



MISE EN PLACE D'UN PROTOCOLE D'UTILISATION DES LICHENS COMME BIO-INDICATEURS DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS CINQ STATIONS DU GRAND BESANÇON – BILAN 2022

Résumé du rapport : En 2022, le protocole d'utilisation des lichens comme bio-indicateurs de la qualité de l'air, initié en 2021, a été reconduit sur cinq nouvelles stations dans le territoire du Grand Besançon. Pour chacune des stations, cinq arbres ont été sélectionnés selon des normes précises. Une liste des espèces et leur fréquence a ainsi été établie, et différents indicateurs quantitatifs (richesse spécifique, indice de diversité lichénique, indice d'eutrophisation) et qualitatifs ont été produits et discutés. L'analyse porte sur les marqueurs de pollution azotée et soufrée. En parallèle, deux nouvelles espèces ont été découvertes : un champignon parasite de lichen (nouvelle donnée pour le Doubs) et un papillon *Psychidae* (nouveau en Franche-Comté). Les limites de mise en œuvre du protocole sont discutées.

PARTIE 1

CONTEXTE

En 2020, 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-Énergie de Grand Besançon Métropole.

Un test de terrain a été réalisé en 2020 (Duflo, 2020), afin d'ajuster l'action et évaluer le temps nécessaire pour inventorier une station, de façon à calibrer au mieux le projet. En 2021, ce protocole a été mis en œuvre dans six stations sur le territoire de Grand Besançon Métropole (Duflo. & Ferrez., 2022). Dans la continuité, cinq nouvelles stations ont été inventoriées en 2022.

Les objectifs sont les 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.

La figure 1 montre la localisation des sites retenus en 2021 et 2022.

Les localités ont été choisies de manière à disposer de différents cas de figure dans le territoire du Grand Besançon. La liste des sites est la suivante :

- station en milieu urbain potentiellement très soumise à la pollution générée par le trafic routier : les Glacis à Besançon (alignement d'arbres juste en bordure de l'avenue de la Paix) ;
- stations en milieu plus rural à une certaine distance des gros trafics : parking de la salle des fêtes et du stade à Montfaucon, centre village (devant le cimetière) à Byans-sur-Doubs ;
- station à proximité d'établissements d'enseignement : parking du collège de Châtillon-le-Duc ;
- station en contexte agricole : sortie de village à Marchaux, en bordure de route et de champs cultivés, à proximité d'un lotissement.

En parallèle, l'objectif est d'obtenir un maillage le plus représentatif possible à l'échelle du territoire de Grand Besançon Métropole.

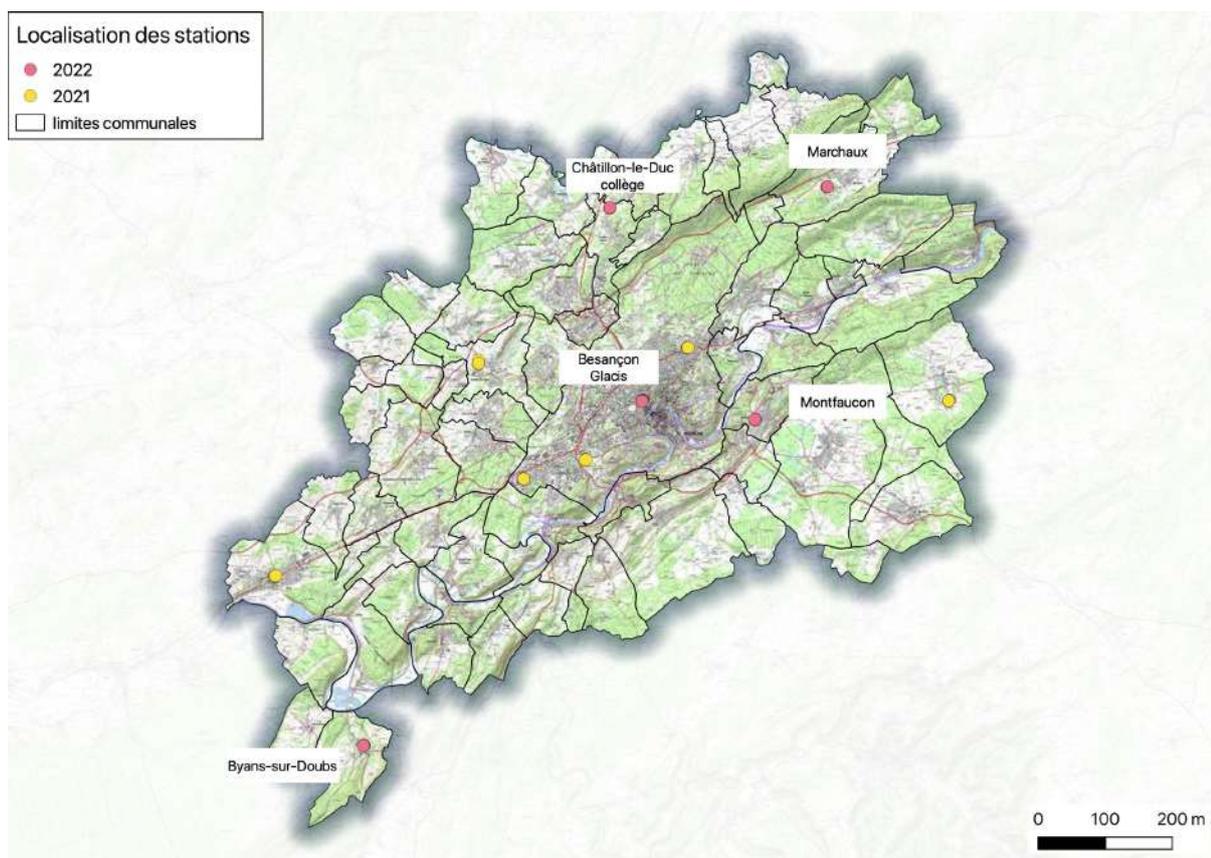


FIGURE 1 – Localisation des stations d'échantillonnage en 2021 et 2022. ©IGN 2020.

METHODOLOGIE

Le protocole utilisé en 2021 est reconduit à l'identique. 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°).

Sur chacun des arbres, une grille (figure 2) couvrant une aire de 10 cm × 50 cm, divisée en cinq carrés de 10 × 10 cm alignés à la verticale est appliquée à 1 m du sol et sur les quatre faces de l'arbre (aux quatre 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.

Dans certains cas, le protocole a dû être adapté : dans le cas d'arbres dont les caractéristiques correspondent à la majorité des critères prérequis, si ce ne sont des irrégularités (bosse localisée) sur le tronc. C'est le cas pour deux arbres de la station BES-4 Glacis par exemple. Dans ce cas, la grille a été positionnée un peu plus haut ou plus bas que prévu sur une des faces (sous ou sur la bosse). Dans de tels cas, l'anomalie est prise en photo et l'adaptation détaillée dans le bordereau de relevé.



FIGURE 2 – Dispositif d'échantillonnage quantitatif (C. Duflo).

Plusieurs calculs sont ensuite réalisés :

- somme des fréquences selon chaque orientation (SF nord, SF est, SF sud, SF ouest) ;
- diversité lichénique par arbre (DLA) : somme des quatre 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 & 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 sept classes en fonction de leur sensibilité au dioxyde de soufre ;
- des notes d'eutrophisation sont disponibles pour les différentes espèces (Nimis & Martellos, 2020), indiquant ainsi leur capacité à se développer dans des milieux enrichis en azote. L'affinité des lichens pour les composés azotés est également précisée par Roux *et al.* (2020). Les espèces nitrophiles peuvent ainsi être utilisées comme indicateurs de pollution azotée. Une Valeur de diversité d'indicateur d'eutrophisation (LDVN - lichen diversity value nitrophilous) est calculée de la même manière que la DLS mais en ne tenant compte que des espèces nitrophiles.

RÉSULTATS

Les résultats sont présentés par stations. Pour chaque fiche, le premier tableau présente les résultats des échantillonnages avec les données brutes et les calculs de diversité lichénique, alors que le second tableau récapitule les principales caractéristiques des espèces de lichens inventoriées (polluo-sensibilité, affinité pour les nitrates, statut de menace). Les légendes des colonnes sont les suivantes :

TABLEAU I – Classes de pollution au dioxyde de soufre (SO₂) d'après Van Haluwyn & Lerond (1986).

Pollution très faible
pollution faible
pollution moyenne
pollution assez forte
pollution forte
pollution très forte

TABLEAU II – Classes d'eutrophisation (NO₂, NO₃, NH₄) d'après Roux et al. (2020) et Nimis & Martellos (2020).

non nitrophile
faiblement nitrophile
nitrophile
nitrophile strict

Statut liste rouge France :

LC : préoccupation mineure

NT : presque menacé

L'analyse des résultats est présentée de manière globale à la suite des fiches.

STATION BES-4 : BESANÇON GLACIS

TABLEAU III – Données brutes et calculs de diversité lichénique (station BES-4).

Code station : BES-4	Commune : Besançon								Situation : Glacis (avenue de la Paix)				Usage : alignement bord de route							
Date : 4/08/2022	Auteur : YF - CD								Altitude				Photo :							
Code arbre	1				2				3				4				5			
Coordonnées GPS	6,0166965 ; 47,2442108				6,0164972 ; 47,2440838				6,0163772 ; 47,2440033				6,0162484 ; 47,2438653				6,0161705 ; 47,243799			
(essence - circonférence)	Tilia xvulgaris (128)				Tilia xvulgaris (141) *				Tilia xvulgaris (122)				Tilia platyphyllos (115)				Tilia xvulgaris (78)			
Grille	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O**	N	E	S	O	N	E	S	O***
% recouvrement lichens	1	25	70	80	5	0	20	40	85	2	85	60	3	0	50	50	25	35	30	15
% recouvrement éléments perturbateurs	0	5	15	20	0	1	0	10	3	0	0	20	0	0	10	0	0	5	1	0
repositionnement grille	+20 O																			
remarque	bryophytes				départ branches				bryophytes				bryophytes				bryophytes			
recouvrement algues(chlorococcales)	95	40	0	0	80	70	0	0	0	50	0	0	90	90	0	0	70	0	0	0
Espèces	Fréquence				Fréquence				Fréquence				Fréquence				Fréquence			
Candelariella vitellina									5		2	1			5	5	2			
Hyperphyscia adglutinata								1												
Lecanora sp.																			1	5
Lepraria sp.		4			1		1		4		1	5			1				3	
Physcia tenella	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5
Scoliciosporum umbrinum						3		4												
Xanthoria parietina				1																
somme des fréquences SF	5	9	5	6	9	0	10	6	14	5	8	11	5	0	11	10	7	8	6	5
diversité lichénique arbre DLA Σ =	25				25				38				26				26			
diversité lichénique station DLS (Σ DLA / 5)	28																			

(*) diamètre un peu moins grand en réalité (bosse au niveau de la grille)

**) repositionnement grille en hauteur (fig. 4) : 100 cm mesuré au-dessus de la bosse, soit 20 cm plus haut (base à 120 cm).

***) repositionnement grille en hauteur (fig. 5) : 100 cm mesuré sous la bosse, soit à 18 cm plus bas (base à 82 cm).

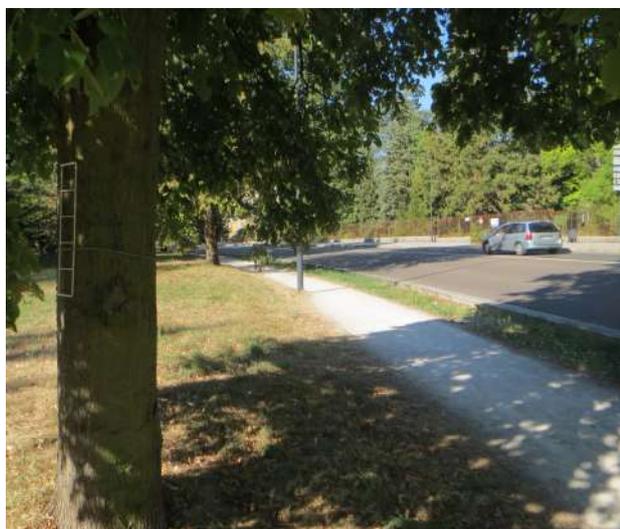


FIGURE 3 – Contexte de la station BES-4 : Besançon Glacis (C. Duflo).



FIGURE 4 – Adaptation du protocole en cas d'irrégularité sur le tronc (face ouest, arbre 3, Besançon Glacis) : base de la grille décalée de 20 cm vers le haut (C. Duflo).



FIGURE 5 – Adaptation du protocole en cas d'irrégularité sur le tronc (face ouest, arbre 5, Besançon Glacis) : base de la grille décalée de 18 cm vers le bas (C. Duflo).

TABLEAU IV – Principales caractéristiques (polluo-sensibilité, affinité pour les nitrates, statut de menace) des espèces de lichens inventoriées (station BES-4).

nom latin	classe de pollution au dioxyde de soufre (SO ₂)*	classes d'eutrophisation (NO ₂ , NO ₃ , NH ₄)**	statut liste rouge France	caractéristiques
<i>Candelariella vitellina</i>			LC	héminitrophile ou de moyennement à très nitrophile, polluo-tolérant
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>			LC	présent partout en France, semble devenir plus abondant en fonction du réchauffement climatique, polluo-tolérant
<i>Physcia tenella</i>			LC	peu ou modérément nitrophile
<i>Scoliciosporum umbrinum</i>			LC	corticole, sur tronc, branches et branchettes de feuillus ou conifères, modérément nitrophile, polluo-tolérant
<i>Xanthoria parietina</i>			LC	très commun, l'un des lichens les plus utilisés en bio-surveillance de la qualité de l'air

Au total, sept espèces différentes de lichens ont été observées dans la station (fig. 3).

La diversité lichénique de la station (DLS) est de 28, la LDVN de 22,8. Le pourcentage de lichens nitrophiles dans la station est de 81,4 %. Toutes les espèces du cortège sont relativement polluo-tolérantes (Nimis & Martellos, 2023), ce qui traduit un niveau moyen de pollution au SO₂.

STATION BYA-1 : BYANS-SUR-DOUBS (VILLAGE)

TABLEAU V – Données brutes et calculs de diversité lichénique (station BYA-1).

Code station : BYA-1	Commune : Byans-sur-Doubs				Situation : Village				Usage : parking cimetière, le long RD13											
Date : 2/08/2022	Auteur : YF - CD				Altitude				286 m											
Code arbre	1				2				3				4				5			
Coordonnées GPS	5,8570878 ; 47,118415				5,8566691 ; 47,11824				5,856674 ; 47,118473				5,856616 ; 47,1186559				5,856628 ; 47,118316			
(essence - circonférence)	Tilia x vulgaris (50)				Tilia x vulgaris (68)				Tilia x vulgaris (61)				Tilia x vulgaris (107)				Tilia dentata (89)			
Grille	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O
% recouvrement lichens	40	80	20	60	70	40	40	50	70	40	30	40	50	80	80	35	40	70	40	65
% recouvrement éléments perturbateurs	20	15	20	20	15	20	20	15	15	20	25	15	30	20	10	35	20	15	20	20
repositionnement grille			-10 E				-10 E												+45 S	+10 N
remarque	bryophytes				bryophytes				bryophytes				bryophytes				bryophytes			
Espèces	Fréquence				Fréquence				Fréquence				Fréquence				Fréquence			
<i>Buellia griseovirens</i>									2	2										
<i>Candelaria concolor</i>					1	1	4													
<i>Candelariella vitellina (cf)</i>					2	4		2	1	1										
<i>Candelariella xanthostigma</i>									2		1		1	2						
<i>Evernia prunastri</i>					1															
<i>Flavoparmelia caperata</i>	3	4	2				2				5		1				5	5	5	5
<i>Graphis pulverulenta</i>					1															
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>						1														
<i>Hypotrachina afrorevoluta (cf)</i>					1															
<i>Lecania cyrtella (cf)</i>							1													
<i>Lecanora carpinea</i>	2	3	1	2				1			1	3		3						
<i>Lecanora pulicaris</i>	1	3	1	2	4				2	1	4	3	1	3		1				
<i>Lecanora sp.</i>						3										1		1		
<i>Lecidella elaeochroma</i>	4	5	3	3	1	1			1	1		2	5	5	3	5				
<i>Lepra albescens</i>							1	3	2											1
<i>Lepra amara</i>																		1		
<i>Lepraria sp.</i>													1			1	4	3	2	5
<i>Melanelixia glabrata</i>	2	3	1	2			2	1			2									
<i>Melanelixia subaurifera</i>				1					3	3	2							1		1
<i>Normandina pulchella</i>	1				1				2	3		1	3			1			1	2
<i>Ochrolechia subviridis</i>																				
<i>Parmelia sulcata</i>	3	3	1	2	1	2				5	4	1								
<i>Parmelina pastillifera</i>							1													
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>							3	5												
<i>Phlyctis agelea</i>																1				
<i>Phlyctis argena</i>	5	4	1	4	5	5	1	5	5	5	4	4	5	5	3	5	5	5	2	3
<i>Physcia adscendens</i>	1			2	2		2	3												
<i>Physcia stellaris</i>												1								
<i>Pseudoschismatomma rufescens</i>	2	4	1	1	5	1			4	1	1	3	4	5	5		2	1		1
<i>Punctelia subrudecta</i>	2	1	3	2	5	5	4	5	1		2	1								1
somme des fréquences SF	23	29	16	23	28	20	16	31	25	24	19	25	22	20	16	15	17	16	10	19
diversité lichénique arbre DLA I =	91				95				93				73				62			
diversité lichénique station DLS (I DLA / 5) =	82,8																			
AUTRES GROUPES																				
Ascomycètes																				
<i>Abrothallus bertianus</i> (parasite sur <i>Melanelixia subaurifera</i>)									x											
Insecte Lépidoptère (Hétérocère, fam. Psychidae)																				
<i>Luffia lapidella</i> (fourreau larvaire)							1				1									

TABLEAU VI – Principales caractéristiques (polluo-sensibilité, affinité pour les nitrates, statut de menace) des espèces de lichens inventoriées (station BYA-1).

nom latin	classe de pollution au dioxyde de soufre (SO ₂)*	classes d'eutrophisation (NO ₂ , NO ₃ , NH ₄)**	statut liste rouge France	caractéristiques
<i>Buellia griseovirens</i>			LC	espèce assez commune, non nitrophile
<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 vitellina (cf)</i>			LC	héminitrophile ou de moyennement à très nitrophile
<i>Candelariella xanthostigma</i>			LC	non nitrophile ou héminitrophile
<i>Evernia prunastri</i>			LC	non ou modérément nitrophile
<i>Flavoparmelia caperata</i>			LC	non nitrophile
<i>Graphis pulverulenta</i>			LC	non ou peu nitrophile
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>			LC	présent partout en France, semble devenir plus abondant en fonction du réchauffement climatique
<i>Hypotrachina afrorevoluta (cf)</i>			LC	peu ou pas nitrophile
<i>Lecania cyrtella (cf)</i>			LC	peu ou modérément nitrophile, polluo-résistant
<i>Lecanora carpinea</i>			LC	sur troncs et branches de feuillus à écorce lisse, un peu partout en France
<i>Lecanora pulicaris</i>			LC	non ou peu nitrophile
<i>Lecidella elaeochroma</i>			LC	espèce commune, sur troncs de feuillus à écorce lisse ou un peu fissurée. Modérément toxitolérante
<i>Lepra albescens</i>			LC	non ou peu nitrophile
<i>Lepra amara</i>			LC	très commun sur les feuillus. Ce lichen envahit souvent le thalle d'autres lichens, y compris foliacés, qu'il détruit. Non à modérément nitrophile
<i>Melanelixia glabratula</i>			LC	non ou modérément nitrophile
<i>Melanelixia subaurifera</i>			LC	non ou peu nitrophile
<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>Ochrolechia subviridis</i>			LC	non nitrophile
<i>Parmelia sulcata</i>			LC	non ou modérément nitrophile, assez polluo-tolérant
<i>Parmelina pastilifera</i>			LC	non ou modérément nitrophile
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>			LC	présent partout en France, de plus en plus fréquent en zone urbanisée
<i>Phlyctis agelea</i>			LC	non nitrophile
<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>Physcia stellaris</i>			LC	peu à modérément nitrophile
<i>Pseudoschismatomma rufescens</i>			LC	Sur les écorces lisses d'arbres à feuillage caduc, dans des stations plutôt ombragées et humides. Non nitrophile
<i>Punctelia subrudecta</i>			LC	assez commun sur feuillus isolés ou forêts claires, non ou modérément nitrophile

Au total, 30 espèces différentes de lichens ont été observées dans la station (fig. 6)

La diversité lichénique de la station (DLS) est de 82,8, la LDVN de 7,8 Le pourcentage de lichens nitrophiles dans la station est de 9,4 %. La présence de six espèces polluo-sensibles montre que la pollution au SO₂ est faible.



FIGURE 6 – Contexte de la station BYA-1 : Byans-sur-Doubs, village, le long de la RD 13 (C. Duflo).

STATION CHA-1 : CHATILLON-LE-DUC (PARKING DU COLLÈGE)

TABLEAU VII – Données brutes et calculs de diversité lichénique (station CHA-1).

Code station : CHA-1	Commune : Châtillon-le-Duc								Situation : Collège				Usage : parking							
Date : 3/08/2022	Auteur : YF - CD								Altitude				273 m							
Code arbre	1				2				3				4				5			
Coordonnées GPS	6,0024908 ; 47,3167713				6,0025382 ; 47,3167012				6,0025711 ; 47,3166367				6,0023626 ; 47,3165815				6,0026737 ; 47,3169788			
(essence - circonférence)	Tilia argentea (113)				Tilia argentea (127)				Tilia argentea (133)				Tilia argentea (100)				Tilia argentea (52)			
Grille	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O	N*	E	S	O
% recouvrement lichens	95	95	85	90	90	85	95	80	90	75	90	50	90	90	90	65	90	85	90	90
% recouvrement éléments perturbateurs	0	0	2	<1	0	1	0	10	1	5	2	15	0	0	5	15	0	0	0	3
repositionnement grille									+10 S				+20							
remarque	bryophytes				bryophytes				bryophytes				bryophytes							
Espèces	Fréquence				Fréquence				Fréquence				Fréquence							
<i>Arthonia radiata</i>	1				1								3							
<i>Buellia griseovirens</i>					2	1			1	1										1
<i>Candelaria concolor</i>	2											1								
<i>Candelariella vitellina</i>	5	4			1	3		4	4	1	4	1	1	1			4	4		
<i>Evernia prunastri</i>			1											2		1	1	1		1
<i>Flavoparmelia caperata</i>	3	3	5	5	4	1	4	3	3	1		1		1	1					
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>												1								
<i>Lecanora subcarpineae</i>	5	4	1	2	5	5	1	3	5	5	5	3	5	4		2	5	5	5	3
<i>Lecanora sp.</i>				2	3	1	1		2		5	4	3	2						
<i>Lecidella elaeochroma</i>	5	3	4	2	5	5	3	5	4	4	5	4	5	5		2	5	5	2	1
<i>Melanelia subaurifera</i>	3	5	1	3	4		2	2	3		1		2	2		1	4		2	
<i>Melanohalea exasperata</i>														1						
<i>Melanohalea exasperatula</i>									1				1			2				
<i>Parmelia sulcata</i>	1	2	3	5	2	5	5	5	1	2	1	2	1	2	5	4	5	1	3	5
<i>Parmelina tiliacea</i>																	5	5	2	
<i>Pertusaria hymenea</i>					1															1
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	2		1						2	2	5	5				2				
<i>Phlyctis argena</i>	2				2								1							1
<i>Physcia adscendens</i>	5	3	1	2		1						1								1
<i>Physcia stellaris</i>									1		4	1		1	1					
<i>Physcia tenella</i>	2	3	5	3	5	1	5	4	5	5	5	4	4	4	1	4	5	3	3	5
<i>Pleurosticta acetabulum</i>											4	3				1		1		
<i>Punctelia subrudecta</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	3	4	5	5	5	5	5	4	5	5
<i>Xanthoria parietina</i>	1		2	4	3	2	3		5	5	4	5	2	2		2	2			2
somme des fréquences SF	42	32	29	33	38	34	26	32	41	31	46	40	33	31	14	26	36	28	26	27
diversité lichénique arbre DLA Σ =	136				130				158				104							
diversité lichénique station DLS (Σ DLA / 5) =	129																			

(*) positionnement grille en hauteur : 100 cm mesuré à partir de la racine côté talus (à gauche).



FIGURE 7 – Contexte de la station CHA-1 : Châtillon-le-Duc, parking du collège (C. Duflo).

TABLEAU VIII – Principales caractéristiques (polluo-sensibilité, affinité pour les nitrates, statut de menace) des espèces de lichens inventoriées (station CHA-1).

nom latin	classe de pollution au dioxyde de soufre (SO ₂)*	classes d'eutrophisation (NO ₂ , NO ₃ , NH ₄)**	statut liste rouge France	caractéristiques
<i>Arthonia radiata</i>			LC	non ou modérément nitrophile
<i>Buellia griseovirens</i>			LC	espèce assez commune, non nitrophile
<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 vitellina</i>			LC	héminitrophile ou de moyennement à très nitrophile
<i>Evernia prunastri</i>			LC	non ou modérément nitrophile
<i>Flavoparmelia caperata</i>			LC	non nitrophile
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>			LC	présent partout en France, semble devenir plus abondant en fonction du réchauffement climatique
<i>Lecanora subcarpinea</i>			LC	principalement sur écorce d'arbres non résineux. Non nitrophile.
<i>Lecidella elaeochroma</i>			LC	espèce commune, sur troncs de feuillus à écorce lisse ou un peu fissurée. Modérément toxitolérante
<i>Melanelixia subaurifera</i>			LC	non ou peu nitrophile
<i>Melanohalea exasperata</i>			LC	non ou peu nitrophile
<i>Melanohalea exasperatula</i>			LC	nitrotolérant
<i>Parmelia sulcata</i>			LC	non ou modérément nitrophile, assez polluo-tolérant
<i>Parmelina tiliacea</i>			LC	non ou modérément nitrophile
<i>Pertusaria hymenea</i>			LC	sur écorce lisse de feuillus en forêts, parcs, bords de routes, dans des situations plutôt ombragées, non à peu nitrophile
<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>Physcia stellaris</i>			LC	peu à modérément nitrophile
<i>Physcia tenella</i>			LC	espèce extrêmement commune sur écorce. Toujours présente dans les communautés nitrophiles
<i>Pleurosticta acetabulum</i>			LC	nitrotolérant
<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

Au total, 24 espèces différentes de lichens ont été observées dans la station (fig. 7).

La diversité lichénique de la station (DLS) est de 129, la LDVN de 45,4. Le pourcentage de lichens nitrophiles dans la station est de 35,2 %. La présence de six espèces polluo-sensibles montre que la pollution au SO₂ est faible.

STATION MAR-1 MARCHAUX-CHAUDEFONTAINE (LES TÊTOTTES)

TABLEAU IX – Données brutes et calculs de diversité lichénique (station MAR-1).

Code station : MAR-1	Commune : Marchaux-Chaufontaine								Situation : La Têtotte				Usage : bord de route, entre cultures et lotissement								
Date : 3/08/2022	Auteur : YF - CD								Altitude				304 m								
Code arbre	1				2				3				4				5				
Coordonnées GPS	6,1220691 ; 47,3214597				6,1221577 ; 47,3214592				6,122317 ; 47,321498				6,1223954 ; 47,3215275				6,1224616 ; 47,3215581				
(essence - circonférence)	Carpinus betulus (71)				Carpinus betulus (75)				Carpinus betulus (76)				Carpinus betulus (68)				Carpinus betulus (70)				
Grille	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O	
% recouvrement lichens	90	80	90	95	40	60	50	30	60	30	60	70	50	70	75	50	70	30	50	80	
% recouvrement éléments perturbateurs	< 1	10	3	0	0	0	2	10	< 1	3	10	2		5	15	5	2	10	5	10	3
repositionnement grille																					
remarque	bryophytes				bryophytes + cicatrice (O)				bryophytes + cicatrice (S)				bryophytes + cicatrice (S)				bryophytes				
Espèces	Fréquence				Fréquence				Fréquence				Fréquence				Fréquence				
<i>Amandinea punctata</i>							2	1		1	1	3								1	
<i>Arthonia radiata</i>					1				1	1				1							
<i>Buellia griseovirens</i>	5	5	4	5	5	4	5	4	5	4	4	3	5	5	5	4	5	4	5	4	
<i>Candelaria concolor</i>						2		1		4	5		2	5	5	1	2	3	4	2	
<i>Candelariella vitellina</i>					1			2							4	5	5	5	5	4	
<i>Candelariella xanthostigma</i>	1	2	4	3	1	4	5	1	1	4	5	4	5	5							
<i>Evernia prunastri</i>			1	1										1							
<i>Flavoparmelia caperata</i>	3		4			1			1				2	4	1	2	1	2			
<i>Hypotrachina afrorevoluta</i>	3	3	3	1	1	3	3	1		1	1	4	1	1	2	1	1	1	1	1	
<i>Lecanora albella</i>					1		1	1		2		1				1					
<i>Lecanora chlorotera</i>	3	4	2	1	4	3	4	5	2	4	4	5	5	3	5	4	2	4	2	4	
<i>Lecidella elaeochroma</i>	3	2	2	4	2	5	4	4	1	4	4	5	4		3	2	3	3	3	4	
<i>Lepra albescens</i>		1				1		2													
<i>Maronea constans</i>							1													1	
<i>Melanohalea exasperatula</i>			2	2		1					3	2				1				1	
<i>Normandina pulchella</i>		2			1	1			1					1		1	4	2	1	1	
<i>Ochrolechia androgyna</i>																	2		4	2	
<i>Parmelia sulcata</i>		4	3	4	1	2			4		1	2	2	5	3		4	2	1	3	
<i>Parmotrema perlatum</i>														1							
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>						1															
<i>Phlyctis argena</i>	2																		1		
<i>Physcia adscendens</i>			1	1		1															
<i>Physcia tenella</i>									1	2	1		1	3	1	1	1		1		
<i>Punctelia subrudecta</i>	5	4	4	5	1	2	5	2	5	4	4	5	5	5	5	4	3	3	5	4	
<i>Xanthoria parietina</i>																				1	
somme des fréquences SF	25	27	30	27	19	31	30	25	21	29	34	35	31	38	36	27	33	30	34	30	
diversité lichénique arbre DLA Σ =	109				105				119				132				127				
diversité lichénique station DLS (Σ DLA / 5) =	118,4																				

NB : algues (chlorococcales) abondantes



FIGURE 8 – Contexte de la station MAR-1 : Marchaux-Chaufontaine, les Têtottes (C. Duflo).

TABLEAU X – Principales caractéristiques (polluo-sensibilité, affinité pour les nitrates, statut de menace) des espèces de lichens inventoriées (station MAR-1).

nom latin	classe de pollution au dioxyde de soufre (SO ₂)*	classes d'eutrophisation (NO ₂ , NO ₃ , NH ₄)**	statut liste rouge France	caractéristiques
<i>Amandinea punctata</i>			LC	espèce nitrotolérante, toxicotolérante
<i>Arthonia radiata</i>			LC	non ou modérément nitrophile
<i>Buellia griseovirens</i>			LC	espèce assez commune, non nitrophile
<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 vitellina</i>			LC	héminitrophile ou de moyennement à très nitrophile
<i>Candelariella xanthostigma</i>			LC	non nitrophile ou héminitrophile
<i>Evernia prunastri</i>			LC	non ou modérément nitrophile
<i>Flavoparmelia caperata</i>			LC	non nitrophile
<i>Hypotrachina afrorevoluta</i>			LC	peu ou pas nitrophile
<i>Lecanora albella</i>			LC	non nitrophile
<i>Lecanora chlorotera</i>			LC	nitrotolérant
<i>Lecidella elaeochroma</i>			LC	espèce commune, sur troncs de feuillus à écorce lisse ou un peu fissurée. Modérément toxitolérante
<i>Lepra albescens</i>			LC	non ou peu nitrophile
<i>Maronea constans</i>			LC	peu nitrophile
<i>Melanohalea exasperatula</i>			LC	nitrotolérant
<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>Ochrolechia androgyna</i>			LC	non nitrophile
<i>Parmelia sulcata</i>			LC	non ou modérément nitrophile, assez polluo-tolérant
<i>Parmotrema perlatum</i>			LC	non nitrophile
<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>Physcia tenella</i>			LC	peu ou modérément nitrophile
<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

Au total, 25 espèces différentes de lichens ont été observées dans la station (fig. 8).

La diversité lichénique de la station (DLS) est de 118,4, la LDVN de 34,8. Le pourcentage de lichens nitrophiles dans la station est de 29,4 %.

La présence d'une espèce très polluo-sensible (*Parmotrema perlatum*) tend à montrer que la pollution au soufre est très faible, cependant la présence d'un unique thalle dans la station ne semble pas significative. La présence d'autres espèces polluo-sensibles, et notamment *Punctelia subrudecta*, très abondante, montrent que la pollution au SO₂ est faible.

STATION MON-1 : MONTFAUCON VILLAGE

TABLEAU XI – Données brutes et calculs de diversité lichénique (station MON-1).

Code station : MON-1	Commune : Montfaucon								Situation : Village								Usage : parking salle des fêtes et stade							
Date : 2/08/2022	Auteur : YF - CD								Altitude				490 m											
Code arbre	1				2				3				4				5							
Coordonnées GPS	6,0777268 ; 47,235439				6,0776919 ; 47,235328				6,077659 ; 47,235149				6,0775204 ; 47,2349321				6,0775484 ; 47,2354001							
(essence - circonférence)	Acer platanoides (96)				Acer platanoides (100)				Acer platanoides (100)				Acer platanoides (130)				Acer platanoides (102)							
Grille	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O				
% recouvrement lichens	25	70	70	40	75	40	80	65	60	60	75	60	40	15	30	80	60	65	50	80				
% recouvrement éléments perturbateurs	10	5	5	5	5	5	10	15	5	5	< 1	15	20	20	20	5	5	< 1	20	10				
repositionnement grille	+15 S +15 O				-5 E								+20 S +10 O				+20 O							
remarque	bryophytes				bryophytes				bryophytes				bryophytes				bryophytes							
Espèces	Fréquence				Fréquence				Fréquence				Fréquence				Fréquence							
<i>Acrocordia gemmata</i>	1																							
<i>Amandinea punctata</i>	1																							
<i>Candelariella xanthostigma</i>	1	1	1			2								1	3			3	4					
<i>Evernia prunastri</i>				1								1												
<i>Flavoparmelia caperata</i>			1			1				2			1											
<i>Hypogymnia physodes</i>																1								
<i>Lecanora argentata</i> (Ach.) Malme morpho. <i>subrugosa</i>													1	1	1			1	1	1				
<i>Lecanora carpinea</i> (cf)														2	1	1			3					
<i>Lecanora chlorotera</i>				1					1	1			4		1		1	4	2	1				
<i>Lecidella elaeochroma</i>													3	4	4			3	3	1				
<i>Lepra albescens</i>														1										
<i>Lepra amara</i>		2			1																			
<i>Melanelixia glabratula</i>										3					1			5						
<i>Melanelixia subaurifera</i>	1				1				1									1						
<i>Parmelia sulcata</i>	5		5	5	5	4	3	5	2	1	2	5	4	2	2	5	5	5	5	5				
<i>Parmelina pastilifera</i>	1				2			1		1	2	1				1	5	3	3	2				
<i>Parmelina tiliacea</i>		5	4	3	3	5	5	4	5	5	5	2								1				
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	2	4		1	2	3	1	2				2	2	4	4	5			1	5				
<i>Phlyctis argena</i>	1								1				2	1				1						
<i>Physcia adscendens</i>	5	4	2	3	3	4	2	3	1	2	3	4	3	3	3		2	5	5	2				
<i>Physconia distorta</i>					4				1	1			3	2	1									
<i>Physconia grisea</i>													1	1										
<i>Pleurosticta acetabulum</i>				1					1	1				2										
<i>Punctelia subrudecta</i>		2	1	1	2	2	4	5	3	2	1	5	4	2	5	1	3	3	2					
<i>Xanthoria parietina</i>			1	1						1						2	1							
somme des fréquences SF	18	18	15	17	19	24	16	20	14	20	15	21	31	26	27	11	18	34	34	12				
diversité lichénique arbre DLA Σ =	68				79				70				95				98							
diversité lichénique station DLS (Σ DLA / 5) =	82																							



FIGURE 9 – Contexte de la station MON-1 : Montfaucon, parking du stade et de la salle des fêtes (C. Duflo).

TABLEAU XII – Principales caractéristiques (polluo-sensibilité, affinité pour les nitrates, statut de menace) des espèces de lichens inventoriées (station MON-1).

nom latin	classe de pollution au dioxyde de soufre (SO ₂)*	classes d'eutrophisation (NO ₂ , NO ₃ , NH ₄)**	statut liste rouge France	caractéristiques
<i>Acrocordia gemmata</i>			LC	sur arbres feuillus en situation ouverte ; caractérise une association lichénique nitrophobe
<i>Amandinea punctata</i>			LC	espèce nitrotolérante, toxicotolérante
<i>Candelariella xanthostigma</i>			LC	non nitrophile ou héminitrophile
<i>Evernia prunastri</i>			LC	non ou modérément nitrophile
<i>Flavoparmelia caperata</i>			LC	non nitrophile
<i>Hypogymnia physodes</i>			LC	non ou peu nitrophile
<i>Lecanora argentata</i> (Ach.) Malme morpho. <i>subrugosa</i>			LC	non ou peu nitrophile
<i>Lecanora carpinea</i> (cf)			LC	sur troncs et branches de feuillus à écorce lisse, un peu partout en France
<i>Lecanora chlorotera</i>			LC	nitrotolérant
<i>Lecidella elaeochroma</i>			LC	espèce commune, sur troncs de feuillus à écorce lisse ou un peu fissurée. Modérément toxicotolérante
<i>Lepra albescens</i>			LC	non ou peu nitrophile
<i>Lepra amara</i>			LC	très commun sur les feuillus. Ce lichen envahit souvent le thalle d'autres lichens, y compris foliacés, qu'il détruit. Non à modérément nitrophile
<i>Melanelixia glabrata</i>			LC	non ou modérément nitrophile
<i>Melanelixia subaurifera</i>			LC	non ou peu nitrophile
<i>Parmelia sulcata</i>			LC	non ou modérément nitrophile, assez polluo-tolérant
<i>Parmelina pastilifera</i>			LC	non ou modérément nitrophile
<i>Parmelina tiliacea</i>			LC	non ou modérément nitrophile
<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 distorta</i>			LC	non ou modérément nitrophile
<i>Physconia grisea</i> subsp <i>grisea</i>			LC	nitrophile
<i>Pleurosticta acetabulum</i>			LC	nitrotolérant
<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

Au total, 25 espèces différentes de lichens ont été observées dans la station (fig. 9).

La diversité lichénique de la station (DLS) est de 82, la LDVN de 39,8. Le pourcentage de lichens nitrophiles dans la station est de 48,5 %. La présence de *Physconia distorta*, relativement abondant, indique une pollution au SO₂ très faible. Le cortège riche en espèces polluo-sensibles conforte ce résultat.

ANALYSE GLOBALE DES RÉSULTATS

Les résultats pour l'ensemble des stations étudiées sont présentés de manière synthétique (tableau XIII, fig. 10).

TABLEAU XIII – Synthèse des résultats par station.

	Richesse spécifique	DLS	Pollution azotée		Pollution SO ₂
			LDVN	LDVN/DLS (%)	
BES-4	7	28	22,8	81,4	moyenne
BYA-1	30	82,8	7,8	9,4	faible
CHA-1	24	129	45,4	35,2	faible
MAR-1	25	118,4	34,8	29,4	faible
MON-1	25	82	39,8	48,5	très faible
<i>moyenne</i>	22,2	88,0	30,1		
<i>médiane</i>	25				
<i>écart type</i>	8,8	39,6	15,0		

Richesse spécifique

En 2022, 48 espèces de lichens ont été recensées sur les cinq stations.

La moyenne calculée sur les cinq stations est de 22,2 espèces de lichens, avec une médiane à 25. Le nombre minimum de lichens observés dans une station est de 7 pour BES-4 aux Glacis, le nombre maximum est de 30 à Byans-sur-Doubs. Excepté la station de Besançon Glacis, où la diversité est particulièrement faible, les résultats sont cohérents avec ceux obtenus en 2021 dans le Grand Besançon (entre 21 et 35 espèces par station) et avec ceux observés en plaine d'Alsace, entre 9 et 23 espèces (Di Pol, 2018).

Pour mémoire, 51 espèces avaient été dénombrées sur six stations en 2021. Au total 62 espèces ont été recensées au cours des deux campagnes. Parmi celles-ci, 37 espèces ont été inventoriées à la fois en 2021 et 2022, et 11 espèces n'ont été observées qu'en 2022 (liste en annexe 1).

Diversité lichénique (DLS)

La moyenne des valeurs de DLS calculée sur les cinq stations est de 88, avec un écart-type de 39,6. Cette valeur élevée reflète la grande variabilité de la DLS relevée entre les différentes stations. On soulignera tout particulièrement l'écart important entre la valeur la plus faible (BES-4, Glacis) et les valeurs les plus élevées (CHA-1 sur le parking du collège et MAR-1 en contexte agricole). Les DLS des stations BYA-1 et MON-1 sont similaires, légèrement inférieures à la moyenne.

En comparaison avec les résultats obtenus en 2021, la valeur moyenne des DLS est un peu supérieure (81,1 en 2021). Toutefois, si l'on excepte BES-4, l'hétérogénéité est moindre dans les stations inventoriées en 2022.

Valeur de diversité d'indicateur d'eutrophisation (LDVN) et ratio LDVN/DLS

La moyenne des valeurs est de 30,1 avec un écart-type de 15, ce qui reflète là encore la diversité des situations.

La figure 3 permet de visualiser les valeurs de DLS et de LDVN sous forme d'histogrammes sur lesquels se superpose la courbe de variation du ratio LDVN/DLS. Les valeurs de DLS sont ordonnées de façon décroissante de gauche à droite.

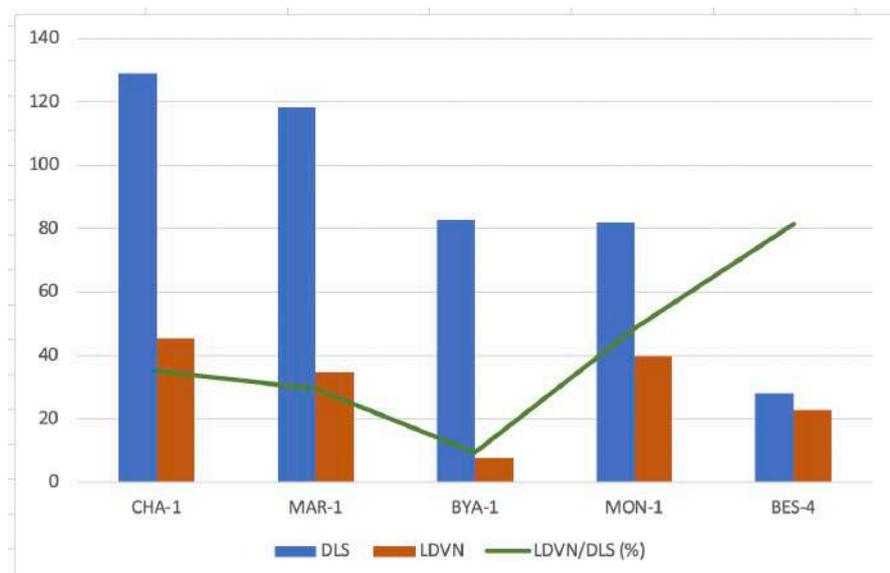


FIGURE 10 – Histogramme des valeurs de diversité.

Deux localités (CHA-1 et MAR-1) présentent des valeurs assez proches de DLS et LDVN. Par conséquent le ratio LDVN/DLS est similaire.

Les valeurs de DLS des stations BYA-1 et MON-1 sont presque égales, légèrement en dessous de la moyenne. Toutefois la valeur de LDVN relevée à BYA-1 et le ratio LDVN/DLS calculé sont très faibles par rapport à celle des autres localités, ce qui traduit une faible pollution azotée de cette station pourtant située en bord de route. C'est également dans cette station que la richesse spécifique est la plus élevée.

Concernant les trois stations CHA-1, MAR-1 et MON-1, les valeurs du ratio LDVN/DLS montrent une contribution assez élevée des lichens nitrophiles dans les cortèges. Les richesses spécifiques de ces trois stations sont quasiment égales. CHA-1 et MON-1 se situent sur des parkings de taille importante et certainement assez fréquentés (cars scolaires à Châtillon-le-Duc), mais à l'écart de voies de circulation intense, pourtant dans un contexte plus ouvert et vraisemblablement plus venté qu'à Byans-sur-Doubs, où les résultats montrent une pollution azotée moindre. La station MAR-1 est localisée en contexte agricole. Ce choix visait à évaluer un possible effet de l'évaporation de l'ammoniac (NH_3) issu des engrais azotés. En première approche, aucun impact flagrant ne se dégage (cette station est également située en bord de route, vraisemblablement pas trop passante).

Sans surprise, les valeurs de DLS (faible) et de LDVN (élevée) relevées à BES-4 conduisent à un ratio LDVN/DLS très élevé, traduisant une forte pollution azotée liée au trafic routier. Pour cette station, les arbres ont été volontairement sélectionnés juste au bord de l'avenue de la Paix, pour éviter tout « effet parc ». Le recouvrement des troncs est globalement élevé, et le cortège peu diversifié est nettement dominé par un lichen foliacé, *Physcia tenella* (Scop.) DC.

Pollution au SO_2

D'après cette méthode basée sur la présence ou l'absence d'espèces plus ou moins polluo-sensibles au SO_2 , les quatre stations situées hors Besançon montrent une pollution faible à très faible pour ce facteur. Le niveau de pollution est plus important sur la station BES-4, où toutes les espèces recensées sont relativement polluo-tolérantes.

Amélioration de la connaissance dans le Grand Besançon

Comme cela avait été les cas en 2021, ces inventaires permettent de participer à l'amélioration de la connaissance. En 2022, ce sont des espèces appartenant à des groupes méconnus, intimement liées aux lichens pour leur cycle biologique, qui ont été découvertes.

Ainsi, un champignon Ascomycète (*Abrothallus bertianus* De Not.) a été observé à Byans-sur-Doubs (fig. 11). Ce champignon lichénicole vit en parasite sur les thalles de *Melanelixia subaurifera*. Il s'agit d'une nouvelle donnée pour le Doubs. Une seule autre mention est connue pour la région : elle remonte à 1906 en Haute-Saône.

Une autre découverte, également à Byans-sur-Doubs, concerne un Insecte Lépidoptère Hétérocère (papillons dits « de nuit »). Deux fourreaux larvaires de *Luffia lapidella* Goeze, 1783 (famille des *Psychidae*) ont été observés sur deux arbres différents. Les larves (chenilles) du genre *Luffia* ont pour particularité de se nourrir de lichens et de vivre à l'intérieur d'un fourreau conique (fig. 12) qu'elles construisent elles-mêmes. Celui-ci est garni de petites particules minérales et de débris de lichens. Il s'agit de la première mention de cette espèce en Franche-Comté.



FIGURE 11 – *Abrothallus bertianus* (S. Poumarat).



FIGURE 12 – Fourreau de chenille de *Luffia lapidella*. (C. Duflo).

CONCLUSIONS

Les résultats obtenus sont globalement cohérents avec les situations observées, notamment en ce qui concerne l'impact d'un fort trafic routier le long de l'avenue de la Paix. Les différences observées dans les autres stations sont plus difficiles à interpréter, l'intensité de la circulation routière n'étant manifestement pas le seul facteur en jeu. Une station a été sélectionnée en contexte agricole, afin d'évaluer l'impact des émissions de protoxyde d'azote (N_2O) et d'ammoniac (NH_3), principalement liées à la fertilisation des cultures et dans une moindre mesure à l'élevage. Les résultats obtenus, avec un niveau de pollution faible, sont peut-être à mettre en relation avec la baisse conséquente (plus de 50 %) des émissions de N_2O liées à l'agriculture depuis le début des années 2000 (Citepa, avril 2020 - Format Secten). Toutefois, aucune conclusion ne peut être tirée à partir de cette seule station d'échantillonnage.

Au bout de deux ans d'application du protocole, avec onze stations et sept communes inventoriées, le maillage dans le territoire du Grand Besançon devient représentatif.

Des difficultés ont cependant été rencontrées pour trouver des stations, notamment dans des contextes choisis, par exemple en milieu agricole. Globalement, on trouve peu ou pas d'arbres d'alignement suffisamment isolés hors contexte urbain (le protocole n'est pas applicable sur des haies arborées ou dans les bosquets) et rarement cinq arbres correspondant aux prérequis (en termes d'essences, de port, de taille...). De plus le fort recouvrement en bryophytes régulièrement observé est un problème supplémentaire, déjà soulevé en 2021. Des adaptations ont pu être trouvées dans la plupart des cas, sauf pour un arbre de la station BYA-1. Plus généralement, les repérages préliminaires ont montré qu'il ne sera pas possible d'appliquer le protocole dans chacune des communes du territoire, faute de stations adéquates, ce qui est une des limites de la méthode.

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. & Jeveau 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.
- Di Pol, N., 2018. *Évaluation de la diversité des lichens épiphytes sur le territoire de cinq communes de la plaine d'Alsace. Étude de faisabilité de la mise en œuvre d'une méthode de biosurveillance suivant la norme NF EN 16413*. Rapport, Atmo Grand-Est, 65 p.
- Duflo C., 2020. *Mise en place d'un protocole d'utilisation des lichens comme bio-indicateurs de la qualité de l'air. Résultats préliminaires. Rapport d'expertise, CBNFC-ORI*, 5 p.
- Duflo C. & Ferrez Y., 2022. *Mise en place d'un protocole d'utilisation des lichens comme bio-indicateurs de la qualité de l'air dans six stations. Rapport d'expertise, CBNFC-ORI*, 19 p.
- Pro Natura - Ligue suisse pour la protection de la nature (éditeur), 1999. *Les papillons et leurs biotopes. Espèces. Dangers qui les menacent*. Protection. Suisse et régions limitrophes. Tome 2, 667 p.
- Roux C. et al., 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*. Éditions 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.
- Sterling P., Parsons M. & Lewington R., 2012. *Field guide to the Micromoths of Great Britain and Ireland*. British wildlife publishing, 416 p.

Sites internet :

- <https://www.atmo-bfc.org> (déc. 2022)
- <http://dryades.units.it/italic> (déc. 2022) : The Information System on Italian Lichens. Version 6.0. University of Trieste, Dept. of Biology (Nimis P.L. & Martellos S.)
- <http://www.afl-lichenologie.fr/> (déc. 2022)
- <https://oreina.org/artemisiae/> (janv. 2023)
- <https://lepiforum.org/wiki/> (janv. 2023)
- <https://www.citepa.org/fr/secten/> (janv. 2023)

Base de données : ©Taxa – SBFC – CBNFC- ORI et ©Taxa – OPIE-FC – CBNFC- ORI

ANNEXES

 Annexe 1 : Liste des espèces de lichens inventoriées en 2021 et 2022

Annexe 1 : Liste des espèces de lichens inventoriées en 2021 et 2022

nom latin	2021	2022
<i>Acrocordia gemmata</i>	x	x
<i>Amandinea punctata</i>	x	x
<i>Arthonia radiata</i>	x	x
<i>Buellia griseovirens</i>	x	x
<i>Caloplaca cerinella</i>	x	
<i>Candelaria concolor</i>	x	x
<i>Candelariella vitellina</i>	x	x
<i>Candelariella xanthostigma</i>	x	x
<i>Evernia prunastri</i>	x	x
<i>Flavoparmelia caperata</i>	x	x
<i>Graphis pulverulenta</i>		x
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	x	x
<i>Hypogymnia physodes</i>	x	x
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	x	
<i>Hypotrachyna afrorevoluta</i>	x	x
<i>Hypotrachyna revoluta</i>	x	
<i>Lecania cyrtella</i>		x
<i>Lecanora albella</i>	x	x
<i>Lecanora argentata</i>	x	x
<i>Lecanora carpinea</i>	x	x
<i>Lecanora chlorotera</i>	x	x
<i>Lecanora leptyroides</i>	x	
<i>Lecanora pulicaris</i>		x
<i>Lecanora strobilina</i>	x	
<i>Lecanora subcarpinea</i>		x
<i>Lecidella elaeochroma</i>	x	x
<i>Lepra albescens</i>		x
<i>Lepra albescens f. albescens</i>	x	
<i>Maronea constans</i>		x
<i>Melanelixia glabratula</i>	x	x
<i>Melanelixia subaurifera</i>	x	x
<i>Melanohalea elegantula</i>	x	
<i>Melanohalea exasperata</i>	x	x
<i>Melanohalea exasperatula</i>	x	x
<i>Normandina pulchella</i>	x	x
<i>Ochrolechia androgyna</i>		x
<i>Ochrolechia subviridis</i>	x	x
<i>Parmelia sulcata</i>	x	x
<i>Parmelina pastillifera</i>	x	x
<i>Parmelina tiliacea</i>	x	x
<i>Parmotrema perlatum</i>	x	x
<i>Pertusaria amara</i>	x	x
<i>Pertusaria hymenea</i>		x
<i>Pertusaria pertusa</i>	x	
<i>Phaeophyscia endophaenicea</i>	x	
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	x	x
<i>Phlyctis agelaea</i>	x	x
<i>Phlyctis argena</i>	x	x
<i>Physcia adscendens</i>	x	x
<i>Physcia aipolia</i>	x	
<i>Physcia stellaris</i>		x
<i>Physcia tenella</i>	x	x
<i>Physconia distorta</i>	x	x
<i>Physconia grisea subsp. grisea</i>	x	
<i>Pleurosticta acetabulum</i>	x	x
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	x	
<i>Pseudoschismatomma rufescens</i>		x
<i>Punctelia borreri</i>	x	
<i>Punctelia subrudecta</i>	x	x
<i>Ramalina farinacea</i>	x	
<i>Scoliciosporum umbrinum</i>		x
<i>Xanthoria parietina</i>	x	x

Date de publication : Janvier 2023

Référence bibliographique :

Duflo C. & Ferrez Y., 2023. *Mise en place d'un protocole d'utilisation des lichens comme bio-indicateurs de la qualité de l'air dans cinq stations du Grand Besançon. Bilan 2022. Rapport d'expertise, CBNFC-ORI, 19 p.*



CONTACTS

Conservatoire
botanique national
de Franche-Comté –
Observatoire régional
des Invertébrés

7 rue Voirin
25000 Besançon
03.81.83.03.58
cbnfc@cbnfc.org

WWW.CBNFC-ORI.ORG

