

## Rapport d'expertise

### Mise en place d'un protocole d'utilisation des lichens comme bio- indicateurs de la qualité de l'air

Résultats préliminaires

C. Duflo, déc. 2020

Cette expertise a été réalisée par le Conservatoire botanique national de Franche-Comté – Observatoire régional des Invertébrés (CBNFC-ORI), dans le cadre d'un partenariat avec Grand Besançon Métropole, en association avec ATMO Bourgogne Franche-Comté.

## CONTEXTE

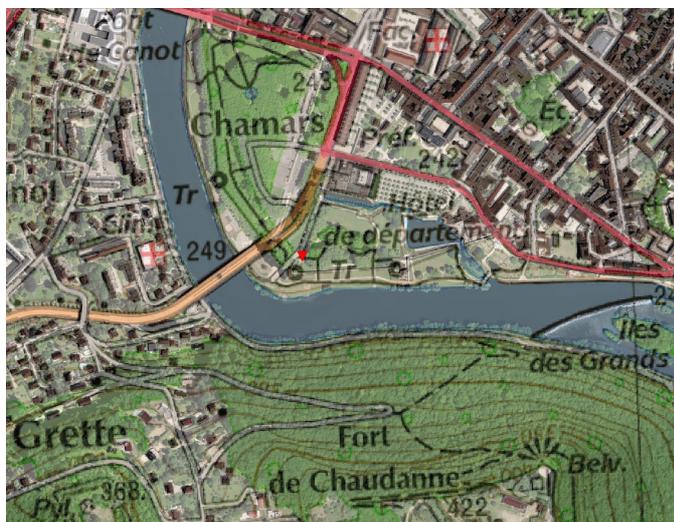


Figure n°1 - Localisation des points d'échantillonnage (Besançon, Gare d'eau). ©IGN 2017

Par leurs caractéristiques naturelles, les lichens sont de bons bio-indicateurs de la qualité de l'air. Des échanges préférentiels et majoritaires avec l'atmosphère, l'absence de stomates et de cuticule, une activité tout au long de l'année et une croissance lente, sont des propriétés intrinsèques permettant aux lichens de nous renseigner sur la pollution de l'air. Leur immobilité fait d'eux des indicateurs sur le long terme des perturbations de leur environnement. Ainsi, chaque espèce va posséder un seuil de tolérance par rapport à la pollution de l'air. Certaines espèces sont donc des sentinelles car leur présence peut nous indiquer une bonne qualité de l'air alors que leur absence peut nous informer d'une dégradation de l'environnement atmosphérique (Boucheron & Martin, 2019).

Par ces principes, les lichens sont très utilisés en biosurveillance, méthode complémentaire de

l'estimation des concentrations en polluants dans l'air par des stations de relevés. En effet, ces dernières vont calculer les concentrations dans l'air des polluants éventuels alors que la biosurveillance par les lichens va rendre compte de la qualité de l'air globale et de l'interaction entre le vivant et l'atmosphère.

C'est pourquoi une action concernant la mise en place d'un protocole d'utilisation des lichens comme bio-indicateurs de la qualité de l'air a été intégrée à la convention de partenariat entre Grand Besançon Métropole et le Conservatoire botanique national de Franche-Comté – Observatoire régional des Invertébrés. ATMO Bourgogne Franche-Comté, association agréée faisant partie intégrante du réseau national de surveillance de la qualité de l'air sur le territoire, est associée au projet pour son expertise, afin d'envisager des comparaisons entre les différentes approches. Cette action s'inscrit en parallèle du Plan Climat-Air-Energie de Grand Besançon Métropole.

Un test de terrain a été réalisé le 27/07/2020, afin d'ajuster l'action et évaluer le temps nécessaire pour inventorier une station, de façon à calibrer au mieux le projet. La station retenue se situe à Besançon, dans le parc de la Gare d'Eau (fig. 1). Ce site a déjà été inventorié en 2013, au cours d'une première approche par des étudiants (Canova *et al.*, 2013).

Personnes présentes : Cécile Piganiol et Manon Brack (GBM), Karine Lefevre (ATMO BFC), Yorick Ferrez et Catherine Duflo (CBNFC-ORI).

---

## METHODOLOGIE

La méthode appliquée, quantitative, vise au calcul d'un indice appelé diversité lichénique. Elle se base sur un protocole normalisé (AFNOR, 2008), reproductible, standardisé, permettant des comparaisons inter-sites, interannuelles.

Le protocole prévoit que chaque station soit constituée de cinq arbres isolés, éloignés les uns des autres d'une distance inférieure à 30 m. Ces arbres doivent répondre à un certain nombre de caractéristiques (essences similaires ou avec dont les écorces possèdent les mêmes qualités physico-chimiques, circonférence à 1,30 m du sol comprise entre 50 et 130 cm, la surface des éléments perturbateurs (tels que des bryophytes, cicatrices, nœuds) ne doit pas dépasser 20 % et l'inclinaison du tronc doit être inférieure à 20°).

Dans le cas présent, pour cette phase test, ce protocole a été appliqué de façon partielle ; seuls deux arbres ont été retenus, un érable sycomore et un érable plane, distants de 44 m.

Sur chacun des arbres, une grille couvrant une aire de 10 cm × 50 cm, divisée en 5 carrés de 10 × 10 cm alignés à la verticale est appliquée à 1 m du sol et sur les 4 faces de l'arbre (aux 4 points cardinaux). Diverses observations de base sont notées sur la fiche de terrain concernant la station et, pour chaque orientation, le pourcentage de recouvrement de la grille par les lichens. Ensuite, chaque espèce de lichen présente dans la grille est identifiée, puis on compte le nombre de cases dans lesquelles chaque espèce est présente. Une note de fréquence allant de 0 à 5 est ainsi obtenue.



Figure n°2 - Dispositif d'échantillonnage quantitatif (C. Duflo)

Plusieurs calculs sont ensuite réalisés :

- somme des fréquences selon chaque orientation (SF nord, SFest, SFsud, SFouest) ;
- diversité lichénique par arbre (DLA) : somme des 4 fréquences par orientation ;
- diversité lichénique par station (DLS) : moyenne des DLA par arbre obtenues.

Outre la méthode quantitative utilisée dans ce test, il existe aussi des méthodes qualitatives :

– l'échelle de Van Haluwyn et Lerond permet d'attribuer une catégorie de pollution de l'air au dioxyde de soufre pour chaque inventaire en fonction des espèces présentes (Van Haluwyn & Lerond, 1986). Cette échelle comprend 39 espèces classées en 7 classes en fonction de leur sensibilité au dioxyde de soufre ;

– des notes d'eutrophisation sont disponibles pour les différentes espèces (Nimis et Martellos, 2020), indiquant ainsi leur capacité à se développer dans des milieux enrichis en azote. Les espèces nitrophiles peuvent ainsi être utilisées comme indicateurs de pollution azotée.

Les espèces recensées lors de l'application du protocole quantitatif seront comparées en fonction de ces critères.

## RESULTATS

Les résultats sont présentés dans le Tableau I.

Tableau n°1 - Fiche de résultat des inventaires.

Code station : 1		Commune : Besançon				Situation : Gare d'eau				Usage : parc urbain							
Date : 27/07/2020		Auteur : Yorick Ferrez (obs dét)								Photo :							
N° arbre		1				2				3							
Code arbre (essence - circonférence)		Acer pseud (176 cm)				Acer plat (142 cm)											
Code GPS arbre		892				893											
Coordonnées X/Y		928411,08 ; 6685625,09				928376,85 ; 6685597,99											
Altitude (m)		250				250											
Temps passé / arbre (min)		60				35											
Grille		N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O
% recouvrement lichens		10	10	10	10	30	20	40	30								
% recouvrement éléments perturbateurs		10	20	10	20	5	50*	0	10								
repositionnement grille (°)		+10	0	0	0		20										
Espèces		Fréquence				Fréquence				Fréquence		Fréquence		Fréquence			
Lepraria sp.		1	1		1		1										
Xanthoria parietina		1							1								
Phaeophyscia orbicularis		3	1	2	2	4	3	5	4								
Punctelia subrudecta		3															
Physconia grisea subsp. grisea		2															
Hyperphyscia adglutinata		5	5	5	2	1	1	1	4								
Phlyctis argena		2	2	1					2								
Normandina pulchella		2	1														
Phaeophyscia chloantha		1	1	3	1				1								
Physcia adscendens			1		2	3	2		2								
Candelariella reflexa				1	1	2	1	1									
Candelaria concolor				3		4	5	5	5								
Lecanora sp.						1	2	2	2								
Lecidella elaeochroma									2								
Lecanora carpinea						4	1										
Gyalecta truncigena						1											
Acrocordia gemmata					1												
somme des fréquences SF		20	12	15	10	20	16	14	23								
diversité lichénique arbre DLA $\Sigma =$		57				73				$\Sigma =$	$\Sigma =$		$\Sigma =$				
diversité lichénique station DLS $\Sigma$ DLA/2 =		65															

\* : bryophytes avec lichens épiphytes

Nb total taxons = 17

Au total, 17 espèces différentes de lichens ont été observées sur la station (sur les 2 arbres inventoriés). À titre indicatif, ce nombre varie de 9 à 24 dans l'étude menée dans le Pays vendéen, ce qui place ce test dans la médiane.

La diversité lichénique de la station est de 65. Elle a été calculée pour montrer le principe de la méthode, en sachant toutefois que les résultats sont forcément biaisés. Si ce résultat avait été obtenu sur une station « complète » avec 5 arbres, il se situerait un peu bas dans l'échelle de ce qui a été relevé dans le Bocage vendéen (dont les indices s'échelonnent entre 36 et 173, avec une moyenne de 113).

Sur le plan de la pollution au dioxyde de soufre, selon l'échelle de Van Haluwyn et Lerond, la station se situe dans la catégorie F « pollution faible », du fait de la présence de trois taxons polluo-sensibles appartenant à cette catégorie (*Phlyctis argena*, *Physconia grisea* subsp. *grisea* et *Punctelia subrudecta*). Toutefois, les émissions de dioxyde de soufre sont surtout le fait de sites industriels, et les teneurs diminuent rapidement à mesure qu'on s'en éloigne. Ces résultats ne sont donc pas surprenants, mais cet indice n'est pas le plus pertinent dans ce contexte.

Concernant les notes d'eutrophisation, indicatrices de pollution azotée, on constate que la sensibilité au dioxyde de soufre n'est pas forcément corrélée à celle à la pollution azotée, et inversement. Une grande variabilité est observée.

Tableau n°II - Principales caractéristiques des espèces de lichens inventoriées (polluo-sensibilité, statut de menace).

nom latin	classe de pollution au dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )*	classes d'eutrophisation (NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> )**	statut liste rouge France	caractéristiques
<i>Acrocordia gemmata</i>			LC	sur arbres feuillus en situation ouverte ; caractérise une association lichénique nitrophobe
<i>Candelaria concolor</i>			LC	espèce nitrophile qui fait partie des espèces de l'alliance du <i>Xanthorion parietinae</i> . Elle peut couvrir de grandes surfaces d'écorces d'arbres lorsque le milieu est enrichi en azote.
<i>Candelariella reflexa</i>			LC	espèce nitrophile qui fait partie des espèces de l'alliance du <i>Xanthorion parietinae</i> .
<i>Gyalecta truncigena</i>			NT	
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>			LC	présent partout en France, semble devenir plus abondant en fonction du réchauffement climatique
<i>Lecanora carpinea</i>			LC	sur troncs et branches de feuillus à écorce lisse, un peu partout en France
<i>Lecidella elaeochroma</i>			LC	espèce commune, sur troncs de feuillus à écorce lisse ou un peu fissurée. Modérément toxitolérante
<i>Normandina pulchella</i>			LC	pousse en atmosphère humide, milieux peu ou pas nitrophiles. Majoritairement sur hépatiques ou mousses des écorces des arbres. Utilisé pour le calcul d'un indice de continuité forestière
<i>Phaeophyscia chloantha</i>			LC	
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>			LC	présent partout en France, de plus en plus fréquent en zone urbanisée
<i>Phlyctis argena</i>			LC	conditions de développement assez variables : espèce largement distribuée. Bio-indicatrice d'une pollution faible
<i>Physcia adscendens</i>			LC	nitrophile sur feuillus, très commune
<i>Physconia grisea</i> subsp. <i>grisea</i>			LC	très nitrophile qui se développe dans des zones avec des concentrations en azote importantes. Sensible à la pollution au dioxyde de soufre
<i>Punctelia subrudecta</i>			LC	assez commun sur feuillus isolés ou forêts claires, non ou modérément nitrophile
<i>Xanthoria parietina</i>			LC	très commun, l'un des lichens les plus utilisés en bio-surveillance de la qualité de l'air

Légende :

pollution faible	non nitrophile
pollution moyenne	nitrophile
pollution assez forte	nitrophile strict

(\*) d'après Van Haluwyn & Lerond, 1986  
(\*\*) d'après Nimis & Martellos, 2020

Dans le cortège identifié, plusieurs espèces sont considérées comme communes à très communes en France (*Hyperphyscia adglutinata*, *Normandina pulchella*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Xanthoria parietina*, *Phlyctis argena*, *Physcia adscendens*).

L'intérêt de la démarche initiée en 2020 dépasse le seul aspect de la qualité de l'air et participe également à l'amélioration de la connaissance. En effet, cet inventaire a permis de découvrir la deuxième station connue de *Gyalecta truncigena* en Franche-Comté, espèce inscrite sur la liste rouge française avec le statut quasi-menacé (NT).

Une application du protocole grandeur nature est prévue pour 2021, avec les objectifs suivants :

- estimer la qualité de l'air dans un maillage de zones habitées de Grand Besançon Métropole (indice général de qualité d'air et pollution azotée) ;
- vérifier la concordance entre cette estimation et les modélisations réalisées par ATMO BFC ;

- produire de la matière pour envisager une information des habitants ;
- poser un temps zéro pour envisager un suivi des populations de lichens traduisant l'évolution de la qualité de l'air dans le cadre du Plan Climat Air Energie Territorial.

Ce programme permettra en outre d'améliorer la connaissance de ce groupe sous-prospecté sur le territoire.

---

## BIBLIOGRAPHIE

- AFNOR, 2008. *Biosurveillance de l'environnement - Détermination d'un indice biologique de lichens épiphytes (IBLE)*. NF X43-903. Afnor Normalisation, 18 p.
- Boucheron C., Martin N., 2019. *Estimation de la qualité de l'air par l'étude des lichens épiphytes bio-indicateurs sur le Pays du Bocage Vendéen*. CPIE Sèvre et Bocage, 102 p.
- Canova G., D'Orchymont Q., Gaffiot A., Jevreau A., 2013. *Biosurveillance de la qualité de l'air sur l'agglomération de Besançon à l'aide de l'étude des lichens épiphytes*. Licence professionnelle espaces naturels, Besançon. 23 p. + annexes.
- Roux C. et coll., 2020. *Catalogue des lichens et champignons lichénicoles de France métropolitaine*. 3e édition revue et augmentée (2020). Édit. Association française de lichénologie (AFL), Fontainebleau, 1769 p.
- Van Haluwyn C., Asta J., 2013. *Guide des lichens de France. Lichens des arbres*. Editions Belin, 239 p.
- Van Haluwyn C. & Lerond M., 1986. *Application d'une nouvelle méthodologie à la cartographie de la pollution atmosphérique de la moitié nord de la France*. Ministère de l'Environnement et de la Recherche, Rapport de fin de contrat n°82, 130 p.

### Sites internet

- <https://www.atmo-bfc.org> (déc. 2020)
- <http://dryades.units.it/italic> (déc. 2020) : The Information System on Italian Lichens. Version 6.0. University of Trieste, Dept. of Biology (Nimis P.L. & Martellos S.)

**Base de données** : ©Taxa – SBFC - CBNFC- ORI