



SÈVRE ET BOCAGE



Estimation de la qualité de l'air par l'étude des lichens épiphytes bio-indicateurs

Pays du Bocage Vendéen –
Communauté de communes du Pays de La Châtaigneraie (85)



Rapport d'expertise

Mars 2020



Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement

www.cpie-sevre-bocage.com - contact@cpie-sevre-bocage.com

CPIE Sèvre et Bocage - Association Maison de la Vie Rurale - La Flocellière - 85700 SÈVREMONT

Tél : 02 51 57 77 14 / Fax : 02 51 57 28 37

Boucheron C. et Desnouhes L., 2020 – Estimation de la qualité de l'air
par l'étude des lichens épiphytes bio-indicateurs.

Pays du Bocage Vendéen – Communauté de communes du Pays de La Châtaigneraie (85), 14 p.

Mars 2020

*Sauf mention contraire, toutes les photographies présentes dans ce document ont été prises
par le CPIE Sèvre et Bocage.*

SOMMAIRE

1. CONTEXTE DE L'ETUDE	4
2. LICHENS ET QUALITE DE L'AIR : DE QUOI PARLE-T-ON ?	4
2.1. Qu'est-ce qu'un lichen ?	4
2.2. Des sentinelles de la qualité de l'air.....	5
3. UNE DEMARCHE SCIENTIFIQUE D'INVENTAIRE	5
3.1. Le protocole.....	5
3.2. Les inventaires	7
3.3. Les analyses cartographiques.....	8
4. ESTIMATION DE LA QUALITE DE L'AIR	9
4.1. La qualité de l'air globale.....	9
4.2. Le dioxyde de soufre.....	11
CONCLUSION	12
BIBLIOGRAPHIE.....	13
ANNEXE : SYNTHESE DETAILLEE PAR TERRITOIRE	14

1. CONTEXTE DE L'ETUDE

Certains polluants présents dans l'atmosphère peuvent être responsables de nombreuses pathologies, voire même de décès en France. De ce fait, la qualité de l'air que nous respirons est une thématique aujourd'hui préoccupante et suivie par la population locale.

Si, sur l'ensemble du territoire français et en Pays de la Loire, certaines agglomérations bénéficient d'un suivi de leur qualité de l'air, ce n'est pas toujours le cas à la campagne. On dit d'ailleurs généralement que l'air des campagnes est de meilleure qualité que celui des villes, mais est-ce réellement le cas ?

C'est à cette question que le CPIE Sèvre et Bocage a souhaité répondre grâce à une démarche scientifique basée sur l'étude des lichens des arbres qui sont des indicateurs biologiques de la qualité de l'air.

Une première étude menée entre 2016 et 2018 sur l'ensemble du Pays du Bocage Vendéen a fait l'objet d'une synthèse publiée début 2019. Cette même année, l'application du protocole a été étendue au territoire de la Communauté de communes du Pays de La Châtaigneraie dans le cadre d'une action du troisième Plan Régional Santé Environnement en Pays de la Loire.

Ainsi, ce document présente les résultats des inventaires effectués sur la Communauté de communes du Pays de La Châtaigneraie, en complément de l'étude menée précédemment sur le Pays du Bocage (Boucheron C. et Martin N., 2019).

2. LICHENS ET QUALITE DE L'AIR : DE QUOI PARLE-T-ON ?

2.1. QU'EST-CE QU'UN LICHEN ?

Un lichen est un organisme vivant classé dans le règne des Champignons. Il s'agit en réalité d'une symbiose entre deux, voire trois, partenaires : un champignon, une algue et/ou une cyanobactérie (Fig. 1).

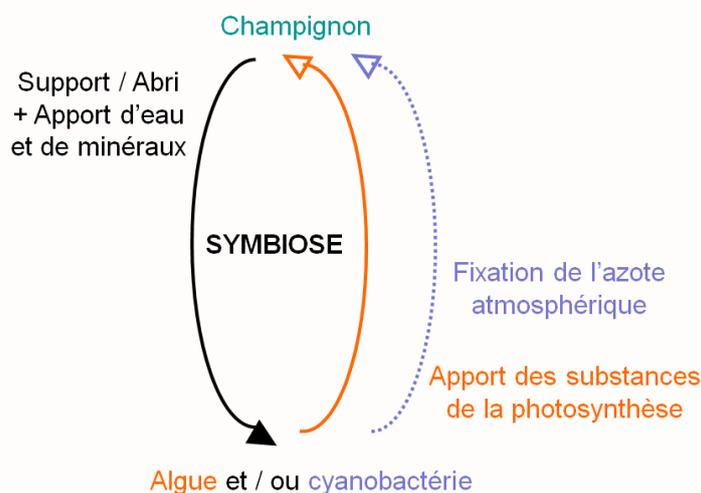


Figure 1 : Fonctionnement de la symbiose constituant un lichen.

Chaque partenaire va jouer un rôle et être bénéfique à l'organisme dans sa globalité. Le champignon va permettre la fixation du lichen au substrat et protéger son (ses) partenaire(s) d'un excès de lumière ou de chaleur. Il va par ailleurs capter l'eau et les sels minéraux nécessaires à la survie de l'organisme global. L'algue va, par la photosynthèse, apporter de nombreuses substances, notamment des dérivés de sucres (comme la vitamine B par exemple). Lorsqu'une cyanobactérie est présente dans la symbiose, celle-ci peut, en plus de réaliser la photosynthèse, capter l'azote atmosphérique, restitué à l'organisme sous forme d'ammonium.

Les lichens présentent une forte diversité morphologique et sont capables de coloniser tous les milieux, en dehors de la haute mer, des zones fortement polluées et des tissus animaux vivants (Van Haluwyn & Asta, 2013). Le nombre d'espèces de lichens est estimé à 20 000 dans le monde, 3 700 en France et 900 en Pays de la Loire (Roux & coll., 2017).

2.2. DES SENTINELLES DE LA QUALITE DE L'AIR

Par leurs caractéristiques naturelles, les lichens sont de bons bio-indicateurs de la qualité de l'air. En effet, ces organismes vont capter et accumuler l'ensemble des constituants de l'air, aussi bien les gaz dont ils ont besoin (dioxygène et dioxyde de carbone) que les polluants atmosphériques (dioxyde de soufre, oxydes d'azote, métaux lourds, etc.). Ainsi, chaque espèce va posséder un seuil de tolérance par rapport à la pollution de l'air. Ce gradient de sensibilité à la pollution atmosphérique se démarque par des espèces dites « poléotolérantes » qui vont supporter des niveaux de pollution élevés et par des espèces dites « poléosensibles » qui vont disparaître des milieux trop pollués. Certaines espèces sont donc des sentinelles car leur présence peut nous indiquer une qualité de l'air correcte alors que leur absence peut nous informer d'une dégradation de l'environnement atmosphérique. Par exemple, des lichens poléosensibles avec de grands thalles renseignent sur une bonne qualité de l'air depuis un certain temps.

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.

3. UNE DEMARCHE SCIENTIFIQUE D'INVENTAIRE

Dès 1970, Hawksworth & Rose ont développé une technique basée sur la sensibilité des lichens au dioxyde de soufre en créant une échelle listant des espèces en fonction des concentrations qu'elles pouvaient supporter (Hawksworth & Rose, 1970). Depuis, d'autres échelles adaptées à la poléosensibilité ou à la poléotolérance des lichens à différents polluants sont apparues (Van Haluwyn & Lerond en 1986 et Wirth en 2010 par exemple). Ces échelles font partie des méthodes qualitatives. Il existe également des méthodes quantitatives, basées elles, sur le calcul d'un indice plus général (LeBlanc & Sloover en 1970, Trass en 1973 et AFNOR en 2008 par exemple).

Chacune des techniques précédemment citées possède ses propres fiabilité, reproductibilité et limites mais elles ont toutes pour but de renseigner sur la qualité de l'air d'un milieu.

Ici, deux méthodes ont été appliquées en parallèle : l'une quantitative, l'autre qualitative. La première est basée sur le calcul d'un indice appelé « diversité lichénique » et la seconde est celle de l'échelle de Van Haluwyn et Lerond, qui 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). La première méthode étant la plus exigeante, c'est celle qui a défini le protocole à suivre et la seconde méthode a été appliquée à partir des relevés effectués.

3.1. LE PROTOCOLE

Un point d'inventaire, aussi appelé « une station », est défini principalement par la présence de 5 arbres isolés et d'une même essence. Sur chacun de ces 5 arbres, une grille couvrant une aire de 10cm par 50cm,

Estimation de la qualité de l'air par l'étude des lichens épiphytes bio-indicateurs.

Pays du Bocage Vendéen – Communauté de communes du Pays de La Châtaigneraie (85)

divisée en 5 carrés de 10 cm par 10 cm alignés à la verticale, est appliquée à 1m du sol et sur les 4 faces de l'arbre (Nord, Est, Sud et Ouest) (Fig. 2).

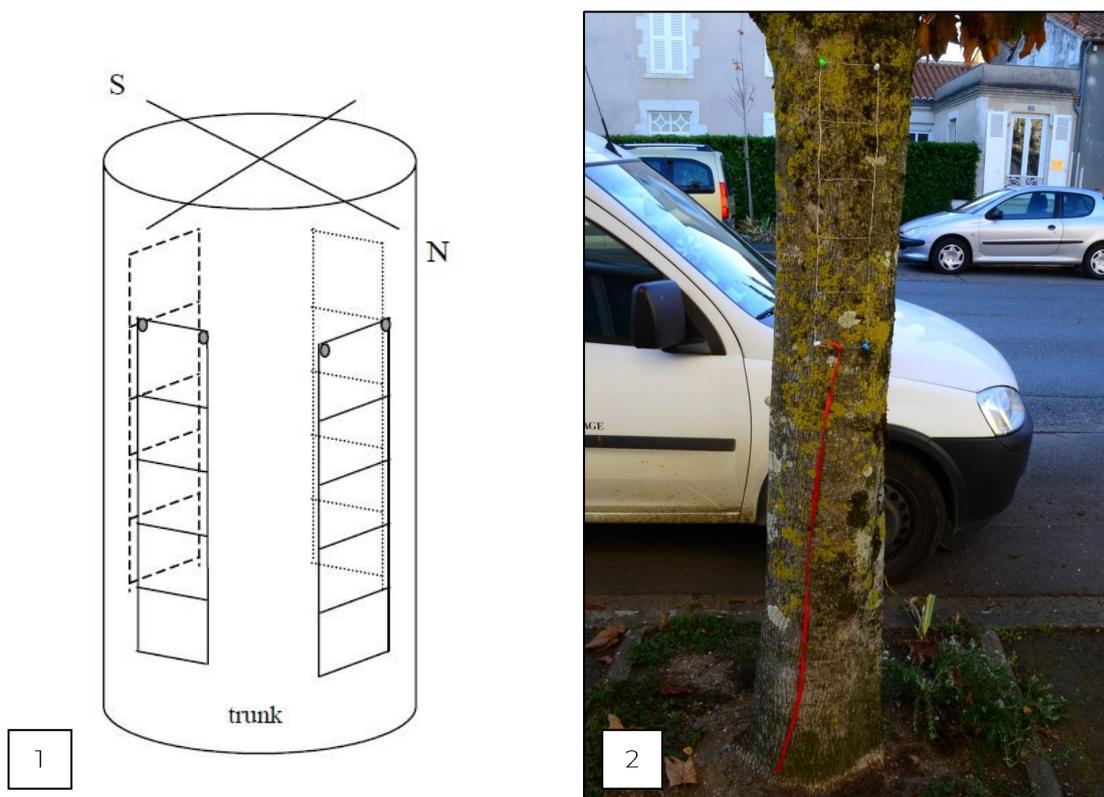


Figure 2: (1) Positionnement de la grille sur un tronc (Asta & al., 2002) et (2) Application du protocole à Chantonnay.

Afin de réaliser le calcul d'un indice, il faut commencer par identifier chaque espèce présente dans la grille puis compter le nombre de cases dans lesquelles l'espèce de lichen est présente. Une note de fréquence allant de 0 à 5 est ainsi obtenue, à partir desquelles, plusieurs calculs sont ensuite réalisés, permettant alors d'obtenir une note de « diversité lichénique » de la station.

Plus la qualité de l'air du milieu sera bonne, plus il y aura d'espèces capables de s'y développer et plus la diversité lichénique par station sera élevée. A l'inverse, plus les conditions environnementales seront dures, moins il y aura d'espèces capables d'y survivre et plus la diversité lichénique sera faible.

La liste des espèces relevées sur une station peut ensuite être comparée à celle constituant l'échelle de Van Haluwyn et Lerond, établie en 1986. Cette échelle contient 39 espèces de lichens réparties en 7 classes en fonction de leur sensibilité au dioxyde de soufre (Tab. 1). Les espèces les plus poléotolérantes vont être dans les niveaux de pollution au dioxyde de soufre les plus forts (vers la Classe A), quand les espèces poléosensibles vont appartenir à des zones caractéristiques d'une meilleure qualité d'air (vers la Classe G).

Pour déterminer la classe d'une station (lettre), la liste des espèces indicatrices appartenant à l'échelle de Van Haluwyn et Lerond se lit des espèces les plus poléosensibles vers les plus poléotolérantes et lorsqu'une espèce de la liste est présente sur la liste des inventaires, alors celle-ci est désignée comme espèce indicatrice et permet d'attribuer à la station, sa classe et donc son niveau de pollution en dioxyde de soufre.

Tableau 1: Echelle d'estimation de la qualité de l'air d'après Van Haluwyn et Lerond (1986).

Classe	Teneur en dioxyde de soufre	Espèces de lichens présentes
A	Pollution extrêmement forte	<i>Pleurococcus viridis</i> (C. Agardh) Rabenhorst (algue)
B	Pollution très forte	<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid <i>Lecanora conizaeoides</i> Cromb.
C	Pollution forte	<i>Lecanora exspallens</i> Ach. <i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.
D	Pollution assez forte	<i>Diploicia canescens</i> (Dicks.) A. Massal. <i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M. Choisy <i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg <i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC. <i>Polycauliona polycarpa</i> (Hoffm.) Frödén, Arup & Søchting
E	Pollution moyenne	<i>Candelariella xanthostigma</i> (Ach.) Lettau <i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach. <i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl. <i>Parmelia sulcata</i> Taylor <i>Physcia adscendens</i> H. Olivier <i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Zopf <i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.
F	Pollution faible	<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale <i>Flavoparmelia soredians</i> (Nyl.) Hale <i>Lepra amara</i> (Ach.) Hafellner <i>Melanelixia glabrata</i> (Lamy) Sandler & Arup <i>Melanelixia subaurifera</i> (Nyl.) O. Blanco et al. <i>Parmelina parvillifera</i> (Harm.) Hale <i>Parmelina tiliacea</i> (Hoffm.) Hale <i>Pertusaria pertusa</i> (L.) Tuck <i>Phycis argena</i> (Spreng.) Flot. <i>Physconia grisea</i> (Lam.) Poelt <i>Pleurosticta acetabulum</i> (Neck.) Elix & Lumbsch <i>Polycauliona candelaria</i> (L.) Frödén, Arup & Søchting <i>Punctelia subrudecta</i> (Nyl.) Krog <i>Ramalina fastigiata</i> (Pers.) Ach. <i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach.
G	Pollution très faible	<i>Anaptychia ciliaris</i> (L.) A. Massal. <i>Hypotrachyna revoluta</i> (Flörke) Hale <i>Parmotrema perlatum</i> (Huds.) M. Choisy <i>Parmotrema reticulatum</i> (Taylor) M. Choisy <i>Physcia airolia</i> (Humb.) Fűrnr <i>Physconia distorta</i> (With.) J.R. Laundon <i>Ramalina fraxinea</i> (L.) Ach.

3.2. LES INVENTAIRES

Les inventaires du projet se sont déroulés de mai 2016 à mai 2018, sur le Pays du Bocage Vendéen et d'octobre 2019 à février 2020, sur la Communauté de communes du Pays de La Châtaigneraie. L'ensemble de ce territoire d'étude couvre aujourd'hui 77 communes regroupées en 7 communautés de communes (Fig. 3) et correspond à 2 126 km² pour plus de 187 000 habitants.



Figure 3 : Localisation du territoire d'étude et de ses communautés de communes.

Estimation de la qualité de l'air par l'étude des lichens épiphytes bio-indicateurs.

Pays du Bocage Vendéen – Communauté de communes du Pays de La Châtaigneraie (85)

Cette grande zone géographique a été découpée en 115 mailles de 5km par 5km, avec pour objectif initial d'effectuer un inventaire dans chacune d'elles. Face aux contraintes d'application du protocole, seules 58 mailles ont été inventoriées, réparties de façon homogène sur le territoire (Fig. 4). Cela correspond à 290 arbres et 1160 faces d'arbres étudiés.

Sur la Communauté de communes du Pays de La Châtaigneraie, 8 inventaires ont été effectués dans les bourgs de: Bazoges-en-Pareds, Cheffois, La Châtaigneraie, Moulleron-Saint-Germain, Saint-Hilaire-de-Voust, Saint-Maurice-des-Noeux, Saint-Pierre-du-Chemin et Thouarsais-Bouildroux.

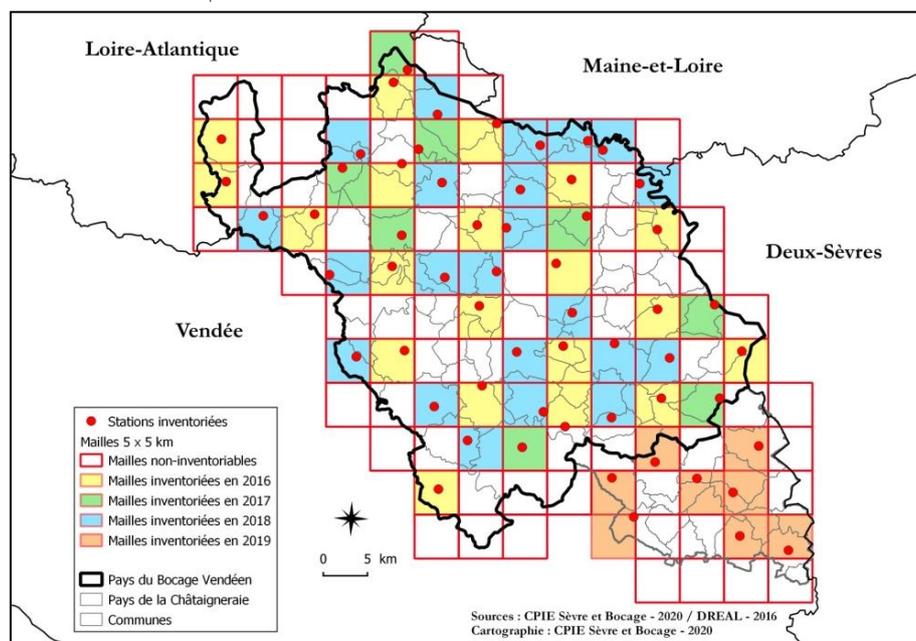


Figure 4 : Localisation des mailles inventoriées.

3.3. LES ANALYSES CARTOGRAPHIQUES

Une échelle d'altération de l'environnement a été créée afin de cartographier les résultats de diversité lichénique des stations inventoriées (Tab. 2). En suivant les recommandations de Asta & al., 2002, Loppi & al., 2002a et Loppi & al., 2002b, la moyenne des notes de diversité lichénique (valeur ici de 119) a été considérée comme une approximation d'une naturalité totale de la flore lichénique des arbres dans la zone bioclimatique du territoire, c'est-à-dire influencée par un climat océanique. En effet, en fonction de chaque zone climatique, la flore naturelle lichénique attendue n'est pas la même. D'après l'exemple de Loppi & al., 2002a, cette note a ensuite été arrondie à 120 et l'échelle a été découpée en 5 classes. Ainsi, les stations qui ont une note élevée possèdent une diversité lichénique proche de celle qu'elles pourraient avoir sans aucune perturbation atmosphérique, ce qui traduit une très bonne qualité de l'air et est représenté graphiquement par la couleur bleu.

Tableau 2 : Echelle utilisée pour la cartographie de la diversité lichénique des stations sur le territoire du Pays du Bocage Vendéen (selon les recommandations de Asta & al., 2002, Loppi & al., 2002a et Loppi & al., 2002b).

Niveau d'altération de l'environnement	Pourcentage de déviation par rapport à la naturalité (valeur de 120)	Echelle	Qualité de l'air
Désert lichénique	100 %	0	Très mauvaise
Altération	75 – 99 %	1 – 30	Mauvaise
Semi-altération	50 – 75 %	31 – 60	Moyenne
Semi-naturalité	25 – 50 %	61 – 90	Bonne
Naturalité	0 – 25 %	> 90	Très bonne

Pour la pollution au dioxyde de soufre, les points de chaque station sont colorés suivant la classe définie par l'échelle de Van Haluwyn et Lerond (Tab. 1).

4. ESTIMATION DE LA QUALITE DE L'AIR

4.1. LA QUALITE DE L'AIR GLOBALE

Sur l'ensemble du territoire d'étude (Pays du Bocage Vendéen et Communauté de communes du Pays de La Châtaigneraie), 58 stations d'inventaire ont permis d'obtenir une estimation de la qualité de l'air globale grâce au calcul de la diversité lichénique (Fig. 5). Pour rappel, plus la diversité lichénique est importante et plus on estime que la qualité de l'air est bonne.

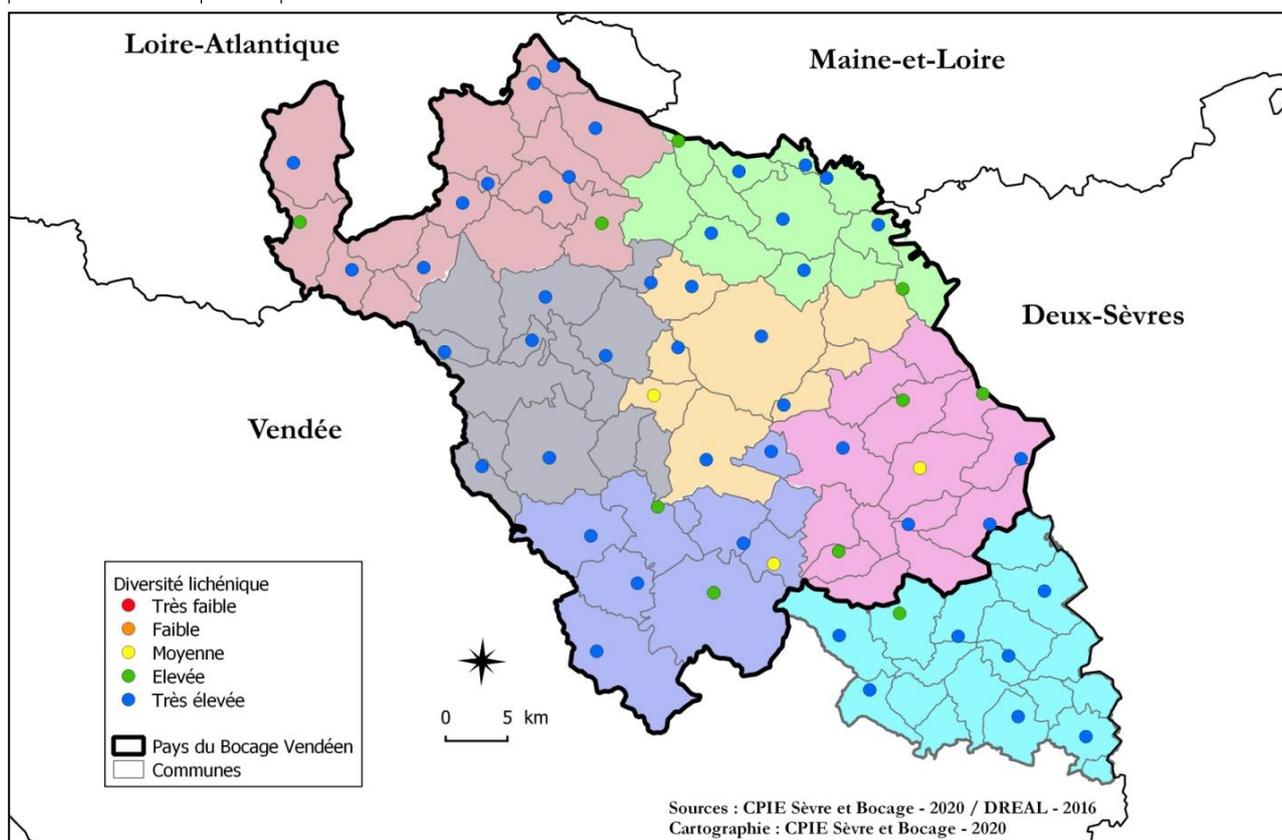


Figure 5 : Diversité lichénique sur le territoire d'étude.

La note de diversité lichénique la plus haute (173) a été obtenue sur deux communes : Saint-Hilaire-de-Voust et Chavagnes-en-Paillers. A l'inverse, la commune de Sigournais possède la plus faible diversité en lichens épiphytes (note de 36). La moyenne de la diversité lichénique sur tout le territoire est de 119 avec un écart-type de 33. Sur les 58 stations, 3 seulement possèdent une diversité lichénique « moyenne » alors que 10 ont une diversité lichénique « élevée ». 78% des stations (soit 45) ont une diversité lichénique « très élevée ». Ces dernières stations vont avoir une flore lichénique proche du maximum qu'elles peuvent atteindre, en termes de recouvrement de l'écorce et en nombre d'espèce.

Aucune station ne présente une diversité lichénique « faible » ou « très faible ». Si cela avait été le cas, les arbres inventoriés n'auraient présenté aucune espèce de lichens sur leur écorce (désert lichénique) ou juste quelques individus de quelques espèces très poléotolérantes dispersées sur l'ensemble du tronc.

Une synthèse détaillée des notes obtenues est annexée au présent document.

Tableau 3 : Synthèse par territoire.

	Nombre de stations	Diversité lichénique moyenne	Diversité lichénique la plus haute	Diversité lichénique la plus basse
Pays de Chantonnay	8	103	146 Rochetrejoux	36 Sigournais
Pays de Mortagne	9	113	145 Saint-Laurent-sur-Sèvre	65 Tiffauges
Pays de Pouzauges	8	100	163 Le Boupère	37 Pouzauges
Pays de Saint Fulgent les Essarts	7	133	173 Chavagnes-en-Paillers	107 Saint-Fulgent
Pays des Herbiers	6	108	143 Saint-Paul-en-Pareds	57 Vendrennes
Terres de Montaigu	12	118	159 L'Herbergement	81 La Boissière-de-Montaigu
Pays du Bocage Vendéen	50	113	173 Chavagnes-en-Paillers	36 Sigournais
Pays de La Châtaigneraie	8	124	173 Saint-Hilaire-de-Voust	81 Mouilleron-Saint-Germain

La Communauté de communes du Pays de La Châtaigneraie

Sur les 8 sites inventoriés, 7 possèdent une diversité lichénique « très élevée » alors que la station de Mouilleron-Saint-Germain présente une diversité lichénique seulement « élevée », avec une note de 81. La note la plus importante du territoire est celle de Saint-Hilaire-de-Voust, qui est également l'une des plus élevées du territoire d'étude. La diversité lichénique des stations de la Communauté de communes du Pays de La Châtaigneraie est en moyenne de 124, ce qui est supérieur à l'ensemble du Pays du Bocage Vendéen (Fig. 6).

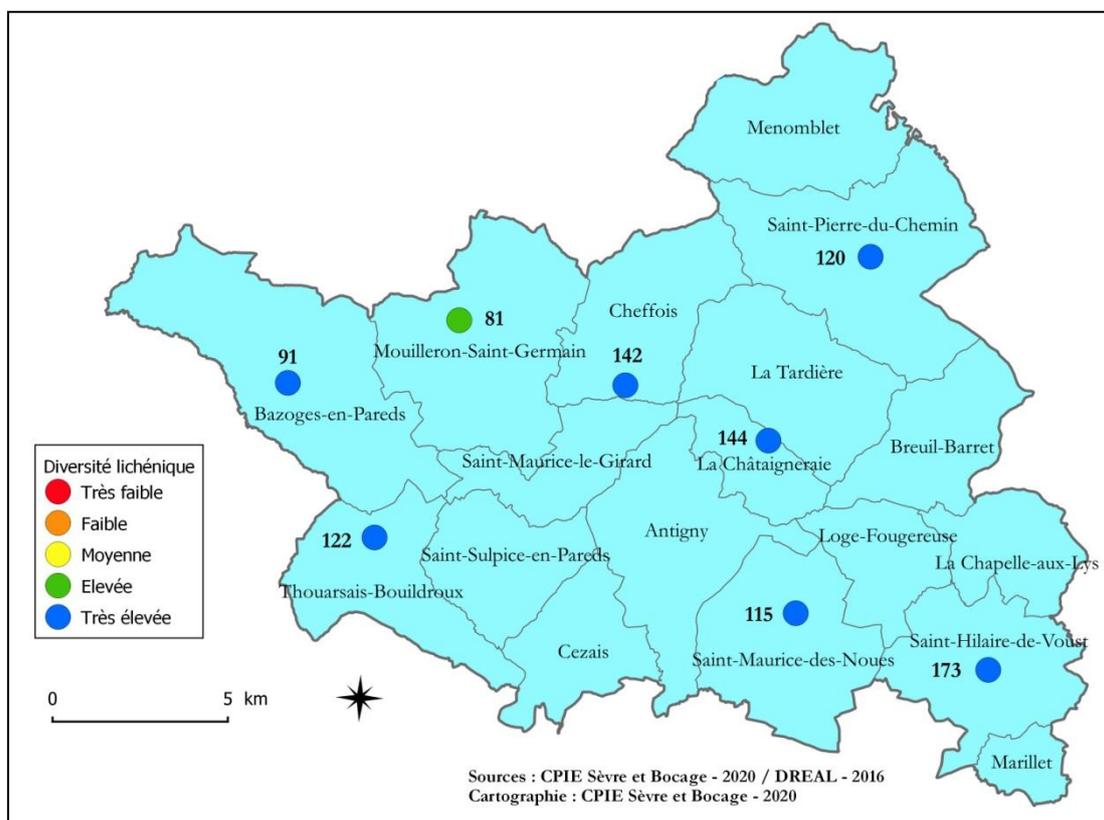


Figure 6 : Diversité lichénique sur la Communauté de communes du Pays de La Châtaigneraie.

4.2. LE DIOXYDE DE SOUFRE

A l'inverse du calcul de la diversité lichénique qui prenait en compte l'ensemble de la flore lichénique, la méthode appliquée ici se concentre sur les espèces poléosensibles et poléotolérantes au dioxyde de soufre (Tab. 1). Ainsi, sur les 58 stations du territoire d'étude, 50 stations présentent un niveau « très faible » de pollution et 8 stations, un niveau « faible » (Fig. 7).

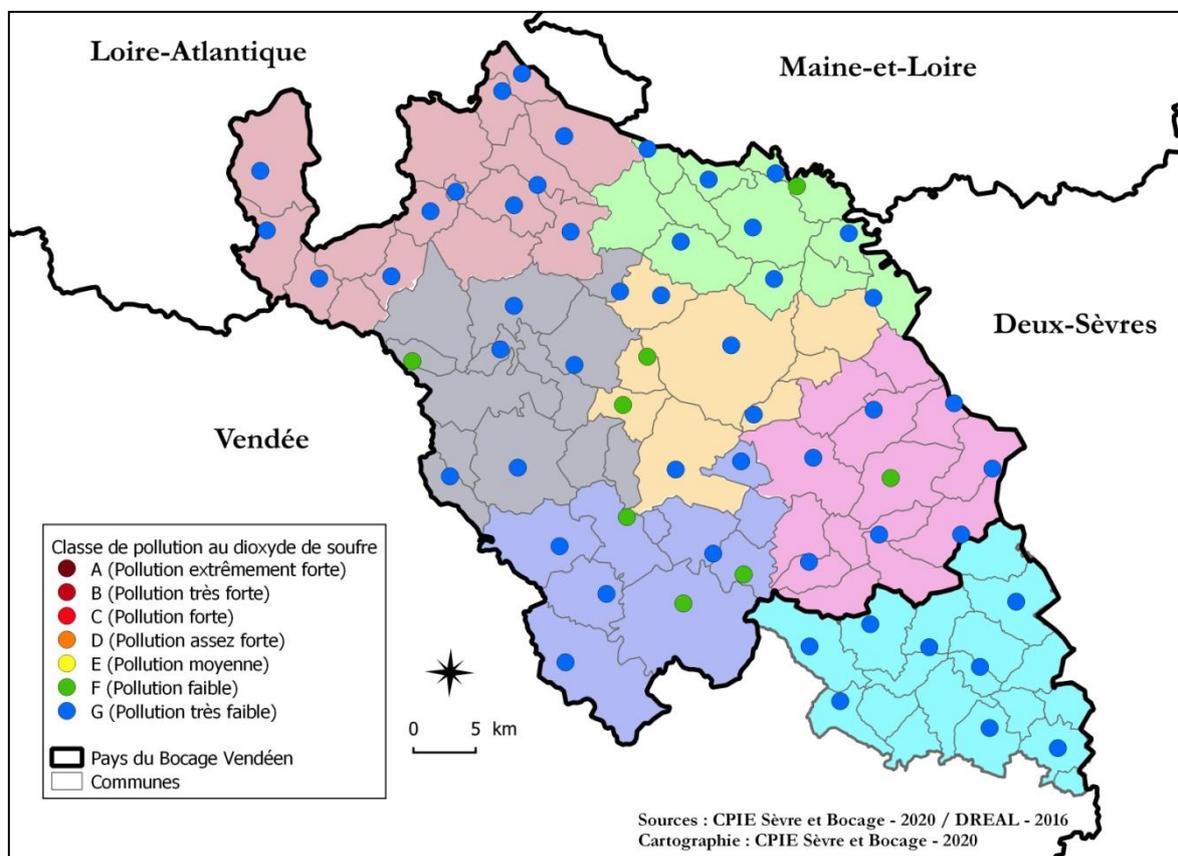


Figure 7 : Estimation de la pollution au dioxyde de soufre.

Le dioxyde de soufre (ou SO_2) est un polluant en constante diminution depuis des années (Commissariat général au développement durable, 2015). La limitation des teneurs en soufre dans les combustibles et les carburants est une des raisons récentes de cette baisse. Cependant, les émissions sont principalement effectuée par l'industrie et ce polluant peut impacter les fonctions métaboliques du lichen notamment (photosynthèse ou respiration par exemple) (Richardson, 1992).

Avec la baisse depuis les années 1980 de ce polluant dans l'air en France, et en l'absence de grandes industries sur le Pays du Bocage Vendéen, il aurait été étonnant de voir des stations avec un niveau de pollution très élevé.

Il est à noter que, d'après une analyse statistique effectuée dans le cadre de l'étude, la diversité lichénique des stations est corrélée avec cette échelle de poléosensibilité au dioxyde de soufre. Cette corrélation est logique car la présence d'espèces poléosensibles au dioxyde de soufre sur le territoire d'étude indique une bonne qualité de l'air et donc favorise le développement d'une diversité lichénique importante et poléosensible. Avant que des espèces très sensibles au dioxyde de soufre ne s'installent sur l'écorce d'un arbre, toutes les espèces des cortèges plus poléotolérants vont pouvoir s'installer.

CONCLUSION

Les lichens sont des organismes vivants très sensibles aux perturbations environnementales, telles que la pollution par exemple.

Ainsi, 58 points d'inventaire des lichens des arbres, répartis de façon homogène sur le Pays du Bocage Vendéen et la Communauté de communes du Pays de La Châtaigneraie, ont permis d'estimer la qualité de l'air globale et la pollution au dioxyde de soufre sur le territoire.

Malgré quelques exceptions, il s'avère que la qualité de l'air semble de bonne qualité. Même si une attention plus particulière a été portée à la pollution soufrée, il n'en reste pas moins difficile de déterminer exactement quels polluants peuvent affecter directement les lichens épiphytes. En effet, les lichens répondent à un stress environnemental généré par une pollution de plusieurs composés atmosphériques (Asta *et al.*, 2005f).

En 2019, la Communauté de communes du Pays de La Châtaigneraie s'est engagée dans une démarche volontaire d'élaboration d'un Plan Climat-Air-Energie Territorial (PCAET) afin d'entrer dans une stratégie durable dans différents domaines. Toujours en 2019, ce territoire a également renouvelé son Contrat Local de Santé (CLS) visant, entre autres, à « renforcer la promotion de la santé et la prévention ainsi que les environnements favorables à la santé ». Ce projet sur les lichens et ses résultats vont pouvoir alimenter ces deux programmes et de nouveaux inventaires effectués dans quelques années pourront permettre d'évaluer l'évolution de la qualité de l'air ambiant sur la période.

BIBLIOGRAPHIE

AFNOR. (2008). *Biosurveillance de l'environnement - Détermination d'un indice biologique de lichens épiphytes (IBLE)*. NF X43-903. Afnor Normalisation.

Asta J., Erhardt W., Ferretti M., Fornasier F., Kirschbaum U., Nimis P.L., Purvis O.W., Pirintsos S., Scheidegger C., Van Haluwyn C. & Wirth V. (2002). *Mapping lichen diversity as an indicator of environmental quality*. *Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens*, 273-279.

Asta J., Gavériaux J-P., Sussey J-M. & Van Haluwyn C. (2005f). *Lichen, pollution et bioindication*. *Bulletin mycologique et botanique Dauphiné-Savoie*, n°178, 39-46.

Boucheron C. et 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.

Commissariat général au développement durable. (2015). *Bilan de la qualité de l'air en France en 2014 et principales tendances observées sur la période 2000-2014*. Service de l'observation et des statistiques, Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie.

Hawksworth D.L. & Rose F. (1970). *Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens*. *Nature*. 227p, 145-148.

LeBlanc S.C.F. & Sloover J.D. (1970). *Relation between industrialization and the distribution and growth of epi-phytic lichens and mosses in Montreal*. *Canadian Journal of Botany*, n° 48, 1485-1496.

Loppi S., Giordani P., Brunialti G., Isocrono D. & Piervittori R. (2002a). *Identifying deviations from naturality of lichen diversity for bioindication purposes*. *Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens*, 281-284.

Loppi S., Giordani P., Brunialti G., Isocrono D. & Piervittori R. (2002b). *A new scale for the interpretation of lichen biodiversity values in the Thyrranian side of Italy*. *Bibliotheca Lichenologica* volume 82, 237-243.

Richardson D.H.S. (1992). *Pollution monitoring with lichens*. *Naturalists' Handbooks* 19, Compagny of Biologists Ltd, 76p.

Roux C. et coll. (2017). *Catalogue des lichens et champignons lichénicoles de France métropolitaine*. Association française de lichénologie, 2^{ème} édition revue et augmentée, 1172.

Trass H. (1973). *Lichen sensitivity to the air pollution and index of poleotolerance (I.P.)*. *Folia Cryptog Estonica*, volume 3.

Van Haluwyn C. & Asta J. (2013). *Guide des lichens de France, lichens des arbres*. Éditions Belin.

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, 130p.

Wirth V. (2010). *Ökologische Zeigerwerte von Flechten – erweiterte und aktualisierte Fassung*. *Herzogia* 23, n°2, 229-248.

ANNEXE : Synthèse détaillée par territoire

Communauté de communes	Commune	Diversité lichénique	Classe – Sensibilité au SO2
Pays de Chantonnay	Bournezeau	102	G
	Chantonnay	83	F
	Rochetrejoux	146	G
	Sainte-Cécile	89	F
	Saint-Germain-de-Prinçay	132	G
	Saint-Hilaire-le-Vouhis	123	G
	Saint-Martin-des-Noyers	113	G
Pays de La Châtaigneraie	Sigournais	36	F
	Bazoges-en-Pareds	91	G
	La Châtaigneraie	144	G
	Cheffois	142	G
	Mouilleron-Saint-Germain	81	G
	Saint-Hilaire-de-Voust	173	G
	Saint-Maurice-des-Noeues	115	G
Pays des Herbiers	Saint-Pierre-du-Chemin	120	G
	Thouarsais-Bouildroux	122	G
	Beaupaire	140	G
	Les Herbiers	91	G
	Mesnard-la-Barotière	94	F
	Mouchamps	125	G
Pays de Mortagne	Saint Paul en Pareds	143	G
	Vendrennes	57	F
	Chambretaud	122	G
	Evrunes	141	G
	La Gaubretière	113	G
	La Verrie	133	G
	Mallièvre	66	G
	Mortagne	96	F
Pays de Pouzauges	Saint Laurent sur Sèvre	145	G
	Saint-Aubin-des-Ormeaux	139	G
	Tiffauges	65	G
	Chavagnes-les-Redoux	78	G
	La Flocellière - Sèvremont	65	G
	La Meilleraie-Tillay	141	G
	La Pommeraie-sur-Sèvre - Sèvremont	79	G
Pays de Saint-Fulgent - Les Essarts	Le Boupère	163	G
	Montournais	124	G
	Pouzauges	38	F
	Saint-Mesmin	111	G
	Bazoges en Paillers	150	G
	Chavagnes-en-Paillers	173	G
	La Copechagnière	116	F
Terres de Montaigu	La Merlatière	149	G
	La Rabatelière	125	G
	Les Essarts	112	G
	Saint-Fulgent	107	G
	Boufféré	147	G
	Cugand	120	G
	La Bernardière	117	G
	La Boissière de Montaigu	81	G
	La Bruffière	132	G
	La Guyonnière	125	G
L'Herbergement	159	G	
Terres de Montaigu	Montaigu	143	G
	Mormaison	114	G
	Rocheservière	89	G
	St Philbert de Bouaine	99	G
Terres de Montaigu	Treize-Septiers	95	G