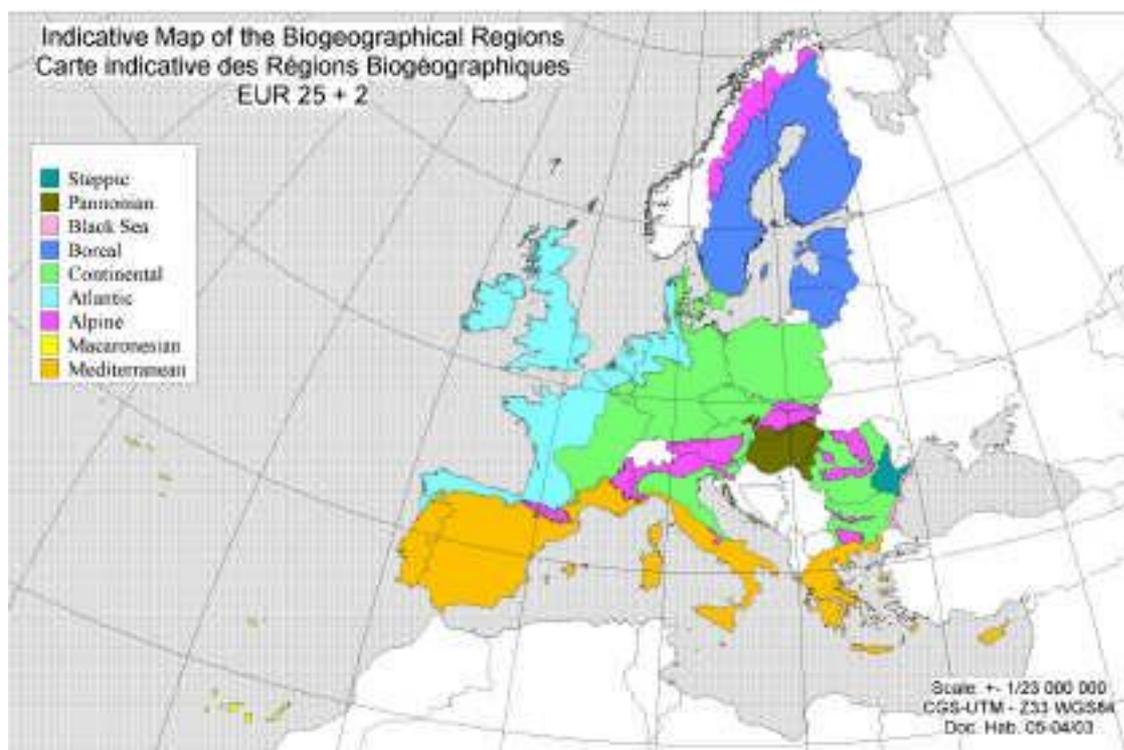
Abb. 33. Die Florenreiche der Erde (nach Diels und Good).

- au niveau des continents, les **régions florales**, sur la base d'un endémisme des genres et des sections de genres.



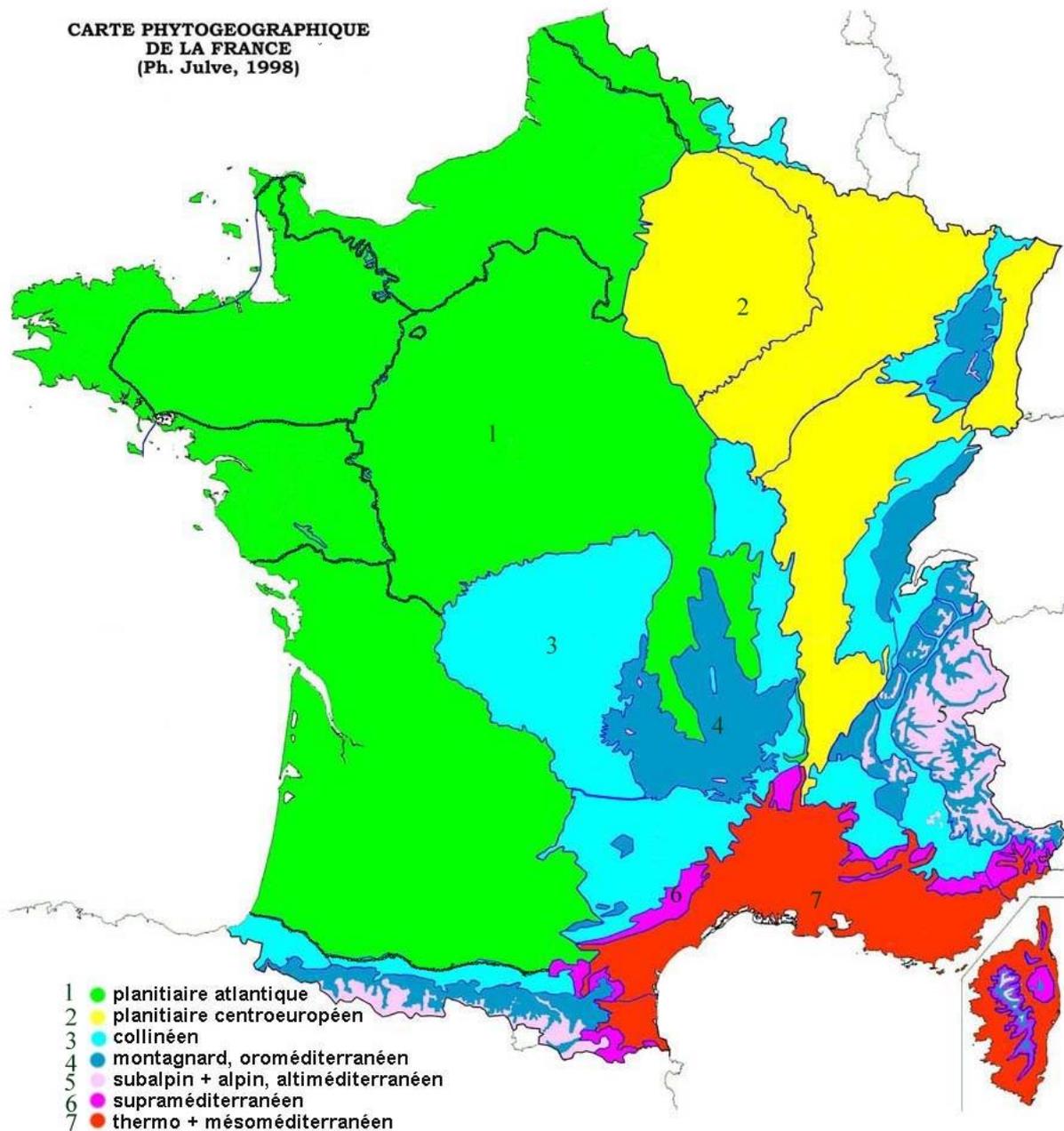
- dans chaque région, des **domaines floraux**, caractérisés par un endémisme très marqué des espèces;
- dans chaque domaine, des **secteurs floraux**, fondés sur un endémisme marqué des unités subordonnées à l'espèce; En annexe, nous reproduisons la division biogéographique proposée par Ozenda P.,1994.
- et enfin , au sein du secteur, des **districts floraux** correspondant en principe à un début d'endémisme de taxons inférieurs à l'espèce. Les **districts** sont parfois subdivisés encore en sous-districts

Actuellement, l'Union Européenne a retenu la division suivante en 9 régions biogéographiques:



Pour la France, Julve Ph (1998) propose la carte suivante :

**CARTE PHYTOGEOGRAPHIQUE
DE LA FRANCE
(Ph. Julve, 1998)**



V. Etages de la végétation

En fonction de l'altitude, on constate une zonation de la végétation en étages.

Par exemple, pour les Vosges, on peut retenir l'étagement suivant :

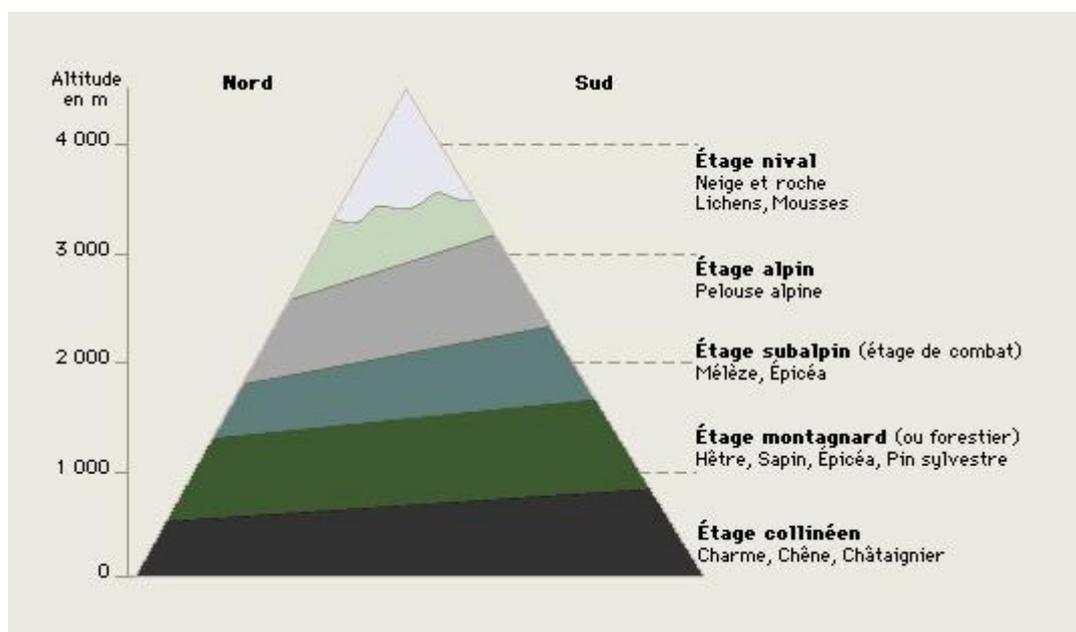
Etage	Altitude (m)	Essences
Collinéen	<450m	Chênaie-charmaies , hêtraie-chênaie
Submontagnard	450-500 m	Hêtraie (chênaie), Hêtraie
Montagnard moyen	500-850 m	Sapinière mixte : sapin pectiné, hêtre , épicéa commun, érable sycomore
Montagnard supérieur	850-1000 m	Sapinière mixte : épicéa commun , sapin pectiné, hêtre, érable sycomore
Subalpin inférieur	1000-1150 m	Hêtraie subalpine
Subalpin supérieur	1200 m	Landes à éricacées, pelouses (les « Hautes Chaumes »)

L'étage de végétation est défini par un groupement de végétaux réunis par une même affinité écologique, dans une même tranche d'altitude. La notion d'étage est liée aux facteurs écologiques qui la déterminent, c'est à dire notamment la température.

Si l'on observe la limite supérieure d'un même étage sylvestre, on constate que l'altitude de celle-ci diminue lorsque l'on se déplace vers les latitudes les plus élevées. Ainsi par exemple, la limite supérieure de la hêtraie subalpine s'abaisse régulièrement en allant du Sud vers le Nord :

- Calabre : 1950 m
- Corse : 1750 m
- Alpes maritimes : 1550 m
- Jura : 1350 m
- Vosges du Nord : 1150 m

Ceci s'explique aisément par la température, en admettant qu'un degré de latitude est considéré comme équivalent à 100 m d'altitude (la température moyenne annuelle s'abaisse d'environ 0,5 à 0,6 ° par 100 m d'altitude).



Pour la France, il existe deux systèmes d'étages de végétation : un système valable pour la région eurosibérienne et l'autre pour la région méditerranéenne.

1. Système pour la région eurosibérienne :

- Etage marin et littoral
- Etage collinéen : chêne sessile, chêne pédonculé, hêtre,...
- Etage montagnard : hêtre, sapin pectiné, épicéa commun, pin sylvestre
- Etage subalpin : épicéa commun, pin à crochet, mélèze d'Europe, pin cembro, hêtre
- Etage alpin : asylvatique : pelouses, landes,...
- Etage nival : neige, rochers

Exemple :

Etage	Altitude (m)	Essences
Collinéen	<500/800m	Chênaie-charmaies , hêtraie-chênaie, châtaigneraies
Montagnard	500/800-1400/1700 m	Hêtre et Sapin pectiné (zones arrosées et/ou versants froids) Pin sylvestre (versants secs, exposition sud)
Subalpin	1400/1700-1800/2400 m	Région sud et centrale des Alpes (précipitations plus faibles) : Mélèze d'Europe, Pin à crochets et Pin cembro dominants Régions externes et internes arrosées : Epicéa commun, Sapin pectiné et Hêtre dominants
Alpin	>1800-2500 m	Landes et pelouses
Nival	>3000/3500 m	Rochers, neige Lichens, mousses

2. Système pour la région méditerranéenne :

- Etage marin et littoral
- Etage méditerranéen inférieur (=thermoméditerranéen) : olivier, pin d'Alep, Pin pignon, chêne vert, chêne liège
- Etage méditerranéen supérieur (=mésoméditerranéen) : chêne vert, chêne liège, chêne pubescent
- Etage supraméditerranéen (=subméditerranéen en Haute Provence) : chêne pubescent, pin maritime
- Etage oroméditerranéen (Corse) : *Pin laricio*

Dans les montagnes méditerranéennes françaises, au dessus de l'étage supraméditerranéen, on retrouve l'étagement classique :

- Etage montagnard : hêtre, sapin pectiné, épicéa commun, pin sylvestre
- Etage subalpin : sapin pectiné (faces Nord), pin à crochet, hêtre
- Etage alpin : asylvatique : pelouses, landes,...

Exemple : Etages de la végétation du Mont Ventoux

Etage	Altitude (m)	Essences
Thermoméditerranéen (Méditerranéen inférieur)	<200m environ	Pin d'Alep, Pin Pignon Olivier, Chêne vert
Mésoméditerranéen (Méditerranéen supérieur)	200-600/800 m	Pin d'Alep, Genévrier de Phénicie (falaise, rochers, lithosols), Chêne vert, Chêne pubescent
Subméditerranéen (supraméditerranéen)	600/800-1100/1200 m	Chêne pubescent , Chêne vert (régresse avec l'altitude), Hêtre en situations protégées, Pin sylvestre
Montagnard méditerranéen	1100/1200 m – 1500m	Hêtre, Pin sylvestre, Pin à Crochet (partie supérieure) Hêtraie-Sapinière en versant Nord
Subalpin	1500/1800 m	Pin à Crochet Lande à <i>Juniperus communis</i>
(Pseudo-alpin)	>1800 m	Eboulis

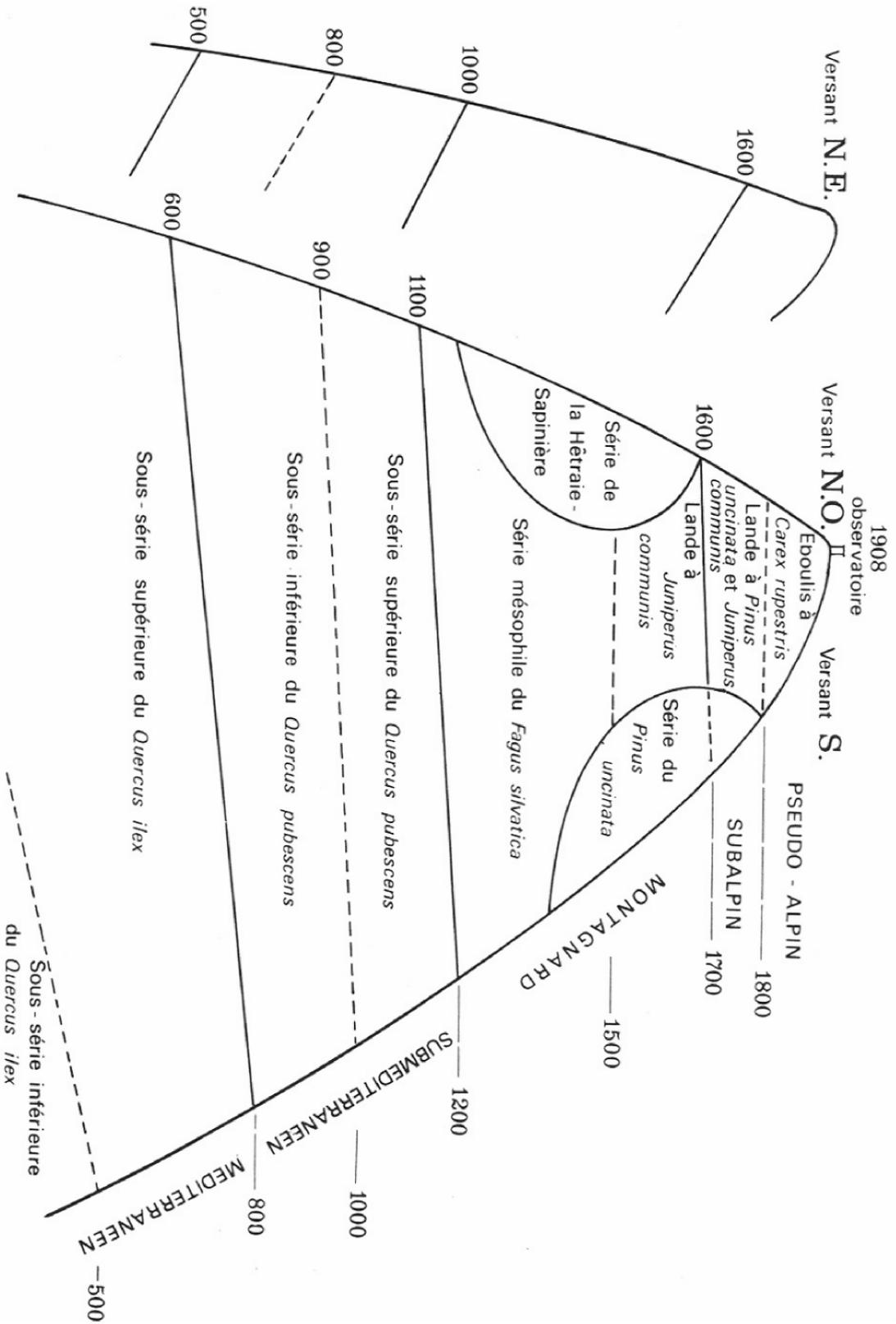


Fig. 7. — Etages et séries de végétation du Mont-Ventoux.

VI. Eléments d'histoire de la végétation forestière en Europe

A. Ere Primaire :

Au Silurien (-450 millions d'années), apparaissent les plantes vasculaires qui vont conquérir la terre. A cette époque, les continents étaient encore très désertiques.

Au Dévonien (-400 millions d'années) apparaissent les premières fougères, prêles,...(Pteridophytes). A la fin de cette période (-350 millions d'années), apparaissent les Préphanérogames (plantes à fleur) avec l'apparition de l'ovule et de la graine. Ces végétaux pouvaient atteindre les 40 m de hauteur.

Au Carbonifère (-300 millions d'années), les Cryptogames (fougères,...) , plantes sans fleurs, sont à leur apogée. Le climat est alors équatorial dans nos régions et l'ambiance marécageuse favorise une végétation luxuriante, à l'origine des gisements de charbons exploités à nos jours. Les ginkgoales font leur apparition et au Permien, les Coniferales (-270 millions d'années) apparaissent à leur tour.

B. Ere Secondaire :

Au début du Secondaire (-250 millions d'années ; Jurassique), les tendances évolutives sont :

- Régression des Cryptogames
- Progression des Coniférales et Ginkgoales (Gymnospermes)

Vers la fin de cette Ere, au Crétacé inférieur (-135 millions d'années), les angiospermes se développent tandis que les fougères, les Ginkgoales et les Coniférales régressent.

Point de vue climatique, en Europe, le climat est alors tropical au sud et subtropical au nord.

C. Ere Tertiaire :

Au début du Tertiaire (-65 millions d'années), les angiospermes continuent leur progression.

En climat chaud : *Ficus*,...

En climat tempéré chaud : *Magnolia*, *Platanus*,...

En climat tempéré : *Fagus*, *Quercus*,...

Sur le plan de la migration des continents, l'Europe migre vers le Nord, ce qui a pour conséquence une évolution du climat :

- Eocène (-45 millions d'années) : Climat subtropical ou tropical
- Miocène (-15 millions d'années) : Climat subtropical à tempéré chaud
- Pliocène (-5 millions d'années) : climat tempéré chaud à tempéré.

Au Tertiaire, on observe également la formation des Alpes (plissement alpin).

Dans nos régions, la flore tertiaire a évolué comme suit :

Eocène : *Castanea, Ginkgo, Taxodium, Sequoia, Juglans, Ficus, Magnolia,...*

Pliocène : flore à caractère tempéré : feuillus et résineux mais flore moins riche en espèces thermophiles. Les espèces tropicales disparaissent.

- Résineux : *Pinus, Thuya, Larix,...*
- Feuillus : *Salix, Quercus, Prunus, Castanea, Magnolia, Aesculus,...*

D. Ere Quaternaire :

Débutant il y a deux millions d'année, et alors que le Secondaire et le Tertiaire avaient été toujours chauds, l'Ere Quaternaire est perturbée par une série de glaciations (5 périodes) :

- Biber
- Donau (-600 à -540 milles ans)
- Mindel (-480 à -350 milles ans)
- Riss (-240 à -150 milles ans)
- Wurm (4 épisodes de -120 à -11 milles ans)

Ces périodes glacières furent entrecoupées par des périodes interglaciaires.

Les répercussions sur la flore de ces périodes glaciaires furent très importantes surtout en Europe où les chaînes de Montagnes (Alpes, Pyrénées) formèrent des obstacles à la migration des espèces vers le sud. Cette particularité d'orientation des montagnes expliquent, actuellement, pourquoi la flore Nord-Américaine est plus riche en espèces que la nôtre.

A la fin de la dernière période glaciaire, la flore européenne est très appauvrie, de nombreuses espèces ont disparues

Dans nos régions, la flore arborée a presque entièrement disparue à l'exception des bouleaux, du pin sylvestre et du genévrier.

Le pourtour méditerranéen et les Balkans constituent une aire refuge à partir de laquelle les espèces vont reconquérir les territoires du nord à la fin des glaciations :

Tardiglaciaire (-12 000 à -8000 ans) : Au Centre de la France, on peut observer une forêt de Pin sylvestre, de bouleaux et de genévrier. En région méditerranéenne, on note la présence de chênes, noisetiers, aulnes et pruniers.

Préboréal (-8000 à -6800 ans) : La mer méditerranéenne monte passant de -60 à -40 m par rapport au niveau actuel.

Le pin sylvestre continue à s'étendre et atteint son optimum dans nos régions, avec une certaine abondance des bouleaux. Les saules, le noisetier et l'aulne glutineux sont présents.

Boréal (-6800 à -5500 ans) : Le pin sylvestre régresse, alors que les chênes (sessile et pédonculé) et ormes progressent. Le noisetier continue à s'étendre.

Dans le Sud de la France, le pin d'Alep progresse en bordure méditerranéenne. Le chêne vert progresse vers le Sud-Ouest et en direction du Centre de la France.

Atlantique (-5500 à -2500 ans) : La mer méditerranéenne monte de plus d'un cm par an ! Avec son climat plus chaud et plus humide, cette période va correspondre à l'extension maximale de la chênaie mixte avec tilleuls, frêne, Aulne glutineux, Ormes. Dans l'Est, le sapin progresse.

Sub-Boréal (-2500 à -500 ans) : On observe un léger refroidissement du climat. La chênaie caducifoliée régresse dans le Languedoc. Le chêne vert et le buis y progressent fortement. Dans nos régions, les ormes régressent, tandis que le hêtre s'étend en plaine. Ce dernier progresse également dans les Pyrénées et le Massif Central.

Sub-atlantique (- 500 ans à nos jours) :
Période caractérisée par des défrichements importants
Le charme progresse vers les régions de l'Ouest et le hêtre continue son extension.

Quels seront les impacts des changements climatiques ? : à suivre.....

VII. Les indices d'Ellenberg

Suite à de nombreux travaux et observations, H. ELLENBERG (D) a établi, pour la végétation d'Europe centrale, des valeurs indicatrices pour les plantes vasculaires (Spermatophytes et Pteridophytes), ainsi que pour les Bryophytes.

En ce qui concerne les plantes vasculaires , les facteurs écologiques retenus pour décrire le comportement écologique moyen de chaque espèce sont au nombre de huit : les besoins en lumière, la température, la continentalité, le régime hydrique lié au sol, le PH du sol, les besoins en azote, la salinité du milieu et la tolérance aux métaux lourds.

Les valeurs indicatrices utilisées pour les six premiers facteurs sont (traduit de l'anglais avec quelques légères modifications) :

L = besoins en lumière

Basé sur l'évaluation de l'éclairement relatif reçu en période feuillée pour les forêts caducifoliées

1. plante d'ombre profonde (**sciaphile stricte**), présente parfois à des éclairement relatifs de moins de 1%, rarement à des éclairements relatifs de plus de 30 % (*Oxalis acetosella*) ;
2. entre 2 et 3 (*Allium ursinum*, *Carex sylvatica*, *Polygonatum multiflorum*) ;
3. plante d'ombre (**sciaphile**), présente la plupart du temps à des éclairements relatifs de moins de 5 % , mais aussi dans des endroits plus éclairés (*Brachypodium sylvaticum* , *Daphne laureola*, *Dryopteris affinis*, *Blechnum spicant*, *Dryopteris filix-mas*, *Lamium galeobdolon*, *Melica uniflora*) ;
4. entre 3 et 5 (*Euphorbia amygdaloides*, *Athyrium filix-femina*, *Epilobium montanum*, *Dryopteris dilatata*, *Luzula luzuloïdes*) ;
5. plante **semi-sciaphile**, rarement en pleine lumière, mais généralement sous des éclairements relatifs de plus de 10 % (*Dryopteris carthusiana*) ;
6. entre 5 et 7 (*Carex brizoïdes*, *Deschampsia cespitosa*, *Primula eliator*, *Pteridium aquilinum*) ;
7. plante présente dans des endroits bien éclairé, mais aussi pouvant être partiellement ombragés (plante **semi-héliophile**) (*Dactylis glomerata*, *Digitalis purpurea*, *Filipendula ulmaria*) ;
8. plante de lumière (**héliophile**), rarement trouvée lorsque l'éclairement relatif est inférieur à 40 % (*Cirsium arvense*, *Cytisus scoparius*, *Epilobium angustifolium*, *Erica tetralix*, *Calluna vulgaris*) ;
9. plante de pleine lumière (**héliophile stricte**), trouvées en zones de pleine lumière, trouvées rarement dans des endroits où l'éclairement relatif est inférieur à 50 % .

T = Température

Facteur prenant en compte les gradients de température observés depuis les régions arctiques aux régions méditerranéennes et depuis les niveaux alpins jusqu'aux plaines.

1. plante indicatrice de climat froid, trouvée seulement en haute montagne ou dans les régions boréales et arctiques. En montagne, ces plantes sont trouvées la plupart du temps dans les étages alpin ou nival.
3. plante indicatrice de conditions climatiques froides, principalement subalpines ;
4. entre 3 et 5 (plantes montagnardes notamment) (*Polygonatum verticillatum*, *Luzula luzuloïdes*)
5. plantes indicatrices de conditions tempérées généralement frais, depuis les plaines aux montagnes, mais dans ce dernier cas en conditions submontagnardes (*Carex brizoïdes*, *Carex sylvatica*, *Pteridium aquilinum*, *Lamium galeobdolon*, *Melica uniflora*, *Poa chaixii*)
6. entre 5 et 7 (*Ulex europaeus*, *Ligustrum vulgare*)
7. plantes de climat tempéré doux à chaud (hiver doux et/ou été chaud)
9. plantes présentent dans les conditions chaudes ; plantes méditerranéennes

K = Continentalité

Le facteur pris en compte est la continentalité des espèces , en distinguant les espèces à aire de distribution plus ou moins proche des côtes atlantiques ou au contraire celles dont l'aire de distribution s'étend vers des régions plus continentales.

1. plantes océaniques strictes (eu-atlantiques) (*Erica tetralix* , *Ulex europaeus*) ;
2. plantes océaniques (aires de distribution uniquement cantonnées dans les régions ouest de l'Europe) (*Dryopteris affinis*, *Ilex aquifolium*, *Luzula forsteri*)
3. entre 2 et 4 (*Oxalis acetosella*, *Dryopteris filix-mas*, *Juncus effusus*, *Luzula pilosa*) ;
4. plantes subocéaniques (aire s'étendant surtout dans l'ouest et le centre-ouest de l'Europe, avec quelques incursions dans l'est de l'Europe Centrale) (*Primula eliator*, *Lamium galeobdolon*, *Luzula luzuloïdes*)
5. plantes intermédiaires, faiblement subocéaniques à faiblement subcontinentales (*Polygonatum multiflorum* , *Vaccinium myrtillus*) ;
6. plantes subcontinentales : l'aire de distribution est principalement dans l'est de l'Europe Centrale et en partie dans l'Europe de l'Est (*Maianthemum bifolium*).
7. entre 6 et 8 ;
8. plante continentale, s'étendant depuis l'Europe de l'Est vers l'est de l'Europe Centrale ;
9. plante continentale stricte : aire de distribution cantonnée à l'Europe de l'Est .

F = conditions hydriques édaphiques

Ce facteur prend en compte le régime hydrique du sol en se basant sur un gradient d'humidité depuis les conditions les plus sèches (pentes rocailleuses par exemples) au conditions les plus humides.

1. plante indicatrice d'extrême sécheresse ;
3. plante indicatrice de sols secs, plus souvent trouvée sur sols séchards que sur sols frais ;
5. plante indicatrice de sol frais ; absente sur sol humide ou sol sec (*Hedera helix*, *Geum urbanum*, *Ilex aquifolium*, *Dryopteris filix-mas* , *Fragaria vesca*) ;
6. intermédiaire entre 5 et 7 (*Geranium robertianum*, *Narcissus pseudonarcissus*, *Dryopteris dilatata*) ;
7. plante indicatrice d' humidité ; sur sol constamment frais ou humide, mais jamais sur sols constamment engorgé (*Juncus effusus*, *Athyrium filix-femina*) ;
8. intermédiaire entre 7 et 9 (*Filipendula ulmaria*)
9. plante de sols de stations mouilleuse ; souvent engorgés en eau et asphyxiants (*Glyceria fluitans*, *Iris pseudacorus*) ;
10. plante indicatrice de sites occasionnellement inondés (en hiver seulement) ;
11. plante s'enracinant sous l'eau mais avec une partie aérienne , ou plante flottant sur la surface ;
12. plante submergée, de façon permanente ou presque constamment sous l'eau .

R = acidité (PH)

1. plante indicatrice d'acidité extrême (acidiphile stricte), jamais trouvée sur sols peu acides ou basiques (*Calluna vulgaris*).
3. plante indicatrice d'acidité (acidiphile) , principalement sur sol acide, mais exceptionnellement sur sol proche de la neutralité (*Pteridium aquilinum*, *Luzula luzuloïdes*, *Lonicera periclymenum*) ;
5. plante indicatrice de sols modérément acides (acidicline) ; occasionnelle dans d'autres conditions ;
6. intermédiaire entre 5 et 7 (*Stellaria holostea*) ;
7. plante de conditions peu acides à faiblement basique (neutrocline) ; jamais trouvée en sols très acides (*Primula eliator* ; *Stachys sylvatica*) ;
8. intermédiaire entre 7 et 9 (*Ligustrum vulgare*, *Viburnum lantana*) ;
9. plante de sols basiques, souvent trouvées sur sols carbonatés.

N = besoins en azote

L'évaluation de ce facteur repose sur un gradient de disponibilité en azote durant la période de végétation.

1. plante indicatrice de sites très pauvres en azote disponible (*Calluna vulgaris*) ;
2. intermédiaire entre 1 et 3 (*Potentilla erecta*)
3. plante indicatrice de sites plus ou moins pauvres en azote disponible (*Vaccinium myrtillus*, *Primula veris*) ;
4. intermédiaire entre 3 et 4
5. plante indicatrice de conditions intermédiaires (*Asperula odorata*, *Stellaria holostea*, *Vicia sepium*) ;
6. . intermédiaire entre 5 et 7
7. plantes souvent observée dans les endroits riches en azote disponible (*Geranium robertianum*, *Glechoma hederacea*, *Geum urbanum*, *Stachys sylvatica*, *Scrophularia nodosa*, *Ribes rubrum*, *Ranunculus ficaria*, *Primula eliator*) ;
8. . intermédiaire entre 7 et 9
9. plante indicatrice de conditions très riches ; telles que les prairies pâturées ou près des rivières polluées (*Urtica dioïca*)

Annexe 1 : Les éléments de flore

L'analyse de la végétation d'une région montre la présence de groupes d'espèces aux affinités climatiques différentes et par conséquent des aires de dispersion très différentes.

Il est possible de grouper les espèces ayant des centres de dispersion analogues, on arrive ainsi à la **notion d'ELEMENT de flore, groupes d'espèces nées dans une même région et ayant subi des déplacements d'ensemble au cours des âges.**

Les espèces d'un même élément de flore ont donc également des affinités climatiques semblables.

Dire qu'une plante appartient à tel ou tel élément est une traduction commode de son aire. Le terme d'élément sert à désigner une partie de la flore totale possédant une répartition géographique donnée. Quand la répartition des espèces est connue, on effectue des comparaisons et l'on constate que de nombreuses plantes offrent des répartitions analogues d'où la distinction et la dénomination des différents éléments.

La végétation d'une région, d'un groupement végétal, comprendra un nombre variable selon les cas, d'éléments de flore distincts ayant des centres de gravité pouvant être très éloignés les uns des autres. Préciser ces éléments permet de se faire une idée des influences écologiques qui règnent ou qui ont régné sur la région considérée. De plus, cela permet de comparer la composition floristique des groupements végétaux sur des bases chorologiques.

ELEMENT HOLARTIQUE

- Région territoriale très vaste (toutes les régions tempérées et froides de l'hémisphère nord).

Elément circumboréal :

Espèces assez nombreuses dont l'aire de répartition comprend à la fois les régions tempérées ou froides de l'Eurasie et de l'Amérique boréale.

Parmi ces espèces circumboréales, il y a peu d'arbres et peu de végétaux ligneux, mais un certain nombre de plantes herbacées jouant un rôle important en forêt.

Athyrium filix-femina
Dryopteris cristata
Deschampsia flexuosa
Epilobium angustifolium
Hepatica nobilis

Milium effusum
Anemone nemorosa
Oxalis acetosella
Veronica officinalis

ELEMENT EUROSIBERIEN

Elément boréal :

- Aire principale occupant La zone septentrionale des Conifères de L'Euro-Sibérie.

Boréomontagnardes :

- Espèces se confinant en Europe tempérée dans les territoires montagneux relativement froids :

Picea abies , *Alnus viridis* et nombreux arbrisseaux et sous-arbrisseaux acidiphiles, souvent localisés dans nos tourbières de montagne

Vaccinium vitis idaea
Vaccinium uliginosum
Betula nana
Trientalis europaea

Salix glauca
Salix reticulata
Salix herbacea
Salix lapponum
Salix myrsinites
= *saules chétifs alpins*

- de nombreuses plantes herbacées, principalement d'humus acide ou de tourbières :
Eriophorum angustifolium,...

Sub-Boréales :

Largement répandues en Europe tempérée, surtout dans les contrées à été frais :

Betula pubescens, *Sorbus aucuparia*, *Vaccinium myrtillus*

Elément eurasiatique :

- Espèces distribuées dans toute L'Europe tempérée; elles pénètrent au-delà de L'Oural, du Turkestan et parfois en Chine:

Ulmus minor
Populus alba
Salix alba

Salix capraea
Populus nigra
Ulmus glabra

Salix purpurea
Salix cinerea
Ribes uva-crispa

Sambucus nigra
Sambucus racemosa
Humulus lupulus

Adoxa moschatellina
Aegopodium podagraria
Anemone ranunculoides
Brachypodium silvaticum
Brachypodium pinnatum
Circaea lutetiana
Corydalis bulbosa
Epilobium montanum

Festuca gigantea
Fragaria vesca
Geum urbanum
Impatiens noli-tangere
Glechoma hederacea
Molinia coerulea
Paris quadrifolia
Poa nemoralis

Eupatorium cannabinum
Stachys sylvatica
Vicia sepium

Ranunculus auricomus
Ranunculus ficaria
Viola hirta

Elément atlantique :

- Espèces confinées dans l'ouest de l'Europe tempérée où les hivers sont doux à modérés.

Eu-atlantiques :

Espèces s'éloignant peu de la côte atlantique

Quercus pyrenaica

Erica vagans

Ulex gallii

Endymion non scriptum

Euphorbia hibernica

Meconopsis cambrica

Peucedanum gallicum

Sub-atlantiques :

Ulex minor

Erica ciliaris

Ulex europaeus

Erica cinerea

Erica tetralix

Lonicera periclymenum

Helleborus viridis ssp. occidentalis

Conopodium majus

Lathraea squamaria

Pulmonaria affinis

Hypericum pulchrum

Arenaria montana

Galium hercynicum

Digitalis purpurea

Elément subméditerranéen (méditerranéo-montagnarde) :

- espèces des montagnes ceinturant le bassin méditerranéen, descendant rarement à basse altitude, mais remontant assez loin vers le nord:

Quercus pubescens

Evonymus latifolius (Jura)

Rhamnus alpina (Jura, Bourgogne)

Coronilla emerus (Bourgogne, Jura)

Acer monspessulanum

Acer opalus

Amelanchier vulgaris (Nancy, Jura, Bourgogne)

- certaines localités de ces espèces sont célèbres, séparées parfois par d'assez grandes distances, disposées en avant-garde au gré de conditions écologiques assez exceptionnelles (falaises calcaires en exposition sud) → « colonies xéothermiques » .

Elément balkano-pontique :

- espèces orientales pénétrant dans la région du Danube et dans la région méridionale des *Alpes* :

Fraxinus ornus

Ostrya carpinifolia

Carex praecox

Veronica teucrium

Quercus cerris

Silene otites

Elément européen :

- aire principale: l'Europe tempérée entre la zone septentrionale des Conifères, la zone des steppes orientales et la zone méditerranéenne; un certain nombre d'espèces atteignant les chaînes pontiques et la Caspienne.

Quercus robur
Convallaria maialis

Viburnum opulus
Carex sylvatica

Subocéaniques :

Espèces européennes à tendance occidentale n'atteignant pas les steppes orientales :

Fagus sylvatica
Quercus petraea

Fraxinus excelsior

Crataegus monogyna
Rosa arvensis

Frangula alnus
Prunus spinosa

Allium ursinum
Arum maculatum
Carex pendula
Lamium galeobdolon
Neottia nidus-avis
Senecio fuchsii

Anemone nemorosa
Asperula odorata
Dryopteris filix mas
Melica uniflora
Polygonatum multiflorum
Viola reichenbachiana

Subcontinentales :

- Espèces européennes à tendance continentale n'atteignant pas toujours les rivages de l'atlantique, mais pénétrant assez loin dans la plaine russe :

Acer platanoides
Tilia cordata

Carpinus betulus

Berberis vulgaris
Pulsatilla vulgaris
Carex brizoides
Carex pilosa
Hordelymus europaeus

Aquilegia vulgaris
Carex montana
Carex umbrosa
Galium sylvaticum

Méridionales :

Acer campestre
Sorbus aria
Pirus communis

Tilia platyphyllos
Sorbus torminalis
Malus silvestris

Clematis vitalba
Rhamnus cathartica

Cornus sanguinea
Viburnum lantana'

Montagnardes :

- Espèces européennes à tendance périalpine dont l'aire est centrée sur Le massif alpin et les chaînes périphériques.

Abies alba
Pinus uncinata
Acer pseudoplatanus

Larix decidua
Alnus incana

Daphne mezereum

Cotoneaster integerrimus

Actaea spicata
Cardamine heptaphylla
Polygonatum verticillatum
Sesleria caerulea

Centaurea montana
Poa chaixii
Ranunculus platanifolius

ELEMENT MEDITERRANEEN

- Avec exclusivement des végétaux ayant leur centre de dispersion dans Le bassin méditerranéen et qui, à La faveur de circonstances écologiques favorables, s'en éloignent parfois se mélangeant plus ou moins à la flore eurosibérienne.

Euméditerranéennes strictes :

- S'éloignant peu de l'aire de l'Olivier:

Pinus halepensis

Quercus coccifera

Cistus albidus
Calycotome spinosa
Lonicera implexa
Myrtus communis

Erica multiflora
Clematis flammula
Ceratonia siliqua
Pistacia lentiseus

Méditerranéennes larges :

Susceptibles de s'échapper de la région méditerranéenne soit vers le nord, soit vers l'ouest

Quercus ilex

Rhamnus alaternus
Aphyllanthes monspeliensis

Erica arborea
Dorycnium suffruticosum

ELEMENT MEDITERRANEO-ATLANTIQUE

• Aire principale: les régions montagneuses du bassin méditerranéen avec extension dans l'ouest de L'Europe:

Quercus suber
Viburnum tinus
Cistus salviaefolius
Smilax aspera
Mespilus germanica
Ilex aquifolium

Pinus pinaster
Erica scoparia
Arbutus unedo
Buxus sempervirens
Cornus mas
Daphne laureola

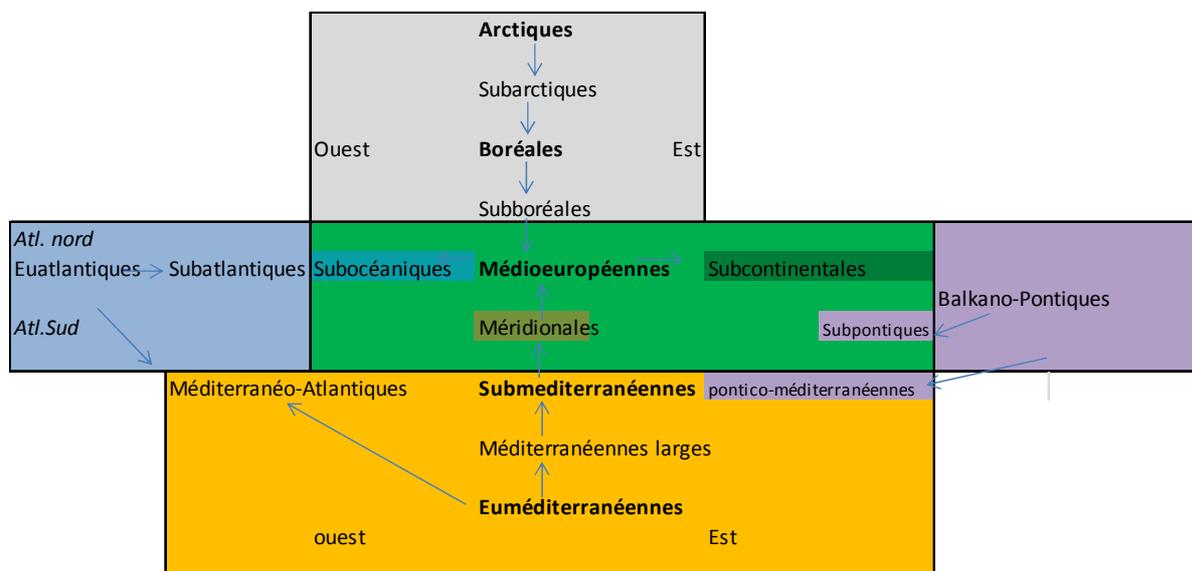
Anthericum liliago
Hypericum androsaemum
Primula vulgaris
Tamus communis

Bryonia cretica ssp.
Luzula forsteri
Sanicula europaea
Vinca minor

ESPECES SUBCOSMOPOLITES

Exemple : *Pteridium aquilinum*

Remarque : L'attribution de telle ou telle espèce à un élément géographique déterminé est souvent délicate, Les opinions varient selon les auteurs et même pour des espèces dont la répartition est suffisamment connue. Il y a en outre le problème des espèces dont l'homme a étendu volontairement leur aire à des dates plus ou moins récentes (*Castanea sativa* par exemple)



Exemples d'imbrication des éléments de flore à l'échelle d'une région :

1. Région Lorraine :

· Élément subatlantique :

Genista pilosa, Lonicera periclymenum, Cytisus scoparius, Ornithogalum pyrenaicum, Helleborus foetidus,...

· Élément subméditerranéen :

Quercus pubescens, Amelanchier ovalis, Carex hallerana, Teucrium montanum, Melica ciliata,...

Élément eurasiatique :

Ulmus minor, Adoxa moschatellina, Fragaria vesca, Geum urbanum, Vicia sepium, Ranunculus auricomus, Viola hirta, Glechoma hederacea,...

· Élément européen-montagnard :

Daphne mezereum, Acer pseudoplatanus, Actaea spicata, Cardamine heptaphylla, Poa chaixii, Centaurea montana, Rubus saxatilis, Stachys alpina,...

• Élément européen :

Quercus robur, Carex sylvatica, Convallaria maialis,...

Subocéaniques :

Fagus sylvatica, Quercus petraea, Fraxinus excelsior, Rosa arvensis, Allium ursinum, Arum maculatum, Neottia nidus-avis,...

Subcontinentales :

Acer platanoides, Carpinus betulus, Berberis vulgaris, Carex brizoides, Carex montana, Carex umbrosa, Galium sylvaticum,...

2. Région landaise

Dans Les vestiges de forêt naturelle qui se trouvent dans les "vieilles dunes", La flore y est beaucoup plus variée que dans les boisements artificiels.

· Élément euatlantique :

Quercus pyrenaica, Avena thorei, Scilla verna, Erica vagans, Potentilla montana,...

Élément subatlantique

Ulex minor, Ulex europaeus, Erica cinerea, Erica tetralix, Lonicera periclymenum, Arenaria Montana,...

· Élément méditerranéo-atlantique :

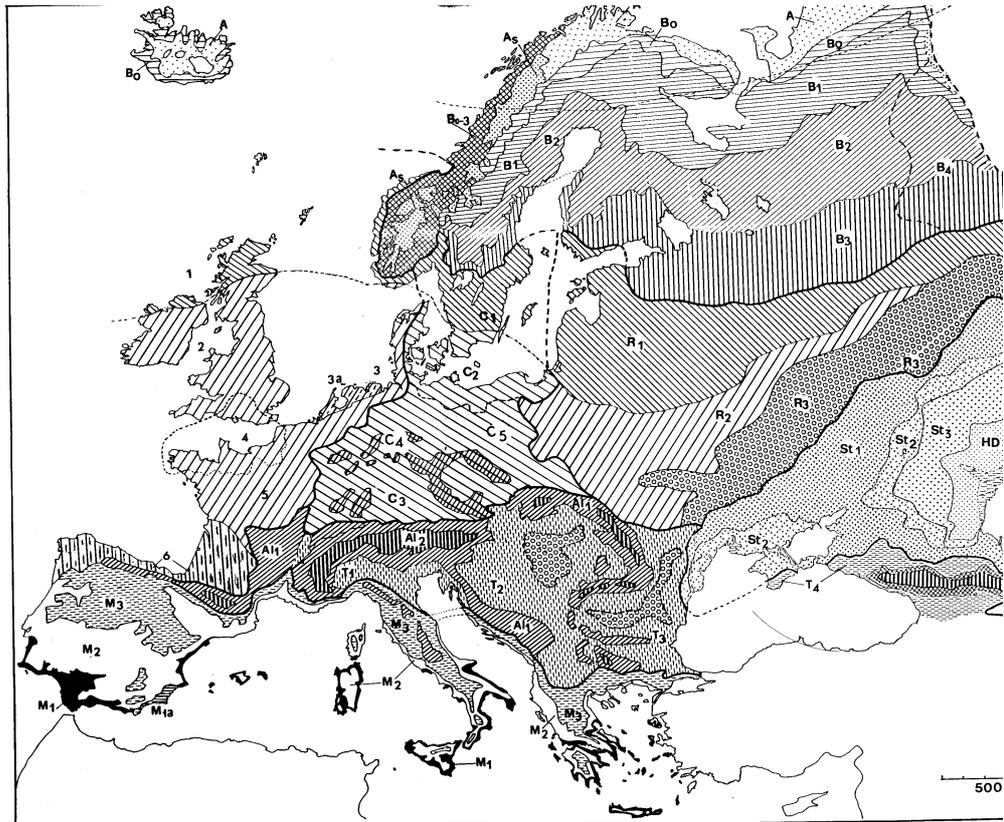
Pinus pinaster, Erica scoparia, Ruscus aculeatus, Cistus salviaefolius, Arbutus unedo, Rubia peregrina, Hypericum androsaemum,....

· Élément "européen":

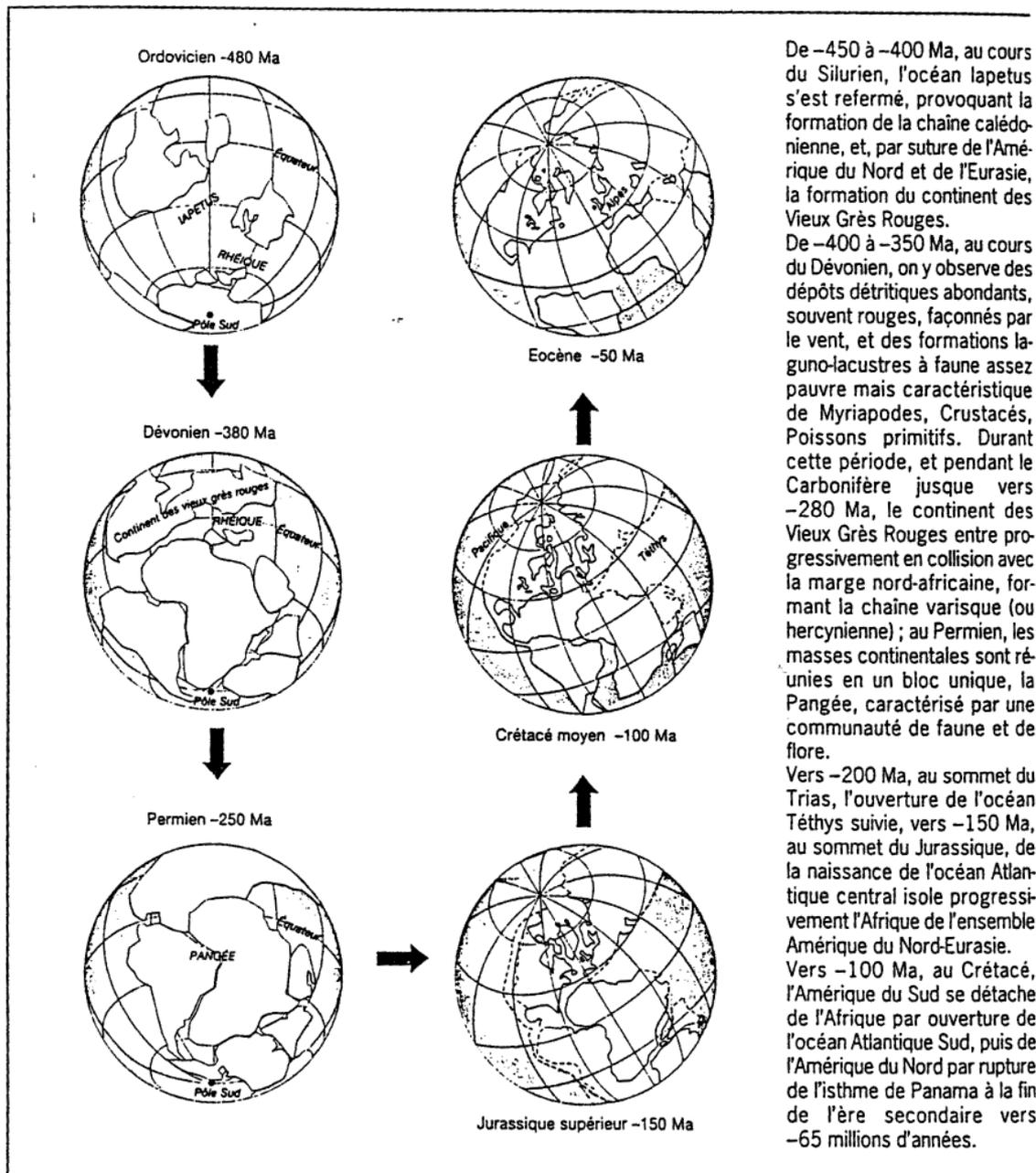
Quercus robur ...

Annexe 2 : Carte biogéographique de l'Europe (Ozenda P., 1994)

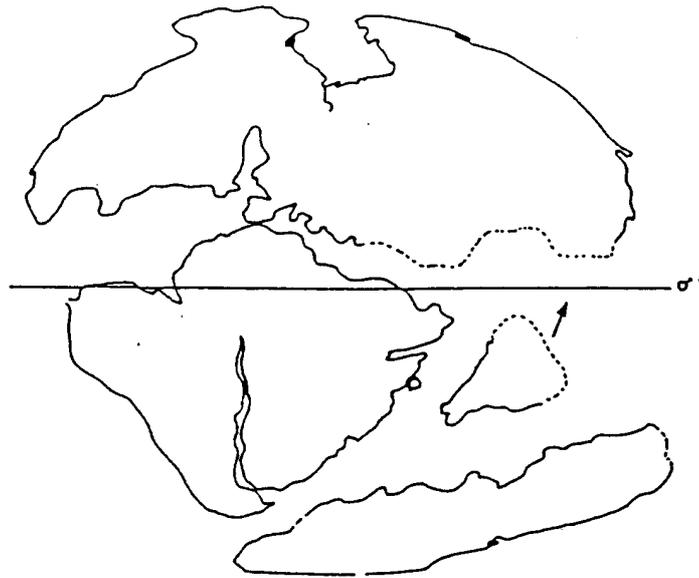
- DOMAINE BORÉAL**
 A₁- Toundra arctique
 A₂- Toundra de montagne
 (chaîne scandinave)
 B₀- Toundra arborée
 B₁- Taïgas du nord
 B₂- Taïgas du centre
 B₃- Taïgas du sud
 B₄- Taïgas pré-ouraliennes
 B₅-3- Complexe ouest-norvégien
- DOMAINE ATLANTIQUE**
 1- Secteur boréo-atlantique
 2- Secteur anglo-irlandais
 3- Secteur est - Mer du Nord
 3a- Végétation azonale littorale
 4- Secteur des hêtraies
 de la Manche
 5- Secteur ligéro-séquanien
 6- Secteur thermo-atlantique
- DOMAINE CENTRE-EUROPEËN**
 C₁- Secteur boréo-némoral
 C₂- Secteur des hêtraies baltes
 C₃- Secteur subatlantique
 C₄- Massifs hercyniens
 C₅- Secteur subcontinental
- DOMAINE SARMATIQUE**
 R₁- Ceinture boréo-némoral
 R₂- Ceinture médio-némoral
 R₃- Ceinture de la steppe arborée
- DOMAINE STEPIQUE**
 St₁- Steppes herbeuses
 St₂- Steppes moyennes
 St₃- Steppes subdésertiques
 HD- Semi-déserts
 h- Végétation halophytique
- DOMAINE THERMOMÉMORAL**
 T₁- Plaine du Pô
 T₂- Dépression panonique
 T₃- Chênaies balkaniques
 T₄- Crimée et avant-pays caucasien
- DOMAINE MÉDITERRANÉEN**
 M₁- Ceinture thermoméditerranéenne
 M_{1a}- Secteur aride
 M₂- Ceinture mésoméditerranéenne
 M₃- Ceinture supraméditerranéenne
 et végétation de montagne
- DOMAINE ALPIN**
 Al₁- Moyenne montagne à Hêtre
 (et ± Sapin et Epicéa)
 Al₂- Haute montagne
 et zones internes des chaînes



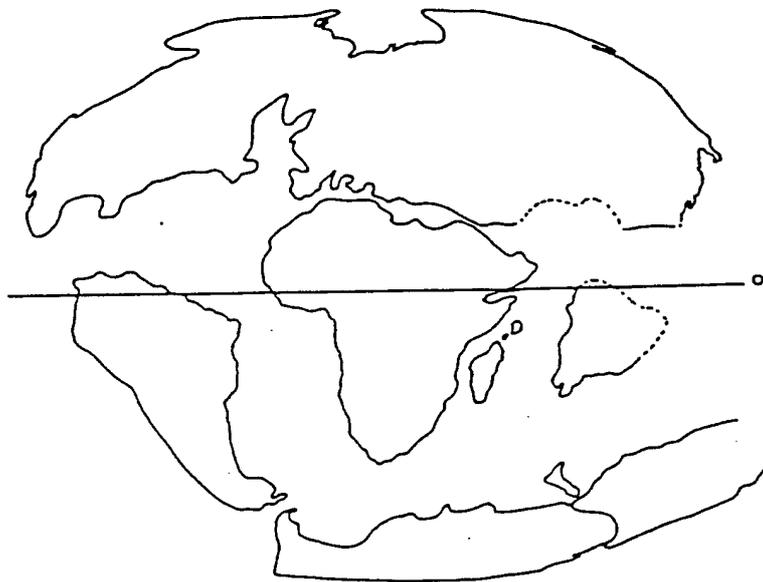
Annexe 4: Dérive des continents



1 La dérive des continents depuis le Dévonien : des soudures et des séparations successives (d'après Perro et Robardet 1990, et Irving).

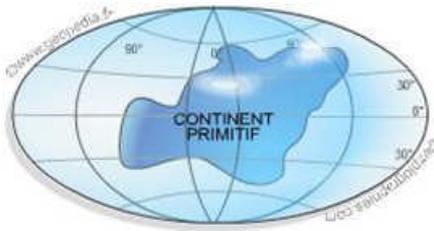


- Les masses continentales à la fin du Jurassique (~ 135 millions d'années). L'océan Atlantique et l'océan Indien sont ouverts. Le Sud de l'Atlantique commence à se former ; une connexion subsiste entre le Nord-Est de l'Amérique du Sud et l'Afrique occidentale. L'Inde, détachée du Gondwana, se déplace vers le Nord. L'Afrique est séparée des continents boréaux (Laurasie) par la Téthys. L'équateur est notablement plus au Nord qu'actuellement. (Adapté [et simplifié] d'après DIETZ et HOLDEN [1970, p. 36].)

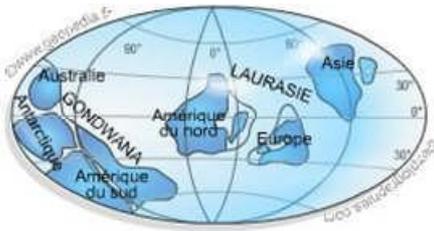


- Les masses continentales à la fin du Crétacé (~ 65 millions d'années). La séparation entre l'Amérique du Sud et l'Afrique est complète et l'océan Atlantique s'est élargi. Madagascar s'est détachée de l'Afrique. L'Australie est encore soudée au continent austral. (Adapté [et simplifié] d'après DIETZ et HOLDEN [1970, p. 37].)

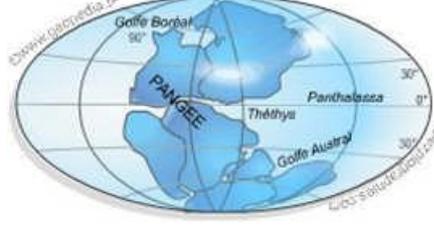
Précambrien (-900 10⁶années)



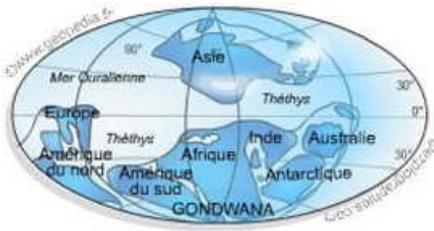
Cambrien (-570 10⁶années)



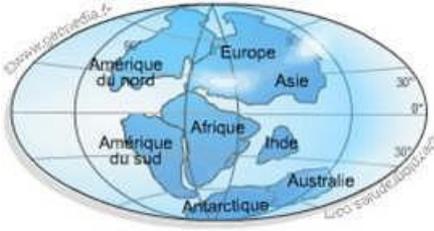
Trias (-240 10⁶années)



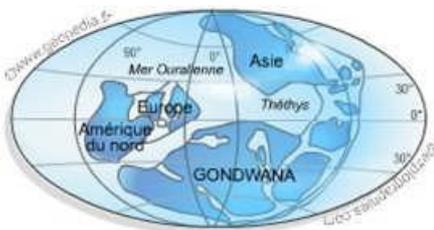
Dévonien (-400 10⁶années)



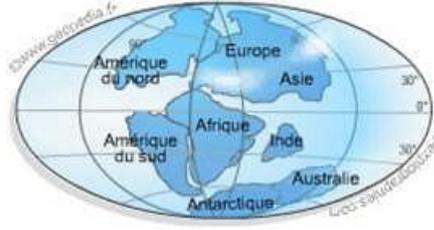
Jurassique (-200 10⁶années)



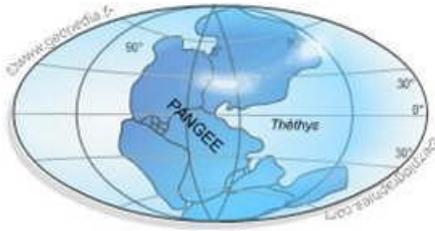
Carbonifère (-350 10⁶années)



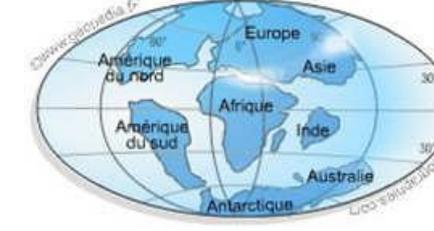
Crétacé (-135 10⁶années)



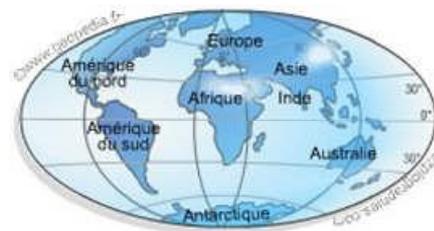
Permien (-270 10⁶années)



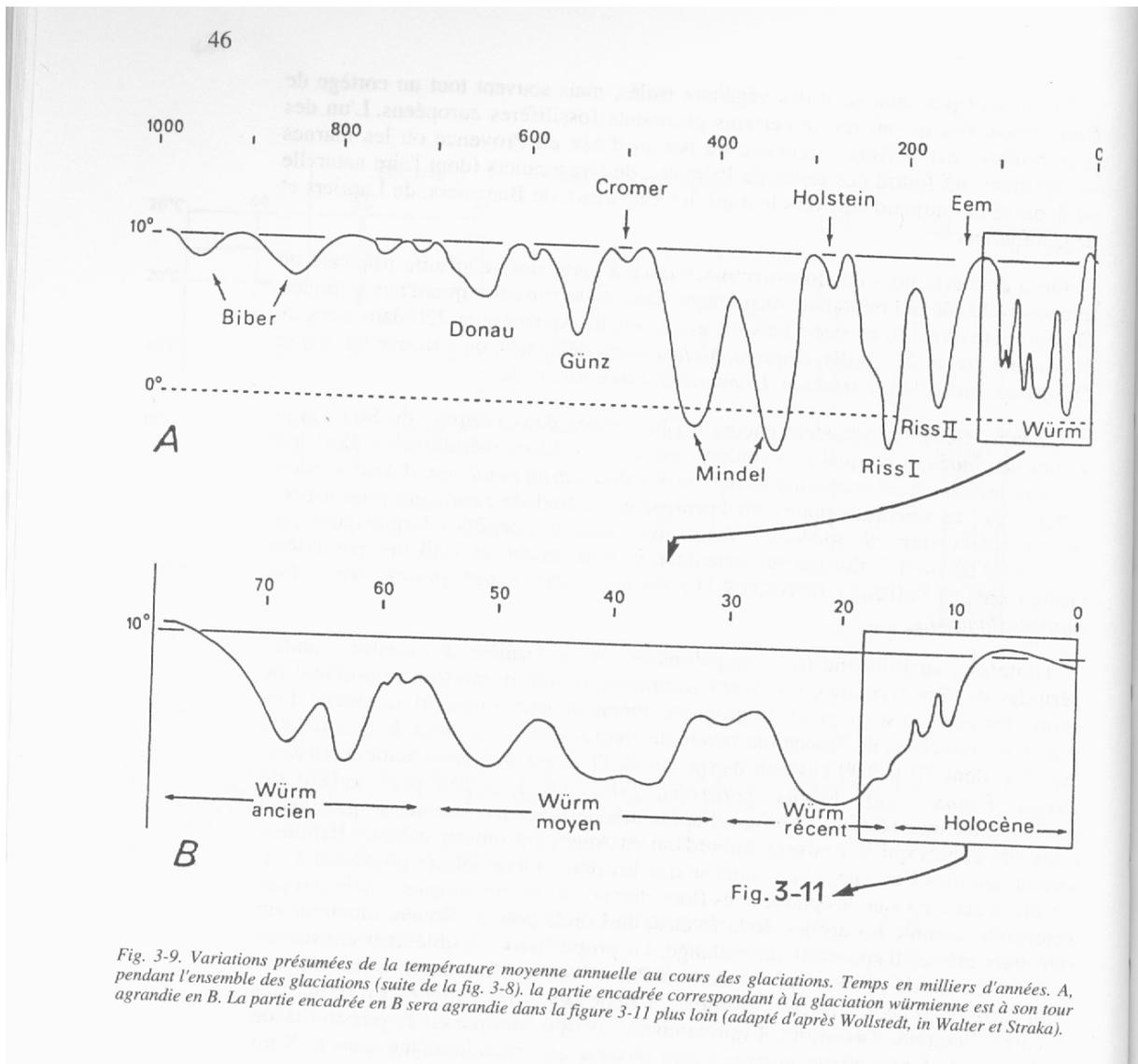
Paléocène (-65 10⁶années)



De nos jours



Annexe 4 : Documents d'Eléments d'histoire de la végétation forestière en Europe (tirés de Ozenda P., 1994)



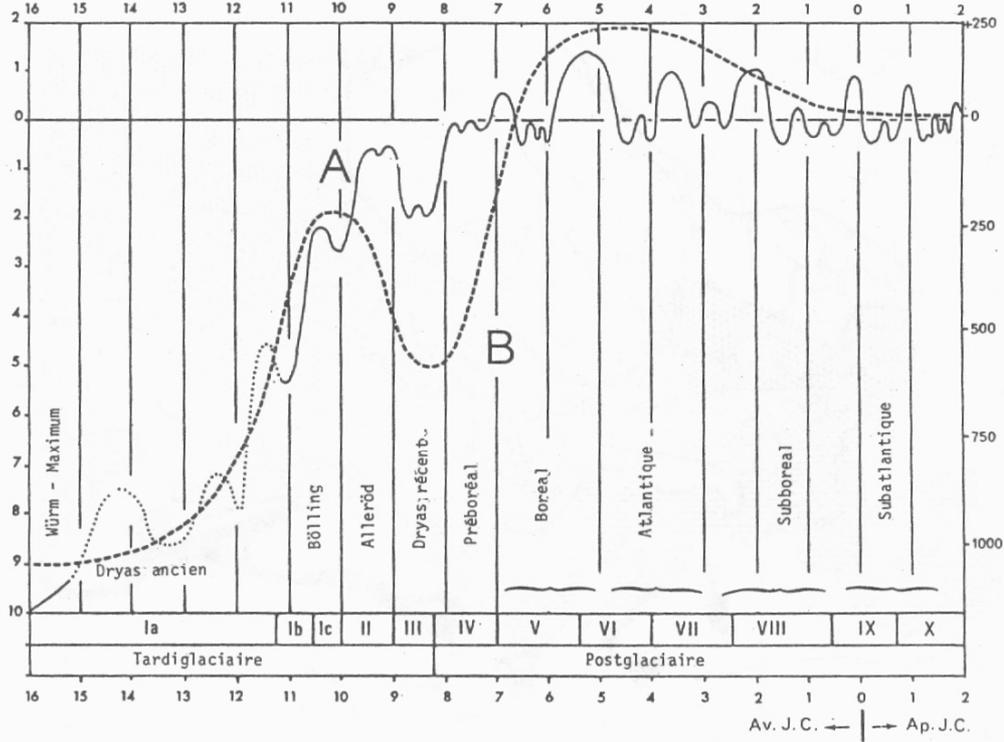


Fig. 3-11. Variations estimées de la température moyenne estivale par rapport à la température actuelle (notée ici 0) en Europe centrale (courbe) et variations estimées de la limite supérieure des forêts dans les Alpes (courbe en tirets). A la partie inférieure, les chiffres romains correspondent à la chronologie de Firbas et la dernière ligne à la chronologie absolue par radiodatage, en milliers d'années ; échelle des températures, de -10° à $+2^{\circ}$, à gauche. Echelle des variations d'altitude de la limite supérieure des forêts, à droite, de $-1\ 000$ m au-dessous du niveau actuel à $+250$ m au moment du maximum thermique à l'Atlantique.

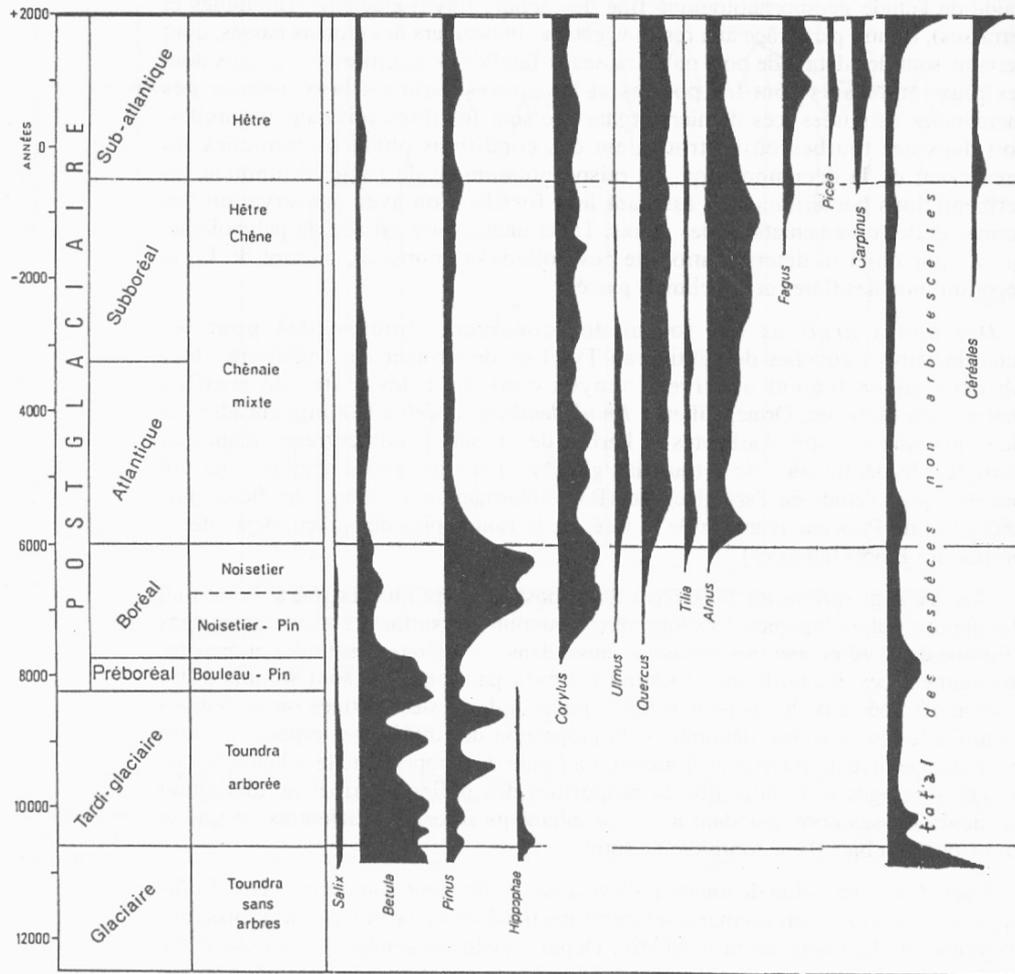


Fig. 3-12. Divisions chronologiques du post-glaciaire, et succession des flores.

Les profils représentés ici sont ceux d'une tourbière du Holstein, dans le Sud de la péninsule Danoise. Les flores froides du Tardi-Glaciaire et du Boréal (Saules, Bouleaux, Pins) cèdent la place à partir de l'Atlantique à des flores plus thermophiles (Chênes, Tilleuls, Aulnes, Orme), mais le Hêtre n'apparaît qu'à la fin du Subboréal et se développe progressivement au cours du Subatlantique. L'Epicéa apparaît ici très tardivement. Le Noisetier existe en proportion variable depuis le Boréal. L'ensemble des pollens des espèces non arborescentes est souvent groupé en une catégorie unique (désignée dans les ouvrages de palynologie de langue allemande par le symbole NBP, Nicht-Baum-Pollen). L'augmentation de la proportion des espèces herbacées est un indicateur de la pression humaine : régression des forêts, augmentation des céréales.

L'échelle chronologique portée sur la figure correspond à notre ère ; dans les textes l'indication des dates est alors souvent suivie de la mention BC (en anglais : Before Christus). Cette chronologie a l'avantage de permettre plus facilement une comparaison avec les données historiques et préhistoriques, c'est-à-dire des repères plus commodes par rapport au Moyen Age ou à l'Antiquité. Elle est par ailleurs moins commode lorsque l'on utilise par exemple les datations absolues au ^{14}C : aussi on emploie souvent une échelle partant de l'époque actuelle et les dates sont alors suivies de la mention BP (Before Present) et par convention on a pris pour origine l'année 1950. Dans la pratique on peut sans grand inconvénient considérer que les deux échelles sont équivalentes à une translation près correspondant au chiffre rond 2 000 ; cette approximation est de toute façon inférieure à l'erreur commise dans les radiodatages dont les valeurs ne sont, dans les meilleurs des cas, exactes qu'à plus ou moins un siècle.

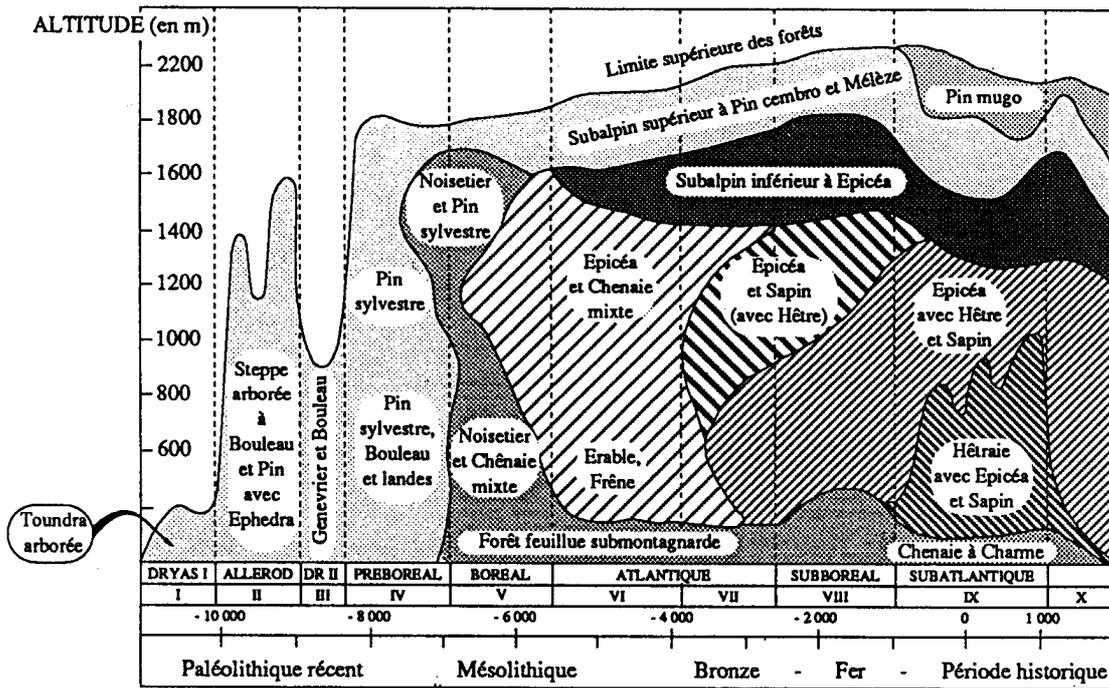
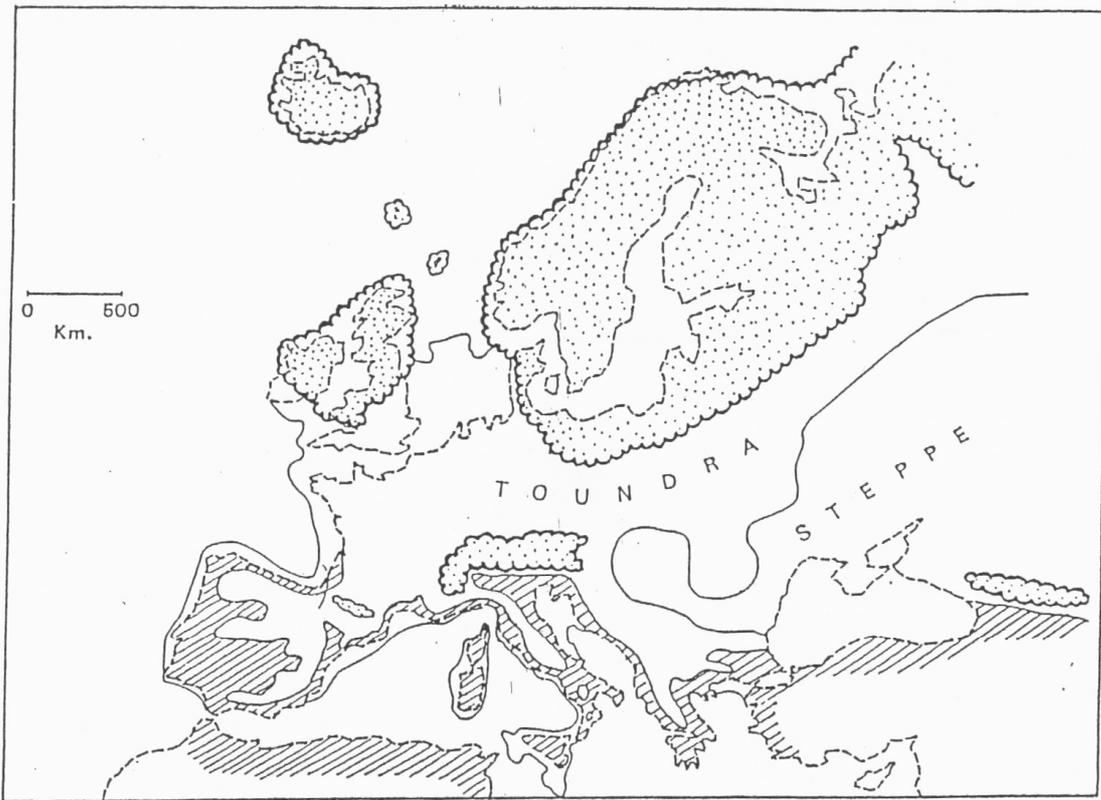


Fig. 13-12. Histoire post-glaciaire de la végétation forestière dans les Alpes nord-orientales et mise en place des actuels étages de végétation (d'après Mayer, 1966). Les limites d'étages ont atteint une limite maximum au Subboréal. Par la suite, la limite des forêts s'est abaissée de 400 m environ : cette régression est due pour moitié à la péjoration du climat et pour l'autre moitié à l'action anthropique qui a dégradé l'étage subalpin supérieur et conduit au remplacement des forêts proprement dites par les pâturages et les brousses de Pin mugo. De même, l'étage montagnard supérieur avec Sapins et Hêtres a perdu du terrain à sa limite supérieure au profit de l'étage subalpin inférieur à Epicéa.



- La végétation en Europe au moment de la dernière grande glaciation (würm).

En pointillé : principales terres alors recouvertes par les glaciers.

En hachuré : zones forestières-refuge.

Trait fin : limite du continent au moment du maximum glaciaire.