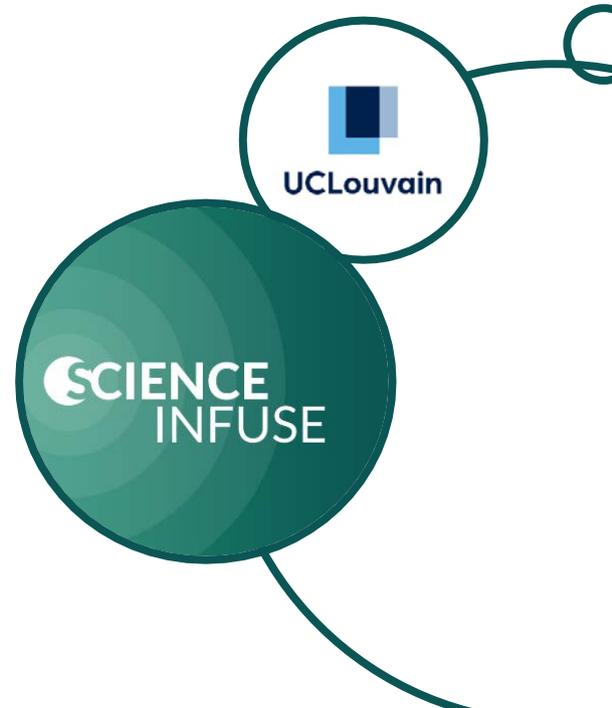
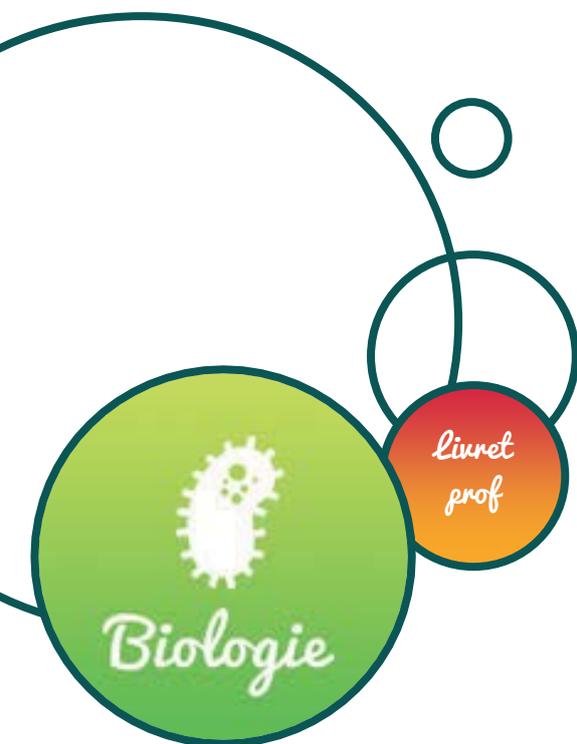




LES LICHENS ET LA QUALITÉ DE L'AIR



Les lichens et la qualité de l'air

1. Introduction

Certains êtres vivants qui nous entourent sont capables d'offrir des informations quant à l'état de santé de notre environnement. Ces méthodes de mesure biologique sont de plus en plus reconnues et utilisées en parallèle des mesures physico-chimiques ponctuelles lors d'études de qualité d'un environnement donné. Les **lichens** sont des bio-indicateurs de la qualité de l'air.

Ce **kit** permet à l'enseignant de mettre ses élèves en situation réelle et concrète par la mesure de la qualité de l'air environnant de l'école. De plus, en réalisant une telle mesure, il est possible d'identifier la multiplicité des facteurs qui interviennent dans le maintien d'une population de lichens et de développer l'esprit critique des élèves : la répartition des lichens est-elle uniquement contrôlée par la qualité de l'air ou d'autres variables écologiques doivent être considérés ? Une fois l'identification et l'influence des variables environnementales analysées, les élèves pourront évaluer l'impact des activités humaines. En effet, l'humain a un impact non négligeable sur la qualité de l'air. Quel est cet impact ? Quelles sont les activités humaines à remettre en question ? Quelles solutions pouvons-nous apporter ?

2. Matériel

Ce kit contient :

- 12 livrets de détermination
- 6 grilles (10 × 50 cm) composées de 5 mailles de 10 cm²
- Loupes
- Mètres ruban
- 6 bouts de ficelle
- Boussoles
- Les fiches de terrain

- 1 guide de détermination des arbres « *Arbres et arbrisseaux de Belgique et du nord de la France* », Debot L., Ed. Elsevier, 1999
- 1 livre « *Les lichens bio-indicateurs, les reconnaître, évaluer la qualité de l'air* ». Kirschbaum et Wirth. Ed. Ulmer 1997

Le kit reprenant l'ensemble du matériel disponible en prêt gratuitement à Scienceinfuse. Vous pouvez le réserver via le site www.sciencesaemporter.be.

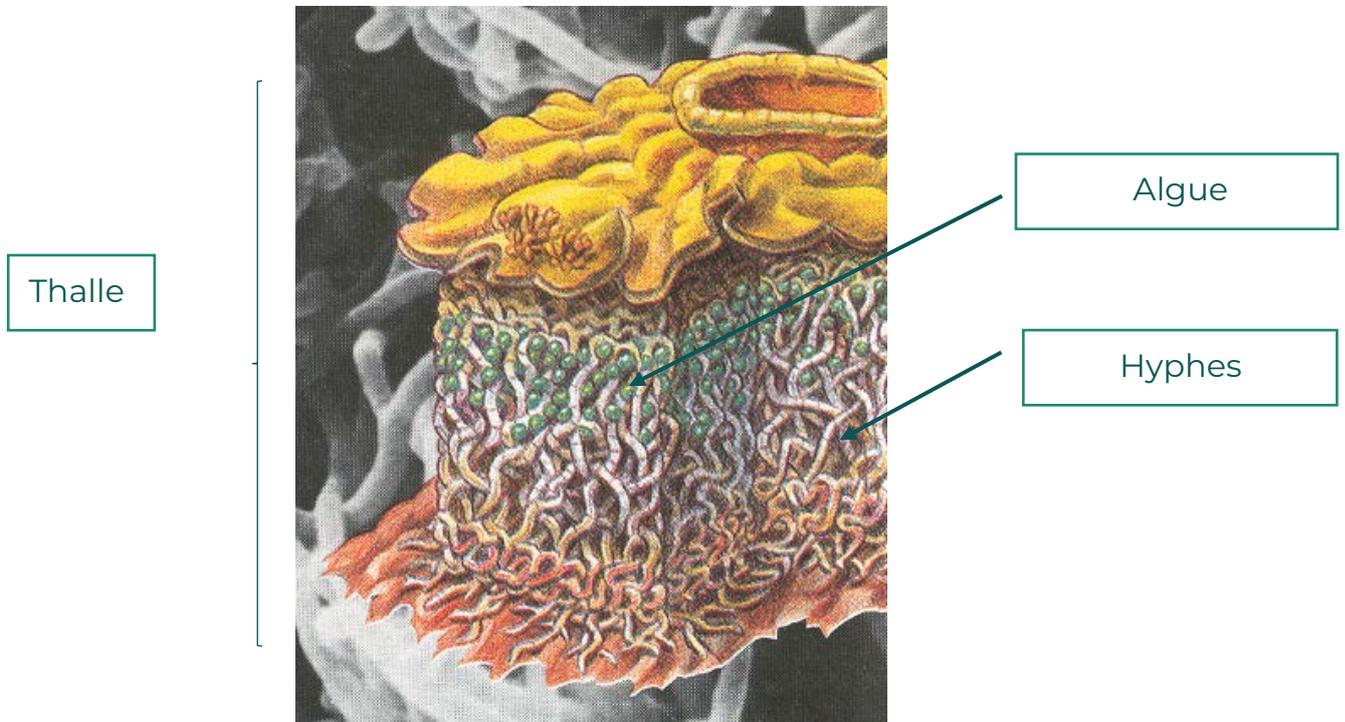
3. Les lichens et la qualité de l'air : informations théoriques

a. Qu'est-ce qu'un lichen ?

Un lichen est un organisme composite résultant de l'association entre deux êtres vivants : un champignon et une algue unicellulaire ou un champignon et une cyanobactérie. Chacun des deux partenaires tient un rôle important dans la survie de l'autre.

Le champignon fournit un abri à l'algue ou à la cyanobactérie (protection contre les pertes d'eau rapides, contre les rayonnements solaires intenses, contre les animaux, etc.) ainsi que les sels minéraux, l'eau et les antibiotiques nécessaires à leur bon développement. L'algue ou la cyanobactérie, quant à elle, par son activité photosynthétique, va fournir au champignon la matière organique (entre autres les glucides) nécessaire à son existence. Cette association étroite et à bénéfice réciproque entre ces deux êtres vivants se nomme **symbiose**.

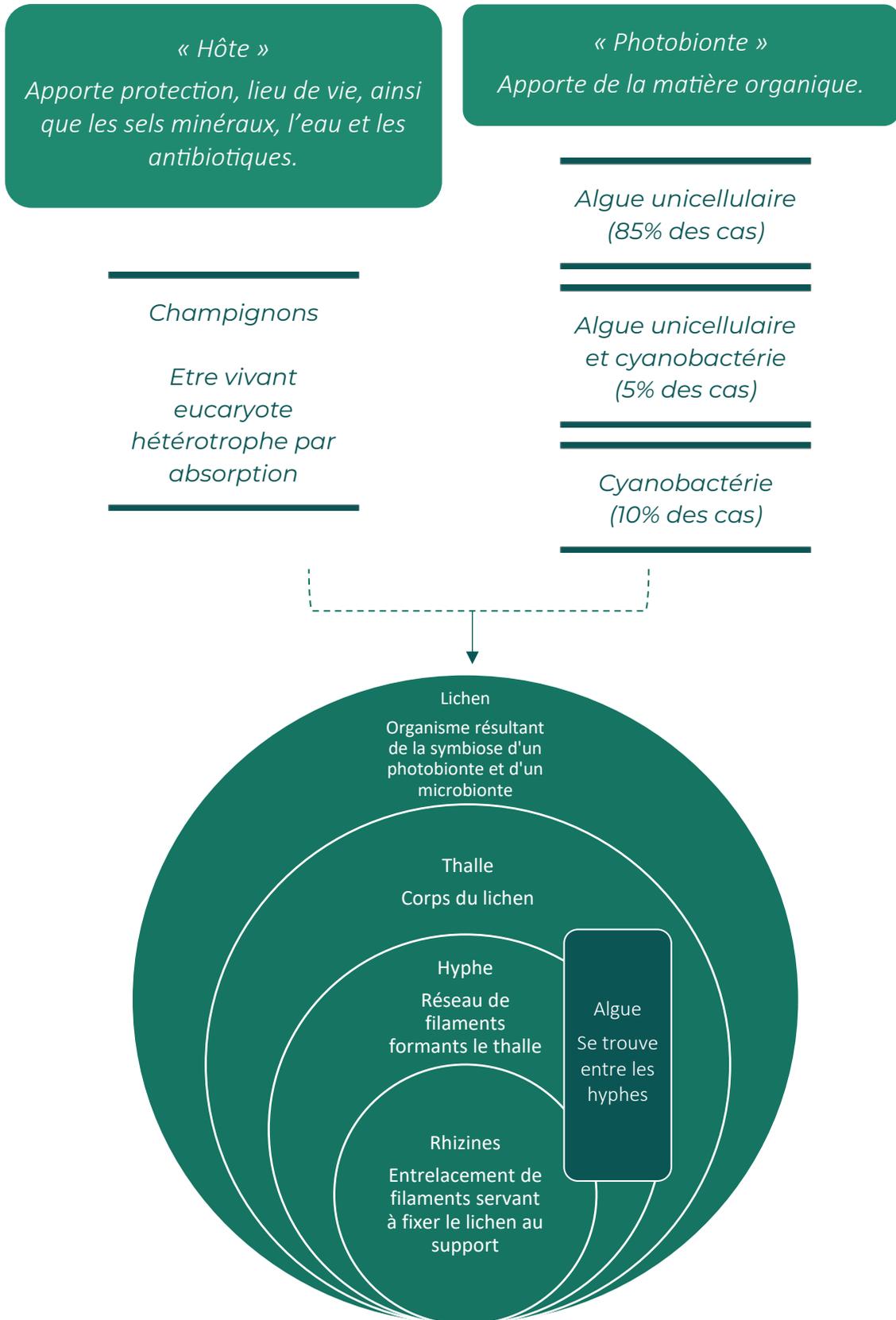
Le champignon est responsable de la morphologie des lichens, c'est-à-dire de la forme du corps du lichen appelé **thalle**. Le thalle est formé par un réseau de filaments nommés **hyphes** (ils sont comparables au mycélium des champignons). C'est au milieu d'un enchevêtrement de ces filaments que se trouvent les algues.



« *Photobionte* : (syn. Photosymbionte) Symbionte photoautotrophe d'un partenaire hétérotrophe. Il peut être externe (ectosymbionte) ou interne (endosymbionte) au partenaire. »

« *Mycobionte* : (syn. Mycosymbionte) Mycète hétérotrophe (généralement un ascomycète), symbionte de l'algue ou des cyanobactéries d'un lichen. »

Source : Jacques BERTHET en collaboration avec Alain Amar-Costesec, « Dictionnaire de biologie », de boeck 2006



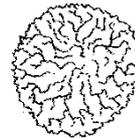
b. La morphologie des lichens

Le thalle est l'appareil végétatif du lichen. Il va présenter une morphologie spécifique, différente de celle des algues et des champignons libres.

Selon leur morphologie, on peut distinguer plusieurs grands types de thalles, les trois principaux étant : les thalles crustacés, foliacés et fruticuleux.

La distinction de ces principales morphologies permet, par l'observation à l'œil nu ou à la loupe, de suivre les premiers critères des clés de détermination.

- **Thalles crustacés** forment des thalles ressemblant à des croûtes, ils adhèrent au support sur toute leur surface ; ils ne peuvent en être détachés.



- **Thalles foliacés** forment des thalles en forme de lames ou de feuilles, ils sont faiblement appliqués au substrat et sont facilement détachables par endroits.



- **Thalles fruticuleux** présentent des formes barbues ou en lanière et sont fixés en un seul point au support.



c. Organes particuliers du thalle

Le thalle porte différents types d'organes à sa surface (figure 1). Ces organes ont différentes fonctions. Nous les découvrirons ci-dessous car ils aident à la détermination des différentes espèces de lichens.

- Les organes végétatifs

- ✓ Les rhizines : organes de fixation des lichens formés par un prolongement d'hyphes à la **face inférieure** du thalle.



- ✓ Les cils : prolongements des hyphes se trouvant sur la **face supérieure** du thalle.



- ✓ Les pseudocyphelles : petites ouvertures à la surface du thalle. Elles permettent les échanges gazeux avec l'atmosphère. Se trouvent sur la **face supérieure** du thalle.



- Les organes de la multiplication végétative et de la reproduction sexuée

Les lichens sont des organismes **reviviscents**. Ils sont capables de subsister longtemps à l'état sec, c'est-à-dire qu'ils sont capables de passer de l'état de vie active à une vie ralentie quand ils ne sont plus hydratés. Ils deviennent cassants. Piétinés, les débris du lichen se fixent à la plume, au poil ou à la semelle. Les fragments dispersés par le vent ou les animaux et réhydratés, peuvent engendrer de nouveaux individus.

Des organes plus spécialisés vont également participer à ce mode de dispersion nommé **multiplication végétative**. Les **isidies (petites excroissances)** et les **soralies (aspect farineux ou granuleux)** sont de petites excroissances détachables formées d'algues et d'hyphes. Ce sont des clones du lichen « parent » qui ont tout ce qu'il faut pour former un nouveau lichen (le champignon et l'algue ou cyanobactérie associée). Ces excroissances sont légères et sont facilement transportées par le vent, la pluie, les insectes et permettent la dissémination de l'espèce.

Isidies



Soralies



Certains hyphes, sexuellement différenciés, fusionnent et donnent, à la surface du thalle, des **apothécies**. Ce sont des boutons ou coupes arrondies sur le thalle, qui contiennent les spores nécessaires à la reproduction sexuée du champignon constituant le lichen. Elles peuvent être enfouies dans le thalle ou portées par un petit pied. Les apothécies contiennent des spores (8 en général) agglomérées les unes aux autres au fond des coupes. Après leur libération, les spores germent et donnent des hyphes qui devront capturer des algues (ou cyanobactéries) pour pouvoir redonner un nouveau thalle lichénique.

Apothécies



Toutefois, le champignon a généralement besoin d'une espèce d'algue (ou cyanobactérie) bien précise pour sceller son union et former à nouveau un thalle lichénique. Les différentes espèces de lichens vont donc développer différentes astuces pour pallier ce problème. Certaines espèces auront leurs spores agglutinées avec quelques cellules de l'algue ou de la cyanobactérie de manière à avoir plus de chances de se développer qu'une spore isolée. D'autres peuvent survivre dans un premier temps grâce à d'autres algues ou

encore, peuvent insinuer leurs hyphes dans un lichen voisin pour lui dérober quelques algues.

d. L'écologie des lichens

Les lichens sont présents dans le monde entier. Certains exigeront des conditions de luminosité très élevée, d'autres non. L'humidité, la sécheresse, la température (déserts polaires ou déserts chauds), la présence d'azote (rochers fréquentés par les oiseaux), de calcaire (roches calcaires), de sel (rochers en bord de mer), de certains métaux, *etc.* sont autant de facteurs écologiques influençant le développement des différentes espèces de lichens. On trouve même des lichens capables de coloniser des matières plastiques ou de vieux pneus !

La diversité de ces exigences et les propriétés des différentes espèces de lichens, telles que la reviviscence et la résistance aux températures extrêmes, entraîne leur répartition à travers presque toutes les régions du monde. On les trouve des zones les plus extrêmes (pôles, sommets des montagnes jusqu'à la limite des neiges éternelles, déserts rocheux), aux zones les plus communes (dans les bois, sur les murs, *etc.*).

Par ailleurs, on peut considérer les lichens comme des espèces pionnières. Ils sont les premiers, avec les mousses, à coloniser des substrats nus, tels que la roche.



e. L'intérêt des lichens

Les lichens ont été utilisés depuis l'Antiquité comme plantes médicinales et pour de multiples autres usages alimentaires ou artisanaux.

Voici quelques usages :

- Usages alimentaires : certains lichens constituent un fourrage pour des animaux comme par exemple, les rennes de Laponie. D'autres peuvent également être source de glucose et dans certaines régions ils sont consommés comme aliment pour l'humain (Japon, Canada).
- Usages médicaux : aujourd'hui, le principal intérêt des lichens en médecine est leur potentiel antibiotique. Ils sont également utilisés en homéopathie pour la fabrication de sirops et de pastilles.
- Usages industriels : les huiles essentielles de certaines espèces de lichens sont utilisées pour la fabrication de parfums et de savons. Les lichens sont également connus pour la fabrication artisanale de teintures. Enfin, d'autres utilisations telles que la décoration des tables, la confection des maquettes (où ils représentent des arbres) et celle de couronnes funéraires sont courantes dans certains pays.
- Usage en bioindication : de nombreuses espèces de lichens ont une écologie très précise (cf. p. 8), de sorte que leur présence est susceptible de donner des indications sur les caractères physiques ou chimiques du milieu considéré. L'utilisation des lichens permet donc d'étudier, par exemple, la chimie et la stabilité des sols, la hauteur moyenne de l'enneigement (certaines espèces ne supportent pas l'humidité permanente due à la couverture nivale), le degré de pureté de l'atmosphère, etc.

f. Les lichens et la pollution atmosphérique

Le choix des lichens comme **bioindicateurs** s'explique par quelques différences fondamentales avec les végétaux supérieurs :

- Le rapport surface/volume est très élevé et ils n'ont pas de cuticule, les lichens sont donc particulièrement en contact avec les polluants présents dans l'air.
- Les lichens ne possèdent pas de stomates qui permettent de réguler les entrées et sorties de gaz et d'eau dans le thalle. Ils possèdent des pseudocyphelles, qui sont dépourvues de mécanisme de contrôle des échanges avec l'atmosphère. Dans cette situation, seuls l'air, la pluie et le brouillard leur apportent les éléments minéraux et l'eau nécessaires à leur croissance. Les lichens absorbent indistinctement l'ensemble des substances qui leur parviennent, les substances

nutritives tout comme les substances qui leur sont toxiques. Ainsi, dans un environnement où l'air est pollué, les lichens sont particulièrement exposés à la pollution et ils en subissent les effets (diminution de l'activité photosynthétique, modification des voies métaboliques, etc.).

- Les lichens sont des organismes présentant une activité métabolique continue quelle que soit la saison car ils sont capables de réaliser la photosynthèse à des températures inférieures à $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. En hiver, ils sont alors soumis à une pollution très importante résultant de l'augmentation des émissions de polluants (entre autres par le chauffage domestique). Cette activité hivernale est un élément essentiel permettant d'expliquer leur sensibilité à la pollution atmosphérique.
- Les lichens ont un métabolisme lent (car la proportion d'algues est très faible) qui se traduit par une vitesse de croissance faible (entre 0,01 et 30 mm par an) et par une longévité qui permet de suivre l'évolution de la pollution (certains lichens peuvent vivre plus de 100 ans et même plusieurs milliers d'années pour certains lichens crustacés !). Ainsi, les lichens intègrent la pollution sur plusieurs années. Les mesures par l'observation des lichens seront très différentes de celles réalisées par des méthodes chimiques. En effet, contrairement aux mesures biologiques, les mesures chimiques sont ponctuelles, elles ont lieu à un endroit précis et à un moment donné. Elles sont également plus précises pour analyser un type de polluant et la quantité de chacun des polluants testés. Toutefois, des variations dans le temps des facteurs de l'environnement se traduisent assez rapidement par des variations détectables de la flore lichénique.
- Les lichens sont très diversifiés et leur sensibilité à divers polluants (azote, soufre, ozone, métaux, etc.) est différente en fonction des espèces et leur inventaire peut fournir une réponse très nuancée aux divers agents polluants se trouvant dans l'air. Ceci implique une grande prudence dans l'interprétation des résultats. Les méthodes biologiques sont intéressantes par leur simplicité, leur rapidité et leur coût nettement moins élevé que celui des méthodes chimiques. Les méthodes biologiques sont complémentaires des méthodes



chimiques : en général, les deux méthodes sont conseillées pour évaluer la qualité d'un environnement avec précision.

- Les lichens ont un grand pouvoir d'accumulation. Ils accumulent de façon sélective des quantités importantes de substances prélevées dans l'atmosphère comme le soufre, le plomb, le fluor, les éléments radioactifs, etc. Cette propriété permet d'utiliser les lichens comme bioaccumulateur d'une pollution spécifique. Un exemple connu d'accumulation d'éléments par les lichens est celui des rennes de Laponie : après l'explosion de Tchernobyl, les lichens ont accumulé une série d'éléments radioactifs. Or, les lichens contribuent au régime alimentaire des rennes qui ont continué de se nourrir de ces lichens. Les rennes ont donc été éliminés afin qu'ils ne contaminent pas à leur tour les humains.

Il est à noter que les lichens crustacés, aux échanges faibles et à la croissance plus lente que les lichens foliacés et fruticuleux, semblent être moins affectés par la pollution atmosphérique et mieux résister à l'environnement industriel et urbain. Ainsi, lors d'une première observation de la flore lichénique d'un environnement, un premier diagnostic de la qualité de l'air peut être avancé en fonction des types de thalles majoritairement présents sur les troncs d'arbres.

g. Quelques mots sur la pollution de l'air

La pollution de l'air peut être d'origine naturelle (éruptions volcaniques...) ou d'origine humaine (rejets des industries, des voitures, ...).

Tableau 1 : Composition actuelle de l'atmosphère

Nom du gaz	% présent
Azote (N₂)	78%
Oxygène (O₂)	21%
Argon (A)	0,93%
Vapeur d'eau (H₂O)	1 à 5 %
Gaz carbonique (CO₂)	0,0415%
Néon (Ne)	0,0018%
Krypton (Kr)	0,000114%
Dihydrogène (H₂)	0,00005%



Monoxyde d'azote (NO)	0,00005%
Ozone (O₃)	< 0,000007%

Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Atmosph%C3%A8re_terrestre

Aux principaux constituants de l'atmosphère (tableau 1) viennent s'ajouter d'autres composés d'origine naturelle et/ou d'origine humaine, tels que le dioxyde de soufre, l'acide fluorhydrique, l'acide chlorhydrique et l'acide sulfhydrique et les composés organiques volatils (COV). Certains de ces différents composés seront à l'origine des diverses pollutions atmosphériques.

On parlera de pollution lorsque « la présence d'une substance étrangère ou une variation importante dans la proportion de constituants de l'air est susceptible de créer une gêne ou de provoquer un effet nuisible, compte tenu des connaissances scientifiques du moment » (Conseil de l'Europe, 1967).

Les sources naturelles d'émission de polluants atmosphériques sont :

- les volcans (lors des éruptions) qui diffusent les oxydes d'azote et du dioxyde de soufre ;
- les océans et la décomposition biologique qui produisent des oxyde d'azote et du dioxyde de soufre ;
- les éclairs qui engendrent des oxydes d'azote ;
- les feux de forêt qui émettent du dioxyde de soufre et des composés organiques volatiles ;
- les dégagements de gaz naturels issus des volcans ou de l'activité de certaines bactéries diffusent les acides fluorhydrique, chlorhydrique et sulfhydrique ;
- les réactions chimiques avec les radiations solaires qui forment l'ozone.

La pollution de l'air due aux activités humaines concerne le même type de polluants et provient essentiellement de trois types d'activités :

- des industries (chimiques, pétrochimiques, cimenteries, métallurgies, usines d'incinération...);
- des transports (circulation automobile, aérienne...);
- du chauffage, des centrales thermiques...

En Wallonie, les substances acides principales sont le dioxyde de soufre (SO_2) et les oxydes d'azote (NO et NO_2). Les transports routiers et l'industrie sont les principaux émetteurs de ces substances alors que l'agriculture est essentiellement responsable des émissions d'ammoniac (NH_3), également responsable du phénomène d'acidification (figure 1).

Les émissions atmosphériques de polluants acidifiants ont diminué de 61 % entre 1990 et 2014. Les réductions se sont opérées principalement dans les secteurs de la transformation d'énergie (-93 %), de l'industrie (-76 %), du transport routier (-55 %) et du résidentiel (-70 %).

L'évolution des émissions de substances acidifiantes s'explique principalement par les nouvelles législations plus strictes en matière d'émanations industrielles dans l'environnement, de l'utilisation de technologies et de techniques telles que le pot catalytique, des chaudières plus performantes, de l'abaissement de la teneur en soufre du diesel et du fuel lourd et l'utilisation plus abondante du gaz naturel.

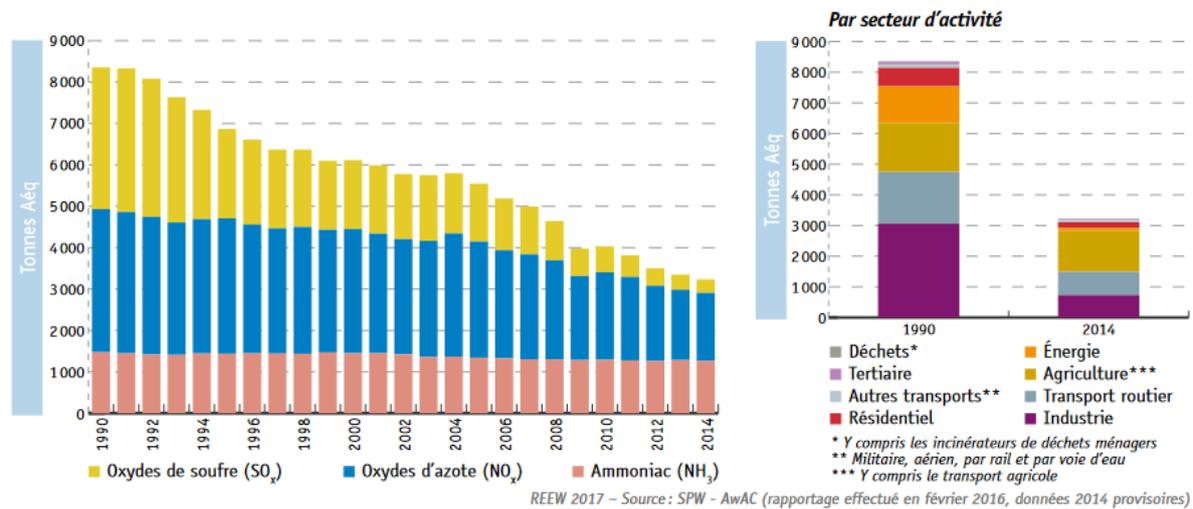


Figure 1 : Emissions atmosphériques des substances acidifiantes en Wallonie

Source : <http://etat.environnement.wallonie.be/contents/publications/rapport-sur-letat-de-lenvironnement-wallon-2017.html>

Au début des années 90, le principal polluant, le SO_2 , provenait essentiellement des industries et du chauffage. De nos jours, la pollution par le SO_2 a nettement diminué. En contrepartie, les composés azotés issus du

trafic routier et des industries (essentiellement les oxydes d'azote) sont devenus les principaux polluants touchant à la fois la campagne et les régions urbaines. En effet, malgré une diminution des concentrations en oxydes d'azote dans l'atmosphère on ne remarque pas de véritable amélioration relative à NO_2 . Il y a donc moins de risques de pluies acides mais pas d'eutrophisation.

La complexité de la pollution de l'air vient des réactions en chaîne que les polluants acidifiants provoquent. Les oxydes d'azote sont les précurseurs de la formation de l'ozone troposphérique, et le SO_2 et le NH_3 participent à la formation de particules secondaires qui, selon les endroits et les conditions météorologiques, peuvent constituer une fraction importante des particules présentes dans l'air ambiant.

Les réactions photochimiques conduisant à la formation d'ozone sont extrêmement complexes. De manière simplifiée, on considère que la réaction de formation de l'ozone troposphérique est initiée par la photodissociation d'une molécule de dioxyde d'azote (NO_2) par des radiations solaires UVA ou UVB, formant ainsi un radical oxygène (O) et un radical de monoxyde d'azote (NO). Le radical oxygène se combine avec une molécule d'oxygène (O_2) pour former une molécule d'ozone (O_3), qui est une molécule très instable.

La destruction de l'ozone est due à sa réaction avec le monoxyde d'azote (NO) pour reformer du dioxyde d'azote. Cependant, cette destruction est partiellement inhibée par les COV, qui réagissent avec le radical NO, empêchant donc celui-ci de réagir avec l' O_3 et de le détruire (figure 2).

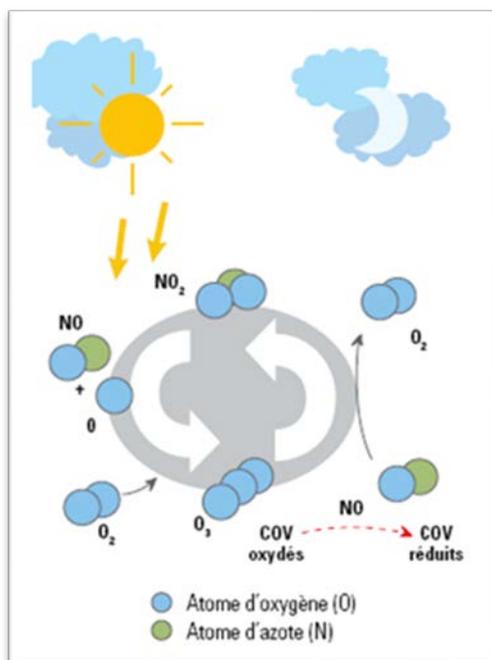


Figure 2 : Cellule Etat de l'Environnement Wallon (2007) - Rapport analytique sur l'état de l'environnement wallon 2006-2007MRW - DGRNE, Namur, 736 pp

Source :
[http://etat.environnement.wallonie.be/files/Publications/Rapport_analytique_2006-2007/Rapport_analytique\(1\).pdf](http://etat.environnement.wallonie.be/files/Publications/Rapport_analytique_2006-2007/Rapport_analytique(1).pdf)

h. Effets de la pollution de l'air sur la santé

Le SO₂ entraîne une inflammation des bronches avec un spasme qui provoque une altération de la fonction respiratoire.

Le NO₂ est toxique (40 fois plus que CO, 4 fois plus que NO). Il pénètre profondément dans les poumons. Les pics de concentrations sont plus nocifs qu'une même dose sur une longue période. Le NO est un gaz irritant pour les bronches, il réduit le pouvoir oxygénateur du sang.

Le NH₃ est un gaz incolore et odorant, très irritant pour le système respiratoire, la peau et les yeux. Son contact direct peut provoquer des brûlures graves. À forte concentration, ce gaz peut entraîner des œdèmes pulmonaires. L'ammoniac est un gaz mortel à très forte dose. Une tolérance aux effets irritants de l'ammoniac peut aussi être développée.

Décret n° 98-360 du 6 mai 1998, de la Commission Européenne :

Ce décret définit des objectifs de qualité de l'air, des seuils d'alerte et les valeurs limites des différents polluants atmosphériques. Voici, à titre d'information, un tableau reprenant ces valeurs.

Polluant	Valeur limites	Valeurs limites	Mesure moyenne sur	Condition supplémentaire à remplir
	Protection santé	Protection végétation		
Dioxyde de soufre (SO ₂)	125 µg/m ³		24h	A ne pas dépasser plus de 24 fois par an.
	350 µg/m ³	20 µg/m ³	1h Année civile	A ne pas dépasser plus de 3 fois par an.
Dioxyde d'azote (NO ₂)/(NOx)	200 µg/m ³		1h	À ne pas dépasser plus de 18 fois par an
	40 µg/m ³	30 µg/m ³	Année civile Année civile	
Ozone (O ₃)	110 µg/m ³	200 µg/m ³	8h	
			1h	
Monoxyde de carbone (CO)	10 mg/m ³		8h	
Particules fines PM10	50 µg/m ³		24h	A ne pas dépasser plus de 35 fois par an

Source : http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/200181_progr_fr.pdf



4. Guide sortie terrain

L'expérimentation suivante utilise des êtres vivants (**les lichens**) comme indicateurs de pollution. Cette expérimentation permettra aux élèves de prendre conscience du lien qui existe entre « qualité » d'un environnement et « diversité » de ce dernier. En effet, si dans un premier temps, les élèves devront s'approprier la notion de lichen et de pollution (cf. première partie), dans un deuxième temps, ils devront observer la quantité et la diversité de lichens présents sur les arbres.

Le protocole que nous vous proposons se base sur la méthode « Lichens Go ! », projet développé par [PartiCiTaE](#) (Sorbonne Université).

Il est important de suivre pas à pas les différentes étapes du protocole afin d'obtenir des résultats analysables. Le temps nécessaire à cette partie est estimé à environ 1h30 par site étudié. Cette démarche devrait mener les élèves à prendre conscience du travail fourni par les scientifiques ainsi que de la nécessité de se forger un esprit critique nécessaire à l'analyse des résultats.

Un tel travail tente d'être en accord avec les programmes scolaires où le savoir, savoir-faire et savoir être font partie des compétences essentielles à faire acquérir aux élèves.

Les fiches fournies aux élèves leur permettront d'organiser les connaissances acquises, leurs observations, les analyser, émettre des hypothèses et enfin, émettre des conclusions en utilisant des classifications établies sur base de critères scientifiques.

a. Matériel nécessaire

Par groupe d'élèves :

- Une grille de 10 × 50 cm, composées de 5 mailles de 10 cm²
- Un morceau de ficelle (pour fixer la grille)
- Loupes
- Une boussole
- 1 mètre ruban
- Une clé de détermination
- La fiche de terrain

b. Le protocole

Ce protocole peut être réalisé toute l'année, par temps sec.

✓ Choix de la station

Ce premier travail est à préparer, avant la sortie, par l'enseignant.

La zone que vous étudierez doit comporter minimum 3 arbres isolés (pas en forêt, ni dans un bosquet), avec un espacement de 2 à 10 mètres entre chaque arbre. Si vous possédez un grand groupe d'élèves, choisissez 6 arbres.

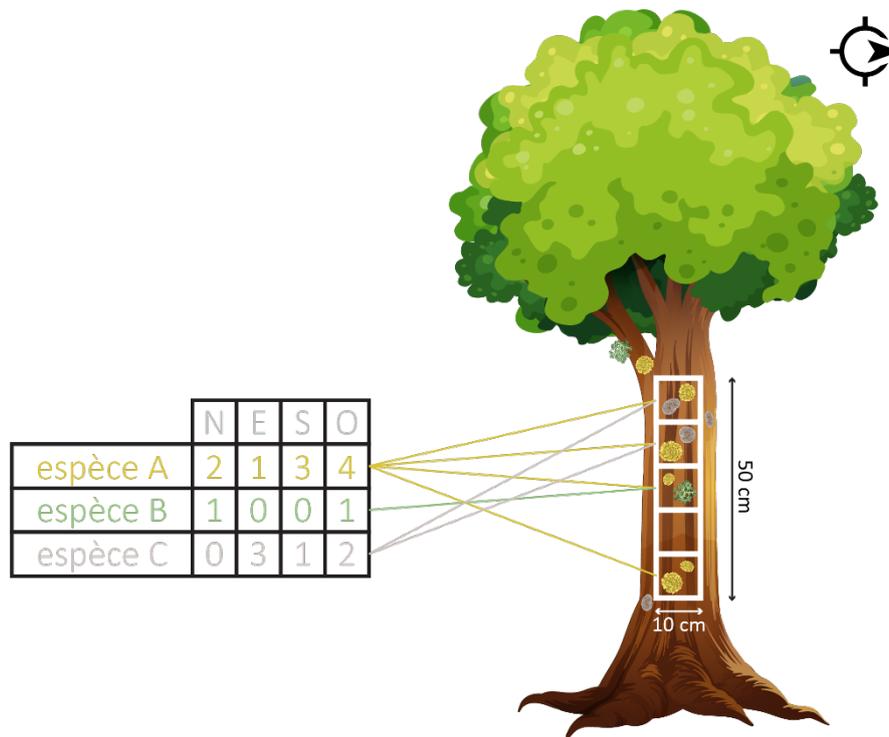
✓ Choix des arbres

Les arbres doivent de préférence être :

- bien droits et de circonférence supérieure à 40 cm ;
- ni des résineux, ni des platanes ou bouleau (sur ces espèces, l'écorce tombe régulièrement ou est trop acide, ce qui empêche le maintien des lichens) ;
- peu ou pas couverts de mousses ou de plantes grimpantes ;
- avec les branches les plus basses à 2 mètres de haut au moins.

✓ Mise en place de la grille et détermination des espèces

- Répartir les élèves en groupe. Chaque groupe d'élèves choisit un arbre.
- Mesurer le diamètre de l'arbre à 1m30 du sol.
- Repérer à l'aide de la boussole (ou d'un smartphone) la face de l'arbre qui est exposée au nord.
- Fixer la grille sur le tronc à l'aide de la ficelle. Le bas de la grille doit être placé à 1 mètre du sol.



- Déterminer ensuite les différentes espèces présentes à l'aide de la clé de détermination. Pour chaque espèce, indiquer le nombre de carrés de la grille où elle est présente (chiffre de 0 à 5).
- Faire de même pour les faces est, sud et ouest.
- Complétez la fiche de terrain au fur et à mesure.
- Faites la somme des fréquences et additionnez celles-ci pour avoir un nombre total.

➤ Exemple de fiche « Arbre » complétée

Nom de la commune : *Louvain-la-Neuve*

Nom de la station : *Parking Sainte Barbe*

Coordonnées GPS : *Latitude 50.66706272810969, Longitude 4.620566368103028*

Date : *09/11/21*

Observateur : *Groupe A, Classe 5C – Collège Sainte Anne*

Météo : *Temps sec et ensoleillé*

ARBRE 1

Espèce :

Circonférence :					
Espèce de lichen	Nord	Est	Sud	Ouest	Somme des fréquences
L1 : <i>Xanthoria parietina</i>	3	4	2	1	10
L2 : <i>Physcia tenella</i>	1	0	1	2	4
L3 : <i>Graphis scripta</i>	0	0	1	0	1
L4 : <i>Parmelia sulcata</i>	3	3	2	1	9
L5 :
Total					24

✓ Mesure de l'indice local de la qualité de l'air

- Une fois les données récoltées pour chaque arbre, regroupez vos données sur la fiche station en indiquant la fréquence totale obtenue pour chaque arbre.
- Additionnez les fréquences moyennes et divisez par le nombre d'arbres observés.
- Divisez le nombre obtenu par 2.
- Vous obtenez ainsi l'indice de la qualité de l'air. Reportez cet indice sur l'échelle de l'évaluation de la pollution de l'air. Plus l'indice est élevé, moins l'air est pollué !

➤ Exemple de fiche « Station » complétée

Nom de la commune : *Louvain-la-Neuve*

Nom de la station : *Parking Sainte Barbe*

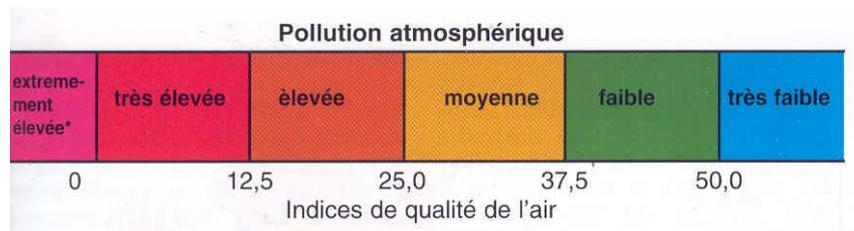
Coordonnées GPS : *Latitude 50.66706272810969, Longitude 4.620566368103028*

Date : *09/11/21*

Observateur : *Classes du Collège Sainte Anne*

Météo : *Temps sec et ensoleillé*

Arbre 1	Arbre 2	Arbre 3	Fréquence moyenne	Indice local de la qualité de l'air	Qualité de l'air
24	22	30	$\frac{24+22+30}{3} = 25,3$	$\frac{25,3}{2} = 12,6$	Mauvaise



Echelle d'évaluation de la pollution de l'air pour l'Europe tempérée (Kirschbaum et Wirth, 1997)

Qualité de l'air :

- Résultat entre 0 et 12,5 : très mauvaise
- Résultat entre 12,5 et 25 : mauvaise
- Résultat entre 25 et 37,5 : moyenne
- Résultat entre 37,5 et 50 : bonne
- Résultat de plus de 50 : très bonne

Dans notre exemple, la station se trouve donc dans une zone où la qualité de l'air est mauvaise.

✓ Analyse des résultats

Voici quelques pistes de réflexion :

- Le résultat obtenu permet-il d'émettre des conclusions sur l'étude de la station ?
- Y a-t-il des facteurs qui peuvent expliquer le résultat obtenu ?
- La localisation de la station a-t-elle un effet sur ce résultat ? Pourquoi ?
- Y avait-il de grandes variations entre les différents arbres observés ? Pourquoi ?
- Etc.



5. Participation à un projet de sciences participatives

Les résultats que vous avez obtenus peuvent être encodés sur un site qui reprend l'ensemble des relevés fait par différentes écoles et particuliers, selon le même protocole que celui que vous avez utilisé.

En encodant vos résultats, vous participez ainsi à un projet de sciences participatives, qui permettra aux chercheurs de collecter plus de données et ainsi d'avoir plus d'indications sur la qualité de l'air dans nos régions.

L'encodage ne prend qu'une dizaine de minutes et il faut encoder les arbres 3 par 3. Il est donc important d'avoir les fiches « arbre » bien complétées à côté de soi pour un encodage complet et rapide.

Voici le lien du site pour encoder vos données :

<https://www.lichen.biogeoscience.eu/saisie/index.php/462533?lang=fr>

Si vous n'avez pas le temps d'encoder vos données, n'hésitez pas à transmettre vos fiches complétées à l'équipe de Scienceinfuse lorsque vous allez rapporter le matériel.

Grâce aux données collectées, les chercheurs pourront réaliser une carte de la qualité de l'air. Plus ils auront de données à leur disposition, plus cette carte sera précise !

Voici le site sur lequel vous pourrez voir les résultats encodés :

www.lichen.biogeoscience.eu

6. Annexes

➤ Fiche « Arbre »

Nom de la commune :

Nom de la station :

Coordonnées GPS :

Date :

Observateur :

Météo :

ARBRE n°					
Espèce :					
Circonférence :					
Espèce de lichen	Nord	Est	Sud	Ouest	Somme des fréquences
Total des fréquences de l'ensemble des lichens					

➤ Fiche « Station »

Nom de la commune :

Nom de la station :

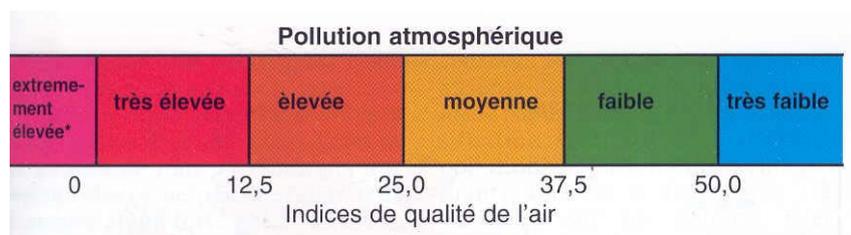
Coordonnées GPS :

Date :

Observateur :

Météo :

Arbre 1	Arbre 2	Arbre 3	Fréquence moyenne	Indice local de la qualité de l'air	Pollution atmosphérique



Echelle d'évaluation de la pollution de l'air pour l'Europe tempérée (Kirschbaum et Wirth, 1997)



8. Bibliographie

- ANONYME, 1988. Aux frontières de la vie : Les lichens, avertisseurs naturels. Panda, 28, 31 pp.
- DEBOT L., 1999. Arbres et arbrisseaux de Belgique et du nord de la France. Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique. 269 pp.
- DERUELLE S., 1978. Les lichens et la pollution atmosphérique. Bull. Ecol. 9, 2, p. 87-128.
- DE SLOOVER J., 1964. Végétaux épiphytes et pollution de l'air. Revue des questions scientifiques, 25, p 531-561.
- DESTINAY Ph., 1983. La pollution de l'air. Centre d'Education pour la Protection de la Nature. 8 pp.
- FOREY P. et FITZSIMONS C., 1988. Arbres. Gründ. 128 pp.
- GAVERIAUX J.P., 1999. Les lichens et la bioindication de la qualité de l'air. Presses du Centre régional de documentation pédagogique de l'Académie d'Amiens. 58 pp.
- GARREC JP et VAN HALUWYN, 2002. Biosurveillance végétale de la qualité de l'air. Ed. TEC & DOC.
- KAPPEN L., 1993. Plant activity under snow and ice, with particular reference to lichens. Artic, v. 46, 4, p. 297-302.
- KIRSCHBAUM et WIRTH, 1997. Les lichens bio-indicateurs, les reconnaître, évaluer la qualité de l'air. Eugen Ulmer, Paris, 128 pp.
- PERROT J., 2002. L'amour des lichens. La salamandre, 148, 52 pp.
- OZENDA P. et CLAUZADE G., 1970. Les Lichens, étude biologique et flore illustrée. Masson et compagnie. 801 pp.
- RICHARDSON D., 1975. The Vanishing lichens. David and Charles. 231 pp.
- TIEVANT P., 2001. Guide des lichens. Delachaux et Niestlé. 304 pp.
- WIRTH V., 1995. Flechtenflora, Verlag Ulmer. 580 pp.
- VAN HALUWYN C., ASTA J., GAVERIAUX J-P., Guide des lichens de France – Lichens des arbres. Belin.



10. Sites internet

Site de la Cellule Interrégionale de l'Environnement (CELINE – IRCEL) :

http://www.irceline.be/~celinair/french/homefr_java.html

Site de la législation de l'Union Européenne :

http://europa.eu/legislation_summaries/other/l28098_fr.htm

Site de l'association française de lichénologie :

<http://www.afl-lichenologie.fr/>

Site de la British Lichen Society (en anglais) :

<http://www.britishlichensociety.org.uk/>

Site de présentation du projet „Lichens Go !“ :

<http://www.particitae.upmc.fr/fr/suivez-les-lichens.html>

Site présentant un cours sur les lichens :

http://biogeochimie.fr/enseignement/biosciences/lichenologie/index_fr.htm

Site sur les lichens maritimes :

<http://www.lichensmaritimes.org>

Site avec clé d'identification visuelle (en anglais) :

http://italic.units.it/flora/index.php?procedure=ext_key_home&key_id=51

Site « Evaluer la qualité de l'air d'Ottignies-Louvain-la-Neuve » :

www.lichen.biogeoscience.eu