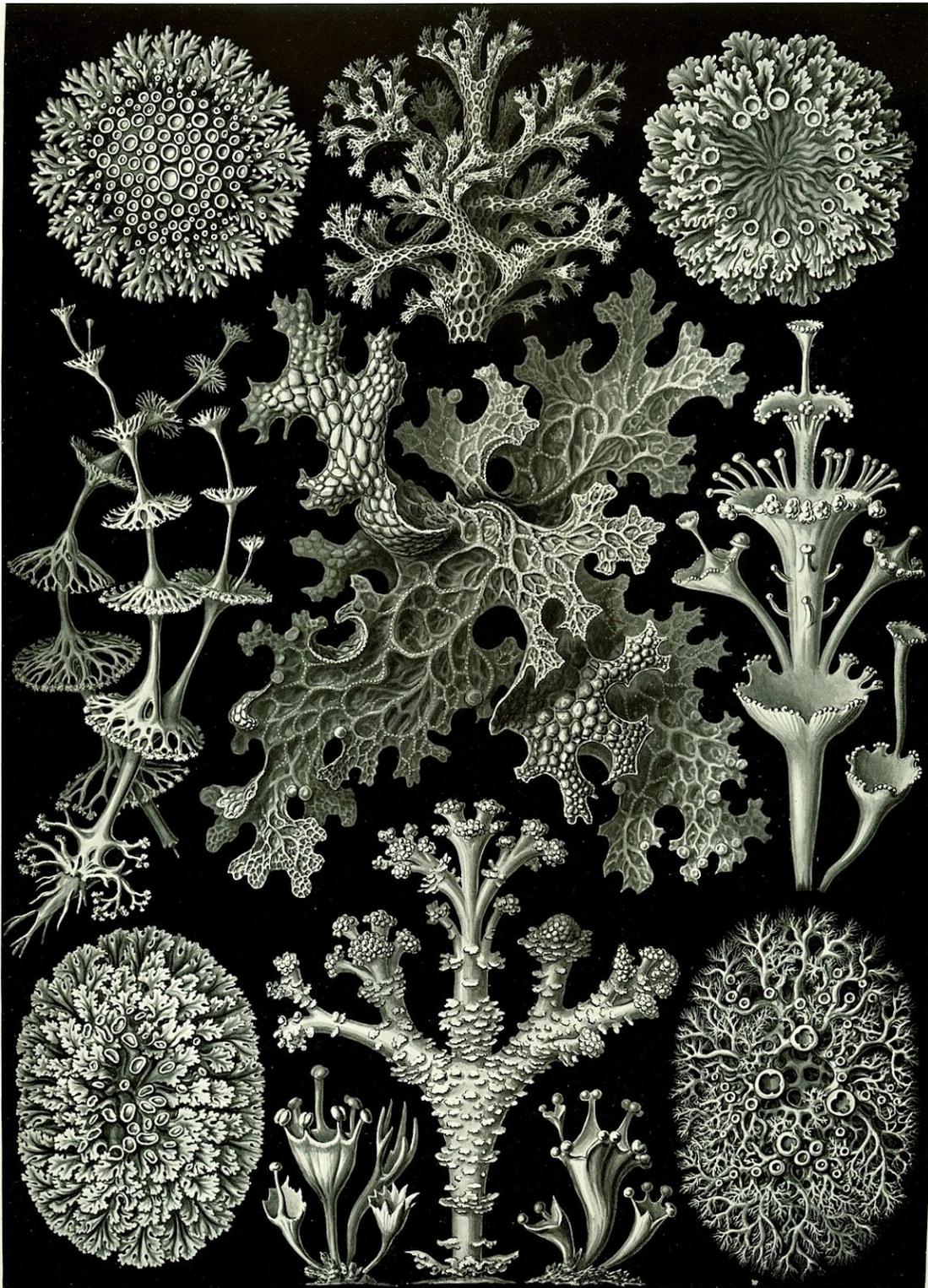


Le lichen, collant mais attachant



Ernst Haeckel, *Kunstformen der Natur* (1904)

Introduction	2
Le lichen, un organisme bien étrange	3
Structure	3
Étrange mais utile à l'Homme	5
Un échange de bon procédé	7
Écologie	9
Capacité de colonisation exceptionnelle	9
Le lichen un arsenal biologique lui permettant de se défendre :	10
Le lichen, une importance écologique majeure :	11
Encore de choses à apprendre ?	12
Une découverte épatante : le point sur les levures dans le cortex	12
Le lichen face à la pollution :	14
À la chasse aux lichens dans ma ville avec Lichens Go!	15

Introduction

Le lichen est partout et pourtant la majorité d'entre nous est incapable d'identifier précisément à quelle branche du vivant il appartient. Est-ce un végétal ? Un animal ? Un champignon ? Des colonies de bactéries ? Aujourd'hui, nous connaissons environ vingt mille espèces de Lichens et ce nombre s'accroît chaque année. Leur place dans l'immense arbre du vivant est encore difficile à définir. Depuis plus de 160 ans, les lichens sont considérés comme faisant partie des premiers colonisateurs des écosystèmes terrestres. On pense souvent que les lichens ont formé le sol avant l'évolution des plantes vasculaires. Une étude menée par **(Nelsen, M. et coll., 2019)** nous dévoile qu'il est peu probable que les lichens aient existé avant les plantes vasculaires et qu'ils n'étaient donc pas disponibles pour servir de moteurs potentiels de changements environnementaux antérieurs. Cette supposition met en avant la complexité de cet organisme, qui aujourd'hui encore, dévoile peu à peu ses secrets grâce aux avancées scientifiques. Véritable mélange entre algue, champignon et voir plus encore avec les levures, le lichen est le produit d'une association symbiotique si riche et diversifié qu'il a su conquérir tous les milieux terrestres. Même l'espace ne lui fait pas peur ! Pourtant, rien ne le prédestinait à un long avenir. N'ayant ni racine, ni de feuille, une croissance minimaliste, il est pourtant présent sur nos toitures, nos trottoirs, nos murs....

Mais comment fait-il ? Tel un caméléon, le lichen a su évoluer avec les différents environnements qui l'ont entouré, adaptant sa structure, développant des capacités biologiques exceptionnelles. Aujourd'hui cet organisme souvent croisé mais, ignoré dans nos rues, nous apprend qu'il est bien plus qu'un végétal associé à un ou plusieurs champignons. Utile dans de nombreux domaines comme : la médecine, l'alimentaire, la cosmétique. Il est également un régulateur d'écosystème offrant protection à certains insectes, mais aussi nourriture et outil pour la construction de nids d'oiseaux. Sensible à la pollution atmosphérique, le lichen est un organisme **bio indicateur**.

À l'inverse des végétaux, les lichens ne possèdent ni cuticule, ni stomate. Par conséquent, ils n'ont aucun moyen de réguler leurs échanges avec l'atmosphère. Ainsi en cas de pollution atmosphérique, même faible, ils absorbent les polluants. De ce fait, une simple observation des lichens dans vos rues pourraient vous permettre de déterminer si la qualité de l'air environnant est acceptable ou non.

Les lichens sont en voie d'écrire un nouveau chapitre du vivant dont le déchiffrement aura sans doute des conséquences sur notre façon de les voir et surtout de les utiliser dans notre quotidien. Les avancées scientifiques et technologiques permettent de placer cet organisme étrange au centre des débats sur son origine, ses capacités biologiques, sa structure...

Le lichen, un organisme bien étrange

a) Structure

Les lichens n'ont ni racine, ni tige, ni feuilles mais ce qu'on appelle un thalle. Un thalle est l'appareil végétatif non différencié d'un organisme (comme chez les champignons et les algues). Ce ne sont donc pas des végétaux comme on l'a longtemps cru.

Il est constitué de deux grandes unités :

- le champignon qui représente 90 % de la biomasse totale (mycobionte)
- l'algue et/ou cyanobactérie 10 % (photobionte)

Le champignon est un organisme hétérotrophe¹ vis à vis du carbone, c'est à dire qu'il est incapable de synthétiser sa propre matière organique à partir de matière inorganique. Ces cellules sont composées d'une paroi chitineuse et se nourrissent en absorbant la matière organique directement dans le milieu.

L'algue est un organisme autotrophe². À l'inverse du champignon, elle est capable de synthétiser sa propre matière organique grâce aux pigments chlorophylliens via le processus de photosynthèse (conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique).

Ces algues, sont principalement unicellulaires (Trebouxia 50 % des lichens) ou filamenteuses (Trentepohlia 20 % des lichens). Comme tous les végétaux, elle renferme des pigments chlorophylliens (vert), caroténoïdes (orange) donnant ces couleurs visibles aux lichens.

Mais le photobionte peut aussi être une **cyanobactérie** (Nostoc dans 20 % des lichens). Les cyanobactéries appartiennent à l'embranchement des bactéries, elles sont capables de photosynthèse mais ne possède pas de noyau dans leur cellule.

Cyanobactéries et algues peuvent coexister dans les lichens (4% des lichens). Les cyanobactéries sont alors confinées dans des compartiments fongiques nommés céphalodies, qui sont des formations bien délimitées, en forme de galle à l'intérieur du thalle. L'organisation des lichens peut paraître complexe. Deux grandes familles se distinguent :

les lichens homomères rassemblant les lichens gélatineux et hétéromères (majorité des lichens).

¹ Nécessité pour un organisme vivant de se nourrir de constituants organiques préexistants

² Production, par un organisme vivant, de matière organique par réduction de matière inorganique et matière minérale

Les lichens gélatineux possèdent un thalle homogène où la partie mycobionte et photobionte sont mélangés sans distinction particulière.

La majorité des lichens est organisée sous forme de strates : une couche d'algue coincée entre deux couches de filaments de champignons serrée avec le cortex supérieur en contact avec le milieu extérieur et le cortex inférieur lié au substrat. Entre les deux se trouve une zone filamenteuse moins serrée (medulla) où sont les algues et où se réalisent les échanges entre l'algue et le champignon.

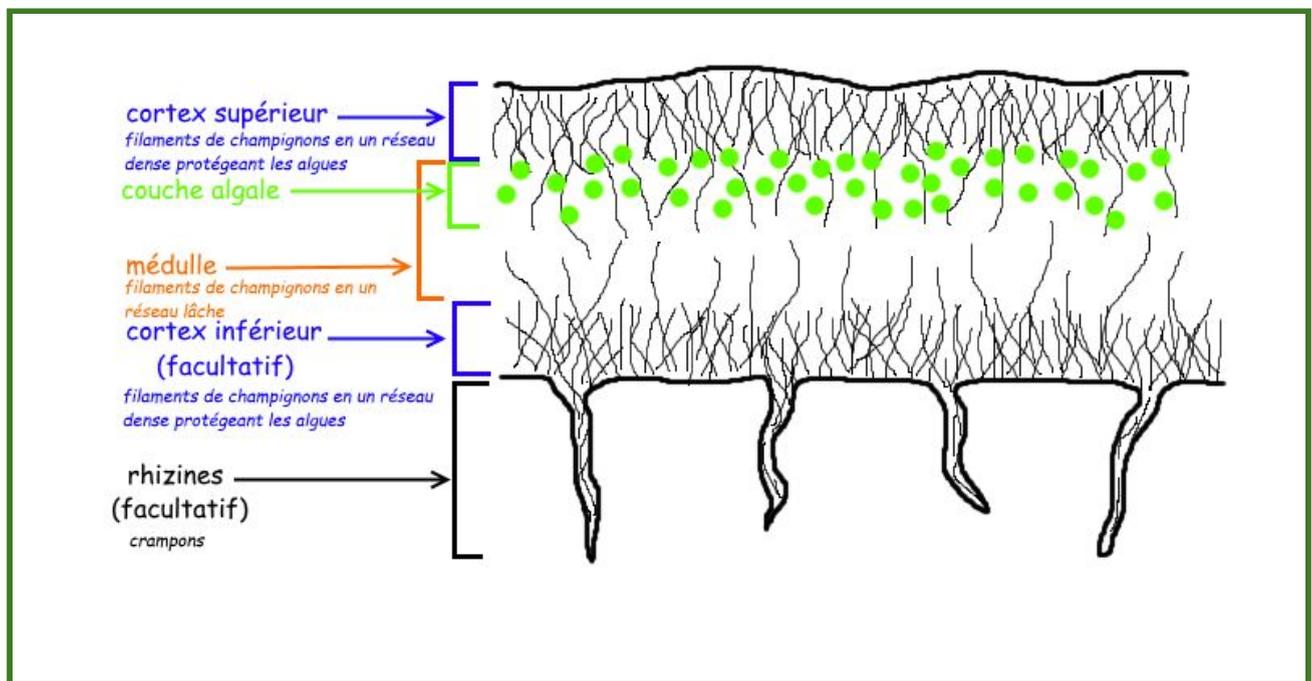


Figure 1 : Schéma d'une coupe transversale d'un lichen
Source : <http://notesdeterrain.over-blog.com>

On distingue 3 grands types de lichens :

- les lichens **fruticuleux** au thalle en forme arbuste ou de tige plus ou moins ramifiée. Ils sont accrochés à leur support que par un disque de petite taille (ex *Usnea* et *Ramalina*).
- les lichens **foliacés** dont le thalle en forme de limbe foliaire, attaché au substrat par un seul point plus ou moins étendu (ex *Parmelia*, *Xanthoria*).
- les lichens **crustacés** qui forment des croûtes minces ou épaisses fermement appliquées au substrat. Il existe en plus de ces trois formes les plus courantes, des lichens : **squamuleux, complexes et gélatineux.**

b) Étrange mais utile à l'Homme.

- en médecine :

Le lichen pulmonaire, *Lobaria pulmonaria* (*photo 2*), dont le thalle a la forme de poumons, soignait autrefois les infections respiratoires. Il est utilisé actuellement dans un sirop antitussif. D'un point de vue chimique, il renferme de l'acide stictique proche de l'acide cétrarique qui aurait des propriétés antimicrobiennes. Les indiens d'Amérique, les égyptiens, les indiens et les chinois employaient les lichens pour traiter les maux, et en premier lieu comme expectorants (**Elix, 1996**).

Le lichen *Cetraria islandica* (*photo 3*), ou « mousse d'Islande », trouve de nombreuses applications médicales. Il a été longtemps utilisé contre la tuberculose, les bronchites chroniques, les diarrhées et permet également de traiter les inflammations de la gorge et de la cavité buccale, les maladies d'estomac, gastriques ou encore la grippe. Des études en Islande et en Allemagne ont conduit au développement de capsules et de tablettes à base d'extraits de ce lichen, utilisées en cas d'obstruction intestinale, d'ulcère gastrique, d'arthrite et d'asthme (**Podterob, 2008**).

- en cosmétique et parfumerie :

De nombreux produits cosmétiques sont conservés grâce à des molécules antimicrobiennes synthétiques, suscitant des controverses concernant leurs potentiels effets secondaires. La recherche de nouveaux conservateurs plus naturels est donc un enjeu majeur, tant pour les scientifiques que pour les industriels, notamment du domaine cosmétique. Les lichens sont une source de composés originaux, plus particulièrement de métabolites secondaires bioactifs (agit sur le métabolisme d'un organisme vivant). Parmi eux, l'acide usnique est proposé comme possible alternative aux parabènes. Il possède en effet de nombreuses propriétés biologiques, et notamment une activité antimicrobienne, qui en font un candidat de choix en tant que conservateur.

Certains lichens sont utilisés pour produire des huiles essentielles de parfum comme *Evernia prunastri* et *Pseudevernia furfuracea* (*photo 1*) pour les parfums à odeur de Chypre et cuir de Russie et ainsi apporter des notes boisées aux parfums. Près de 9 000 t de ces deux espèces sont récoltées annuellement dans la région de Grasse, des Balkans et au Maroc.

- dans l'industrie alimentaire :

Connaissez-vous l'erythrol ? Un édulcorant qui donne une sensation de fraîcheur quand on mâche un chewing-gum. Cette molécule a été découverte il y a 140 ans dans les mêmes lichens à orseille

chez *Roccella fucoides* et *Roccella fuciformis* (photo 4). Il est utilisé dans l'industrie agro-alimentaire comme exhausteur de goût sous le nom générique E968.



Photo 1 : *Pseudevernia furfuracea* (L.)
par Hugues Tinguy CC by SA
Source : inpn.mnhn.fr



Photo 2 : *Lobaria pulmonaria* (L.)
par Jean Vallade CC by SA
Source : inpn.mnhn.fr



Photo 3 : *Cetraria islandica* (L.)
par Rémy Poncet CC by SA
Source : inpn.mnhn.fr



Photo 4 : *Roccella fuciformis* (L.)
par A.-H. Paradis & R. Poncet CC by SA
Source : inpn.mnhn.fr

Un échange de bon procédé

Comme nous avons l'observé, le lichen est issu de l'association d'un champignon avec une algue et ou une cyanobactérie. **Mais comment font-ils pour collaborer ensemble ?**

La **symbiose** est une association intime, durable entre deux organismes distincts. Les organismes impliqués sont qualifiés de symbiotes. On parle d'**endosymbiose** lorsque l'un des partenaires vit à l'intérieur des cellules de son hôte ou que les organes des symbiotes sont en étroite relation, comme c'est le cas des lichens. Le champignon est considéré comme l'hôte car il constitue la majeure partie de l'unité fonctionnelle.

Le mycobionte (c'est-à-dire le champignon) est constitué d'un réseau plus ou moins dense de filaments fongiques appelés **hyphes**. Les cellules de l'algue, unicellulaire, appelées **gonidies**, sont localisées sous une couche d'hyphes dans la partie du cortex supérieur : c'est la zone la plus exposée aux rayonnements lumineux permettant à l'algue de réaliser la photosynthèse.

L'algue, bien protégée, peut synthétiser la matière organique à partir du dioxyde de carbone (CO₂) et d'eau présents dans l'atmosphère et grâce à l'énergie lumineuse captée via les pigments chlorophylliens. Cette énergie est ensuite convertie sous forme de nutriments solubles pour le champignon qui rappelons le est incapable de synthétiser sa propre matière organique. Ce processus unique chez les végétaux c'est la **photosynthèse**.

En contrepartie, le champignon prélève dans le milieu l'eau et les sels minéraux indispensables pour nourrir l'algue. Les champignons synthétisent également des **métabolites secondaires** (antibiotiques et acides lichéniques). Ces acides interviennent dans la régulation du nombre de cellules d'algue. Toutefois, ils protègent aussi les algues contre les UV, le broutage et contre la **dessiccation**³ (phénomène dans lequel l'eau s'échappe d'un corps). Quand le champignon récupère les sucres, il les transforme en sucre-alcool (ribitol, mannitol...). Ces sucres modifiés permettent le maintien de la turgescence⁴ (état d'une cellule vivante dilatée par l'eau) du lichen et le protègent d'une dessiccation trop élevée.

³ Procédé d'élimination de l'eau d'un corps à un stade poussé. Il s'agit d'une déshydratation visant à éliminer autant d'eau que possible. Ce phénomène peut être naturel ou forcé.

⁴ L'état d'une cellule vivante dilatée par l'eau qui y est entrée, et qui s'accumule dans ses vacuoles ou ses vésicules.

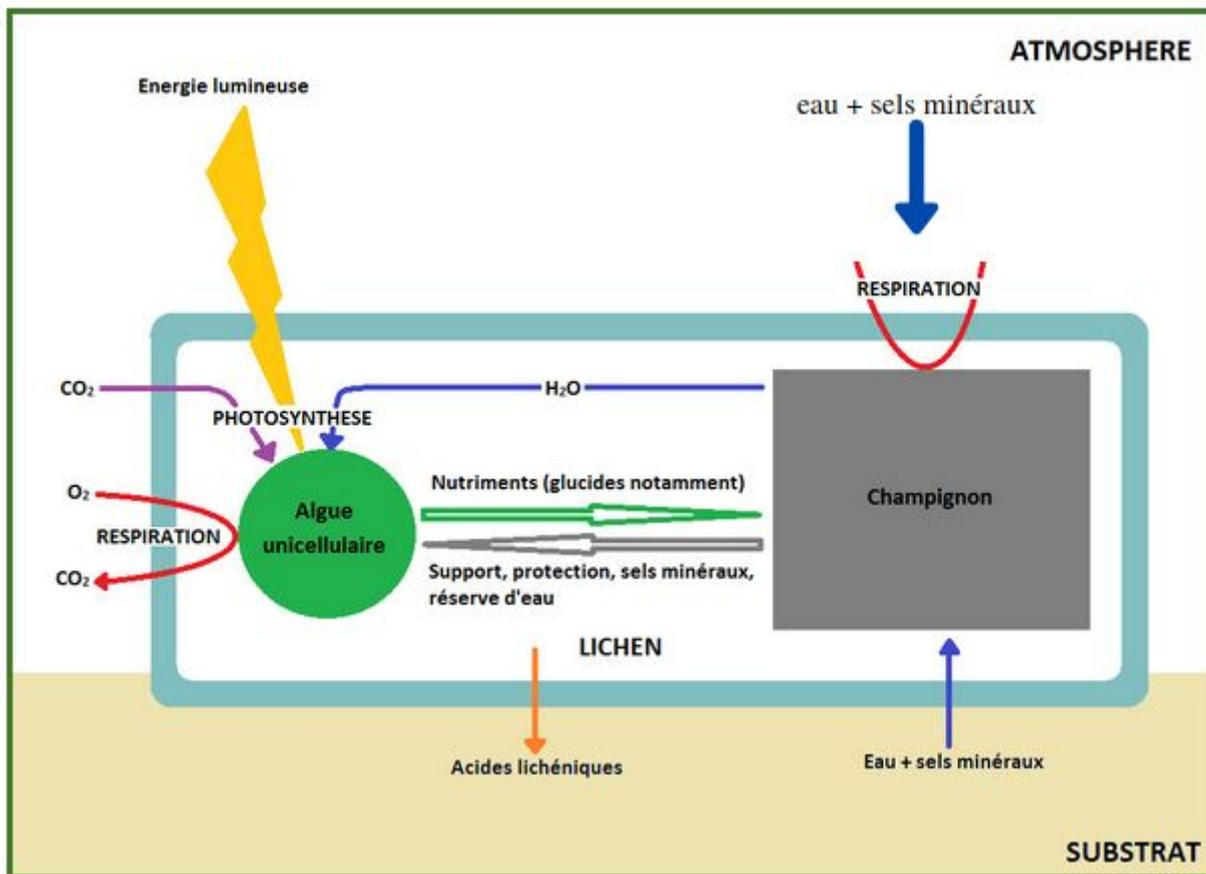


Figure 2 : Schéma des échanges gazeux, ainsi que des nutriments entre le champignon et l'algue
 Source : labopathe.free.fr

MAIS ATTENTION !!!

Les éléments nutritifs n'étant pas puisés dans le substrat, les lichens ne sont donc pas néfastes au développement de l'arbre, contrairement à une idée reçue, les lichens ne parasitent pas les arbres sur lesquels ils se développent. Ils n'empêchent pas l'écorce de jouer son rôle, ils ne pénètrent pas dans les tissus de l'arbre. En revanche, cette symbiose constitue un véritable écosystème pour d'autres espèces animales (insectes, oiseaux).

Pour imaginer la relation particulière entre le champignon et l'algue, il est possible de prendre une métaphore médiévale où le champignon en bon seigneur offre protection et a le monopole sur l'ensemble du royaume, et l'algue paysanne qui nourrit le seigneur. Sans protection, l'algue paysanne est soumise aux facteurs abiotiques (vent, sécheresse, UV) et biotiques (interactions avec les autres organismes vivants). Mais sans celle-ci, le seigneur n'est plus approvisionné en nourriture et à long terme finira par abandonner son royaume.

Aujourd'hui, la symbiose lichénique divise encore les spécialistes, les uns la voit **mutualiste** (à bénéfices réciproques et équilibrés), les autres, la trouve plus proche du **parasitisme**. Le comportement du champignon semble d'un point de vue physiologique plus agressif, il est possible d'imaginer le champignon ayant capturé l'algue qu'il emprisonne dans ses filaments. Cette image peut être accentuée par les nombreux outils qui permettent au champignons de ponctionner les nutriments de l'algue avec les haustoriums (organe d'une plante ou d'un champignon parasite biotrophe⁵, qui s'insère dans les tissus de la plante hôte, pour absorber l'eau et les nutriments contenus dans les cellules).

Quoi qu'il en soit, cette relation a permis à ces organismes de conquérir des milieux hostiles et montre la formidable capacité d'adaptation du vivant aux défis qui se posent à lui.

Écologie

a) Capacité de colonisation exceptionnelle

Les lichens ont la capacité de résister à de très fortes dessiccations. Certains lichens peuvent vivre avec une teneur en eau de 15 %. Ils sont aussi capables de se réhydrater (capacité de reviviscence). À titre de comparaison, l'eau est le principal constituant du corps humain. La quantité moyenne d'eau contenue dans un organisme adulte est de 65 %, ce qui correspond à environ 45 litres pour une personne de 70 kilogrammes.

La résistance hydrique des lichens provient surtout du champignon qui sécrète des polysaccharides autour de l'hyphe, créant ainsi une zone qui piège l'eau sous forme colloïdale. De plus, les lichens accumulent des polyols⁶, qui servent de réserves d'eau. La reprise du métabolisme après une sécheresse est très rapide. Le lichen retrouve ses capacités métaboliques cinq à trente minutes après une réhydratation.

Ils peuvent également survivre à des **variations de température** importantes : des tests en laboratoire montrent leur résistance à de hautes températures (90 °C) et à l'azote liquide (-196 °C). Les lichens savent attendre patiemment le moment propice à leur développement. Ils possèdent une

⁵ Agent pathogène colonisant des tissus vivants

⁶ Édulcorants obtenus industriellement et naturellement

remarquable adaptation aux grandes variations de sécheresse et d'humidité. Si l'eau vient à manquer, ils cessent leur croissance et entrent en dormance souvent sur de longues périodes.

Certains n'hésitent pas à coloniser des terres polluées par des métaux lourds toxiques. Ils absorbent et concentrent les polluants métalliques et les éléments radioactifs.

En 2005, deux espèces de lichens ont été envoyées dans l'espace et exposées au vide durant deux semaines. Les résultats montrent que, de retour sur Terre et après réhydratation, les lichens ont survécu à ces conditions extrêmes (dessiccation, températures très basses, rayons UV intenses et rayonnements ionisants) et qu'ils ne présentaient quasiment aucune altération de leur structure par rapport à des lichens témoins restés sur Terre.

Ils ont conquis tous les milieux, à l'exception de la haute mer. Pionniers exceptionnels, ils sont capables de pousser sur le sable, les pierres, le sol nu, sur les coulées de lave sitôt refroidies, là où aucun végétal ne prétend s'aventurer. Ils retiennent la poussière qui est amenée par le vent accumulant des éléments constituant un sol.

S'incrustant dans le substrat et libérant des acides, ils désagrègent la roche et la pulvérisent, contribuant ainsi, avec le temps, à la genèse du sol. Ils ouvrent alors la voie à toute une dynamique de colonisation végétale : les mousses, les fougères puis les plantes supérieures.

Les lichens recouvrent près de 8 % de la surface terrestre de la planète, formant notamment des communautés dominantes dans les écosystèmes polaires. La photosynthèse de certains lichens comme *Cladonia alpicornis* est toujours effectuée à des températures avoisinant -20 °C.

b) Le lichen, un arsenal biologique lui permettant de se défendre :

L'algue fournit au champignon des substances issues de la photosynthèse dont il se nourrit. Le champignon, offre par sa structure chitineuse une protection. Il est également le petit chimiste jouant un rôle dans la synthèse de molécules. Ainsi on dénombre plus de 1000 acides lichéniques synthétisés par le champignon. Schématiquement ces molécules sont essentiellement des terpènes⁷, des caroténoïdes et des acides de type shikimique⁸. Les shikimates sont des intermédiaires biochimiques importants dans les plantes et les micro-organismes et sont les précurseurs notamment des tanins, de divers alcaloïdes et de l'acide salicylique, **molécule ayant permis la synthèse de l'aspirine**. Ils produisent également de l'acide pulvinique⁹ qui permet une défense contre les herbivores invertébrés.

⁷ Classe d'hydrocarbures, produits par de nombreuses plantes et champignons

⁸ Voie métabolique aboutissant à la biosynthèse de certains acides aminés aromatiques.

⁹ composé organique donnant ces pigments jaunes chez les champignons et les lichens

Ulla Kaasalainen de l'Université de Helsinki a découvert qu'une espèce de lichen sur 8 utilise un groupe de poisons particuliers, les **microcystines (Dittmann E, Fewer DP, Neilan BA. 2013)**, causant des dommages au foie chez les animaux et les hommes. Ces poisons sont fabriqués par les cyanobactéries. Ils peuvent protéger les lichens des brouteurs. Quelques lichens semblent produire une molécule (probablement une sérine protéase) capable d'éliminer le prion. Le prion est une protéine infectieuse responsable d'encéphalopathies spongiformes chez l'homme telle la maladie de Kreutzfeld-Jacob ou chez les animaux de la maladie de la vache folle ou de la tremblante du mouton. Des extraits organiques de lichen ou même l'incubation de celui-ci dans l'eau avec un prion ont montré que cet organisme avait la capacité de les éliminer.

c) Le lichen, une importance écologique majeure :



Cladonia rangiferina est une espèce de lichen connue dans le cercle polaire arctique. Dépourvue de concurrence avec la majeure partie des végétaux à cause des conditions climatiques extrêmes, cette espèce constitue le principal garde manger des caribous et des rennes. Il peut s'étendre sur plusieurs milliers d'hectares formant le paysage de la toundra en hiver. Il est donc le maillon principal sur lequel repose l'écosystème de l'Arctique.

Photo 5 : *Cladonia rangiferina*
par A.-H. Paradis & R. Poncet CC by SA
Source : inpn.mnhn.fr

Il n'y a pas que les caribous qui raffolent du lichen mais aussi de nombreux insectes (**phasmes, papillons de nuit, larves**). Ils constituent ainsi un véritable garde-manger hivernal pour de nombreux oiseaux insectivores : sittelles, mésanges, rouges-gorges. Les oiseaux utilisent fréquemment des lichens mélangés avec d'autres débris pour fabriquer leur nid. En contrepartie, certains lichens apprécient les substrats azotés fournis par leurs fientes. Même à l'échelle microscopique le lichen joue le rôle de garde manger. La biomasse lichénique est une ressource importante pour les arthropodes, tardigrades et rotifères (**Gerson et Seaward, 1977 ; Stubbs, 1989**). Ces petits organismes sont les régulateurs de nos écosystèmes terrestres et marins. L'ouvrage de **Marc André Selosse** : « jamais seul » porte bien son nom, l'infiniment petit regroupe un monde invisible bien plus vaste que l'on ne pense.

L'étude d'un organisme ne se résume pas à sa physiologie et sa biochimie mais aussi à l'étude de sa dynamique et de ses interactions.

Nous avons pu constater que les lichens jouaient un rôle important dans l'interaction avec les espèces environnantes. Cependant, il assure également la protection des sols contre l'érosion, et le vent. Présent dans toutes les parties terrestres du globe, il a un impact non négligeable dans les cycles du carbone, de l'azote et de l'eau (**Max-Planck-Gesellschaft. 2012**). Dans les zones arides, les lichens représentent une part importante de la croûte biologique (**50 millions de km² = 5 fois la superficie de l'Europe**). On estime à 7 % le carbone fixé annuellement par les plantes qui s'effectuent grâce aux croûtes biologiques. Cependant, avec l'augmentation de la pollution, de plus en plus d'espèces de lichens se retrouvent menacées.



Photo 6 : *Cleorodes lichenaria* Hfn.
La boarmie des lichens par Philippe Mothiron
Source : Lepinet.fr



Photo 7 : Lichen *Extatosoma tiaratum* par Alex K
Source : Flickr

Encore de choses à apprendre ?

Une découverte épatante : le point sur les levures dans le cortex

Le lichen n'a pas fini de nous surprendre, en 2016, on apprend que cet organisme aurait potentiellement un nouveau partenaire symbiotique. Toby Spribille, chercheur à l'institut des sciences des plantes à Graz, en Autriche et ses collègues, ont montré que la symbiose qui constitue les lichens serait plutôt un ménage à trois entre l'organisme photosynthétique (l'algue), le champignon et... une levure. L'équipe de recherche a utilisé un séquençage ADN avancé pour examiner les génomes du lichen du loup, un lichen jaune chartreuse brillant qui pousse sur les arbres dans l'ouest du Canada, aux États-Unis et en Europe.

Bien que l'espèce soit bien étudiée, les chercheurs ont découvert que, peu importe où ils étaient échantillonnés, les lichens loups ne contenaient pas un ou deux champignons, mais trois.

“Ce que nous trouvons maintenant, c'est essentiellement ce que les chercheurs depuis les années 1800 auraient aimé savoir : qui sont les principaux acteurs ? quelle fonction remplissent-ils ? “ cite Hanna Johannesson, professeur agrégé à l'Université d'Uppsala.

Tout a commencé quand Toby Spribille, stagiaire postdoctoral dans le laboratoire de McCutcheon, menait des études sur deux espèces de macrolichens prélevées dans les montagnes près du campus de l'Université du Montana à Missoula. *B. tortuosa* se distingue de *B. fremontii* par la présence d'acide vulpinique qui lui confère sa couleur jaune. Toutefois, des analyses génétiques ont démontré que les champignons et les algues connus dans les deux espèces de lichens étaient identiques.

Mais Spribille et McCutcheon ont trouvé la signature génétique d'une troisième espèce : une levure basidiomycète, présente chez les deux espèces de lichens, mais plus abondante dans la version jaune. Avec leurs collègues, ils ont ensuite analysé 56 espèces différentes de lichens de par le monde et ont découvert qu'elles comportaient chacune leur propre variété distincte de levure basidiomycète.

Selon McCutcheon, il est possible que ces levures soient nécessaires entre autres pour créer les grandes structures qui caractérisent le macrolichen. Elles tendent à s'intégrer à des cristaux à l'intérieur du lichen et pourraient jouer un rôle dans sa formation. Cela pourrait expliquer pourquoi il est si difficile de faire croître le macrolichen en laboratoire en utilisant seulement un champignon et une algue.

Pourquoi ne pas l'avoir vu avant ?

D'une part, le cortex des lichens est dense : les cellules des champignons, et maintenant des levures, sont étroitement liées, ce qui rend difficile l'analyse moléculaire et microscopique. D'autre part, on écartait les levures parce qu'on pensait qu'elles étaient des contaminants des lichens. Les chercheurs doivent également faire face à une autre problématique qui est le développement du thalle. En effet, cultiver du lichen en laboratoire se solde souvent par un échec. La reproduction de condition symbiotique est très difficile à reproduire, c'est comme une horloge finement réglée qui se déboussole au moindre petit changement apporté.

De toute évidence, ces récentes découvertes montrent que le cortex des lichens est plus complexe qu'on ne le pensait. Mais plus encore, elle interroge sur la définition même de ces organismes. Et comme on connaît des cas où plusieurs algues sont associées à un lichen, un même lichen pourrait-il combiner plusieurs champignons différents ? Pour répondre à cette question, le meilleur moyen est de mieux appréhender nos connaissances sur ces organismes vivants qui nous dévoilent leurs richesses un peu plus chaque jour.

Le lichen face à la pollution :

Il peut absorber l'eau et les nutriments par toute la surface de son thalle, mais il ne possède aucun filtre contre la pollution de l'air. Si ces organismes sont si sensibles, c'est à cause de leur grande dépendance biologique à l'atmosphère : absence de cuticule (couche externe qui recouvre et protège les organes aériens des végétaux), absence de système racinaire, absence de système d'excrétion. William Nylander (1822 - 1899), botaniste finlandais, a été le premier à faire le lien entre la diversité en lichens d'un lieu et la qualité de l'air après des observations effectuées au jardin du Luxembourg à Paris.

Un **bio-indicateur** est un organisme, ou une partie d'un organisme ou d'une communauté d'organismes (biocénose) fournissant des informations sur les conditions environnementales.

Par conséquent les lichens sont considérés comme des bio-indicateurs de la qualité de l'air. Plusieurs méthodes ont été mises en place pour mesurer la qualité de l'air en observant les lichens.

Un premier diagnostic peut être avancé en fonction des types de thalles majoritairement présents sur les troncs d'arbres. C'est la méthode de Gaveriaux (1999). Un environnement moins pollué présentera davantage de thalles fruticuleux puis foliacées.

En France, on étudie l'impact de ces polluants sur les communautés lichéniques épiphytes (se développant sur les troncs d'arbres). Aujourd'hui, la nouvelle méthodologie est basée sur un indice (**Indice Biologique Lichens Epiphytes – IBLE**) normalisé au niveau de la France (**AFNOR**) et développé au niveau européen. Cet indice se base sur la diversité appréciée par la présence/absence, la fréquence et le recouvrement des espèces.

À la chasse aux lichens dans ma ville avec Lichens Go !

Témoins silencieux du passé, sentinelles de l'avenir, les lichens suscitent encore beaucoup d'interrogations. Ce n'est finalement pas au bout du voyage que nous sommes, mais au début d'une nouvelle aventure tant les lichens ont encore de choses à nous apprendre. Pour mieux connaître la diversité et la distribution des lichens il faut des données d'observation.

Mais plusieurs problématiques se posent :

- Qui est capable d'observer les lichens ?
- Quels outils utiliser ? En quoi consiste-t-il ? Qu'est-ce que cela apporte ?
- Quelles actions le citoyen peut-il mener ?

Pour répondre à ces questions, « Lichens Go ! » voit le jour. En 2017 PartiCitaE propose un protocole simple utilisable par tous pour inciter les citoyens à participer à ce programme de sciences participatives sans pour autant être des experts en lichénologie. L'idée est de suivre des arbres dans votre entourage : rue, jardins, parcs, mais attention pas en forêt !

Grâce à vous, les lichenologues pourront suivre les communautés de lichens dans différents milieux urbanisés, aux quatre coins de la France. Une des hypothèses prévoit qu'on retrouvera plus de lichens nitrophiles dans des milieux riches en azote comme aux abords des axes routiers. Pour le reste, vous allez nous transporter vers l'inconnu...

Vous allez vous aussi découvrir un nouveau monde ! Et avec de la pratique vous pourrez vous faire une idée de la qualité de l'air autour de vous. Attention, si vous ne voyez rien, ne vous alarmez pas tout de suite : une absence n'est pas forcément liée à une forte pollution. À Montpellier par exemple, vous n'en observerez pas beaucoup en raison de la très faible humidité ambiante.

Posez l'œil sur une loupe, approchez-vous d'un arbre, et découvrez un nouveau monde merveilleux, celui des lichens !!!

Bibliographie

- Yuan, X.; Xiao, S.; Taylor, T. N. (2005). *Science* 308, 1017-1020
- Stubbs, C. S. (1989). Patterns of Distribution and Abundance of Corticolous Lichens and Their Invertebrate Associates on *Quercus rubra* in Maine. *The Bryologist*, 92(4), 453. doi:10.2307/3243665
- AFNOR (2008). Biosurveillance de l'air — Détermination de l'Indice Biologique de Lichens Epiphytes (IBLE), Norme NF X43-903. Paris, AFNOR
- Nylander, W. (1896). *Les lichens des environs de Paris*. Librairie des Sciences Naturelle, Paul Klincksieck, Paris.
- Amandine Andraud-Dieu. Recherche de molécules antimicrobiennes d'origine lichénique: Etude phy-tochimique de trois lichens & approche synthétique de deux composés actifs. Biologie moléculaire. Université de Limoges, 2015. Français.
- Elix, J. A., Biochemistry and secondary metabolites. In *Lichen biology*. Nash T. H., Ed. 1996. Cambridge University Press, Cambridge, pp 154-180.
- Podterob, A. P. *Pharmaceutical Chemistry Journal* 2008, 42 (10), 582-588
- Nelsen, M. P., Lücking, R., Boyce, C. K., Lumbsch, H. T., & Ree, R. H. 2019. *No support for the emergence of lichens prior to the evolution of vascular plants*. *Geobiology*. doi:10.1111/gbi.12369
- Max-Planck-Gesellschaft. 2012, June 3. Wallflowers of the Earth system. *ScienceDaily*. Retrieved February 23, 2020 from www.sciencedaily.com/releases/2012/06/120603191621.htm