

Leçon 8 : le temps et les roches

III. Radioactivité et chronologie absolue :

De nombreux atomes possèdent des isotopes naturels radioactifs qui se désintègrent régulièrement et irréversiblement au cours du temps. L'isotope radioactif correspond à l'élément père et il se transforme en isotope radiogénique stable, l'élément fils. La vitesse de cette transformation est caractéristique de chaque élément père. La demi-vie ou période correspond à la durée nécessaire pour que la quantité d'isotope père diminue de moitié. Cette période T est reliée à la constante de désintégration de l'élément père selon $\lambda = \ln 2/T$. L'unité de cette constante est an^{-1} .

Comme les éléments père et fils n'ont pas la même masse, on peut les séparer et les doser à l'aide d'un spectromètre de masse. On trouve alors le nombre d'élément père restants et le nombre d'éléments fils à l'instant t des mesures dans un échantillon donné. Ces proportions d'éléments père et fils permettent de calculer depuis combien de temps se déroule la désintégration radioactive dans l'échantillon étudié.

Pour dater de manière absolue, les géologues disposent de divers couples d'isotopes père/fils qui diffèrent de par leur constante de désintégration. Le choix du couple à utiliser dépend d'abord de la présence des isotopes dans l'échantillon à tester. Ainsi, si on veut dater un fossile récent, on va utiliser le couple $^{14}\text{C}/^{14}\text{N}$ car le C est un des éléments constitutifs de base de la matière organique. Le choix dépend aussi de l'âge supposé de l'échantillon qui a pu être appréhendé par chronologie relative. En effet, si l'objet à dater est très vieux, il faut a priori utiliser un couple avec une constante de désintégration faible.

La datation absolue peut se réaliser sur des objets de nature diverses : des roches, des minéraux ou des fossiles par exemple.

Cette technique n'est fiable que si l'objet à dater est un système dit fermé c'est-à-dire s'il n'échange plus de P ni de F avec son environnement. Pour les roches magmatiques et métamorphiques ainsi que leurs minéraux, qui se prêtent bien à la datation absolue, le système est considéré comme fermé à la fin de la cristallisation (ce qui est parfois beaucoup plus tard que le début du refroidissement). Comme tous les minéraux ne cristallisent pas à la même température, ils ne se ferment pas au même moment. Ceci explique pourquoi les mesures isotopiques réalisées sur des minéraux différents de la même roche ne donnent pas exactement le même résultat.

Pour les fossiles, le système est fermé à la mort de l'être vivant. Quant aux roches sédimentaires, ce sont rarement des objets que l'on peut dater de manière absolue car elles contiennent souvent des minéraux issus de l'érosion d'autres roches. Donc dater ces minéraux revient à dater les roches dans lesquelles ces minéraux se sont formés.

Au-delà de ces généralités, chaque couple père/fils a ses particularités qui font que les méthodes de datation varient d'un couple à l'autre.

Le couple $^{14}\text{C}/^{14}\text{N}$ utilisé pour dater des objets récents contenant de la matière organique, fournit un âge qui doit être calibré à l'aide d'une courbe expérimentale. Mais c'est un système assez simple à utiliser car on connaît la quantité d'isotope père à $t=0$. Il suffit donc de mesurer la radioactivité au temps t pour déduire l'âge. Dans le couple $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$, Ar est un gaz ce qui veut dire que tout l'Ar trouvé dans un échantillon provient de la désintégration de ^{40}K . Ceci pourrait faciliter les travaux mais ^{40}K peut aussi se désintégrer en ^{40}Ca ce dont il faut tenir compte pour dater de manière correcte un objet.

Le couple $^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$, très utilisé, nécessite la mesure d'un troisième isotope stable ^{86}Sr et une résolution graphique. Le coefficient directeur de la courbe construite appelée isochrone permet de déterminer l'âge de l'objet étudié.

Quant aux deux couples U/Pb, on les associe pour dater un objet en utilisant une courbe appelée Concordia qui donne directement son âge. L'avantage de cette technique est que l'on peut aussi dater des réouvertures du système. En effet, lorsque les mesures sont en dehors de la Concordia (= alignement des points sur une droite appelée Discordia), non seulement on peut dater le moment de la formation de l'objet mais on peut aussi dater le moment de sa perturbation. Des minéraux particuliers, les zircons, sont très utilisés dans cette méthode car ils sont résistants, imperméables au plomb, et contiennent de l'uranium. Ces zircons sont souvent inclus dans d'autres minéraux, les biotites, et on peut voir sous le microscope des auréoles noires au niveau des zircons inclus, signe de la désintégration radioactive de l'uranium en plomb.

Ainsi, les diverses méthodes de datation absolue permettent d'avoir accès directement à des âges souvent précis, des roches, de leurs minéraux, des fossiles etc. Elles permettent aussi de déduire indirectement la date des éruptions volcaniques du passé, la date à laquelle les hommes préhistoriques ont peint les grottes mais aussi et surtout elles permettent de dater les diverses coupures dans les temps géologiques. Elles sont donc complémentaires des méthodes de datation relative pour l'élaboration de l'échelle stratigraphique internationale moderne autant que ces méthodes de datation relative sont essentielles au choix du couple père/fils pour dater de manière absolue un objet.

Enfin, les expressions âge ou datation absolue ne doivent pas faire oublier que chaque mesure isotopique est entachée d'un certain degré d'incertitude et que donc l'âge calculé l'est lui aussi.

CONCLUSION : Les découvertes du début du XXème siècle sur la radioactivité, ont été mises en application en géologie pour dater de manière absolue les objets et les évènements géologiques mais aussi paléontologiques et archéologiques. La naissance de cette chronologie absolue, basée sur divers couples élément père radioactif/élément fils radiogénique a permis d'enrichir et de préciser l'échelle stratigraphique internationale basée initialement sur la chronologie relative.

BILAN : Le temps qui passe s'inscrit dans les roches. L'être humain a réussi à reconstituer la chronologie des évènements qui se sont produits depuis la formation de la Terre d'abord en utilisant les principes des relations géométriques des roches et en identifiant la succession des fossiles stratigraphiques. Cette méthodologie de chronologie relative a permis la construction d'une échelle stratigraphique internationale. Puis, l'avènement des découvertes sur la radioactivité a entraîné le développement de diverses méthodes de chronologie absolue avec datation précise des évènements qui sont venues enrichir et préciser cette échelle stratigraphique.

Leçon 10 : l'organisation fonctionnelle des plantes à fleurs

I. Les fonctions assurées par les feuilles :

La feuille est un organe qui assure plusieurs fonctions de nutrition. En étant en contact direct avec l'air, elle s'occupe des échanges gazeux nécessaires à la photosynthèse et à la respiration.

Lors de la photosynthèse, les feuilles absorbent du dioxyde de carbone et rejettent du dioxygène alors que lors de la respiration elles absorbent du dioxygène et rejettent du dioxyde de carbone. La respiration a lieu toute la journée, nuit et jours. La photosynthèse n'a lieu que pendant la journée car elle nécessite l'absorption de lumière et ce sont les feuilles qui s'occupent aussi de cette fonction.

Afin d'optimiser ces diverses fonctions, les feuilles représentent une surface d'échange très importante avec l'environnement notamment du fait de leur grand nombre et de leur forme plate. De plus, leur organisation sur la tige n'est pas anarchique pour capter le maximum de lumière tout au long de la journée et malgré la variation de l'angle d'incidence des rayons lumineux.

La lumière est captée par de nombreuses cellules chlorophylliennes jointives constituant le parenchyme palissadique des feuilles surtout situé du côté le plus éclairé soit la face adaxiale. Ces cellules sont riches en chloroplastes, les organites qui s'occupent de la photosynthèse.

Les échanges gazeux, quant à eux, se font entre l'atmosphère et la plante par des orifices appelés stomates composés d'un ostiole et de 2 cellules de garde. Ces stomates communiquent avec l'intérieur de la feuille au niveau d'espaces gazeux appelés lacunes qui favorisent les échanges cellules/air. Les lacunes sont situées du côté le moins éclairé soit la face abaxiale. Les stomates sont nombreux au niveau de la face abaxiale mais rares ou absents au niveau de la face adaxiale sauf chez les espèces aux feuilles dressées. Les échanges se font directement entre les lacunes et les cellules proches puis de cellule en cellule et ce dans tout l'organisme.

Il y a une contrepartie aux échanges gazeux. En effet, dès que les stomates s'ouvrent, des pertes d'eau sous forme de vapeur se produisent. Elles peuvent être très importantes et donc très contraignantes pour le végétal. On parle d'évapotranspiration.

Pour limiter ces pertes en eau, tous les végétaux ont leurs feuilles recouvertes d'une cuticule imperméable aux gaz dont la vapeur d'eau. Mais, les Angiospermes adaptées à la sécheresse voient leurs feuilles présenter des adaptations particulières. La cuticule est très épaisse, le nombre de feuilles est réduit voire nul (cactus), la taille des feuilles est peu importante, les feuilles peuvent s'enrouler sur elles-mêmes en fonction du degré d'humidité, les stomates sont entourés de poils qui retiennent la vapeur et sont moins nombreux. Parfois les lacunes, qui sont rares, fusionnent en certains points de la feuille qui s'invaginent. On parle de cryptes. Tout ceci protège de la déshydratation mais n'est pas favorable à la photosynthèse. C'est pourquoi les plantes des milieux secs ont souvent une croissance très lente qui est parfois + ou - compensée grâce à la persistance des feuilles en hiver.

Les stomates ont un degré d'ouverture qui varie en fonction du moment de la journée et/ou des conditions du milieu. Quand il fait très chaud, ils se ferment en attendant des températures plus clémentes en fin de journée par exemple. Il est donc évident que la feuille assure aussi des fonctions de relation. Il en est d'autres dont les fonctions qui permettent de se protéger des phytophages comme la présence d'épines, de poils, la production de molécules répulsives dont des huiles essentielles ou l'épaississement de la cuticule qui rend la feuille coriace et donc difficile à consommer.

CONCLUSION : La feuille assure des fonctions de nutrition, la photosynthèse et la respiration mais aussi des fonctions de relations avec le biotope et la biocénose.

II. Les fonctions assurées par les racines :

Le système racinaire d'une plante représente souvent une énorme surface d'échange car les racines sont très ramifiées. Le volume occupé par les racines dans le sol, appelé la rhizosphère, peut souvent être très supérieur au volume occupé par l'appareil caulinaire.

La première fonction des racines est une fonction de relation puisqu'elles permettent d'ancrer la plante dans le sol et de lui permettre, en particulier, de résister aux assauts du vent.

Cependant les fonctions principales des racines sont en lien avec la nutrition. Ce sont elles qui absorbent l'eau et les sels minéraux présents dans le sol et essentiels au développement de la plante dont le phosphate, le potassium et l'azote minéral.

Toute la racine ne participe pourtant pas à cette absorption. Seule, la zone pilifère située un peu au-dessus de l'extrémité des racines joue ce rôle. Elle est constituée de très nombreux poils absorbants et chacun d'eux est en réalité le prolongement cytoplasmique d'une cellule de l'épiderme racinaire.

Chez les Angiospermes il existe 2 systèmes racinaires principaux :

- Le système racinaire fasciculé composé de très nombreuses racines sans qu'il n'y ait véritablement de racine principale. Ce type d'organisation concerne souvent les petites plantes qui vivent dans des milieux humides ou de grandes plantes qui n'ont pas besoin de résister à des vents forts. C'est aussi le

système des plantes qui vivent dans les milieux secs mais dans ce cas-là les racines s'étendent énormément en surface autour de la plante pour capter la moindre goutte d'eau qui s'infiltre dans le sol.

- Le système racinaire pivotant est constitué d'une racine principale puissante et de diverses racines secondaires plus fines. Cette organisation est celle des végétaux qui ont besoin de résister au vent et/ou qui doivent aller chercher l'eau à grande profondeur jusque dans la nappe phréatique.

L'architecture racinaire varie au sein d'une même espèce selon le milieu. Ainsi, si le milieu est pauvre en minéraux, les racines ont tendance à stopper leur croissance en longueur pour se ramifier davantage et ainsi augmenter la rhizosphère. Même si ceci est en lien avec la nutrition cela suppose que les racines s'informent sur la quantité de minéraux disponibles dans l'environnement. Il s'agit donc d'une fonction de relation.

Enfin, on estime que 85 à 90% des Angiospermes entrent en symbiose avec des champignons au niveau de leurs racines. On parle de mycorhizes. Ceci est particulièrement le cas des arbres qui ne peuvent pas être suffisamment alimentés en eau et en minéraux par leurs poils absorbants. Les besoins sont trop importants. On distingue :

- Les ectomycorhizes quand les filaments mycéliens s'insèrent entre les cellules racinaires.
- Les endomycorhizes quand les filaments mycéliens pénètrent la paroi des cellules sans pour autant passer la membrane plasmique.

Les filaments mycéliens augmentent la rhizosphère on parle alors de mycorhizosphère. Le champignon puise l'eau et les sels minéraux dans le sol et les fournit aux cellules racinaires. Il fournit aussi des acides aminés, des hormones et des vitamines. En contrepartie, les cellules racinaires fournissent au champignon des oses (sucres) issus de la photosynthèse des feuilles. Là encore, même si la mise en place d'une mycorhize est en lien avec la nutrition, la racine a aussi une fonction de relation avec les champignons.

A noter pour finir que les cellules racinaires réalisent des échanges gazeux respiratoires avec l'air emprisonné dans le sol.

CONCLUSION : La racine assure des fonctions de nutrition, l'absorption de l'eau et des ions minéraux, mais aussi des fonctions de relations avec le biotope et la biocénose.