

11. Utilisation des synthèses bioclimatiques à des problèmes d'écologie appliquée.

Les climats de la planète ont varié au cours de l'histoire. Des alternances de climats arides et humides ont été observées dans la plupart des régions du globe. Ainsi, ce qui est aujourd'hui un désert a pu être une zone humide et fertile dans le passé et évoluera encore. De même, les forêts actuelles se sont développées à partir de couvertures végétales basses composées d'herbes et d'arbustes. Mais si l'homme continue de surexploiter le bois et d'influencer le climat par les rejets de gaz, qui sait ce qu'il restera de ces forêts dans quelques décennies ?

11.1 La notion d'échelle

La topographie est un paramètre important à prendre en compte en bioclimatologie car elle modifie sensiblement les caractéristiques climatiques locales. Ainsi, un peuplement forestier appartenant à une région climatique bien définie, c'est-à-dire à un mésoclimat bien caractéristique, peut supporter des conditions radicalement différentes des caractéristiques régionales selon son altitude, son exposition, etc. Etant donné le déterminisme qu'exerce la circulation générale de l'atmosphère, c'est-à-dire les mouvements de l'air à grande échelle, il convient de décrire d'abord les caractéristiques du climat régional correspondant puis d'examiner ensuite dans quelle mesure ces caractéristiques sont modifiées par des facteurs de "second" ordre liés à la topographie. Il convient donc de déterminer le topo climat afin de mieux analyser les effets des conditions climatiques locales sur les différents compartiments des écosystèmes (forestiers et autres...). Le concept de topo climat a été proposé pour la première fois par Thornthwaite (1953). Il recouvre l'étude des relations entre les formes du paysage et les caractéristiques du climat d'un lieu. A cette notion est associée une échelle spatiale réduite de l'ordre de 10 km en plaine et 1 km en montagne dans le cas d'un relief accidenté. On considère généralement trois types de topo climats qui sont principalement liés aux irrégularités du relief et à l'altitude : les topo climats de bord de mer, les topo climats de plaine et les topo climats de montagne.

- Les topo climats de bord de mer ont la particularité principale d'être soumis à l'alternance de la brise de mer et de la brise de terre au cours de chaque période de 24 heures ;
 - Les topo climats de plaine se différencient essentiellement en fonction du modèle du relief, qui n'est pas trop accidenté (vallées, collines), et de la proximité de surfaces homogènes étendues telles qu'une forêt ou un lac ;
 - Les topo climats de montagne résultent essentiellement des actions combinées de l'altitude et du relief (exposition des versants et inclinaison des pentes)
- L'échelle micro climatique : échelle de l'ordre de 100m. Au sein d'un même topo climat s'emboîte une multitude de micro climats par exemple au niveau d'une parcelle agricole, nous avons la proximité d'une haie, d'une étendue d'eau

12. Relations végétation climat

12.1. Adaptation des plantes aux conditions climatiques

Les plantes sont présentes presque partout à la surface de la terre et même dans les milieux hostiles à la vie tels que le désert, sous l'eau ou au-delà du cercle polaire en Arctique. La distribution des espèces végétales sur la planète bleue n'est cependant pas aléatoire mais principalement en lien avec les **conditions climatiques**.

La classification des climats la plus connue est celle du climatologue et botaniste allemand Wladimir Köppen (1846-1940) dont la version finale a été publiée en 1936. Elle comprend cinq groupes de climats correspondant à des régions différentes :

- les **régions tropicales** où est située 45 % de la surface globale des forêts. La végétation correspondante est la **forêt tropicale** ou la **savane** ;
- les **régions sèches et désertiques** essentiellement caractérisées par la présence d'arbustes et d'herbes ;
- les **régions tempérées** allant en Europe de la **forêt méditerranéenne** à la **forêt boréale** entre 40° et 55° nord ;
- les **régions froides et subarctiques** entre 55° et 70° possédant deux grands types de végétation : la **toundra**, dominée par des herbes et des mousses souvent associées à divers arbustes, et la **taïga**, forêt boréale de grands conifères, typiques de la Sibérie et du Canada et très réduite dans l'hémisphère sud ;
- les **régions polaires et de hautes montagnes**.

4.1 Les plantes adaptées à la sécheresse (plantes xérophytées)

Les plantes vivant dans les régions sèches et désertiques ont dû développer des mécanismes et stratégies permettant de gérer cette ressource naturelle parfois très rare qu'est l'eau. Différentes modalités existent :

1. **Adaptation du cycle de végétation à la saison des pluies** : plantes annuelles qui survivent sous forme de graines en saison sèche ou qui entrent en dormance durant l'été ;
2. **Stockage d'eau et de nourriture** (principalement hydrates de carbone) pendant de longues périodes dans des tiges souterraines ou des racines profondes et épaisses. L'appareil racinaire peut correspondre à environ 10 fois la masse des parties aériennes. L'harpagophytum poussant dans le désert du Kalahari en est un bel exemple dont on utilise en thérapeutique la racine secondaire tubérisée.

3. **Ralentissement de l'évapotranspiration par différents mécanismes** :

- a. réduction du nombre de stomates (responsables lors de la photosynthèse et l'évacuation de l'eau) se concentrant sur la face inférieure des feuilles moins exposées au soleil ;
- b. couverture des feuilles par de longs poils d'aspect laineux (trichomes) réfléchissant la lumière, limitant l'échauffement et conservant l'humidité (**lavandes, sauges** ou **thym**) ;
- c. réduction de la taille des feuilles comme chez la **bruyère**, **l'astragale** ou **l'asperge** ;

- d. enroulement plus ou moins important de la feuille en fonction de son état d'hydratation (**romarin**) ;
- e. épiderme recouvert d'une couche imperméable à l'eau (**l'olivier**, **l'arbousier**, **le pistachier** ou les succulentes qui stockent l'eau dans leurs feuilles telles les plantes de la famille des crassulacées dont **l'orpin rose** *Rhodiola rosea* L. et la **joubarbe**) ;

12.2 Les plantes adaptées au froid et à l'altitude

Les plantes de montagne et celles vivant dans la toundra ont, quant à elles, développé plusieurs stratégies pour faire face à un milieu où la neige persiste longtemps au sol, où il y a une courte saison végétative, une forte sécheresse, du vent, de fortes amplitudes thermiques, etc. Parmi les adaptations développées afin d'éviter le froid et en limiter les effets peuvent être citées :

- la réduction de taille permettant de profiter de la chaleur du sol et de disposer d'une protection contre le vent par le manteau neigeux ;
- la croissance de certains arbres à l'horizontale et non à la verticale comme chez le **bouleau** ou le **saul** dans la toundra ;
- le développement en coussinet qui réduit l'évaporation et qui emprisonne la chaleur des rayons du soleil ;
- la présence de feuilles réduites, épaisses et à surface cireuse empêchant la perte d'eau par des vents desséchants ;
- la présence d'un cycle de reproduction rapide.

12.3. Les plantes adaptées à la lumière

12.3.1. Besoin de lumière des **Sciaphytes** et des **Héliophytes**

Les besoins de lumière des jeunes plantes sont très variables or le rayonnement solaire agit par son intensité, par sa qualité et par sa durée, sur la morphogenèse et la croissance de l'individu ; par sa durée il intervient sur les processus de mise à fleur et constitue un facteur important du développement de l'organisme. La plupart des plantes ont des cycles de reproduction et de nutrition qui sont fonction de l'intensité de la lumière et de l'obscurité, ou encore du changement des saisons provoqué par le mouvement planétaire. Le besoin de lumière des plantes vertes étant variable, Wiesner distinguait 3 groupes d'espèces en fonction de leurs exigences vis à vis de la lumière : Il y a des espèces que l'on rencontre exclusivement dans les stations découvertes et ensoleillées, et pour lesquelles le besoin de lumière est de 100 % : ces **héliophytes obligatoires** sont les plantes des déserts, des toundras, des hautes montagnes et des steppes.

- Il y a des espèces qui peuvent vivre avec 100 % de la lumière du jour mais qui peuvent tolérer aussi un certain ombrage. A cette limite, l'individu étiolé peut fleurir ou être stérile. Ce sont les **sciaphytes facultatives** parmi lesquelles on trouve des "mauvaises herbes" (*Matricaria discoidea* : 100-50% ; *Sedum acre* : 100-48%...etc.

- Il y a des espèces qui dans la nature ne sont jamais à la lumière du jour directe, ce sont les **sciaphytes obligatoires**. L'intensité lumineuse optimale est plus petite que pour les plantes précédentes, mais cet optimum ne peut pas être très petit, tandis que le minimum peut être très bas. Exemples : *Corydalis cava* (50-25%), *Anemone nemorosa* (40-20%).

Les plantes vertes ne peuvent donc fleurir que si elles reçoivent une quantité suffisante d'énergie lumineuse, appelée le minimum trophique de lumière ou d'éclairement. Il correspond à la durée minimale de lumière pour assurer à la plante par la photosynthèse une nutrition suffisante susceptible de permettre la croissance végétative de l'individu et son accession à la maturité de floraison. Ainsi, les différences de floraison ou de feuillaison sont exclusivement reliées à la longueur du jour et à l'intensité lumineuse, aux différentes périodes de l'année. Dans l'hémisphère Nord, ces valeurs sont comprises entre un maximum (solstice d'été) et un minimum (solstice d'hiver).

12.3.1.1. Adaptation des plantes sciaphiles aux faibles éclairements

L'adaptation des sciaphytes aux faibles éclairements relève de mécanismes d'évitement, ou de mécanismes de compensation de la diminution d'énergie lumineuse. Dans des conditions limitantes d'éclairement, la faculté d'absorption d'énergie peut être augmentée par :

- La diminution du pouvoir réfléchissant des feuilles (cuticule mince, absence de couche de cire ou de poils).
- La présence de chloroplastes dans les cellules épidermiques.
- Une augmentation de la teneur en chlorophylle ou d'autres pigments, ce qui permet d'absorber l'énergie apportée par des radiations de longueur d'onde différentes.
- Une augmentation de la surface foliaire pour compenser la faible activité photosynthétique (due à la faible luminosité) : cette augmentation de surface est toutefois compatible avec la transpiration. Cette plasticité de la surface foliaire implique une réduction du tissu palissadique à une seule assise chez les feuilles ombrées (au lieu de 2-3). L'arrangement et l'espacement des feuilles individuelles le long de la tige sont réglés de façon à permettre l'exposition maximale à la lumière et à l'absorption maximale de CO₂ : les feuilles peuvent alterner le long de la tige, être opposées par paires, émerger graduellement en spirale, ou être sous forme de rosettes planes (pour les plantes prostrées sur le sol).

12.3.1.2. Adaptation des héliophytes au fort éclairement

a. Les adaptations morphologiques

Les individus développés aux forts éclairements diffèrent des individus développés à l'ombre par une taille basse, un port rampant, une disposition des feuilles en rosettes ou en coussins, des tiges plus ramifiées avec des entre-noeuds plus courts, des organes souterrains plus importants, des feuilles plus épaisses de dimension plus faibles et moins intensément colorées. Avec des

protections périphériques (épiderme, cuticule, pilosité) plus importantes, un parenchyme palissadique plus développé, une floraison et une fructification généralement plus abondantes et plus précoces, des feuilles plus grandes aux coloris plus intenses...

b. Les effets nocifs d'une lumière intense

La quantité importante d'infrarouge accompagnant des insolations intenses provoque la fanaison avec une élévation, anormale de la température des organes. L'excès de lumière peut déterminer 2 sortes de lésions, soit directes, soit indirectes. Les lésions directes s'observent sur les enzymes de la membrane (intervenant dans le transport actif) qui subissent des dommages par photo-oxydation. Les tissus profonds des héliophytes sont protégés, contrairement aux sciaphytes, de l'irradiation directe par de nombreuses protections périphériques : membranes, couche de cire ou de subérine, pilosité, présence d'anthocyanes dans les cellules épidermiques évitant l'échauffement excessif des tissus sous-jacents.

c. Les adaptations physiologiques

Les héliophytes développent des protections contre les effets directs des radiations UV : inhibition de la respiration chez certaines algues, destruction du cytochrome A, de la cytochrome oxydase de la levure et du cytochrome A3 des mitochondries ; ces protections produisent des pigments flavonoides qui absorbent les UV et minimisent les dommages.

D'autre part, 3 fonctions sont sensibles à l'intensité lumineuse : la respiration, la photosynthèse et la transpiration. Des modifications physiologiques profondes vont alors influencer la croissance et la morphogenèse de l'individu pour conduire à des types biologiques parfaitement adaptés aux conditions du milieu.

L'évolution de l'activité photosynthétique d'une plante chlorophyllienne est étroitement liée à la quantité d'énergie lumineuse reçue ; la mesure de l'activité assimilatrice peut se faire par la mesure de la quantité de CO₂ absorbée ; mais du fait de la simultanéité des processus respiratoires et photosynthétiques, il y a lieu de distinguer :

- La photosynthèse brute qui correspond à la réduction totale du CO₂.
- La photosynthèse nette, qui correspond au gain de CO₂, avec déduction de la perte de CO₂ par (photo)respiration et par diverses carboxylations non dépendantes de la photosynthèse (PEPCase).

Pour une valeur d'éclairement, la quantité de CO₂ fixé peut égaler la quantité de CO₂ produit par la respiration : la photosynthèse apparente est alors nulle, les échanges gazeux de la respiration et de la photosynthèse s'équilibrant : c'est le point de compensation. Deux groupes de plantes ont été définis chez les Graminées où le phénomène est en rapport avec la structure anatomique des feuilles. Chez les Poacées (ex : Blé), où l'assimilation du carbone génère une molécule de type C₃ : aldéhyde phosphoglycérique), le phénomène de la saturation lumineuse est particulièrement net. Chez d'autres Graminées (Maïs, Sorgho, Canne à sucre des panicoïdes), où le cycle d'assimilation du carbone fait intervenir des molécules en C₄, le phénomène de la saturation lumineuse n'est

pratiquement pas décelable. La distinction entre plantes en C3 et C4 n'est pas absolue, car il existe des types intermédiaires de métabolisme : chez *Atriplex*, on connaît des espèces de type C3 et des espèces de type C4, et leur croisement aboutit à des intermédiaires.

Il y a un autre type de métabolisme, le métabolisme CAM des Crassulacées et des Cactées qui se comportent comme les plantes en C3 le jour et comme les plantes en C4 durant la nuit (la fixation du CO₂ est nocturne et le CO₂ est libéré le jour pour la photosynthèse). Du point de vue écologique, les plantes en C4 et les plantes CAM semblent être particulièrement bien adaptées aux climats fortement ensoleillés et aux faibles latitudes ; ils constituent une évolution, car ces métabolismes sont inconnus chez les Algues et chez les Végétaux Inférieurs.

12.3.2. Le besoin de lumière pour les différentes espèces

Les besoins en lumière conditionnent la répartition des espèces : les espèces héliophiles fuient les endroits ombreux, les espèces sciaphiles préférant les sous-bois. Il se constitue alors dans la nature des groupements pluri strates dans lesquels on a essentiellement une strate arborescente et une strate herbacée ou arbustive. La strate arborescente intercepte une quantité d'énergie et exerce un effet de filtration sélectionnant des radiations lumineuses, modifiant quantitativement et qualitativement l'éclairement sous-jacent. La strate herbacée réagit de plusieurs manières aux variations de l'intensité d'éclairement. Dans les bois ou forêts à feuilles caduques, un 1er groupe d'espèces accomplit son cycle de développement avant la feuillaison de la strate arborescente : ce sont les espèces à feuillaison printanière. Ces plantes se développent dans un sous-bois très ensoleillé ; ce sont des plantes héliophiles normales, leur cycle de développement court leur permettant une croissance avant que le sous-bois ne devienne ombrageux.

Pour la strate arborescente, les plantes héliophiles captent le rayonnement solaire direct. Quand ces espèces sont serrées, on constate que la lumière détermine une croissance rapide : tronc élancé, élagage naturel des branches car ces plantes ne reçoivent pas la quantité de lumière voulue. Le renouvellement de cette strate se fait par des graines ; les plantules issues de ces graines subissent des conditions d'éclairement de strate herbacée, il peut y avoir alors sélection des espèces dont les plantules sont les plus sciaphiles.

12.3.3. Action de la lumière sur le développement : le photopériodisme

L'action du rapport entre la durée du jour et de la nuit est un facteur prépondérant dans l'élaboration des ébauches florales. Cette action fut découverte par Garner et Allard sur une variété de Tabac : en été la plante pousse sans fleurir, et si elle fleurit, cette floraison est très tardive (automne). Cultivée en hiver à même température qu'en été, la floraison est rapide et se fait après une croissance réduite. Si dans la serre, on maintient une lampe allumée en permanence ou pendant quelques heures, la floraison n'a pas lieu. Inversement, si en été, on place la plante à l'obscurité pendant une partie du jour, la floraison et la formation des graines s'effectuent normalement.

Le photopériodisme désigne alors l'ensemble des réactions des êtres vivants vis à vis d'un mode défini d'alternance de lumière et d'obscurité. La photopériode est l'ensemble des 2 temps qui

alternent régulièrement : un temps d'éclairement (héméropériode) et un temps obscur (nyctipériode). En conditions naturelles, la durée du cycle photopériodique est de 24 heures avec des valeurs variables pour la nyctipériode et l'héméropériode : sous les tropiques, il y a égalité alors que des modifications par un temps de lumière ou d'obscurité.

12.3.3.1. Comportement des plantes vis à vis du photopériodisme

Au point de vue photopériodisme, on distingue 3 catégories essentielles de plantes :

- Les plantes indifférentes : ce sont des plantes capables de former leurs ébauches florales à partir d'une graine ou d'un tubercule sans influence de la durée relative des périodes d'obscurité ou d'éclairement, pourvu que leur minimum trophique d'éclairement soit respecté. Ce sont des plantes pourvues en général de réserves importantes, capables d'une longue survie sans photosynthèse : Arachide (déjà dans la plantule apparaît une ébauche de bouton floral), la Pomme de terre (les pousses étiolées présentent parfois des ébauches florales), la Narcisse (le bulbe assez gros peut donner une plante qui fleurit même à l'obscurité).
- Les plantes de jour long ou plantes héméropériodiques : la mise à fleur des héméropériodiques absolues (exemple : *Anagallis arvensis*) est d'autant plus précoce que la durée quotidienne d'éclairement augmente ; c'est pratiquement sous éclairement continu que la mise à fleur est la plus rapide. Par contre, leur floraison devient impossible si la durée de l'éclairement est inférieure à la photopériode critique ou héméropériode critique.
- Les plantes de jour court ou plantes nyctipériodiques : On trouve comme précédemment des préférantes et des absolues. Les absolues ne forment jamais d'ébauches florales au-dessous d'une certaine nyctipériode critique, pourvu que le minimum trophique soit

satisfait (exemple : *Nicotinia tabaccum Maryland mammoth*), les plantes nyctipériodiques sont ainsi incapables de fleurir si la durée quotidienne d'éclairement excède un tant soit peu la photopériode critique.

12.3.3.2. Rôle du photopériodisme dans la répartition des espèces

La réaction photopériodique des espèces végétales est une propriété d'origine génétique qui est toujours adaptée aux conditions du milieu d'origine d'où provient l'espèce considérée. Les caractères de la photopériode interviennent ainsi d'une manière importante sur la répartition des espèces. En particulier, l'extension naturelle en latitude des plantes à fleurs qui présentent des exigences photopériodiques est souvent limitée de façon absolue par le régime saisonnier de la durée du jour.

La flore des régions de latitude moyenne (zones tempérées) compte beaucoup de plantes indifférentes au photopériodisme, mais le développement est par contre sensible à la température (vernalisation). Beaucoup sont des espèces annuelles qui fleurissent pendant la belle saison durant laquelle la température leur particulièrement favorable. A côté de ces espèces, on trouve d'assez nombreuses plantes de jour long qui sont mises à fleur dans le courant du printemps par la durée

croissante des jours ; elles prolongent leur floraison jusqu'en automne ou ne fleurissent qu'en ce moment-là, soit parce que leur état floral se poursuit, soit parce que la mise à fleur exige un très grand nombre de jours longs.

En régions de basse latitude (pays tropicaux et surtout équatoriaux), il existe aussi quelques plantes indifférentes au photopériodisme : elles sont souvent vivaces et ligneuses ; leur floraison dépend surtout de petits incidents météorologiques (petites alternances de température, de pluie, de sécheresse). Mais le fond de la flore est constitué d'espèces de jour court.

Les besoins photopériodiques des espèces végétales ont de nombreuses incidences pratiques. Par exemple, lorsque la Betterave est déplacée vers les latitudes élevées, son cycle de développement se trouve modifié ; de bisannuelle la plante devient annuelle, ce qui a pour effet de réduire considérablement son rendement. De telles modifications sont parfois recherchées en agronomie.

12.3.4. La photo-réception

L'organe de perception (oeil) n'est pas individualisé chez les plantes, mais on constate une réaction de croissance directionnelle (tropisme ou tactisme ou taxie). Une des réactions les plus caractéristiques des plantes est le phototropisme positif qui est la tendance d'une plante à répondre à une source directionnelle d'illumination en croissant vers elle.

12.4 Plantes Adaptées Aux Milieux Salés (Plantes Halophytes)

Parmi les plantes halophytes les plus connues on trouve la **criste marine** des côtes maritimes et la **salicorne** des pré-salé. On peut aussi citer le **palétuvier** présent dans la mangrove en zone tropicale. Deux problèmes se posent à ces plantes, d'une part le sel contrarie leur approvisionnement en eau et, d'autre part, elles doivent contrôler leur contenu en sel qui ne peut dépasser un seuil toxique.

Pour que l'eau soit absorbée par les racines d'une plante il faut que ses cellules aient une salinité plus élevée que le milieu extérieur, le déplacement de l'eau s'effectuant naturellement du milieu le plus dilué vers le plus concentré en sels minéraux et solutés organiques (c'est ce que l'on nomme le **phénomène d'osmose**). Ainsi, des **adaptations anatomiques et physiologiques** sont présentes pour gérer l'excès de sels et économiser de l'eau :

- 1. réduction de la transpiration** : diminution de la taille de l'appareil aérien, feuilles souvent modifiées en aiguilles ou écailles, cuticule épaisse recouverte d'une couche cireuse ;
- 2. constitution de réserves d'eau** : organes aériens souvent succulents ou charnus comme chez les végétaux vivant dans des milieux arides ;
- 3. contrôle de l'entrée des sels** : sélectivité de la perméabilité membranaire, présence de glandes dans l'épiderme chargées de l'excrétion des sels, surtout le chlorure de sodium, ou stockage de ceux-ci dans des vacuoles ou perte d'organes chargés en sel.

12.5 Plantes adaptées aux milieux aquatiques (plantes hydrophytes)

L'ensemble de l'appareil végétatif des hydrophytes est en contact avec l'eau. La concentration du dioxygène dans ce milieu n'étant pas la même que celle de l'air, ces plantes ont développé des stratégies d'acquisitions. Entre autres, elles possèdent un tissu parenchymateux comportant de larges espaces intercellulaires remplis d'air, servant à transporter le dioxygène des parties hors de l'eau vers celles sous l'eau. De plus, ces plantes absorbent l'eau directement du milieu extérieur grâce à la surface de leur feuille qui n'est pas ou peu cutinisée.

12.2. Adaptation des animaux

12.2.1 Adaptation animale au froid

- Certains animaux continuent à avoir une vie active : Le Renard a une fourrure plus épaisse. Les hirondelles, les cigognes, les oies cendrées... échappent au froid en migrant vers des régions plus chaudes et où la nourriture est plus abondante.
- D'autres ont une vie ralentie : Certains mammifères (animaux à température constante) tels le Hérisson, la Marmotte, entrent dans un sommeil profond et leur température interne baisse : on dit qu'ils hibernent. Les animaux à température variable passent l'hiver engourdis dans un abri (serpents, grenouilles ...) : c'est l'hivernation

12.2.2 Adaptation animale aux fortes températures et à la sécheresse

Différentes stratégies sont utilisées par le monde animal pour parvenir à survivre en cas de sécheresse : des adaptations éthologiques, des adaptations morphologiques et des adaptations physiologiques.

Les adaptations éthologiques La première méthode utilisée et la plus évidente pour résister à la chaleur est un changement du comportement. Certaines espèces évitent les fortes chaleurs en se cachant dans le sol ou dans des terriers pendant le jour, comme les gerboises. La température dans ces terriers peut chuter de 10°C par rapport à la température extérieure. Ces animaux ont des modes de vie nocturnes et évitent ainsi la chaleur du jour.