

LA SYMBIOSE LICHENIQUE

Auteur : Marc-André Sélosse (Professeur, MNHN)

Les lichens peuvent être trouvés absolument partout : sur des rochers, sur des troncs, dans des milieux assez hostiles. C'est une première question que l'on peut se poser : comment poussent-ils là ?

1/ Présentation générale

Voilà par exemple des lichens qui poussent sur une écorce d'arbre ; on a d'ailleurs ici une grande diversité de lichens qui recourent les grands types morphologiques :

- Il y a, complètement prostrés sur l'écorce, ce qu'on appelle les **lichens crustacés**, qui n'ont pas de surface inférieure délimitée propre ; ils sont donc complètement plaqués sur le substrat qui leur sert de surface inférieure.
- On a des **lichens foliacés**, qui font des feuilles qui se décollent peu ou prou du substrat, mais qui y adhèrent par certains points.
- Et puis on a également des **lichens** que l'on dit **fruticuleux** ou **arbusculeux** qui sont des lichens qui ont la forme de petits arbustes et qui eux n'adhèrent au substrat que par leur base.
- Enfin, et c'est souvent méconnu, il y a une dernière forme qu'on appelle les **lèpres** ou **lichens en poudre**, qui n'ont pas de surface supérieure, qui sont simplement une poudre généralement localisée dans des endroits où il n'y a pas de ruissellement et donc où ils ne risquent pas d'être entraînés. Ils se nourrissent plutôt à partir de l'air.

On peut considérer cela comme un organisme à part entière : c'est ce qu'il s'est passé jusqu'au XIX^{ème} siècle où on ne savait pas comment classer les lichens. On les mettait à côté des mousses ou des algues.

Mais qu'en est-il réellement ? Nous allons regarder cela de près, en prenant trois lichens, qu'on peut très facilement trouver dans tous les environnements (en évitant les zones polluées où les lichens poussent très mal et donc en évitant les centres-villes) :

- D'une part, ce lichen fruticuleux qu'on appelle « mousse de chêne » : c'est *Ervernina prunastri*. Il va nous permettre de faire de très belles coupes.
- Et puis nous pouvons ramasser sur les branches ce lichen orange qui pousse souvent sur un lichen plus gris : le lichen orange c'est la xanthorie, *Xanthoria parietina*.
- Elle pousse sur un lichen gris qui s'appelle *Physcia adscendens*. Et cela nous montrera les appareils reproducteurs du lichen.

2/ Anatomie de la symbiose

On va utiliser *Ervernina prunastri*, ce lichen qui est blanc à sa face inférieure et vert à sa face supérieure pour réaliser des coupes - de très nombreuses coupes qu'on va monter dans l'eau distillée. Il est vraiment méconnu que, comme l'intérieur du lichen est hydrophobe, des bulles d'air sont contenues dans les coupes. Il faut donc chauffer le lichen : le chauffage permet de chasser les bulles qui rendent la préparation opaque.

La coupe au microscope présente plusieurs zones sur lesquelles nous reviendrons. Quand on zoome dans la zone la plus colorée qui est verte, on s'aperçoit d'une **dualité de structures** : il y a de petites cellules vertes et de longues cellules filamenteuses incolores. **Schwendener** a proposé en **1866** que derrière ce que l'on appelle un lichen, il y ait des algues et un champignon. Cette hypothèse à petit à petit été acceptée, en particulier après que l'on ait été capable de cultiver séparément l'algue et le champignon, et de réobtenir un lichen en les associant ensemble. Il y a donc une dualité de structure, d'ailleurs le nom du lichen (ici *Ervernina*

prunastr) est en fait le nom du champignon tandis que l'algue par ailleurs a son propre nom. Ici se sont des *Trebouxia*. Ainsi, il y a deux partenaires dans l'association, dont on peut se demander quel est le fonctionnement.

En réalité l'algue est complètement emballée dans le champignon qui la protège et toute l'eau et les sels minéraux qu'utilise l'algue viennent nécessairement du champignon, tandis que l'algue réalise la photosynthèse. De façon intéressante, quand on regarde la structure d'ensemble du lichen, on voit très bien que l'algue est surtout située à la face supérieure, donc là où elle reçoit la lumière (même s'il y en a parfois à la face inférieure). L'algue fait la photosynthèse et donne une partie de ses produits au champignon. Ainsi, on est dans un échange entre produits de la photosynthèse et eau et sels minéraux. C'est une association à **bénéfices réciproques** : c'est une **symbiose mutualiste**.

3/ Propriétés émergentes

Il ne faudrait pas voir cette association comme le simple ajout des propriétés de chaque partenaire, car réellement, ils gagnent de nouvelles propriétés quand ils interagissent.

La première qui va m'intéresser c'est une propriété physiologique pour le champignon. Si on regarde de nouveau cette coupe, nous avons évoqué tout à l'heure brièvement qu'il y avait plusieurs couches :

- une couche protectrice formée purement de champignon, qui opère une protection de l'association et notamment de l'algue ;
- une couche où les filaments de champignon sont beaucoup plus dilacérés : c'est cette couche qui est hydrophobe, raison pour laquelle il faut chauffer les lames (pour expulser les bulles retenues qui rendent la couche opaque) ;
- puis dans la direction de la face inférieure, une zone protectrice.

Ainsi, on a deux cortex protecteurs qui encadrent une zone photosynthétique et une zone aérifère : on vient de décrire **la structure d'une feuille**, avec un épiderme protecteur, une couche photosynthétique (le parenchyme palissadique), une couche aérifère (où circulent les gaz, qui est généralement hydrophobe pour ne jamais être noyée) et de nouveau un épiderme protecteur.

En réalité, quand le champignon rencontre l'algue, il subit une **modification morphologique** qui met en place une structure morphologiquement et fonctionnellement identique à celle d'une feuille. Il s'agit d'une **convergence évolutive** qui assure la fonction de photosynthèse de façon améliorée pour le couple algue-champignon.

La seconde émergence, c'est-à-dire la seconde propriété que présentent les partenaires lorsqu'ils sont associés mais pas lorsqu'ils sont dissociés, c'est la **synthèse de métabolites secondaires** qui vont protéger l'association des agressions. Le bon exemple est celui qu'on a ramassé tout à l'heure, la xanthorie, qui comporte un composé orange, qu'on peut d'ailleurs faire virer en ajoutant dessus de la potasse. Il vire à une très belle couleur pourpre. Ces composés du métabolisme secondaire permettent souvent d'identifier les lichens par des réactions colorées, mais avant tout ils sont à la base des applications tinctoriales des lichens. Plus concrètement et pour la biologie de l'association, ces composés sont photoprotecteurs, c'est le cas de la pariétine, ou toxiques pour les herbivores car ils contiennent de nombreux cycles aromatiques (c'est aussi le cas de la pariétine). Ils protègent contre les attaques de brouteurs ou d'insectes qui pourraient consommer ces lichens.

Un aspect vraiment important dans une symbiose est de comprendre comment les deux partenaires se retrouvent associés ensemble à chaque génération, et de ce point de vue les lichens sont assez exemplaires des deux stratégies qui existent dans les symbioses en général.

4/ Reproduction de la symbiose

A/ Reproduction conjointe

La première consiste à ne jamais se séparer : elle est illustrée par ces petits lichens gris, *Physcia*, dont on a dit (et on va comprendre pourquoi) qu'ils sont toujours associés au lichen orange, la xanthorie. Ces *Physcia*, quand on veut les observer de près, doivent être réhumectés (toujours lorsqu'on les observe à la loupe binoculaire, ou au microscope en utilisant un faible grossissement et un éclairage superficiel). Nous allons prendre quelques squames et les observer à la binoculaire.

On voit parfaitement à l'écran les squames du *Physcia* (vert par-dessus et blanc par en dessous) dotées de petites expansions pointues protectrices. Si on circule un peu, il arrive parfois que certaines squames apparaissent vues du côté ou du dessous et on devine à ce moment-là qu'elles sont éventrées et laissent apparaître la couche à algue.

On voit ici très bien de petites particules, comme un sable de petits grains verts, qui sont des groupes de filaments entourant des algues. Ces petites particules, sont des fragments de la couche d'algue qui peuvent se disperser dans le milieu et reproduire des lichens à l'identique, puisque les deux partenaires se reproduisent ensemble. Au passage, dans ces cas-là, ce sont toujours les mêmes partenaires qui sont ensemble. Certains lichens d'ailleurs optimisent cette stratégie, nous avons parlé plus haut des lèpres, ces lichens poudreux qui n'ont pas de cortège protecteur : eux ont d'emblée une structure qui les prépare à la dispersion par le vent.

B/ Reproduction séparée

Dans la seconde stratégie, les deux partenaires se reproduisent séparément et se retrouvent ensemble. Le champignon des lichens illustre assez souvent cette stratégie car il produit des spores dépourvues d'algue. C'est ici qu'il faut revenir à la xanthorie, le lichen orange qui possède souvent des structures reproductrices (productrices de spores). Nous allons ici de nouveau observer à la loupe binoculaire, (ou au microscope à faible grossissement et éclairage superficiel). On voit très bien ces cupules qui évoquent des pézizes qui sont en fait des organes reproducteurs, au fond desquels sont produites des asques (qui contiennent des ascospores). Ces spores sont libérées et il n'y a évidemment pas d'algue à côté d'elles : elles devront retrouver dans le milieu l'algue qui se sera reproduite de son côté. Il y a deux grands types de stratégies de ce côté-là :

- soit les algues sont libres, les spores auront donc une chance de retrouver l'algue et de reconstituer un lichen (sans quoi généralement le champignon ne survit pas) ;
- soit, et la xanthorie est de ce point de vue très intéressante, les spores vont « voler », prendre en main les algues d'autres lichens. Ceci nous explique la coexistence des *Physcia* et des xanthories : les spores de xanthorie (germination) récupèrent les algues des *Physcia* sur lesquelles elles s'installent.

Lors d'observations à la binoculaire sur les *Physcia*, on peut très souvent voir des squamules qui sont des xanthories en train de s'installer. On voit très bien ici une xanthorie en train de grandir sur un *Physcia*.

Il est évident que cette seconde stratégie présente un risque, celui de ne pas retrouver d'algue. Mais elle a aussi un intérêt, c'est que l'algue qui est trouvée vit à l'endroit où s'installe la spore et est donc potentiellement plus adaptée. Il y a là une opportunité de changer de partenaire qui permet éventuellement de s'adapter à d'autres niches écologiques ou d'autres milieux.

Donc, ces deux stratégies, la reproduction conjointe des partenaires d'une part, et la ré-acquisition d'un partenaire d'autre part, présentent des avantages et des inconvénients dans les deux cas : ne pas changer de partenaire avec l'assurance du partenaire, ou bien en changer mais sans l'assurance du partenaire. Finalement, il y a de la place pour les deux stratégies et ceci est vrai pour toutes les symbioses.

5/ Conclusion

Pour finir, ces lichens qui ont une **unité morphologique** n'ont pas une place phylogénétique unique : ils sont constitués d'un **champignon** et d'une **algue**. D'ailleurs **l'association lichénique** est apparue à plusieurs reprises au cours de l'évolution :

- d'abord dans celle des champignons (celle des ascomycètes et basidiomycètes) au moins une dizaine de fois ;
- puis également dans celle des algues vertes microscopiques terrestres, dont probablement au moins une demi-douzaine de groupes sont rentrés en association avec des champignons.

C'est donc une **association polyphylétique**.

Derrière l'unité morphologique se cache une **symbiose**, c'est-à-dire une coexistence durable et à bénéfice réciproque des partenaires. Cette coexistence **associe les propriétés des partenaires** (photosynthèse de l'algue, capacité à chercher des éléments minéraux dans le milieu du côté du champignon...), mais permet également **l'émergence de nouvelles propriétés** comme la morphologie de l'association, qu'on appelle souvent le **thalle lichénique** et que le champignon ne met en place qu'avec l'algue, et la production de **métabolites secondaires**, ces substances lichéniques.

En plus des propriétés respectives des partenaires, d'autres propriétés émergent de la symbiose, permettant par exemple aux lichens de vivre dans des milieux extrêmement hostiles (roche nue, écorce...avec très peu d'aliments). Il s'agit d'une **émergence écologique** : en effet la symbiose confère aux partenaires une plus grande résistance dans des milieux où ils ne pourraient vivre séparément.

Les lichens sont donc une merveilleuse histoire de symbiose « depuis le début », car c'est historiquement l'un des premiers exemples qui a mis sur la voie du concept de symbiose à la fin du XIX^{ème} siècle.