



SYMBIOSES LYCÉENNES

Quand les lycées et la recherche en Région Centre se rencontrent sur les Sciences de la Vie et de la Terre !

SOMMAIRE

- Introduction aux lichens
- La symbiose
- L'intimité des lichens
- Supportent-ils l'air que vous respirez ?
- Une diversité à préserver
- Clé de détermination des lichens courants
- Références documentaires

CAHIER N°2

LES LICHENS PRENNENT L'AIR

Comment mesurer la pollution des villes en observant les troncs d'arbres ?

Patrick DORLÉANS (*)

Mots clefs :

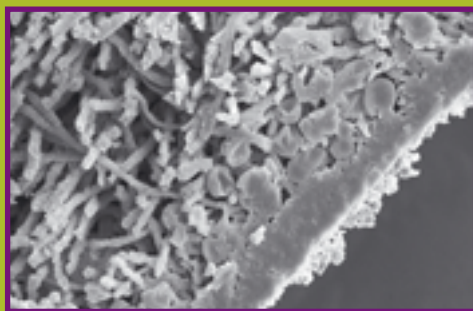
Algue • Lichen • Pollution
Symbiose • T.P.E.

La symbiose

Lorsque deux organismes sont inséparables, leur association est nommée symbiose. Or, si l'on écrase un petit morceau de lichen pour l'observer au microscope, on distingue :

- de nombreux filaments enchevêtrés, typiques des champignons, et
- des cellules rondes et vertes, de quelques millièmes de millimètres.

Ainsi, tout lichen est un **champignon englobant en permanence certaines cellules chlorophylliennes.**



Coupe dans un lichen. x 800
(IUT Bourges, dép. Mesures Physiques)



Xanthoria parietina, un lichen jaune fréquent, et une mousse, *Orthotrichum sp.*
On peut observer les apothécies orange, organes reproducteurs en forme de corbeille.

On entend parfois dire que l'air qu'on respire est moins bon pour la santé qu'autrefois : est-il pollué ? Pas nécessairement. Il suffit parfois d'observer des organismes tels que les lichens pour apprécier la qualité de l'air.

Le béton gris et nu s'habille de petites rondelles jaunes, le tronc d'arbre se couvre de minuscules bonzaïs... On les ignore mais, en première approximation, les lichens sont d'autant plus nombreux et variés que l'air est pur. Grâce à eux, des chercheurs, mais aussi des collégiens ou des lycéens, ont déjà pu mesurer la qualité de l'air de différentes villes de la Région Centre et d'ailleurs, comme nous allons le découvrir.

(*) Patrick DORLÉANS, Lycée Jacques Cœur, 108 rue Jean Baffier, BP 2056, 18026 BOURGES CEDEX
<http://lyc-jcoeur.ac-orleans-tours.fr> - dorleans-p@voila.fr

Remerciements à Pierre BOUDIER, Conservateur du musée de Chartres (<http://www.ville-chartres.fr>) et Jean-Claude HARGÉ, IUT de Bourges, département Mesures Physiques (M.E.B.)

L'intimité des lichens

Tous pour un !

La chlorophylle est bien plus qu'un colorant vert : elle capte la lumière utilisée pour produire des sucres. Dans de nombreux lichens (*Cladonia*, *Lecanora*, *Parmelia*, *Physcia*, *Ramalina*, *Xanthoria*, etc.), cette photosynthèse est assurée par une **algue verte** unicellulaire, *Trebouxia*. Parfois (chez *Graphis* par exemple), il s'agit d'une espèce voisine, *Trentepohlia*. Quant au *Nostoc*, qui est une «algue bleue» donc apparentée aux bactéries bien plus qu'aux vraies algues, il se rencontre notamment chez le lichen *Collema*, minuscules matelas verts à terre. Au microscope, *Nostoc* forme de petites chaînettes. *Trebouxia* se colore à l'eau iodée et, dépourvue d'amidon, *Trentepohlia* stocke des lipides plus ou moins colorés en orange.

Presque tous les lichens sont classés dans plusieurs groupes d'ascomycètes car leur **champignon** se reproduit par spores enfermées dans une enveloppe allongée, un asque, comme les morilles ou les pézizes. Au sein du lichen, les filaments du champignon captent l'eau et les sels minéraux et, parfois, ils protègent l'algue. Par exemple, si *Xanthoria parietina* est jaune, c'est parce qu'il sécrète de la pariétine (comme l'oseille *Rumex obtusifolius* !) évitant à l'algue trop de soleil ; très courant en ville sur les arbres, il reste verdâtre à l'ombre. Cette association permet finalement aux lichens de subsister dans des milieux parmi les plus extrêmes.

La **symbiose** au sens strict, c'est-à-dire le mutualisme, suppose que chaque partenaire bénéficie de l'autre ; c'est pourquoi les lichens servent souvent d'exemple : l'algue fournit les sucres (ribitol chez *Trebouxia*) et le champignon contrôle l'apport minéral. Cependant, si

Trebouxia n'a jamais été observée seule, *Trentepohlia* vit très bien sans lichen en formant des traînées rouille sur les murs, et ces lames gélatineuses vert foncé sur certains sols nus ne sont constituées que de *Nostoc*. De plus, certains filaments du champignon montrent des sortes de suçoirs branchés sur les algues (voir le zoom en médaillon), ce qui rappelle plutôt un parasite.

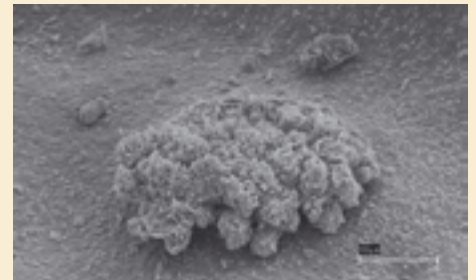
Alors, symbiose à bénéfices réciproques, ou parasitisme discret ? La nature n'entre pas si facilement dans nos catégories ! En tout cas, l'abondance des lichens sur un tronc n'est pas mauvais signe pour un arbre : ces deux-là s'ignorent.

L'union fait la force

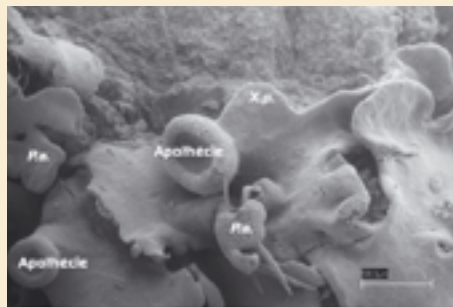
Selon qu'ils s'installent sur une écorce d'arbre, un rocher ou par terre, les lichens sont dits corticoles, saxicoles ou terricoles. Les **corticoles** couvrent un tronc sans gêner l'arbre : ils ne font guère que s'y développer, soit à partir d'un point (les fruticuleux), soit en s'étalant dessus (les foliacés), soit en s'incrustant un

peu (les crustacés). Ils y grandissent chaque année de moins d'un millimètre à plus d'un centimètre, et peuvent devenir centenaires.

Beaucoup montrent de petites corbeilles concaves ou convexes, nommées **apothécies**, où a lieu la reproduction sexuée du champignon. Chaque spore, emportée par le vent, doit arriver sur un support favorable, germer et trouver son algue. Pour ce faire, il arrive qu'un *Xanthoria* en vole à un *Physcia*... De nombreux lichens sont percés par de petits paquets de filaments et algues, les **sorédies**, elles-mêmes groupées en **soralies** ; elles sont disposées en petits points blancs ou en lignes, voire recouvrent de poudre plus ou moins toute la surface. La dissémination se fait parfois aussi, quoique moins loin, par des **isidies** évoquant de minuscules bourgeons.



Une soralie à la surface d'un *Parmelia*.
(IUT Bourges, dép. Mesures Physiques)



Xanthoria parietina (thalle jaune avec apothécie orange)
et *Physcia adscendens* (thalle gris avec cils de 1 mm)
sur un tronc en ville, microscope électronique à balayage.
(IUT Bourges, dép. Mesures Physiques)

Sur les murs, on observe aussi des coussinets de mousses, notamment *Grimmia pulvinata* reconnaissable à ses poils gris. Sur les troncs, en forêt surtout, l'hépatique *Frullania dilatata* forme ces grandes plaques brunes de minuscules écailles chlorophylliennes en réseau. Cependant, plus résistants à la dessiccation, les lichens sont souvent les premiers à coloniser des substrats secs et durs.

Il était une fois...

Autrefois, on ne savait guère définir les lichens, mais on en mangeait (*Rhizoplaca esculenta* serait la Manne biblique), et certains étaient utilisés en teinture. *Letharia vulpina* a servi à confectionner des appâts empoisonnés. Un *Peltigera* était préconisé contre la rage, si bien que Linné le nomma *Peltigera canina* (du chien)... Celui qu'il appela *Lichen islandicus* était importé de Hollande en France. En 1745, Charles Bonnet les situa avant les plantes et après les moisissures et autres champignons. Il y a deux siècles, le Suédois Erik Acharius précisa leurs caractères avec des mots comme thalle, apothécie, sorédie. Le docteur Nylander décrit près de 3 000 espèces à lui seul, et les étudia jusqu'à Paris : «la plupart des lichens semblent fuir les villes» affirme-t-il dès 1866. En 1867, le Suisse Simon Schwendener montra qu'il s'agit d'un champignon associé à une algue. Pour l'Allemand Anton de Bary, chacun profite de l'autre et, en 1879, il nomma symbiose ce type de relation. Gaston Bonnier, entre autres, confirmera en obtenant des *Xanthoria parietina* à partir des deux organismes séparés !



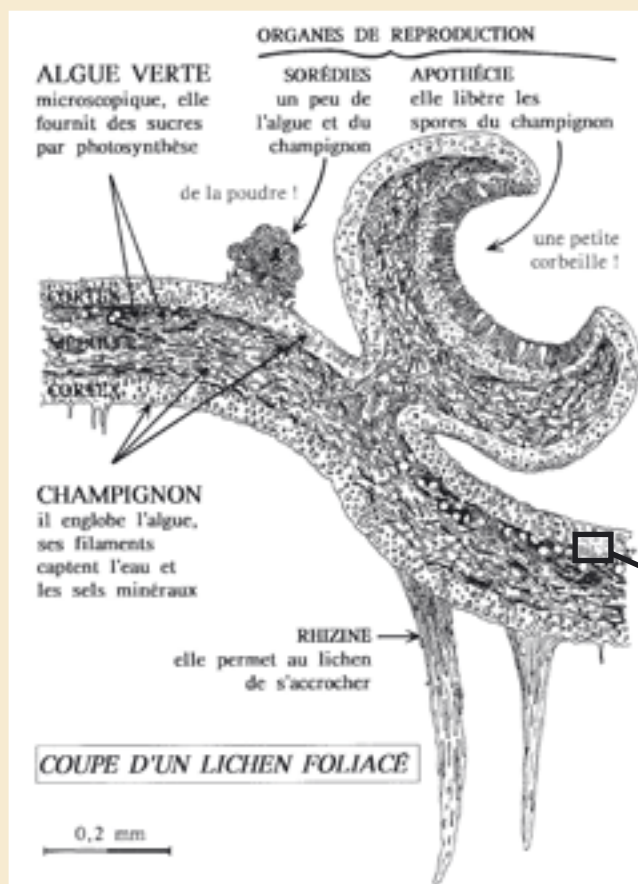
Physcia adscendens

Les lichens supportent-ils l'air que vous respirez ?

La sensibilité des lichens à la pollution

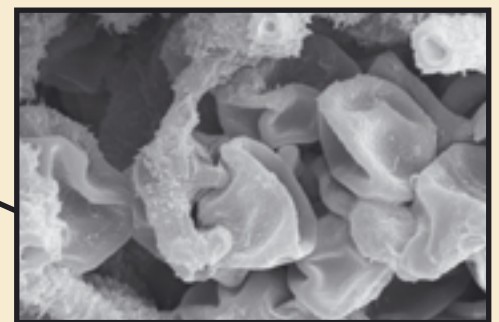
Comme les lichens se sont rarifiés dans les centre-villes, l'idée est venue de mesurer la qualité de l'air grâce à eux. De fait, ces organismes sont **bioaccumulateurs** : ils concentrent divers polluants, et certains sont **bio-indicateurs** : ils se développent plus ou moins selon tel ou tel polluant. Leurs propriétés (tableau suivant) les rendent même plus révélateurs que les plantes à fleurs.

VEGETAUX	LICHENS
feuilles imperméables sauf par des stomates que la plante peut fermer	contact direct avec l'atmosphère, sans système de filtration
germent dans un sol où leurs racines puisent l'eau et les sels minéraux	en contact avec l'atmosphère depuis leur stade initial, forte capacité d'absorption
croissance rapide, non actifs en hiver	actifs après chaque pluie, même en hiver



Ainsi, 1 g sec de *Parmelia caperata* peut contenir 90 µg de plomb à 500 m d'une autoroute quand le maïs en garde 22 dans les feuilles et 9 dans les grains (tout de même !). La pollution azotée, elle, favorise certaines espèces, dites nitrophiles : près des champs où des engrais sont apportés en pulvérisations, ou en ville, prolifèrent *Physcia tenella*, *P. adscendens* et surtout *Xanthoria parietina* tandis que *Parmelia caperata*, non nitrophile, ne supporte que des doses moyennes ; *Phlyctis argena* est sensible à l'oxyde d'azote (NO₂) tandis qu'il résiste bien à l'ozone (O₃).

Le **dioxyde de soufre (SO₂)** est un polluant majeur en ville. Produit par les chaufferies, le diesel et les incinérateurs, il se dissout dans l'eau de pluie et, dans les cellules vivantes, il détériore les membranes et modifie les réactions métaboliques. Selon la sensibilité de chaque espèce, divers auteurs, notamment Michel Lerond et Chantal Van Haluwin, ont mis au point des échelles quantitatives : **l'abondance et la diversité d'espèces corticoles précises fournit le degré de pollution.**



Filament du champignon sur une cellule d'algue. x 4500
(IUT Bourges, dép. Mesures Physiques)

Le tableau suivant en donne un aperçu simplifié

Certaines espèces tolèrent un milieu pollué mais sont altérées : les *Physcia* n'y ont guère de cils, *Parmelia acetabulum* peu d'apothécies. *Phaeophyscia orbicularis*, *Hypogymnia physodes* et *Parmelia sulcata*, eux, recolonisent les troncs dans les sites en voie de dépollution. Au centre de Liévin (62), des lycéens ont noté que le nombre d'espèces est passé de deux à neuf entre 1992 et 1995, montrant ainsi l'assainissement de l'air. Ailleurs, *H. physodes* devient dominant en cas de pluies acides car il y résiste mieux que les autres espèces.

pollution extrême (> 160 µg de SO ₂ par m ³ d'air)	pas de lichens algue <i>Desmoccocus viridis</i>
pollution forte (100 à 160 µg de SO ₂ par m ³ d'air)	<i>Amandinea</i> (= <i>Buellia</i>) <i>punctata</i> , <i>Lecanora conizaeoides</i> , <i>L. expallens</i> , <i>Lepraria incana</i>
pollution moyenne (50 à 100 µg de SO ₂ par m ³ d'air)	<i>Evernia prunastri</i> , <i>Lecidella elaeochroma</i> , <i>Physcia adscendens</i> , <i>Ph. tenella</i> , <i>Pseudevernia furfuracea</i> , <i>Xanthoria parietina</i>
pollution faible (40 à 50 µg de SO ₂ par m ³ d'air)	<i>Parmelia acetabulum</i> , <i>P. caperata</i> , <i>P. subrudecta</i> , <i>Phlyctis argena</i> , <i>Ramalina farinacea</i> , <i>R. fastigiata</i>
pollution très faible (< 40 µg de SO ₂ par m ³ d'air)	<i>Anaptychia ciliaris</i> , <i>Physconia distorta</i> , <i>Ramalina fraxinea</i>

Auprès de mon arbre

Les études de terrain assurent **un suivi dans le temps** de l'ensemble des polluants, contrairement aux expériences de laboratoire. Aussi ont-elles déjà concerné notamment le Nord-Pas-de-Calais, la Haute-Normandie, Paris, Lyon, mais aussi Chinon en 1989, Chartres en 2000 ou Bourges en 2005. Une classe peut très bien s'y consacrer : il faut choisir des arbres assez gros et bien répartis dans la zone d'étude, recenser les lichens de la liste sur une bande haute de 50 cm sur le tronc, à hauteur d'homme, puis en déduire l'indice de pollution de chaque site et reporter le tout sur une carte.

Sans liste, de jeunes élèves distinguent déjà les zones très polluées à lichens «poudreux», les zones moyennement polluées à *Xanthoria* et les zones peu polluées à *Parmelia* ou à lichens «buissonnants». Ils comprendront que certains arbres soient peu propices, ou que *Xanthoria* et *Parmelia* puissent coexister. Au lycée, on pourra préciser les déterminations (clef en dernière page) et la méthode (bibliographie).

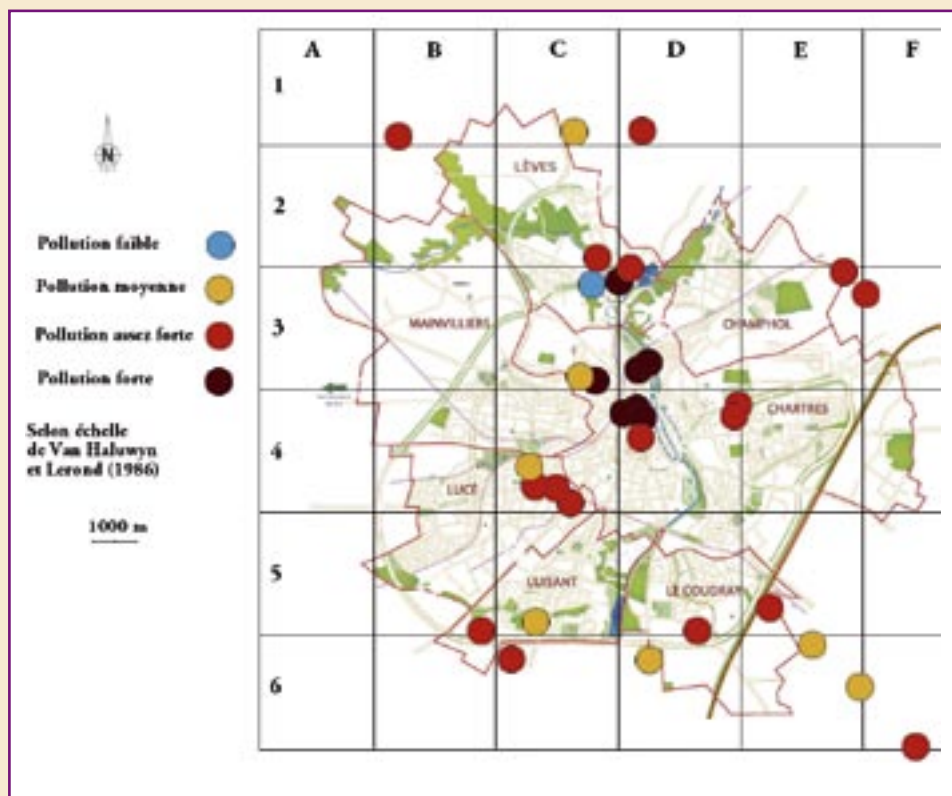
Les lichens offrent ainsi l'opportunité de surveiller soi-même la pollution de notre environnement !

La lichénologie à Bourges

Titulaire d'un DESS de Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables, Céline Miternique coordonne actuellement une étude sur les lichens dans le Cher.

- **Symbioses** : en quoi cela consiste-t-il ?
- **C.M.** : il s'agit d'un Contrat Vert signé en mars 2004 entre la Région Centre et *Nature 18*, l'association dans laquelle je travaille. Son objectif est notamment de recenser les lichens bio-indicateurs de la qualité de l'air sur 100 km² au nord-est de Bourges. Il s'agit aussi de sensibiliser le grand public et les scolaires à cette problématique.
- **Symbioses** : où en êtes-vous ?
- **C.M.** : nous avons invité ceux qui le souhaitent à se former en lichénologie pendant que Laurent, un stagiaire, repérait les arbres intéressants dans la zone. Chacun a ensuite rempli des fiches d'inventaire préétablies, et j'ai cartographié les résultats par niveau de pollution.
- **Symbioses** : est-ce concluant ?
- **C.M.** : les relevés montrent une pollution faible de l'air autour de Bourges, sauf dans certains lieux où nous allons chercher à préciser ce qui fait disparaître les lichens.
- **Symbioses** : avez-vous rencontré des difficultés particulières ?
- **C.M.** : l'aide d'une spécialiste, Mme Chantal Van Haluwin, a été déterminante pour définir une méthode et mieux connaître les lichens. Ensuite, le travail d'équipe permet à chacun d'aider les autres tout en corrigeant ses propres hésitations !

La lichénologie à Chartres

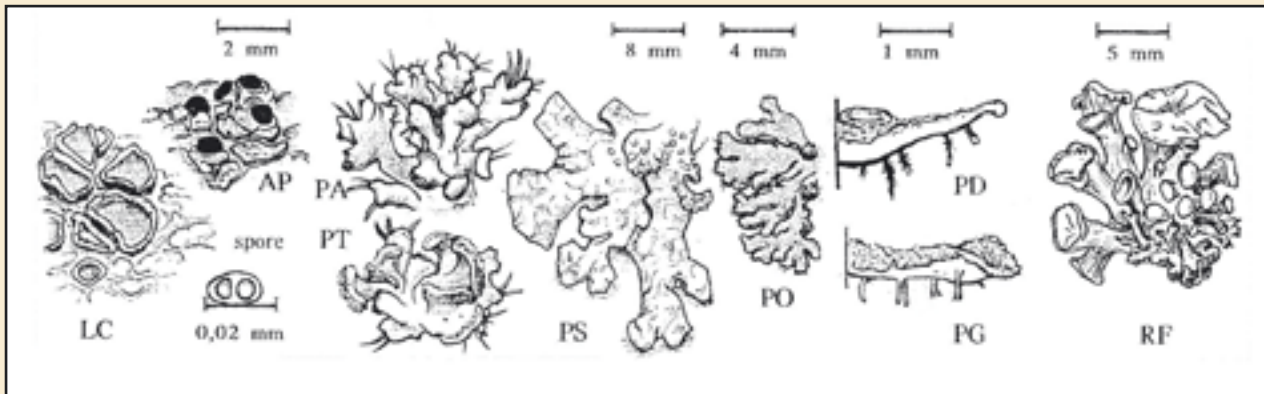


Stage IUFM Chartres 1997/1998. Direction R. Flageul avec la participation du Muséum de Chartres.

Détermination des principaux lichens corticaux

La clef page suivante ne vise pas à identifier toutes les espèces, mais celles qu'on rencontre le plus facilement. Il suffit d'emporter une bonne loupe (x 10), un peu de potasse et un peu d'eau de Javel. On note **K+** lorsque la potasse (KOH à 20 %) réagit (sinon : **K-**) et **C+** (C pour Cl, le chlore) lorsque l'eau de Javel réagit (sinon : **C-**). On pose une toute petite goutte et, si la coloration apparaît mal, on l'absorbe sur un mouchoir en papier blanc pour mieux distinguer la couleur obtenue. Un petit couteau est utile pour soulever ou détacher des fragments mais il faut éviter d'abîmer les arbres, et ne pas emporter un lichen s'il est seul de son espèce !

Clé de détermination des lichens les plus courants



A) thalle crustacé (poudre, ou croûte inséparable du support)

- 1) poudre verte
 - a) vert bleuâtre, C- et K- *Lepraria incana*
 - b) vert jaunâtre, C+ et K+ jaunes *Lecanora expallens*
 - c) avec de petites apothécies (corbeilles), C- *Lecanora conizaeoides*
(vert plus vif, au microscope : cellules rondes sans filaments de champignon)
(sauf parasitisme par *Athelia arachnoidea*) algue *Desmococcus* (= *Pleurococcus viridis*)
- 2) poudre blanche
 - a) K+ jaune puis rouge *Phlyctis argena*
 - b) KC+ violet (fugace), pustules (soralies, 1 mm) à goût très amer *Pertusaria amara*
- 3) plaque à points noirs (apothécies ≤ 1 mm)
 - a) mince, C (avec K) + jaune, spores claires à 1 cellule (au microscope) *Lecidella elaeochroma*
 - b) gris, C- et spores à 2 cellules (au microscope) [AP] *Amandinea* (= *Buellia*) *punctata*
- 4) apothécies (corbeilles marron) à bords blancs, serrées [LC] autres *Lecanora* (gr. *chlarothesera*)

B) thalle foliacé (corps aplati en feuille détachable du support)

- 1) lobes jaunes (verts à l'ombre) avec, au centre, des apothécies (corbeilles) orange, K+ rouge *Xanthoria parietina*
- 2) sans rhizines (petits filaments dessous), lobes gris un peu boursoufflés, assez larges, à bords poudreux (soralies) *Hypogymnia physodes*
- 3) avec rhizines, lobes plats, non jaunes
 - a) gris, très découpé, bordé de cils très visibles (0,4 à 2 mm), K+ jaune
 - # plein de petits capuchons abritant des soralies (poudre) [PA] *Physcia adscendens*
 - # bords relevés couverts de soralies (poudre) en croissant [PT] *Physcia tenella*
 - b) grands lobes vert laiteux dessus, noir dessous *Parmelia caperata*
 - c) grands lobes gris à verts, pas de petits boutons lisses (isidies), K-
 - # vert bouteille, grandes apothécies (corbeilles) marron possibles *Parmelia acetabulum*
 - # points blancs (pseudocyphelles) sur tout le dessus gris, soralies (poudre) et médulle C+ rouge (gratter à l'ongle avant de poser l'eau de Javel) *Parmelia subrudecta*
 - # craquelures en réseau (pseudocyphelles) et bords assez carrés [PS] *Parmelia sulcata*
 - d) blanc à vert, sans soralies ni craquelures, à petits points noirs (isidies) plus hauts que larges, serrés, sans cicatrice blanche si on les arrache *Parmelia tiliacea*
 - e) gris foncé à brun, petits lobes allongés
 - # plaqué contre le support, comme bordé de noir, apothécies (corbeilles) marron possibles, rhizines noires [PO] *Phaeophyscia orbicularis*
 - # bords à petits points blancs (pruine d'oxalate de Ca²⁺), lobes se chevauchant et apothécies (corbeilles) souvent nombreuses, rhizines noires «poilues» [PD] *Physconia distorta*
 - # bords à petits points blancs (pruine), rhizines claires [PG] *Physconia grisea*

C) thalle d'aspect fruticuleux (petit buisson)

- 1) rubans bordés de cils, pas de soralies (poudre) *Anaptychia ciliaris*
- 2) rubans sans cils
 - a) gris vert des deux côtés, assez rigides
 - # fins et pointus, soralies (poudre) blanches sur les côtés *Ramalina farinacea*
 - # apothécies au bout (en trompettes) [RF] *Ramalina fastigiata*
 - # longues lanières peu divisées, à apothécies non terminales *Ramalina* gr. *fraxinea*
 - b) gris vert dessus et blanc dessous, soralies (poudre) sur les côtés *Evernia prunastri*
 - c) gris dessus et gris foncé (sauf au bout) dessous *Pseudevernia furfuracea*
- 3) bouquet de filaments clairs, axe blanc visible par étirement *Usnea* sp.

Une diversité à préserver

Une réserve exceptionnelle près de Blois

On compte actuellement près de **20 000 espèces** de lichens dans le monde, et 2 500 en France. Nos guides usuels en décrivent 300 à 350, et la première grande «Flore du Centre de la France», publiée en 1840 par Alexandre Boreau, en citait déjà plus de 200. Néanmoins, si chacun peut vite en découvrir quelques dizaines dans son département, aller au-delà est difficile : certains ne se déterminent qu'au microscope, voire à l'échelle moléculaire !

Un inventaire le plus exhaustif possible a été réalisé il y a quelques années dans la **réserve naturelle des Vallées de Grand-Pierre et de Vitain**, à dix kilomètres au nord de Blois. Là, sur les chênes et les buis ou parmi les blocs de calcaire lacustre, vivent 270 espèces (outre 14 lichénicoles non lichénisés) dont 152 corticoles ! Huit n'avaient jamais été signalées en France ; celle qui figure sur la liste des espèces protégées en Région Centre, *Peltigera ponojensis*, est aussi du nombre. La forêt de Fontainebleau recèle une biodiversité supérieure mais sur 25 000 hectares alors que le site classé ici depuis 1979 ne couvre que 296 hectares.

Pistes, TP et TPE !

> Relations symbiotiques dans un lichen (microscopie, EXAO)

> Utilisation de lichens pour les teintures

> Evaluation de la pollution de l'air autour de la classe à l'aide de lichens corticaux

> Résistance de lichens aux conditions extrêmes

Un lichen, ça vaut la peine

Un petit coin de nature peut donc s'avérer bien plus riche qu'au seul examen des fleurs ou des oiseaux. D'ailleurs, dans la toundra, c'est le lichen *Cladonia rangifera* qui, pour l'essentiel, nourrit les rennes. Même certaines de nos espèces ont déjà **prouvé leur utilité**. La parfumerie consomme chaque année plusieurs milliers de tonnes de «mousses du chêne», en fait *Evernia prunastri* voire *Pseudevernia furfuracea* et *Usnea barbata*, cueillis en hiver à Fontainebleau et en Auvergne... tant qu'il en reste. Les produits chimiques ont remplacé les teintures «d'Orseille» et l'époque est passée où l'on croyait que *Xanthoria* soignait la jaunisse... parce qu'il est jaune. Mais les lichens sont prescrits en homéopathie (toux, maux d'estomac) et ils semblent intéressants contre le sida. Enfin, les lichens facilitent certaines mesures, comme celle que nous venons de voir : évaluer la pollution atmosphérique !



Ramalina fraxinea

Références documentaires

- > DE KERMIKRI Ion, «L'Air des villes rend bien malade», *La Recherche*, n° 279, septembre 1995, 884-888
- > DERUELLE Serge, «Les Lichens victimes de la pollution», *La Recherche*, n° 148, octobre 1983, 1298-1300
- > FONTAN Jacques, *Les Pollutions de l'air : les connaître pour les combattre*, Vuibert, 2^e éd., 2004
- > GAVÉRIAUX Jean-Pierre, *Les Lichens et la bioindication de la qualité de l'air : guide technique à l'usage des professeurs des collèges et des lycées*, CRDP Amiens, 1999
- > GAVÉRIAUX Jean-Pierre, *Lichens et qualité de l'air* (CD-ROM), IUFM de Villeneuve d'Ascq, Académie de Lille, 2001
- > GUÉRY B., *La Pollution de l'air en Haute-Normandie : fiches pédagogiques*, Observatoire régional de l'environnement, Rouen, 1992 (avec des Cinquièmes)
- > KIRSCHBAUM Ulrich et WIRTH Volkmar, *Les Lichens bio-indicateurs : les reconnaître, évaluer la qualité de l'air*, Ulmer, 1997 (très bonnes photos)
- > PERROT Julien, «L'Amour des lichens», *La Salamandre*, n° 148, février-mars 2002, 20-43
- > ROUX Claude, BRICAUD Olivier et TRANCHIDA Fabrice, «Importance des lichens dans la gestion d'une réserve naturelle : l'exemple de la réserve naturelle des Vallées de Grand-Pierre et de Vitain», *Recherches Naturalistes en Région Centre*, n° 7, spécial Actes du colloque «La Gestion des pelouses calcicoles» (Blois, 27 et 28 novembre 1999), juin 2000, 44-59
- > SÉNÉCAUT G., «Arras, ville polluée ? un essai sur les bioindicateurs de la pollution de l'air», *Nord-Nature*, n° 29, 1982, 4-8 (avec des Premières)
- > VAN HALUWIN Chantal et LEROND Michel, *Guide des lichens*, Lechevalier, 1993 (encyclopédique)

<http://www2.ac-lille.fr/lichen>

<http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/svt/ressourc/rescien/Lichens/lichens.htm>

<http://www.ligair.fr>