

Symbiose et champignons

1-Qu'est-ce que la symbiose ?

Quelques concepts :

Un écosystème est une unité écologique composée :

- D'une biocénose (ensemble des organismes vivants)
- D'un biotope (ensemble des facteurs abiotiques)

On distinguera les espèces autotrophes (capables d'utiliser la matière minérale pour assurer leur nutrition) des espèces hétérotrophes qui doivent utiliser les molécules organiques synthétisées par les autotrophes qu'elles consomment. La plupart des végétaux sont autotrophes grâce à la photosynthèse.

Toutes les espèces vivant dans un écosystème interagissent entre elles :

ANNEXE 1 : Relations entre organismes

1875 : Van Beneden définit le mutualisme

1877 : Franck propose le terme de « symbiotismus »

1879 : De Bary propose « Symbiosis » du grec sun = avec et bios = vie (vivre ensemble)

Définitions :

2 définitions possibles :

- Sens large (anglo-saxon) : interaction durable entre organismes différents (allant de la prédation au mutualisme)
- Sens strict (français) : **association** intime, durable et **à bénéfices réciproques** entre 2 espèces différentes. C'est cette définition que nous retiendrons ici.

Les partenaires sont appelés symbiontes ou symbiotes.

Les principaux bénéfices retirés par les partenaires sont :

- trophiques : échange de nutriments (sucres, vitamines ...). Souvent un partenaire hétérotrophe s'associe à un partenaire autotrophe ;
- une protection contre des agressions biotiques ou abiotiques ;
 - des propriétés émergentes qui permettent d'acquérir des structures, des organes ou des fonctions nouvelles.

2-Exemples de symbiose :

2-1 Les lichens

Le lichen est un organisme nouveau (chimérique) créé par l'association d'un champignon et d'une algue ou d'une cyanobactérie (ou parfois les trois).

Le champignon est le mycobionte : il s'agit généralement d'un ascomycète mais dans 2% des cas, c'est un basidiomycète.

Le photobionte est une algue verte unicellulaire dans 85% des cas. 5% des lichens contiennent une cyanobactérie type Nostoc et 10% des lichens comportent à la fois les deux types de photobiontes (algue verte + cyanobactérie).

ANNEXE 2 : Structure d'un lichen

Dans cette symbiose :

- L'algue verte, autotrophe vis-à-vis du carbone, effectue la photosynthèse et fournit des polyols au champignon ;
- S'il s'agit d'une cyanobactérie, elle fournit du glucose mais également de l'ammonium NH_4^+ par fixation de l'azote atmosphérique ;
- Le champignon a un rôle d'ancrage et de protection. Il apporte de l'eau, des sels minéraux, des vitamines.

ANNEXES 3 & 4 : Echanges au sein d'un lichen

L'association obtenue – le lichen - synthétise des acides lichéniques (jusqu'à 40% du poids sec du thalle) qui :

- repoussent les herbivores (toxicité) ;
- ont un rôle de protection contre les rayonnements solaires ;
- permettent l'ancrage sur des substrats hostiles.

A l'origine, il s'agissait d'une interaction de type parasitaire : les hyphes des champignons émettent des suçoirs.

Elle a évolué vers une association obligatoire ; aucun des partenaires ne peut vivre durablement séparément.

Apparue il y a au moins 400 millions d'années, la réussite de cette symbiose est évidente !

20 000 espèces de champignons sont lichénisées, 8 % de la surface terrestre est couverte de végétation lichénique y compris dans les milieux les plus hostiles (Antarctique, Himalaya jusqu'à 7000m d'altitude).

2-2 Les mycorhizes :

La mycorhize est un organe symbiotique formé par l'association racines d'une plante - champignon.

2 principaux types de mycorhizes :

- Ectomycorhize : les hyphes entourent les racines, pénètrent dans la zone corticale mais pas à l'intérieur des cellules (formation du réseau de Hartig) ;
- Endomycorhize : les hyphes pénètrent dans les cellules corticales des racines et y forment arbuscules, vésicules ou pelotons.

Les principaux champignons mycorhiziens sont :

- Des basidiomycètes (bolets, amanites, cortinaires, entolomes, gomphides, hébélomes, hygrophores, inocybes, laccaires, lactaires, russules, tricholomes) et des ascomycètes (truffes) pour les ectomycorhizes ;
- Des glomérormycètes pour les endomycorhizes.

Annexe 5 & tableau 1 : Type de mycorhizes

Les **ectomycorhizes** sont apparues il y a 150 millions d'années. Elles concernent 5 % des plantes vasculaires mais 90 % des arbres de nos régions. Ce sont des symbioses peu spécifiques : une même plante peut s'associer avec différents champignons et vice-versa (ex *Amanita muscaria* avec feuillus et résineux). Dans une hêtraie, il existe un cortège d'environ 150 espèces fongiques mycorhiziques. Mais au total, il existe plusieurs dizaines de milliers d'espèces ectomycorhiziques.

Les **endomycorhizes** sont extrêmement courantes (85 % des plantes herbacées) mais seulement 200 espèces de champignons sont endomycorhiziques.

Plusieurs types d'endomycorhizes :

- à arbuscules ;
- à pelotons (basidiomycètes – orchidées) ;
- à pelotons (ascomycètes – Ericacées).

Apparus il y a plus de 450 millions d'années, les premiers champignons mycorhiziques ont sans doute aidé les premières plantes terrestres à coloniser les milieux émergés.

Presque toutes les espèces végétales sont mycorhizées à l'exception de quelques familles qui ont perdu cette symbiose (Brassicacées, Chénopodiacées, Amaranthacées).

L'état mycorhizé est la règle dans les écosystèmes !

Annexe 6 : Echange dans les mycorhizes

La plante fournit les sucres (glucose, fructose) tandis que le champignon collecte les sels minéraux, l'eau.

Grâce aux enzymes qu'il sécrète, il a accès à des ressources inutilisables par la plante (saprophytisme des Ericacées, dissolution des feldspaths dans les sols lessivés acides comme dans la Taïga)

Il multiplie par cent le volume du sol exploré et enfin, il a un effet protecteur sur les racines des plantes.

Cas particulier de la symbiose chez les orchidées :

Les graines d'orchidées sont les plus petites du monde (de 50 à 100 microns). Elles ne possèdent aucune réserve nutritive et leur embryon est indifférencié.

Seule la présence dans le sol d'un champignon qui colonisera la graine permettra de lever la dormance de l'embryon. Ce champignon formera le protocorme (organe souterrain non chlorophyllien) d'où sera issue la future plante.

A l'état adulte, la plupart des orchidées possèdent une fonction chlorophyllienne mais certaines espèces (environ 200) en sont dépourvues et dépendent donc d'une symbiose avec un champignon (voir paragraphe suivant).

Nota : l'orchidée est souvent à la limite du parasitisme. Elles détruisent en permanence les pelotons formés par les hyphes des champignons pour mieux profiter des nutriments de ces derniers (durée de vie moyenne des pelotons = 9 jours).

Notion de myxotrophie :

Processus par lequel les champignons établissent des ponts mycorhiziens entre des plantes.

Par exemple, les orchidées non chlorophylliennes comme *Neottia nidus-avis*.

Mais aussi le monotrope suce-pin (*Monotropa hypopitys*) qui s'associe avec des *Suillus* qui mycorhizent les pins d'où un transfert des résultats de la photosynthèse des pins au monotrope.

D'autres ponts mycorhiziens existent également entre arbres et champignons (Aulne => CH => pin ; Bouleau => CH => Douglas).

2-3 Les nodosités des légumineuses :

Il s'agit d'une symbiose plantes – bactéries.

Certaines bactéries fixent l'azote atmosphérique N_2 - que les plantes ne peuvent assimiler – et le transforment en ammonium NH_4 assimilable.

Ce sont les *Rhizobium* qui sont très nombreux dans le sol.

Pour mémoire : 1 gramme de sol végétalisé = 1 milliard de micro-organismes (de 5000 à 25 000 espèces différentes).

Les *Rhizobium* instaurent des symbioses fixatrices d'azote avec les racines des Fabacées (légumineuses) : ce sont les nodosités.

Cette symbiose date d'au moins 65 millions d'années : 90 % des Fabacées (soit 780 genres) possèdent des nodosités.

La symbiose est une endocytobiose : les bactéries sont totalement insérées dans les cellules de leur partenaire (bactéroïdes).

2-4 D'autres exemples :

Les insectes à mycétanges :

De nombreux insectes se nourrissent de bois alors qu'ils sont incapables de le digérer. Ils attaquent les arbres au moyen de champignons xylophages qu'ils consomment ensuite.

Ils propagent les champignons grâce à des poches spécialisées : les mycétanges. Il s'agit d'une symbiose où le champignon reste extracellulaire.

Exemple : les scolytes qui tapissent leurs galeries de mycélium d'ascomycètes.

Les mycophycobioses (les « lichens inversés ») :

Symbiose entre une algue et un champignon dans la zone de balancement des marées (ex. : *Pelvetia canaliculata* et *Ascophyllum nodosum*).

Mais à l'inverse des lichens, l'algue est peu modifiée et c'est le partenaire externe de la symbiose. Le champignon est un ascomycète, il est inclus dans les réceptacles reproducteurs de l'algue.

Annexe 7 : *Ascophyllum nodosum*

L'algue fournit les glucides, le champignon rend l'algue toxique ou repoussante pour les herbivores (mollusques). Il permet également une meilleure résistance au dessèchement de l'algue.

3 - L'importance de la symbiose :

Les exemples précédents ont montré toute l'importance de la symbiose :

- les symbioses concernent tous les domaines du vivant. Autres exemples : rôle des bactéries chez les ruminants dans la poche stomacale ; le gros intestin de l'homme héberge 10 puissance 14 bactéries appartenant à plus de 400 espèces différentes (à comparer à nos 10 puissance 13 cellules du corps humain) ;
- les symbioses ont un rôle écologique majeur en permettant la vie en milieu hostile mais aussi en ayant un rôle pionnier et colonisateur (ex. : lichens) ;
- mais elles ont surtout un rôle primordial dans l'évolution comme le montre notre dernier exemple !

La genèse de la cellule eucaryote :

Annexe 9 : cellules procaryote et eucaryote

La cellule eucaryote contient 2 organites particuliers :

- la mitochondrie qui convertit les sucres en énergie utilisable par la cellule ;
- le chloroplaste qui effectue la photosynthèse et fournit les sucres à la cellule.

Pendant 1,2 milliards d'années, les procaryotes (bactéries, archées) ont colonisé la planète.

Il y a environ 2,6 milliards d'années, la cellule eucaryote apparaissait : les mitochondries (présentes dans les cellules animales, végétales et fongiques) et les chloroplastes (présents dans les cellules végétales) sont des bactéries primitives acquises par symbiose (endocytobiose).

3 étapes principales :

- compartimentation de l'ADN d'une cellule procaryote (-2,8 milliards d'années) ;
- intégration de bactéries pourpres (Gram -) qui vont se transformer en mitochondries (-2,5 milliards d'années) ;
- intégration de cyanobactéries possédant la photosynthèse. Celles-ci vont se transformer en chloroplastes (-1,6 milliards d'années).

Annexe 10 : Genèse de la cellule eucaryote

Quelques tailles respectives :

- bactérie : 2 microns
- cellule animale : 10 microns
- cellule végétale : 100 microns

La cellule animale possède un patrimoine génétique nucléaire et mitochondrial.
La cellule végétale possède en plus un patrimoine génétique chloroplastique.

Toutefois, les patrimoines mitochondrial et chloroplastique peuvent être très dégradés par rapport aux patrimoines des bactéries d'origine : l'évolution a fait migrer une partie de ces patrimoines dans le noyau de la cellule eucaryote qui contrôle l'ensemble.

Remarques :

- l'acquisition des mitochondries est un évènement unique et précoce dans l'histoire des eucaryotes ;
- par contre l'acquisition des plastides s'est produite à de nombreuses reprises (plastides à 2 membranes, plastides à 4 membranes avec 2 endocytobioses successives).

La symbiose a donc permis un évènement évolutif majeur : la création de la cellule eucaryote à la base des lignées végétales, animales et fongiques.

Elle est une source d'innovation fondamentale de l'évolution qui s'additionne aux mutations et autres recombinaisons génétiques.

Quelques livres :

La symbiose. Structures et fonctions, rôle écologique et évolutif – MA SELOSSE – Ed. Vuibert – 2000

Les végétaux. Des symbioses pour mieux vivre – L SUTY – Ed. Quae – 2015

Guerre et paix dans le règne végétal – B BOULLARD – Ed. Ellipses – 1990

L'univers bactériel – L MARGULIS & D SAGAN – Ed. Seuil - 2002