

ETONNANTES ADAPTATIONS DES PLANTES AUX CONDITIONS DE VIE ALPINES

Notre point de départ botanique commence au Silurien (-400 Ma), où les plantes pionnières apparaissent, avec la *Cooksonia hemisphaerica*. Dès le carbonifère (-360 Ma à -285 Ma), la vie va conquérir la terre ferme tout en demeurant proche de l'eau (plaines marécageuses). Les fougères à graines » (gymnospermes), précurseurs de nos actuelles plantes à fleurs, amorcent alors la diversification des plantes. À cette époque, les continents sont regroupés et plutôt situés vers des latitudes sud. **La France se trouve ainsi proche de l'équateur**, avec présence de forêts caractéristiques d'un climat tropical. Ce n'est que vers la fin du Jurassique, (-160 Ma), que la fragmentation continentale s'accroît et qu'elle individualise les masses continentales que nous connaissons aujourd'hui. C'est ensuite au Crétacé inférieur (-100 Ma), que l'évolution fait apparaître nos **Angiospermes (= plantes à fleurs)** qui s'affranchissent définitivement du milieu aquatique grâce à leur appareil reproducteur doté d'un tube pollinique, autorisant l'adaptation à tous les climats, (sous réserve des deux facteurs limitant qui sont la température et, la disponibilité en eau). Le Crétacé supérieur (-100 à -65 Ma) est l'époque où la Terre est entièrement dépourvue de glace. Il débouche sur le Paléocène (65-56 ma), où le climat est chaud et humide. Les forêts tropicales dominent donc, avec des lauriers, magnolias, tulipiers, et palmiers-dattiers. Même aux pôles, il n'y a pas de glaciers et l'on y retrouve de nos jours des fossiles de plantes tropicales du carbonifère, et de conifères datant du tertiaire !

De larges surfaces sont envahies par des mers avec un niveau 200 mètres plus élevé qu'actuellement. Ainsi, une partie de ce qui deviendra plus tard le Jura, et le pied des Préalpes sont envahis par une plaine marécageuse couverte d'une **végétation subtropicale luxuriante** qui remonte très haut en altitude. Il y a 40 millions d'années, les Alpes se soulèvent et le climat commence à se refroidir. Une flore nouvelle apparaît sur les montagnes en formation, associée à des plantes inféodées initialement à ce climat subtropical et qui s'adapteront progressivement aux conditions de vie sur ces nouveaux reliefs. **La Ramondie des Pyrénées, les Lis orangés et le Sabot de Vénus**, par exemple, sont les témoins actuels d'une origine subtropicale. Le sabot de Vénus appartient à la famille des Orchidées, plantes à fleurs la plus représentée sur Terre, avec près de 20 000 espèces recensées, et ses fleurs présentent une ressemblance étroite avec celles des grandes orchidées tropicales.

Il y a environ 6 Ma, le climat de l'Europe entame un lent refroidissement qui aboutit, entre -5 et -3 Millions d'années, à la préservation du manteau neigeux en altitude et à l'apparition de la calotte glaciaire au pôle Nord.

L'ère quaternaire, qui a débuté il y a 1,8 millions d'années, a recouvert d'une calotte glaciaire également une grande partie l'Europe sous l'effet de plusieurs glaciations successives qui ont abouti à la destruction totale d'une bonne part de la flore qui s'était installée en montagne, ou à un transfert de cette flore, repoussée vers les plaines comme les espèces des zones arctiques.

Il y a 16 000 ans, toutes les Alpes sont recouvertes de glace, à l'exception de quelques sommets préalpins et de quelques pentes ensoleillées, qui ont joué un rôle de refuge pour la flore. **Après la dernière glaciation**, le réchauffement climatique qui génère le recul des glaciers de l'arc alpin et du nord de l'Europe, conduira à un **phénomène inverse de**

recolonisation dans des espaces à nouveaux propices, à partir des zones arctiques et des secteurs montagneux tempérés, aboutissant enfin à la flore contemporaine.

Notre flore actuelle est donc le résultat final d'une colonisation issue primitivement de plusieurs origines, et qui vont évoluer :

- **Des plantes d'origine arctique**, qui se sont retirées vers leur aire d'origine et qui ont aussi recolonisé les Alpes où les conditions de vie étaient comparables; elles sont dites artico-alpines comme le bouleau et saule nains, **la Dryade à huit pétales**, **la Renoncule des glaciers** constituent des **reliques de cette époque glaciaire**, (tout comme le papillon apollon que l'on ne trouve qu'en montagne).
- **Des espèces originaires d'autres zones montagneuses que les Alpes**, (espèces orophiles), **en provenance d'Asie** : l'edelweiss, l'aconit, les soldanelles l'astragale, la gentiane, l'androsace, le rhododendron, l'ancolie, la primevère, la pédiculaire, l'armoise.
- **Celles issues du pourtour méditerranéen**: la silène, le narcisse, le crocus, la linaira, la globulaire, la campanule, ..
- **Celles venues d'Amérique** (en passant par l'Asie): le raisin d'ours et l'arnica.
- ainsi que des **reliques de la période antérieure subtropicale** du tertiaire, ayant trouvé refuge dans des zones abritées.

A l'étage alpin, les plantes ont à supporter des conditions de vie particulièrement difficiles. La température annuelle moyenne de l'air, qui n'atteint plus que 0 à 1°C à la limite supérieure des arbres, décroît de 0,55 °C par 100 m d'altitude. Entre 2200 et 3000 m, la proportion des précipitations qui tombent sous forme de neige passe de 60 à 90 . La période végétative est courte (2 à 3 mois) et cette brièveté de la belle saison oblige toutes les espèces à fleurir pratiquement en même temps, d'où la profusion de couleurs dans les pelouses d'altitude en été, car elles ne fleurissent que quand les jours sont longs (plus de 12h), là où il y a la plus forte présence d'insectes.

En moyenne montagne, la plupart des plantes sont pollinisées par ces insectes et pour les attirer lors de cette courte période de reproduction, la sélection naturelle les a vu évoluer avec des adaptations remarquables. Ainsi , au fur et à mesure que l'on monte en altitude et qu' il y a moins d'insectes en raison de l'abaissement de la température, les fleurs sont plus colorées afin de pouvoir continuer à les attirer.

Ces couleurs très vives des pétales, comme dans les steppes et le désert par convergence évolutive, sont donc plus attractives, mais assurent aussi, à la manière de notre bronzage, une protection efficace contre les rayons visibles et ultraviolets plus intenses en altitude (l'insolation augmente de 40 % entre 300 et 3000 m du fait que les rayons du soleil ont une tranche d'atmosphère moins épaisse à traverser).

La coloration de la fleur et de la plante vient de sa forte concentration en pigments.

La protection anti irradiation peut être également apportée par un autre phénomène adaptatif comme **un duvet** protecteur et, là, les poils protègent aussi la plante vivace en hiver, des cristaux de glace transportés par le vent, ils limitent aussi les pertes de chaleur et d'eau.

- outre les couleurs vives, la taille et la forme des fleurs sont adaptées en montagne avec par exemple des tubes qui captent la chaleur comme un four (gentiane acaule), et des **corolles démesurées** par rapport aux autres parties de la plante (ex: iris, gentianes...)

- l'émission forte de parfums et de nectars (ex: labiées) .
- la **grande longueur des tiges** qui est un mode d' adaptation adopté par certaine plantes pour mieux mettre en évidence la partie fleur (gentiane jaune) ou pour laisser ensuite des hampes desséchées dépassant la neige, permettant à leurs graines de terminer leur maturation pendant l'hiver (gentiane ponctuée).
- La sélection naturelle des couleurs qui a vu les bleus et les rouges dominants, car outre leur visibilité pour les insectes, ce sont elles qui absorbent le plus les rayons infra rouges pour capter la chaleur.
- Le jaune pour sa part, serait la couleur la plus attirante (lumineuse) pour les insectes pollinisateurs.
- Les **feuilles de couleur sombre** (liées aux pigments anthocyanes) pour mieux capter la chaleur, tout en piégeant les rayons UV, toxiques.

Peu d'entre elles, les reliques arctiques, confient leur pollen au vent, mais avec plus d'aléas lié à ce mode de fécondation croisée que lorsque les insectes s'en chargent. Certaines avec l'altitude deviennent autofertiles, à l'image des plantes qui assurent les premières colonisations de lieux laissés libres par la banquise en arctique.

A mesure que l'on s'élève, il n'y a quasiment plus d'insectes, les plantes ne peuvent donc plus utiliser la pollinisation animale. On constate une diminution des plantes annuelles (seulement 5% des espèces à l'étage alpin), et une augmentation des plantes vivaces, qui nécessitent souvent plusieurs années pour accumuler les substances indispensables à la première floraison, et qui sont également capables de se reproduire par marcottage naturel (ex: stolons ou rhizomes). Cette possibilité constitue un atout au cas où elles n'aient pas le temps de boucler leur cycle complet de la graine à la graine en une seule saison dans cet environnement où tout concourt pour que les graines soient arrachées et entraînées vers le bas, loin de l'endroit où elles devraient germer.

Ce mode de reproduction végétative est donc ici nettement plus efficace que la reproduction sexuée, car elle réduit considérablement le temps d'obtention d'une nouvelle plante (en effet à cette altitude certaines plantes fructifient seulement 2 fois par siècle !); Mais le revers est que cette reproduction végétative limite le brassage génétique des populations et donc leur capacité adaptative en cas de changement brutal des conditions d'environnement.

L'évolution a permis aux plantes de s'adapter aux nombreuses contraintes du milieu montagnard comme le gel, les forts écarts thermiques au cours d'une même journée, la neige, le vent, les rayonnements, l'évaporation...

Le nanisme est l'une de ces adaptations qui permet une économie de matériel végétal, une utilisation plus intense de la chaleur du sol et une meilleure résistance aux vents violents. (ex: Campanule du Mont Cenis aux feuilles appliquées au sol)

Certains saules (saule réticulé, saule herbacé) sont ainsi génétiquement nains, vrais arbrisseaux miniatures dont la hauteur ne dépasse pas quelques centimètres; ceci, pour bénéficier de l'effet protecteur du manteau neigeux en hiver.

Chez d'autres espèces comme le lotier corniculé, le nanisme n'est pas programmé génétiquement, il se rencontre aussi bien en plaine qu'à l'étage alpin et le nanisme d'altitude serait impulsé par les rayons ultraviolets, plus intenses.

De même, transplantées en plaine, les edelweiss deviennent aussi réversiblement plus grandes, et moins duveteuses.

Pour lutter contre le gel et les pertes d'eau des **formes en coussinet sont un modèle de convergence évolutive entre plusieurs espèces** (Silène acaule, Eritrichium nain, Androsace) avec une quadruple mécanique d'adaptation :

- La forme en coussinet hémisphérique augmente la résistance à la déshydratation du soleil et du vent. La plante expose à l'environnement la plus faible surface possible par rapport au volume qu'elle occupe (la sphère est la forme géométrique présentant le rapport surface sur volume le plus faible), ce qui limite la perte hydrique par les feuilles. Cette forme se retrouve également chez certaines plantes désertiques.
- De la même manière le risque d'arrachement par les rafales de vent est minimisé.
- Le coussinet accumule aussi la chaleur du jour permettant des conditions de température plus favorables à la croissance de la plante pendant la courte période végétative (+10°C supplémentaires par rapport à l'air ambiant au dessus du sol)
- Le coussinet autorise une longévité considérable couvrant plusieurs décennies..

Des **formes en rosettes** protègent leurs bourgeons dans des masses de feuilles sèches et vivantes, d'où les hampes florales émergent le moment venu (orpins, saxifrages, joubarbes, primevères).

La présence d'une pilosité, chez l'Edelweiss et les pulsatilles (du latin "pulsatus", battu par les vents), le pied-de-chat, le génépi ou la dryade à 8 pétales, retient les gouttes de pluie ou de rosée en limitant l'évapotranspiration par temps sec et en protégeant la plante des variations brusques de température (le duvet de poils blancs emprisonne l'air et forme une couche isolante utile lorsque l'on sait que à 2500 mètres, les températures peuvent osciller entre -10°C la nuit et +40°C en plein soleil). Le revêtement de poils courts et serrés porte le nom de "tomentum". Comme beaucoup de plantes alpines, la taille peu élevée de l'Edelweiss permet à cette plante de bénéficier pendant l'hiver de l'isolation thermique offerte par la couverture neigeuse.

La succulence des tissus ou les feuilles charnues (Joubarbes, Orpins, renoncule des glaciers) constituent des adaptations aux contraintes du milieu grâce à une forte accumulation de réserves nutritives (glucides, sels dissous et protéines) qui élève la concentration saline intercellulaire, ce qui abaisse le point de congélation de l'eau permettant ainsi à la plante de résister plus facilement au gel. Les feuilles des plantes grasses ont une surface réduite et font office de réservoir d'eau. La même convergence évolutive se retrouve chez des plantes de marais salants, et des régions arides.

La limite supérieure de l'étage alpin est définie par la disparition des arbres et, au-delà, les chances de germination sont minces et la croissance fortement ralentie, la dryade à huit pétales a besoin de la durée d'une vie humaine pour produire une touffe 20 cm de diamètre ! A l'étage nival, (au-delà de 3 000 mètres d'altitude), domaine des neiges éternelles, seules quelques plantes à fleurs très adaptées subsistent à cette altitude (le génépi, l'œillet des glaciers, la renoncule des glaciers, les saxifrages..)

L'appareil racinaire est souvent développé en altitude, ce qui augmente considérablement la résistance à l'arrachement (vent, avalanches,..)

Les revêtements cireux ou **les feuilles coriaces** diminuent l'évaporation en rendant étanches les cellules extérieures (ex : la primevère farineuse, l'airielle rouge, la globulaire, le

raisin d'ours). Beaucoup de feuilles coriaces sont enroulées vers le bas ou sont cylindriques comme des aiguilles, pour diminuer l'évaporation (ex : l'azalée, la bruyère).

La résistance au vent est apportée par le nanisme et l'enracinement mais aussi parfois par des astuces originales comme les pétales échancrés des soldanelles qui offrent une moindre prise au vent.

Cette même soldanelle des Alpes, comme les tussilages, et les crocus, possède **des feuilles persistantes qui recommencent la photosynthèse avant que la neige ait complètement fondu** (celle-ci laisse passer la lumière à travers une épaisseur de quelques décimètres). Elles commencent donc leur développement sous le manteau neigeux et le percent à l'arrivée des beaux jours. Ce sont donc, logiquement, les premières fleurs visibles au printemps..!