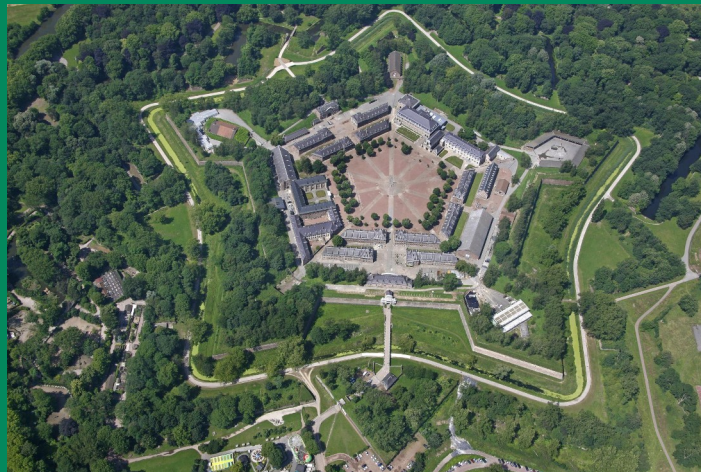


***MASTER 1 Biodiversité, Ecologie, Evolution***

**Université de Lille, Faculté des Sciences et Technologies**

**Année 2024-2025**

**Evolution des communautés lichéniques  
de Lille (1900-2025)**



**Lucie CAPOEN**

**Encadrant : Benoît TOUSSAINT**

**Organisme d'accueil : Conservatoire botanique National de Bailleul**

## Remerciements

À Thierry CORNIER, Directeur général du CBN de Bailleul, pour m’avoir permise d’effectuer ce stage au sein de son établissement.

À Benoît TOUSSAINT, responsable du service “Expertise et Conservation” et maître de stage, pour sa pédagogie, son écoute et sa bienveillance, qui ont fait de ce stage un accomplissement tant professionnel que personnel, et m’ont permis d’acquérir des connaissances en lichénologie, une discipline qui restait encore bien mystérieuse pour moi, et qui, j’en suis sûre, continuera d’attiser ma curiosité. Je le remercie également pour le temps consacré à la relecture attentive de ce rapport, ainsi que pour son aide précieuse dans la détermination des espèces saxicoles.

À Chantal VAN HALUWYN, l’une des premières lichénologues à travailler sur l’utilisation des lichens dans la détection de la pollution et membre de l’AFL (Association Française de Lichénologie), pour la détermination et la validation de taxons ardu.

Au Laboratoire des Sciences Végétales et Fongiques de Lille, et plus particulièrement à Florent Occelli, pour la transmission express de vos données lichéniques sur notre métropole.

À Audrey VAN TICHELEN PAQUET, chargée d’études, pour nos sorties en commun et ta bonne humeur.

À toute l’équipe du CBN de Bailleul ainsi qu’aux stagiaires, pour leur accueil chaleureux et pour m’avoir offert un environnement de travail aussi paisible que magnifique.

\*\*\* \* \*\*\*

## Sommaire

Introduction.....	2
Matériels et méthodes.....	4
1) Site d’étude.....	4
2) Méthode de collecte de données.....	5
a. Méthode de prélèvement.....	5
b. Détermination des espèces en laboratoire.....	6
3) Récupération et traitement des données antérieures.....	7
4) Analyse des données actuelles et antérieures.....	8
Résultats.....	10
1) Inventaires 2025 de la Citadelle de Lille et du Parc Vauban.....	10
2) Evolution des communautés lichéniques de Lille.....	14
Discussion.....	18
1) Limites méthodologiques et biais des inventaires.....	18
2) Tendances diachroniques des communautés lichéniques.....	19
Conclusion.....	21
Bibliographie.....	22
Annexes.....	24
Résumé.....	47
Abstract.....	47

## Introduction

La qualité de l'air est un sujet de préoccupation majeur à l'échelle mondiale, tant pour ses effets sur la santé humaine que pour ses conséquences sur les écosystèmes. Parmi les polluants atmosphériques les plus problématiques figurent le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), issus notamment de la combustion d'énergies fossiles, de l'agriculture intensive et du trafic routier. Ces composés contribuent à des phénomènes tels que l'acidification des milieux, la nitrophisation et l'eutrophisation, qui bouleversent l'équilibre des écosystèmes. Dans le même temps, le réchauffement climatique, causé par l'augmentation des gaz à effet de serre, modifie les variations de température et d'humidité, influençant les conditions de vie de nombreuses espèces. Ces changements environnementaux combinés ont un impact sur les communautés biologiques en modifiant leur composition.

Les lichens, organismes symbiotiques associant un champignon et une algue ou une cyanobactérie, sont particulièrement sensibles aux changements environnementaux. En effet, ils sont dépourvus de cuticule, ce qui les rend directement exposés aux dépôts et gaz atmosphériques, nous offrant ainsi d'excellents bioindicateurs. Leur réaction aux polluants, notamment au SO<sub>2</sub> (Van Haluwyn et Lerond, 1986) et à l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) (Van der Kolk *et al.*, 2020), est bien documentée.

Historiquement, la chute des concentrations de SO<sub>2</sub> dans l'air vers 1980 grâce à la mise en place des premières directives européennes sur les émissions industrielles (ex : directive 80/779/CEE sur la qualité de l'air), a permis le retour progressif de certaines espèces lichéniques sensibles dans les zones urbaines. Parallèlement, l'augmentation des dépôts azotés a favorisé la prolifération d'espèces nitrophiles comme *Xanthoria parietina* (**Fig. 1**) (Van der Kolk *et al.*, 2020 ; Gauslaa, 2024). Ce lichen, particulièrement tolérant aux milieux enrichis en azote, est aujourd'hui fréquemment observé dans les environnements urbanisés soumis à une forte nitrophisation.

Par ailleurs, le réchauffement climatique entraîne un déplacement vers le nord des espèces thermophiles, parfois méditerranéennes, qui colonisent et se développent progressivement dans des zones auparavant inadaptées pour elles (Aptroot *et al.*, 2016).

Étudier l'évolution des communautés lichéniques dans le temps nécessite des suivis réguliers dans une même localité. Or, la lichénologie est une discipline exigeante, mobilisant des compétences spécialisées et un investissement conséquent, ce qui limite la fréquence et la durée des suivis sur le long terme. En conséquence, les séries temporelles exploitables sont rares, notamment en contexte urbain.

À Lille et dans sa citadelle, des inventaires lichénologiques ont été réalisés dès le début du XXe siècle. Cependant, ces données historiques, parfois vieilles de 125 ans, restent largement inexploitées. Dans un contexte où la région connaît des pressions environnementales marquées (pollution atmosphérique, urbanisation, réchauffement climatique), une question centrale se pose : les communautés lichéniques de Lille ont-elles changé, et ces changements sont-ils liés à une modification des conditions environnementales ?

Ce questionnement en appelle d'autres : si des transformations ont bien eu lieu, sont-elles récentes ou s'inscrivent-elles dans une dynamique ancienne ? Sont-elles en lien avec des tendances observées à plus large échelle, telles que l'apparition d'espèces thermophiles ou la disparition progressive d'espèces acidophiles ? Enfin, les inventaires anciens peuvent-ils être mobilisés pour reconstituer l'état écologique passé et témoigner des perturbations environnementales ayant affecté le milieu urbain au cours du temps ?

Comprendre ces dynamiques est essentiel non seulement pour retracer l'évolution écologique d'un territoire, mais aussi pour démontrer la pertinence des lichens comme indicateurs de changements environnementaux sur le long terme, voire d'évaluer les politiques visant à améliorer la qualité de l'air.

Ce travail a pour objectif principal de documenter l'évolution des communautés lichéniques dans la ville de Lille, en s'appuyant sur la comparaison entre des inventaires anciens, réalisés au début du XXe siècle, et des relevés contemporains effectués en 2025.

L'étude vise ainsi à détecter les changements intervenus dans la composition des communautés lichéniques au cours du dernier siècle. Elle cherche également à évaluer la présence d'espèces indicatrices, telles que *Xanthoria parietina*, ou encore certains lichens méditerranéens (ex : *Flavoparmelia soredians* (**Fig. 2**)), afin de les mettre en relation avec les principales pressions environnementales identifiées dans la littérature. Enfin, ce travail s'interroge sur la possibilité de mobiliser les inventaires anciens comme référence pour reconstituer l'état écologique passé d'un site urbain et en percevoir les évolutions.



**Figure 1** : *Xanthoria parietina*  
(nitrophile)



**Figure 2** : *Flavoparmelia soredians*  
(thermophile)

# Matériels et méthodes

## 1) Site d'étude

La Citadelle de Lille, surnommée la « reine des citadelles » par Vauban, a été construite entre 1667 et 1670. Ses murs forment une étoile à cinq branches, bâtie de briques rouges, de pierres de grès. Au total, 60 millions de briques, 3,3 millions de parpaings et 60 000 pieds de grès ont été nécessaires à sa construction. Ils ont traversé les siècles, même si certaines parties ont été restaurées ou réaménagées (Ville de Lille, 2020).

La Deûle, quant à elle, joue un rôle crucial dans la stratégie défensive. Vauban crée un réseau de canaux, digues, aqueducs, écluses et vannes pour en contrôler le niveau. Un canal souterrain, le canal Vauban, permet même de vider complètement les fossés.

Dès l'origine, la citadelle est pensée pour être entourée d'une zone dégagée, appelée le glacis, afin de facilement observer l'approche des ennemis. Mais à partir du XIXe siècle, ce glacis est transformé en parc urbain. Les abords deviennent progressivement le Bois de la Deûle et le Bois de Boulogne, riches de nouveaux arbres plantés dès 1880. En parallèle, des jardins comme le Jardin Vauban et des squares sont créés.

Le cimetière de l'Est, à Lille, a été créé en 1779 à la suite d'un don de la famille Coustenoble-Dujardin, alors propriétaire d'un ancien parc. Souhaitant que le lieu conserve son esprit de parc, la famille a contribué à faire de ce cimetière un espace particulièrement boisé et riche en essences végétales. Aujourd'hui, il s'étend sur 22 hectares et compte environ 36 000 tombes. La ville de Lille y mène une gestion favorable à la biodiversité, avec notamment des pratiques de fauche tardive et le maintien de troncs morts, favorisant ainsi la faune et la flore locales (Wikipédia, mai 2025).

## 2) Méthode de collecte de données

### a. Méthode de prélèvement

La Citadelle de Lille présente une diversité importante de substrats propices au développement lichénique, incluant la brique, le grès et les écorces d'arbres. Dans ce contexte, les sites de prélèvement ont été sélectionnés de manière à couvrir une variabilité écologique représentative. Les espèces saxicoles et corticoles ont ainsi été collectées à proximité immédiate de la Deûle, dans les bois de la Deûle et de Boulogne, ainsi que dans le Jardin Vauban. Quelques prélèvements ont aussi été faits au cimetière de l'Est.

La sélection des substrats étudiés (arbres ou roches) est réalisée directement sur le terrain, au fil du parcours d'inventaire. Les arbres privilégiés sont ceux présentant des caractéristiques favorables à une forte diversité lichénique : individus âgés, de grande taille, au diamètre élevé et à écorce crevassée. Toutefois, les arbres jeunes et ceux à écorce lisse sont également étudiés, en particulier pour la recherche d'espèces pionnières à thalle crustacé. Lorsque cela est possible, les branches basses ou tombées sont également examinées.

Une diversité d'essences est volontairement ciblée afin de couvrir une large gamme de pH de substrat, paramètre influençant fortement la composition des communautés lichéniques. Concernant les substrats rocheux, les prélèvements sont réalisés à la fois sur des roches acides, supportant des espèces calcifuges et acidophiles, et sur des roches calcaires, propices aux espèces calcicoles. Dans le cas des murs artificiels (ex. murs de briques), une distinction est faite entre les espèces croissant directement sur la brique et celles colonisant les joints (riches en carbonates).

Une fois le substrat sélectionné, la station est géoréférencée à l'aide d'un GPS de marque GARMIN®, offrant une précision minimale d'environ cinq mètres. Une photographie du site est prise, et les informations suivantes sont consignées sur une enveloppe en papier et dans un carnet : essence de l'arbre ou type de roche, localisation (commune, lieu-dit), date du prélèvement, l'exposition et numéro du point GPS.

Les espèces lichéniques identifiées sur le terrain sont notées dans le carnet, à l'aide d'une loupe x10, d'une lampe UV (marque FluoTechnik), des réactifs chimiques (voir ci-dessous) et des guides des lichens de France de Chantal Van Haluwyn (arbres et roches). Les prélèvements sont réalisés à l'aide d'un couteau de type opinel pour les lichens corticoles, ou d'un marteau et d'un burin pour les espèces saxicoles (petits éclats de matériaux). Les échantillons sont ensuite mis dans les enveloppes ou, pour les espèces fragiles et plus volumineuses (ex. *Cladonia* spp., lichens fruticuleux...) ou les branches entières, dans des pots rigides ou sachets plastiques.

L'identification définitive des espèces est effectuée ultérieurement en laboratoire.

## **b. Détermination des espèces en laboratoire**

Sous loupe binoculaire (grossissement  $\times 7$  à  $\times 45$ ), chaque thalle est d'abord décrit : type d'organisation (foliacé, crustacé, fruticuleux, lépreux ou complexe), présence éventuelle de pruine, de pseudocyphelles, de macules, de soralies ou d'isidies, formes des rhizines, puis morphologie des organes reproducteurs (apothécies, lirelles, pycnides, périthèces). Lorsque ces critères ne suffisent pas, il est nécessaire de faire des analyses complémentaires : réactions colorées sur le cortex, la médulle ou les apothécies, et, au besoin, observations microscopiques des coupes du thalle.

Pour les réactions colorées, trois réactifs suffisent la plupart du temps : hydroxyde de potassium ou potasse (K), hypochlorite de sodium ou javel (C) et paraphénylènediamine (P). Une goutte sur le cortex ou la médulle peut donner, en quelques secondes, une couleur caractéristique. Ainsi, une médulle devenant rouge grâce à de la potasse sera noté « médulle K+ rouge ».

Les coupes manuelles (thalle, apothécies, périthèces) se pratiquent sous loupe binoculaire à l'aide d'une lame de rasoir. La tranche prélevée est déposée sur une lame de verre, dans une goutte d'eau, puis immédiatement recouverte d'une lamelle. Une fois le montage effectué, on peut introduire différents colorants ou réactifs au bord de la lamelle et observer au microscope (grossissement  $\times 100$  à  $\times 1000$ ) :

- Bleu coton : améliore le contraste des spores et des parois d'asques. Cela permet d'observer et de noter la forme, la taille, le nombre de cloisons des spores, ainsi que le nombre de spores présentes dans les asques.

## 6

- Potasse (K) ou acide nitrique (N) : dissolution (ou non) de cristaux dont la position et la taille ont été repérées au préalable. Il est essentiel de suivre l'évolution en temps réel et d'utiliser un dispositif de polarisation.

- Acide nitrique (N) : coloration (ou non) de l'épithécium des apothécies.

La bibliographie utilisée pour le travail d'identification est la suivante :

- Van Haluwyn, C., Asta, J., & Gavériaux, J. P. (2022). *Guide des lichens de France – Lichens des arbres* (p. 296). Belin.

- Asta, J., Van Haluwyn, C., Bertrand, M., Sussey, J. M., & Gavériaux, J. P. (2023). *Guide des lichens de France – Lichens des roches* (p. 384). Belin.

- Van Haluwyn, C., Asta, J., Boissière, J. C., Clerc, P., & Gavériaux, J. P. (2012). *Guide des lichens de France – Lichens des sols* (p. 224). Belin

- <https://britishlichensociety.org.uk/identification/lgbi3> (consultation avril/mai 2025)

- [https://www.afl-lichenologie.fr/Photos\\_AFL/Photos\\_AFL\\_Liste.htm](https://www.afl-lichenologie.fr/Photos_AFL/Photos_AFL_Liste.htm) (consultation avril/mai 2025)

Une fois l'identification réalisée, l'échantillon est placé dans son enveloppe, puis rangé dans le bureau de Benoît Toussaint. Ce dépôt permet de revenir sur l'échantillon en cas de révisions taxonomiques futures. La liste des relevés fait en avril 2025 est disponible dans l'**Annexe VI**.

Ces données ont été transmises au Conservatoire Botanique National de Bailleul (CBNBL), qui les a intégrées dans le système d'information Digitale2. Pour ce faire, un bordereau informatique a été créé, incluant les informations détaillées telles que le code projet, la date de rédaction, les points GPS, ainsi que la description des habitats et des espèces observées.

### 3) Récupération et traitement des données antérieures

Dans le cadre de ce travail, une recherche bibliographique a été réalisée. Ainsi, les documents mentionnant les mots-clés *flore, lichen, Nord, Hauts-de-France, Citadelle, lilloise* ou *Lille* ont été analysés. Seuls les documents fournissant des informations précises sur la localisation des lichens (*Lille* ou *Citadelle de Lille*) ont été retenus. Les documents mentionnant moins de dix espèces n'ont pas été conservés, car de telles listes ne sauraient être représentatives de l'état des communautés lichéniques de l'époque (sauf mention explicite indiquant qu'elles étaient exhaustives pour la localité concernée).

Seuls quelques documents ou sources de données entraînent dans ces critères :

- Fockeu, H. (1901). *Flore lilloise limitée au périmètre extérieur des glacis*. pp. 37-39. (**Annexe I**)
- Bouly de Lesdain, M. (1950). *Lichens recueillis dans la ville et dans la Citadelle de Lille*. Bulletin de la Société de Botanique du Nord de la France, Séance du 13 décembre 1950, III(4) : 91-92. (**Annexe II**)
- Borel, A. (1970?). *Appauvrissement de la végétation lichénique dans la région lilloise de 1880 à nos jours*. 9 p.
- Delzenne-Van Haluwyn C. (1973). *Contribution à l'étude de la distribution des lichens épiphytes dans le Nord de la France : application au problème de la pollution atmosphérique*. Thèse de doctorat, Faculté de Pharmacie, Lille: 162 p.
- Van Haluwyn, C., & Chochois, N. (1991–1993). *Inventaire lichénique de Lille financé par la MEL (Métropole Européenne Lilloise)*. [Document inédit]. (**Annexe III**)
- Cuny, D., Davranches, L., Rzepka, M. A. & Dransart, J. (2010). *CARL : Cartographie régionale lichénique*. Laboratoire des Sciences Végétales et Fongiques, Faculté de pharmacie de Lille.
- CBN de Bailleul. (2024, octobre). *Inventaire lichénique du Jardin des plantes de Lille lors du collectif de lichénologie des Hauts-de-France*. (**Annexe IV**)
- Toussaint, B., Capoen, L., & les étudiants en Master 2 Ecologie opérationnelle de l'Université Catholique de Lille. (2025, février). *Inventaire à la Citadelle de Lille*. (**Annexe V**)

Chaque liste d'espèces a été transcrite sous sa forme originale. Un travail de mise à jour des noms a ensuite été effectué (**Annexe I-II**), en raison de l'évolution importante de la nomenclature des lichens au cours des 125 dernières années. Toutes les listes ont été harmonisées selon le référentiel TAXREF18. Cette actualisation a été réalisée à l'aide de la quatrième édition du *Catalogue des lichens et champignons lichénicoles de France métropolitaine* (Roux *et al.*, 2025), des fiches illustrées de l'Association Française de Lichénologie (AFL), ainsi que grâce aux conseils de lichénologues expérimentés, tels que Benoît Toussaint et Chantal Van Haluwyn. Malgré cela, certains cas sont restés « insolubles ».

## 4) Analyse des données actuelles et antérieures

### • Indices Écologiques

Afin d'analyser l'évolution écologique des communautés lichéniques entre les inventaires anciens et récents, l'approche par valeurs indicatrices écologiques a été retenue. Les valeurs proposées par Volkmar Wirth (2010) pour 516 espèces d'Europe centrale ont été utilisées. Ces valeurs permettent de caractériser les préférences environnementales des espèces selon plusieurs gradients majeurs (humidité, lumière, acidité, nutriments, température et continentalité).

Bien que développée pour l'Allemagne, cette base est pertinente pour l'étude réalisée à Lille, en raison de la proximité écologique et climatique entre les deux régions. Elle permet de mettre en

évidence d'éventuelles tendances environnementales (par exemple assèchement, eutrophisation, changement climatique) à partir des changements de composition des communautés. Dans le cadre de cette étude, seuls deux gradients écologiques seront pris en compte : la richesse en nutriments et la température (**Tabl. 1**).

Les variables telles que l'humidité, la lumière et l'acidité, bien qu'importantes écologiquement, dépendent fortement du type de support (nature acide, basique ou calcaire du substrat), de l'orientation cardinale (influence du vent dominant, exposition à la pluie et à la lumière), ainsi que du microclimat local (par exemple, sous couvert forestier ou arbre isolé). Ces informations n'étant pas disponibles dans les inventaires anciens, leur analyse serait biaisée. Par ailleurs, la continentalité ne sera pas intégrée dans l'analyse, car ce facteur climatique régional est stable à l'échelle temporelle et géographique de la zone d'étude, et n'apporterait pas d'information pertinente pour évaluer les évolutions locales observées à Lille.

**Tableau 1 : Indices d'eutrophisation et de température pour les lichens, selon Wirth (2010).**

Indice	Eutrophisation	Température
1	Ne tolère aucune ou très faible eutrophisation : ex. forêt profonde, roches abritées	Espèces de milieux très froids (arctique, haute montagne)
2		Se situant entre 1 et 3
3	Faible à modérée tolérance : légère poussière ou exposition modérée.	Espèces de milieux frais à froids
4		Se situant entre 3 et 5
5	Tolérance moyenne : ex. arbres isolés, rochers exposés, murets.	Espèces de milieux tempérés frais
6		Se situant entre 5 et 7
7	Tolérance assez forte : bords de routes, perchoirs d'oiseaux, murs sous arbres	Espèces de milieux tempérés chauds à subméditerranéens
8		Se situant entre 7 et 9
9	Tolérance forte à extrême : base d'arbre avec urine de chien, murs près de tas de fumier, nitrate, poussières	Espèces de milieux très chauds (méditerranéens)

#### • Qualité de l'air

Pour notre étude, la méthode de Van Haluwyn et Lerond (1986) a été retenue afin d'évaluer l'évolution de la qualité de l'air à travers les communautés lichéniques. Elle repose sur l'observation des lichens corticoles présents sur les troncs d'arbres, à partir desquels une valeur bioindicatrice est attribuée à chaque espèce selon sa sensibilité à la pollution atmosphérique (**Tabl. 2**). Cette méthode est particulièrement adaptée aux contraintes de l'étude, notamment l'hétérogénéité des inventaires anciens, en se basant sur la présence ou l'absence d'espèces indicatrices, ce qui évite l'utilisation de l'abondance, souvent absentes dans les données historiques. À ce titre, cette méthode se révèle ici plus pertinente que d'autres approches quantitatives telles que l'IBLE (Indice Biologique de Lichens Épiphytes ; AFNOR, 2008) ou l'IQA (Indice de Qualité de l'Air) développé en Allemagne (VDI, 2005), désormais intégrées dans une norme européenne (CEN, 2014).

L'étude de la qualité de l'air par bioindication apporte une information complémentaire aux analyses sur les indices écologiques. Ces derniers permettent de caractériser les préférences environnementales des espèces selon des gradients abiotiques, alors que la méthode de Van

Haluwyn et Lerond a été conçue pour évaluer de manière globale la qualité de l'air au travers de l'étude des communautés lichéniques.

Cette méthode présente néanmoins certaines limites. Elle se concentre exclusivement sur les lichens corticoles, excluant les espèces saxicoles ou terricoles parfois présentes dans les anciens inventaires. Par ailleurs, elle ne permet pas d'estimer la composition chimique exacte des principaux polluants ni leur origine, mais seulement la qualité globale de l'air.

**Tableau 2 : Indice de pollution de l'air par la méthode Van-Haluwyn-Lerond (1986).**

Zone	Pollution	Méthode Van Haluwyn – Lerond 1986 (nomencl. modifiée selon TAXREF18, 2025)	
A	Extrême	Pas de lichens - <i>Pleurococcus viridis</i> (algue)	
B	Très forte	<i>Amandinea punctata</i>	<i>Lecanora conizaeoides</i>
C	Forte	<i>Lecanora expallens</i>	<i>Lepraria incana</i>
D	Assez forte	<i>Diploicia canescens</i> <i>Lecidella elaeochroma</i> <i>Phaeophyscia orbicularis</i> (originellement en F)	<i>Physcia tenella</i> <i>Polycauliona polycarpa</i>
E	Moyenne	<i>Candelariella xanthostigma</i> <i>Evernia prunastri</i> <i>Hypogymnia physodes</i> <i>Parmelia sulcata</i>	<i>Physcia adscendens</i> <i>Physconia grisea</i> (originellement en F) <i>Pseudevernia furfuracea</i> <i>Xanthoria parietina</i>
F	Faible	<i>Pleurosticta acetabulum</i> <i>Flavoparmelia caperata</i> <i>Melanelixia glabratula</i> <i>Parmelina pastillifera</i> <i>Flavoparmelia soledians</i> <i>Melanelixia (gr) subaurifera</i> <i>Punctelia subrudecta</i>	<i>Parmelina tiliacea</i> <i>Lepra amara</i> <i>Pertusaria pertusa</i> <i>Phlyctis argena</i> <i>Ramalina farinacea</i> <i>Ramalina fastigiata</i> <i>Polycauliona candelaria</i>
G	Très faible	<i>Anaptychia ciliaris</i> <i>Parmotrema perlatum</i> <i>Hypotrachyna revoluta</i>	<i>Physcia aipolia</i> <i>Physconia distorta</i> var. <i>distorta</i> <i>Ramalina fraxinea</i>

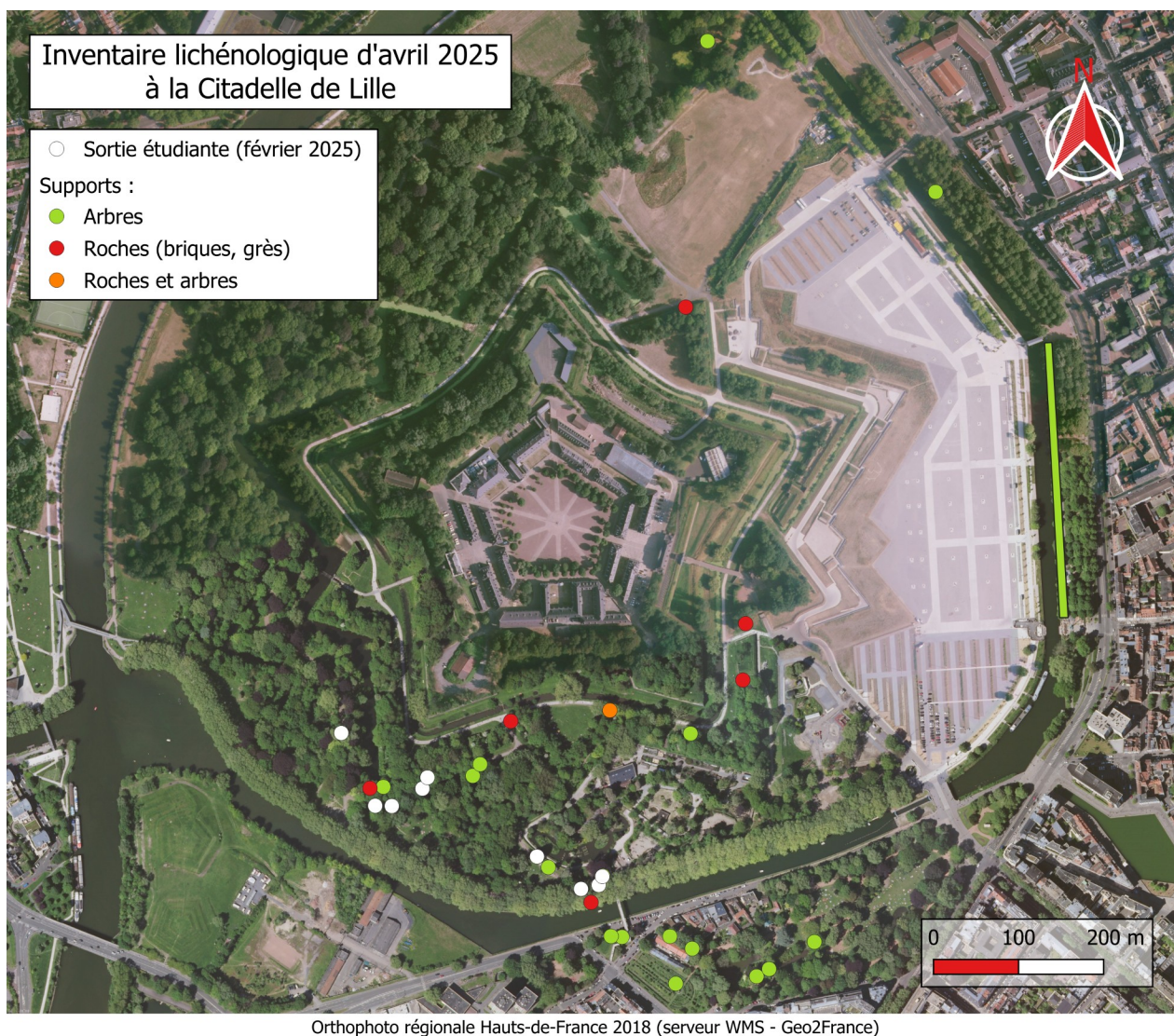
Remarque : l'indice de qualité de l'air retenu pour la station correspond à celui de l'espèce la plus polluo-sensible (par exemple F plutôt que D).

## Résultats

### 1) Inventaires 2025 de la Citadelle de Lille et du Parc Vauban

#### • Plan d'échantillonnage

Trente points GPS ont été relevés, dont six au cimetière de l'Est et vingt-quatre à la Citadelle (et dans le parc Vauban). Ces relevés ont été effectués sur différents supports, comprenant diverses essences d'arbres (pin, tulipier, tilleul, hêtre, cerisier, sureau...) ainsi que différents types de roches, principalement de la brique (**Fig. 3 et 4**). Les neuf points GPS issus de la sortie des étudiants de l'Université Catholique en février 2025 sont également représentés sur la **figure 3**, indiqués par des points blancs.



**Figure 3 : Cartographie des points d'échantillonnage de l'inventaire de la Citadelle de Lille (Avril 2025) © L. CAPOEN.** Les points blancs représentent les relevés de février 2025 qui étaient tous sur des troncs d'arbres (Attention : un point blanc superpose un point vert au niveau de la passerelle car nous avons prélevé sur le même arbre, un Pin noir).



**Figure 4 : Cartographie des points d'échantillonnage de l'inventaire du cimetière de l'Est de Lille (Avril 2025) © L. CAPOEN**

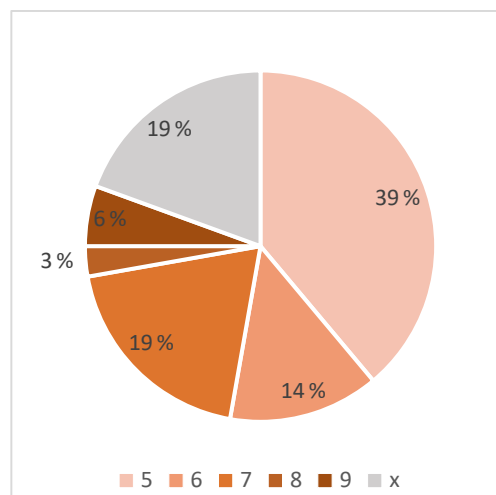
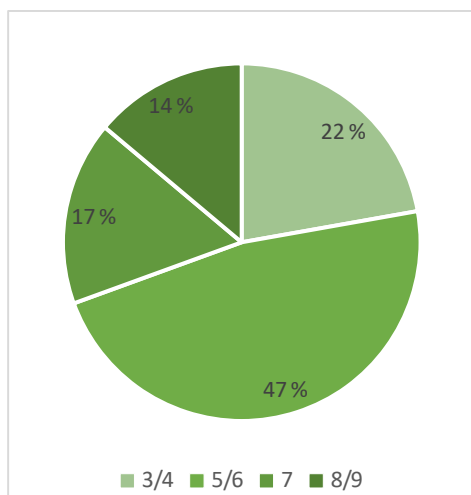
#### • Richesse spécifique

Soixante-neuf espèces ont ainsi été inventoriées à la Citadelle, parmi lesquelles *Lecania cyrtellina*, jusqu'alors considérée comme présumée disparue de la région (**Annexe VI**). Parmi ces 69 espèces, 37 sont corticoles, 27 saxicoles, 1 terricole, et 4 ont été observées à la fois sur des écorces d'arbres et sur des roches.

Au cimetière de l'Est, 26 espèces lichéniques ont été identifiées, dont 21 corticoles et 5 saxicoles. Cet échantillonnage a permis d'ajouter 5 nouvelles espèces à l'inventaire de la commune de Lille : *Catillaria lenticularis*, *Catillaria nigroclavata*, *Lecania naegelii* et *Polyzozia hagenii* (espèces appartenant aux communautés de brindilles et branchettes) et *Flavoplaca austrocitrina* (saxicole).

### • Indices écologiques

Parmi les espèces corticoles inventoriées à la Citadelle de Lille, 31 % présentent une préférence pour les milieux eutrophes (indice 7 à 9), contre 22 % pour les milieux mésotrophes (indice 3 et 4). Les espèces ayant des besoins modérés en nutriments (mésoeutrophes) représentent quant à elles 47 % (Fig. 5). Concernant les préférences thermiques, au moins 28 % des espèces corticoles sont thermophiles (indice thermique 7 à 9) dont 6 % sont dites méditerranéennes (*Flavoparmelia soredians*, *Candelariella medians* et *Hyperphyscia adglutinata*), tandis que 53 % préfèrent des conditions tempérées (indice 5 et 6). Enfin, 19 % des espèces présentent une large amplitude thermique (Fig. 6).



**Figure 5 :** Proportion des indices d'eutrophisation selon Wirth (2010), des espèces corticoles de la citadelle de Lille en 2025 (N=36)

**Figure 6 :** Proportion des indices de température selon Wirth (2010), des espèces corticoles de la citadelle de Lille en 2025 (N=36)

### • Bioévaluation globale de la qualité de l'air

La qualité de l'air est désigné comme étant bonne car nous avons *Flavoparmelia caperata*, *F. soredians*, *Melanelixia glabratula*, *M. subaurifera*, *Phlyctis argena* et *Punctelia subrudecta*, qui représentent une zone F, soit une pollution faible. Une seule espèce, très localisée dans le cimetière de l'Est, représente la zone G, qui indique une qualité de l'air très bonne, il s'agit de *Parmotrema perlatum*, par mesure de prudence nous avons préféré dire que la pollution était faible à tendance très faible (Annexe VI).

### • Phytosociologie

A défaut de référentiel syntaxinomique et de temps pouvant être dédié à la réalisation de véritables relevés phytosociologiques, l'attribution des communautés (bryo-)lichéniques observées à une association, alliance ou ordre phytosociologique n'était pas envisageable dans le cadre de ce stage. Nous constaterons cependant, que, selon les indications du guide Belin sur les lichens corticoles, la majorité des espèces de lichens foliacés rencontrés présentent une affinité pour les communautés nitrophiles du *Xanthorion parietinae*. Ponctuellement, certains cortèges plus riches en espèces mésotrophiles seraient potentiellement à rattacher au *Pleurostiction acetabuli*, voire au *Parmotremion perlatae* (mais les espèces nitrophiles sont rarement absentes ici).

## 2) Evolution des communautés lichéniques de Lille

Pour étudier l'évolution des communautés lichéniques à Lille, nous avons analysé plusieurs sources historiques et récentes. Il s'agit tout d'abord de la flore lichénique lilloise de Fockeu (1901) (**Annexe I**), des relevés réalisés par Bouly de Lesdain (1950) dans la ville et la Citadelle de Lille (**Annexe II**), ainsi que de la thèse de Chantal Van Haluwyn (1973) portant sur le Nord de la France. Nous nous sommes également appuyés sur les inventaires réalisés dans la commune de Lille dans le cadre de la thèse de Nathalie Chochoi, en collaboration avec Chantal Van Haluwyn (1991-1993) (**Annexe III**). La note de Borel (1970 ?), ne constituant pas un relevé, n'a pas été utilisée dans nos analyses. Les données fournies par le laboratoire des Sciences végétales et fongiques de l'Université de Lille (Cuny *et al.* (2010)) n'ont pas été exploitées non plus, la méthode IBLE étant non exhaustive. Toutefois, ces données ont été mobilisées ponctuellement pour affiner la datation de l'apparition de certaines espèces indicatrices.

Enfin, nous avons intégré les données les plus récentes, issues des inventaires de 2024 et 2025. Ces derniers comprennent les relevés de Lucie Capoen (Citadelle et cimetière de l'Est) (**Annexe VI**), ceux réalisés par Toussaint, Capoen et les étudiants de l'Université Catholique de Lille (Citadelle) (**Annexe V**), ainsi que les observations du collectif de lichénologie animé par le CBN de Bailleul (Jardin des plantes) (**Annexe IV**).

La fusion des inventaires de 2024-2025 a permis d'ajouter neuf espèces à la liste établie par Lucie Capoen (**Annexe VII**): trois espèces lors de la sortie avec les étudiants de l'Université Catholique (*Dichoporis taylorii*, *Phaeophyscia* cf. *pusilloides* et *Physcia clementei*), et cinq autres grâce au collectif de lichénologie (*Cladonia fimbriata*, *Diploschistes scruposus*, *Kuettlingeria teicholyta*, *Pleurosticta acetabulum* var. *acetabulum*, et *Ramalina farinacea*).

### • Indices écologiques

On observe une diminution importante des espèces corticoles oligotrophes ou mésotrophes au fil du temps. En 1901, celles-ci représentaient 56 % des espèces recensées (indices 1 à 4), contre seulement 24 % en 1991 et 2025 (**Tabl. 3**) (**Annexe VII**). Les espèces les plus strictement oligotrophes (indices 1 et 2) ont totalement disparu en 2025, et ce malgré un effort d'échantillonnage conséquent, alors qu'elles constituaient encore 5 à 6 % des espèces corticoles inventoriées en 1901 et 1991. Il s'agissait de *Pertusaria leioplaca* (Fockeu, 1901) et *Pseudevernia furfuracea* (Van Haluwyn et Chochois, 1991).

Trois espèces mésotrophes (indice 3 et 4) ont toutefois été observées régulièrement (1901, 1991–1993 et 2024–2025) : *Evernia prunastri*, *Flavoparmelia caperata* et *Ramalina fastigiata*. En revanche, six espèces autrefois présentes n'ont plus été retrouvées depuis 1901, telles que *Anaptychia ciliaris*, *Naevia punctiformis*, *Pertusaria pertusa*, *Ramalina fraxinea*, *Ramalina fastigiata* (de jeunes *Ramalina* indéterminés en 2025 lui correspondent peut-être) et *Tephromela atra* var. *atra*.

Parmi les espèces corticoles caractéristiques des milieux fortement enrichis en nutriments (indices 8 et 9), *Phaeophyscia orbicularis* est présente depuis 1901. *Xanthoria parietina* et *Physconia grisea* étaient également déjà recensées en 1901 et 1950, mais uniquement sur substrats rocheux ; elles sont désormais présentes sur écorce. Depuis 1901, *Polycauliona candelaria* a disparu des relevés, mais deux espèces nitrophiles ont fait leur apparition : *Physcia adscendens* et *Polyozosia dispersa*.

On observe à partir de 2024–2025 l'apparition d'espèces corticoles typiques des milieux « très chauds » (indices 8 et 9), telles que *Flavoparmelia soledians*, *Hyperphyscia adglutinata* et *Punctelia borreri*. Elles représentent 8 % des espèces corticoles recensées aujourd'hui (**Tabl. 3**) (**Annexe VII**). A noter que *Flavoparmelia soledians* et *Punctelia borreri* ont été observé sur Lille dès 2010 (Cuny *et al.*, 2010). Parallèlement, les espèces associées à des conditions thermiques « modérées » (indice 4) ont disparu, malgré un effort d'échantillonnage important. Ainsi, *Physcia stellaris*, présente en 1901, et *Pseudevernia furfuracea*, observée en 1991–1993, ne sont plus retrouvées en 2025.

On note également une augmentation progressive des espèces corticoles thermophiles (indice 7). En 1901, seule *Flavoparmelia caperata* était recensée dans cette catégorie. En 1991–1993, elle était accompagnée de *Punctelia subrudecta*. En 2024–2025, cette tendance s'accroît avec la présence de *Diploicia canescens*, *Melanohalea elegantula*, *Parmotrema perlatum*, *Physconia grisea* et *Punctelia jeckeri*. Ainsi *Physconia grisea*, bien qu'historiquement présente mais saxicole (1901 et 1950), est désormais retrouvée sur écorce.

#### • Bioévaluation globale de la qualité de l'air

La qualité de l'air à Lille en 1901 peut être qualifiée de très bonne, comme en témoigne la présence d'espèces corticoles particulièrement sensibles à la pollution atmosphérique telles que *Ramalina fraxinea*, *Physconia distorta* var. *distorta*, *Physcia aipolia* et *Anaptychia ciliaris* (**Annexe I**) ; une usnée d'identité incertaine (« *Usnea barbata* var. *hirta* L. ») était alors signalée sur une palissade. Cette situation se détériore fortement en 1950 : l'espèce corticole dominante est alors *Lecanora conizaeoides*, indicatrice d'une pollution très forte selon l'échelle de Van Haluwyn et Lerond (1986). On observe également *Polyozosia hagenii*, bien qu'elle ne soit pas incluse dans la liste bioindicatrice. Les autres lichens recensés à cette époque sont exclusivement saxicoles (**Annexe II**).

La situation empire encore en 1973. Lors de sa thèse, Chantal Van Haluwyn rapporte qu'il y a « presque essentiellement de l'algue verte *Pleurococcus viridis* » dans la région lilloise . Selon ses propos lors d'un entretien de vive voix : « Il n'y avait que du *Lecanora conizaeoides* par-ci par-là », ce qui traduit une situation de pollution extrême, avec uniquement quelques poches de pollution « seulement » très forte.

En 1991–1993, la situation s'améliore nettement. Des espèces telles que *Phaeophyscia orbicularis*, *Evernia prunastri* et *Xanthoria parietina* indiquent une qualité de l'air moyenne, voire bonne dans certains sites encore rares, où l'on retrouve par exemple *Ramalina farinacea* ou *Flavoparmelia caperata* (**Annexe III**).

Cette tendance à l'amélioration se confirme jusqu'en 2024–2025, période durant laquelle la majorité des stations présentent une bonne qualité de l'air (**Annexe VII**), avec même un point indiquant une très bonne qualité, illustrée par la présence de *Parmotrema perlatum*, localisé au cimetière de l'Est (**Annexe VI**).

**Tableau 3 : Proportion des indices d'eutrophisation et de température selon Wirth (2010) et indice de pollution selon Van Haluwyn & Lerond (1986) des espèces corticoles localisées sur Lille entre 1901 et 2025.**

Auteur(s)	FOCKEU	BOULY DE LESDAIN	VAN HALUWYN	VAN HALUWYN & CHOCHOI	CAPOEN et coll.
Date	1901	1950	1973	1991-93	2024-25
<b>NUTRIMENTS</b>	<p>■ 1/2 ■ 3/4 ■ 5/6 ■ 7 ■ 8/9</p>	<p>"Certains lichens pourtant, tels les <i>Lecanora Hageni</i> et <i>pityrea</i> semblent, au premier abord, faire exception à cette règle, car on les trouve souvent sur les arbres, mais alors uniquement à leur base, au niveau du sol"</p>	<p>"Actuellement la végétation épiphytisque se compose presque essentiellement de l'algue verte <i>Pleurococcus viridis</i>"</p>	<p>■ 1/2 ■ 3/4 ■ 5/6 ■ 7 ■ 8/9</p>	<p>■ 3/4 ■ 5/6 ■ 7 ■ 8/9</p>
<b>TEMPERATURE</b>	<p>■ 4 ■ 5 ■ 6 ■ 7 ■ x</p>			<p>■ 4 ■ 5 ■ 6 ■ 7 ■ x</p>	<p>■ 5 ■ 6 ■ 7 ■ 8 ■ 9 ■ x</p>
Pollution	G Très faible	B Très forte	A Extrême (à très forte)	E Moyenne (à faible)	F Faible (à très faible)
Nb sp. corticoles	18	2	(1)	21	42
Nb sp. total	39	37	(1)	23	82

**Légende :**

<u>NUTRIMENTS</u>	<u>TEMPERATURE</u>	<u>POLLUTION</u>
1-2 : Très pauvre	1 : Froid	A : Extrême
	2 : Se situant entre 1 et 3	B : Très forte
3-4 : Pauvre	3 : Frais	C : Forte
	4 : Se situant entre 3 et 5	D : Moyennement forte
5-6 : Modérément riche	5 : Modérément chaud	E : Moyenne
	6 : Se situant entre 5 et 7	F : Faible
7 : Riche	7 : Chaud	G : Très faible
8-9 : Excessivement riche	8 : Se situant entre 7 et 9	
	9 : Très chaud	
	x : Large amplitude	
Wirth (2010)		Van Haluwyn & Lerond (1986)

**Nb. sp. corticoles :** nombre d'espèces corticoles (contient espèces signalées comme corticoles dans la référence bibliographique pour lesquels les indices écologiques sont disponibles dans Wirth 2010)

**Nb. sp. total :** nombre d'espèces signalées dans la référence bibliographique (y compris les espèces saxicoles et terricoles, ainsi que des taxons de rattachement incertain vers le référentiel taxonomique en vigueur)

## Discussion

### 1) Limites méthodologiques et biais des inventaires

L'une des principales limites de cette étude réside dans l'hétérogénéité de l'effort d'échantillonnage au fil du temps. Alors que les inventaires récents (Capoen, 2025 ; sortie étudiante de février 2025 ; collectif lichénologique) sont bien documentés en termes de durée (respectivement trois jours, une journée et une demi journée), aucune information n'est disponible pour les inventaires plus anciens, notamment ceux de Fockeu (1901), Bouly de Lesdain (1950) ou Van Haluwyn et Chochoi (1991–1993). Il est possible que ces derniers aient été réalisés rapidement et en ciblant surtout les espèces les plus visibles, les plus communes ou les habitats les plus accessibles.

Cette incertitude méthodologique soulève des questions sur la comparabilité des données diachroniques. Certains microhabitats spécifiques, comme les jeunes rameaux ou les brindilles, ont pu être négligés dans les relevés anciens, entraînant une sous-représentation des microlichens. De plus, les localisations peu précises, « Flore lilloise » en 1901 ou simplement « à la Citadelle » en 1950, compliquent toute tentative d'analyse spatiale précise, d'autant plus que les stations de prélèvement et les substrats sont rarement décrits.

Les difficultés de traduction entre nomenclature historique et classification actuelle constituent une autre limite importante. Plusieurs taxons mentionnés dans la flore de Fockeu (1901) n'ont pas pu être traduits de manière fiable selon TAXREF v18, ce qui a conduit à leur exclusion de l'analyse. Il s'agit de *Collema nigrescens* Ach., *Usnea barbata* var. *hirta* L., *Parmelia olivacea* Ach., *Physcia pulverulenta* var. *grisea* Schaer., *Lecidea parasema* Ach. et *Pertusaria communis* var. *sorediata* Ngl.

Le cas de *Lecanora albescens* f. *deminuta* (Bouly de Lesdain, 1950) est particulièrement emblématique : la destruction de l'herbier personnel de Maurice Bouly de Lesdain en 1940, lors de la bataille de Dunkerque, rend toute vérification impossible.

Ces lacunes illustrent les conséquences à long terme de la perte de collections scientifiques et soulignent l'importance des herbiers de référence pour les études diachroniques. Elles rappellent également la complexité liée à l'évolution de la nomenclature lichénologique, où les anciennes variétés ou formes ne correspondent pas toujours à des taxons reconnus aujourd'hui.

Les indices écologiques utilisés dans l'analyse (tolérance à l'azote, préférence thermique) reposent sur des référentiels dont les définitions peuvent varier selon les auteurs. Par exemple, la classification de Wirth (2010), fondé sur 516 espèces d'Europe centrale et utilisée dans la norme européenne (CEN, 2014), attribue une valeur « x » aux espèces à large amplitude thermique. À l'inverse, la base de données de Sparrius *et al.* (2015), qui porte sur 763 espèces de lichens des Pays-Bas, introduit plusieurs modifications importantes. Tous les indices de température notés « x » chez Wirth (2010) y sont remplacés par une valeur arbitraire de 5. De plus, parmi les espèces utilisées dans notre étude, 30 sont reclassées comme plus nitrophiles, 24 comme moins nitrophiles, 5 voient leur indice thermique augmenter, tandis que 18 le voient diminuer.

Ces divergences peuvent influencer l'interprétation écologique. Ainsi, *Lecanora conizaeoides* et *Polyzozia hagenii*, toutes deux mentionnées dans l'inventaire de 1950, illustrent bien ces écarts de

classification. Elles sont considérées comme nitrotolérantes dans le référentiel de Wirth (indices respectifs de 5 et 7) et dans le catalogue français de C. Roux (2025), mais obtiennent des valeurs nettement plus contrastées dans la base de Sparrius *et al.* (2015), avec des indices de 1 pour la première et de 9 pour la seconde. Ces variations montrent à quel point le choix d'un référentiel peut orienter l'interprétation des tendances écologiques. Ce biais est d'autant plus problématique lorsque le nombre d'espèces analysées est restreint, limitant toute possibilité d'atténuation par le nombre.

## 2) Tendances diachroniques des communautés lichéniques

L'analyse temporelle des communautés lichéniques met en évidence une régression progressive des espèces oligo- et mésotrophes entre 1901 et 2025. Cette tendance est probablement liée à une augmentation constante de l'azote atmosphérique, en lien avec l'intensification de l'agriculture et les émissions issues de la circulation automobile. Les espèces sensibles à l'eutrophisation semblent avoir progressivement cédé la place à des taxons plus nitrophiles. Malgré une diminution progressive des émissions d'oxyde d'azote en France métropolitaine depuis 1990 ([www.citepa.org](http://www.citepa.org), **Annexe XIX**), nos inventaires n'ont pas montré de disparition d'espèces nitrophiles par rapport aux inventaires de 1991-93, ni la réapparition significative d'espèces (oligo)mésotrophes.

Une autre tendance marquante est l'apparition progressive, au moins à partir de 2010 (Cuny *et al.*, 2010), d'espèces à affinité méditerranéenne, comme *Flavoparmelia soredians* et *Punctelia borreri*. Ce phénomène peut être interprété comme une réponse au réchauffement climatique, favorisant l'extension vers le nord d'espèces autrefois cantonnées à des régions plus chaudes. A l'instar de toutes les grandes villes, le territoire métropolitain lillois est particulièrement concerné par la hausse des températures moyennes (« dôme thermique » urbain).

L'évolution des communautés lichéniques lilloises semble également témoigner de l'impact majeur de la pollution atmosphérique au dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>). En effet, les espèces recensées en 1950 sont presque exclusivement saxicoles. Dans une note datant probablement de 1970, Borel explique qu'à cette époque, les espèces corticoles vivent sur des substrats généralement acides (pH < 7), ce qui ne permet pas au champignon lichénisé de neutraliser efficacement l'anhydride sulfureux. À l'inverse, les substrats calcaires, de nature basique, offrent une réserve alcaline suffisante pour neutraliser partiellement le SO<sub>2</sub>. Ainsi, lorsque cela est possible, les lichens se réfugient sur des supports rocheux calcaires, plus propices à leur survie. En 1973, l'absence totale de lichens signalée par Van Haluwyn correspond à une période de forte pollution industrielle, illustrant un véritable désert lichénique.

La recolonisation progressive, observée à partir des années 1990, coïncide avec la mise en œuvre des premières réglementations européennes sur la qualité de l'air, notamment la directive 80/779/CEE entrée en vigueur en 1980. Vers 1975, les émissions européennes de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) dépassaient les 40 millions de tonnes. Ce pic de pollution a commencé à décroître dès 1980, suivi d'une chute continue (Smith *et al.* (2011), **Annexe X**). En France, cette tendance s'est poursuivie, les émissions passant de plus de 1 200 tonnes en 1990 à moins de 100 tonnes en 2023 ([www.citepa.org](http://www.citepa.org), **Annexe XI**). Cette amélioration des conditions atmosphériques semble avoir permis le retour progressif de certaines espèces épiphytes.

Enfin, nous tenons à pointer la possibilité que certaines espèces forestières aient échappé aux inventaires récents en raison d'un échantillonnage insuffisant dans les milieux boisés, notamment dans le bois de la Deûle. Un effort de prospection dans ces zones pourrait enrichir notre savoir sur la diversité lichénique actuelle.

Ce travail ouvre plusieurs pistes de recherche. D'un point de vue académique, une thèse pourrait être envisagée pour la création d'indices écologiques et d'associations lichéniques plus robustes.

D'un point de vue pratique, la mise en place d'un suivi régulier et standardisé apparaît indispensable. Des relevés diachroniques réalisés tous les dix ans, voire tous les cinq ans dans l'idéal, dans les mêmes localités et selon une méthode homogène, permettraient de voir les tendances à long terme de la biodiversité lichénique en milieu urbain, et d'évaluer plus précisément l'effet des politiques environnementales. Le protocole normalisé de l'IBLE serait à utiliser pour les cortèges corticoles d'arbres d'alignement.

## Conclusion

Cette étude diachronique a permis de mettre en évidence des transformations importantes des communautés lichéniques de Lille entre 1901 et 2025. La régression des espèces oligotrophes, parallèlement à la progression d'espèces nitrophiles et thermophiles, traduit l'impact de la pollution azotée et du réchauffement climatique sur la composition des communautés. Ces résultats confirment la valeur des lichens en tant que bioindicateurs des changements environnementaux à long terme, en particulier en contexte urbain.

L'analyse historique met également en lumière une amélioration progressive de la qualité de l'air depuis les années 1990, corrélée aux premières réglementations européennes limitant les émissions industrielles de SO<sub>2</sub>. Cette amélioration se reflète dans le retour de certaines espèces sensibles, absentes lors de la période de pollution extrême des années 1950–1970 qui avait quasi anéanti les communautés lichéniques corticoles de la métropole lilloise.

Néanmoins, ce travail comporte plusieurs limites. Les inventaires anciens présentent des biais de méthode (effort d'échantillonnage non précisé, manque de géolocalisation), qui rendent les comparaisons temporelles délicates. De plus, l'évolution de la nomenclature lichénologique a parfois empêché l'intégration de certains taxons historiques. Enfin, le choix du référentiel écologique (Wirth, 2010) peut influencer l'interprétation des tendances, comme en témoignent les divergences avec d'autres bases de données (ex. Sparrius *et al.*, 2015).

Ces limites soulignent la nécessité de développer des protocoles de suivi standardisés, permettant d'assurer une meilleure comparabilité dans le temps. Dans cette perspective, la conservation des herbiers, la précision des métadonnées (localisation, substrat, conditions environnementales) et la mise à jour régulière des nomenclatures apparaissent comme des enjeux centraux.

En dépit de ces biais, ce travail a permis de reconstituer une partie de l'histoire écologique de la ville de Lille et d'évaluer, à travers les communautés lichéniques, les effets des pressions anthropiques sur l'environnement urbain. Il ouvre ainsi la voie à la mise en place de suivis réguliers, essentiels pour visualiser les dynamiques futures en contexte urbain.

## Bibliographie

AFNOR. (2008). *Biosurveillance de l'environnement - Détermination d'un indice biologique de lichens épiphytes (IBLE)* (18 p.). NF X43-903.

Aptroot, A., Stapper, N. J., Košuthová, A., & Cáceres, M. E. S. (2016). *Climate change: Chapter 19 – Lichens* (2<sup>e</sup> éd.). Elsevier, 295–307.

Asta, J., Van Haluwyn, C., Bertrand, M., Sussey, J. M., & Gavériaux, J. P. (2023). *Guide des lichens de France – Lichens des roches* (384 p.). Belin.

Borel, A. (1970?). *Appauvrissement de la végétation lichénique dans la région lilloise de 1880 à nos jours* (9 p.). [Manuscrit non publié].

Bouly de Lesdain, M. (1950). *Lichens recueillis dans la ville et dans la Citadelle de Lille*. Bulletin de la Société de Botanique du Nord de la France, III(4), 91–92.

Capoen, L. (2025, avril–mai). *Inventaire lichénique dans le cadre de son stage à Lille et dans sa citadelle*. [Données non publiées].

CEN – Comité Européen de Normalisation. (2014). *Air quality – Biomonitoring with lichens. Assessing epiphytic lichen diversity*. EN 16413.

Conservatoire Botanique National de Bailleul. (2024, octobre). *Inventaire lichénique du Jardin des plantes de Lille lors du collectif de lichénologie des Hauts-de-France*. [Données non publiées].

Cuny, D., Davranches, L., Rzepka, M. A., & Dransart, J. (2010). *CARL : Cartographie régionale lichénique*. Laboratoire des Sciences Végétales et Fongiques, Faculté de Pharmacie de Lille [Fichier Excel].

Delzenne-Van Haluwyn, C. (1973). *Contribution à l'étude de la distribution des lichens épiphytes dans le Nord de la France : application au problème de la pollution atmosphérique* (162 p.). Thèse de doctorat, Faculté de Pharmacie, Lille.

Fockeu, H. (1901). *Flore lilloise limitée au périmètre extérieur des glacis*. Bulletin de la Société de Botanique du Nord de la France, 30, 37–39.

Gauslaa, Y. (2024). *Changes in epiphytic lichen diversity along the urban–rural gradient, before, during, and after the acid rain period*. Biodiversity and Conservation, 33, 2247–2263.

Roux, C., et al. (2025). *Catalogue des lichens et champignons lichénicoles de France métropolitaine* (4<sup>e</sup> éd. revue et augmentée, 2015 p.). Edit. : Claude ROUX, Mirabeau (Vaucluse).

Smith, S. J., Van Aardenne, J., Klimont, Z., Andres, R. J., Volke, A., & Delgado Arias, S. (2011). *Anthropogenic sulfur dioxide emissions : 1850-2005*. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11, 1101-1116.

Sparrius, L., Aptroot, A., & van Herk, K. (2015). *Ecologische indicatiewaarden voor korstmossen en een vergelijking met mossen en vaatplanten*. *Buxbaumia*, 104, 18–24.

Toussaint, B., Capoen, L., & ses élèves de l'Université Catholique de Lille. (2025, février). *Inventaire à la Citadelle de Lille*. [Données non publiées].

Van der Kolk, H.-J., Sparrius, L., & Aptroot, A. (2020). *Monitoring van ammoniak met korstmossen in Friesland 2019* (BLWG-Rapport 26, 88 p.).

Van Haluwyn, C., Asta, J., & Gavériaux, J. P. (2022). *Guide des lichens de France – Lichens des arbres* (296 p.). Belin.

Van Haluwyn, C., Asta, J., Boissière, J. C., Clerc, P., & Gavériaux, J. P. (2012). *Guide des lichens de France – Lichens des sols* (224 p.). Belin.

Van Haluwyn, C., & Chochois, N. (1991–1993). *Inventaire lichénique de Lille financé par la MEL (Métropole Européenne Lilloise)*. [Rapport non publié].

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* (Rapport de fin de contrat n°82, 130 p.). Ministère de l'Environnement et de la Recherche.

VDI – Verein Deutscher Ingenieure. (2005). *Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen mit Flechten (Bioindikation). Kartierung der Diversität epiphytischer Flechten als Indikator für Luftgüte*. VDI 3957, partie 13.

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

Wikipédia. *Cimetière de l'Est (Lille)*. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Cimetière\\_de\\_l'Est\\_\(Lille\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cimetière_de_l'Est_(Lille)) (consulté en mai 2025)

Ville de Lille. (2020). *FOCUS : La Citadelle de Lille*. Service Ville d'art et d'histoire. <https://www.calameo.com/read/002898805bc33de76c5d0> (consulté en avril-mai 2025)

Citepa. Rapport Secten. [www.citepa.org](http://www.citepa.org) (consulté en mai 2025)

British Lichen Society. (n.d.). *LGBI3 – Lichen Flora of Great Britain and Ireland*. <https://britishlichensociety.org.uk/identification/lgbi3> (consulté en avril-mai 2025)

Association française de lichénologie (AFL). (n.d.). *Photos de lichens par l'AFL*. [https://www.afl-lichenologie.fr/Photos\\_AFL/Photos\\_AFL\\_Liste.htm](https://www.afl-lichenologie.fr/Photos_AFL/Photos_AFL_Liste.htm) (consulté en avril-mai 2025)

## Annexes

Annexe I : Inventaire lichénologique « Flore lilloise limitée au périmètre extérieur des glacis » de Fockeu en 1901.....	24
Annexe II : Inventaire lichénologique « Lichens recueillis dans la ville et dans la citadelle de Lille » de Bouly de Lesdain en 1950.....	26
Annexe III : Inventaire lichénologique de Van Haluwyn et Chochoi entre 1991 et 1993 dans la commune de Lille.....	29
Annexe IV : Inventaire lichénologique du Jardin des plantes de Lille lors du collectif de lichénologie des Hauts-de-France en octobre 2024.....	31
Annexe VI : Inventaire lichénologique de Lille et de sa citadelle par Capoen, L. (2025, avril). .....	34
Annexe VII : Inventaire lichénologique de Lille en 2024-25 (fusionnement de Capoen, L. (2025), Toussaint, B., Capoen, L., & ses élèves de l'Université Catholique de Lille (2025) et CBN (2024)).....	39
Annexe VIII : Matrice de données pour l'analyse des indices écologiques, selon Wirth (2010) .....	42
Annexe XIX : Evolution des émissions dans l'air de NOx depuis 1990 en France (Métropole) (www.citepa.org).....	43
Annexe X : Emissions mondiales de dioxyde de soufre par région de 1850 à 2005 (Smith <i>et al.</i> (2011)).....	43
Annexe XI : Evolution des émissions dans l'air de SO2 depuis 1990 en France (Métropole) (www.citepa.org).....	44

## Annexe I : Inventaire lichénologique « Flore lilloise limitée au périmètre extérieur des glacis » de Fockeu en 1901

Noms originaux cités	Support cité	Synonymie (TAXREF18)	Base écol.	Remarque	Pollution
Collema pulposum Ach.	S	<i>Enchylium tenax</i> (Sw.) Gray, 1821	X		
Collema nigrescens Ach.	S	cf. <i>Collema</i> sp.		cf. <i>Collema</i> sp. car c'est sur un mur	
Usnea barbata var. hirta L.	C	<i>Usnea</i> cf. <i>hirta</i> (L.) F.H.Wigg., 1780		Interprétation taxonomique délicate...	
Ramalina calicaris Var. fastigiata Pers.	C	<i>Ramalina fastigiata</i> (Pers.) Ach., 1810	X		F
Ramalina farinacea Ach.	C	<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach., 1810	X		F
Ramalina fraxinea Kocil.	C	<i>Ramalina fraxinea</i> (L.) Ach., 1810	X		G
Evernia prunastri Ach.	C	<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach., 1810	X		E
Cladonia pyxidata Ach.	S	<i>Cladonia pyxidata</i> (L.) Hoffm., 1796	X		
Cladonia pyxidata var. fimbriata Hoff.	T	<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr., 1831	X		
Cladonia pocillum Fr.	S	<i>Cladonia pocillum</i> (Ach.) O.J.Rich., 1877			
Peltigera canina Hoff.	S	<i>Peltigera canina</i> (L.) Willd., 1787	X		
Parmelia caperata Ach.	C	<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale, 1986	X		F
Parmelia olivacea Ach.	C	<i>Melanelixia</i> sp.		Interprétation taxonomique délicate...	
Physcia pulverulenta Fr. Ngl.	C	<i>Physconia distorta</i> var. <i>distorta</i> (With.) J.R.Laundon, 1984	X		G
Physcia pulverulenta var. grisea Schaer.	S				
Parmelia pityrea Ach.	S	<i>Physconia grisea</i> subsp. <i>grisea</i> (Lam.) Poelt, 1965	X		
Physcia obscura Ngl.	C	<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg, 1977	X		D
Physcia stellaris Fr. Ngl.	C	<i>Physcia stellaris</i> (L.) Nyl., 1853	X		

Physcia obscura var. aipolia Ehrh.	C	<i>Physcia aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fűrnr., 1839	X		G
Physcia obscura var. leptalea	C	<i>Physcia leptalea</i> (Ach.) DC., 1805			
Physcia coesia Fr. Ngl.	S	<i>Physcia caesia</i> (Hoffm.) Fűrnr., 1839	X	Faute de frappe: <i>caesia</i> . murs et tuiles	
Physcia ciliaris D. C. Ngl.	C	<i>Anaptychia ciliaris</i> (L.) Kőr. ex A.Massal., 1853	X		G
Xanthoria parietina Th. Fr.	S	<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th.Fr., 1860	X		
Xanthoria candelaria Th. Fr.	C	<i>Polycauliona candelaria</i> (L.) Frödén, Arup & Söchting, 2013	X		
Placodium elegans D. C.	S	<i>Rusavskia elegans</i> (Link) S.Y.Kondr. & Kärnefelt, 2003	X		
Placodium murorum D. C.	S	<i>Calogaya pusilla</i> (A.Massal.) Arup, Frödén & Söchting, 2013	X	Même si la synonymie renvoie vers <i>Calogaya saxicola</i> , nous retenons <i>C. pusilla</i> (taxon le plus fréquent au sein de ce groupe)	
Placodium callopismum Mérat.	S	<i>Variospora aurantia</i> (Pers.) Arup, Frödén & Söchting, 2013	X		
Lecanora atra Arh.	SC	<i>Tephromela atra</i> var. <i>atra</i> (Huds.) Hafellner, 1983	X	Faute de frappe: Ach.	
Lecanora parella Arh.	S	<i>Ochrolechia parella</i> (L.) A.Massal., 1852	X	Faute de frappe: Ach.	
Lecanora subfusca Arh.	SC	<i>Lecanora</i> cf. <i>chlarotera</i> Nyl., 1872	X	Faute de frappe: Ach. Nom rejeté car correspond à beaucoup de <i>Lecanora</i>	
Lecanora cerina Krh.	C	<i>Caloplaca cerina</i> (Hedw.) Th.Fr., 1861	X		
Lecidea calcivora Ehrt.	S	<i>Clauzadea immersa</i> (Hoffm.) Hafellner & Bellem., 1984		Faute de frappe: Ehrh.	
Lecidea myriocarpa Nyl.	C	<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid., 1993	X		B
Lecidea parasema Ach.	S	cf. <i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M.Choisy, 1950			
Verrucaria nigrescens Pers.	S	<i>Verrucaria nigrescens</i> Pers., 1795	X		
Pertusaria communis D. C.	C	<i>Pertusaria pertusa</i> (Weigel) Tuck.	X		F
Pertusaria communis var. soreciata Ngl.	C	<i>Lepra multipuncta</i> (Turner) Hafellner, 2016			
Pertusaria leioplaca Schaer.	C	<i>Pertusaria leioplaca</i> (Ach.) DC., 1815	X		

Pyrenula punctiformis Naeg.	C	<i>Naevia punctiformis</i> (Ach.) A.Massal., 1855	X	Fresnes = frênes	
<b>Total = C : 20 corticoles, S : 16 saxicoles, SC : 2 corticoles et saxicoles, T : 1 terricole = 39</b>				<b>Pollution retenue :</b>	<b>G</b>
Exploitable écol. = C : 16 corticoles, S : 11 saxicoles, SC : 2 corticoles et saxicoles, T : 1 terricole = 30					

<b>Synonymie</b>	Satisfaisante	Imparfaite	Insatisfaisante
------------------	---------------	------------	-----------------

<b>Pollution</b>	G : Très faible	F : Faible	E : Moyenne	D : Assez forte	C : Forte	B : Très forte	A : Extrême
------------------	-----------------	------------	-------------	-----------------	-----------	----------------	-------------

### **Annexe II : Inventaire lichénologique « Lichens recueillis dans la ville et dans la citadelle de Lille » de Bouly de Lesdain en 1950**

Noms originaux cités	Support cité	Synonymie (TAXREF18)	Base écol.	Remarque	Pollution
Cladonia pyxidata var. neglecta (FLK) Mass.	S	<i>Cladonia pyxidata</i> (L.) Hoffm., 1796	X		
Cladonia fimbriata var. tubaeformis (HOFFM) HARMAND	T	<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr., 1831	X		
Xanthoria parietina (L) TH. FR.	S	<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th.Fr., 1860	X		
Xanthoria aureola (ACH) ERICHS (f. congranulata (CROMB) ERICHS)	S	<i>Xanthoria calcicola</i> Oxner, 1937			
Physcia orbicularis (NECK) DU RIETZ	S	<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg, 1977	X		
Physcia grisea var. pityrea (ACH) RAS	S	<i>Physconia grisea</i> subsp. <i>grisea</i> (Lam.) Poelt, 1965	X		
Placodium murorum (HOFFM) D. C.	S	<i>Calogaya pusilla</i> (A.Massal.) Arup, Frödén & Søchting, 2013	X	Même si la synonymie renvoie vers <i>Calogaya saxicola</i> , nous retenons C.	

				<i>pusilla</i> (taxon le plus fréquent au sein de ce groupe)	
Placodium Heppianum (MULL.) FLAGEY	S	<i>Variospora flavescens</i> (Huds.) Arup, Frödén & Søchting, 2013	X		
Placodium decipiens (NYL) ARN.	S	<i>Calogaya decipiens</i> subsp. <i>decipiens</i> (Arnold) Arup, Frödén & Søchting, 2013	X		
Protoblastenia rupestris (SCOP.) ZAHLB.	S	<i>Protoblastenia rupestris</i> (Scop.) J.Steiner, 1911	X		
Candelaria concolor (DICKS) ARN.	S	<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Arnold, 1879	X		
Caloplaca incrustans (ACH) FLAGEY	S	<i>Protoblastenia incrustans</i> (DC.) J.Steiner, 1915			
Caloplaca incrustans var. citrina (ACH)	S	<i>Flavoplaca citrina</i> (Hoffm.) Arup, Frödén & Søchting, 2013 s.l.	X		
Caloplaca lithophila MAGNUSSON	S	<i>Athallia holocarpa</i> (Hoffm.) Arup, Frödén & Søchting, 2013			
Caloplaca erythrocarpa (PERS.) TH. FR.	S	<i>Kuettlingeria</i> gr. <i>teicholyta</i> (Ach.) Trevis., 1857	X	Le <i>Caloplaca erythrocarpa</i> mentionné comme commun sur le littoral des environs de Dunkerque (Nord) par Bouly de Lesdain en 1953 est vraisemblablement <i>K. teicholyta</i> ou <i>K. albolutescens</i>	
Candelaria epixantha (ACH) SANSTEDE	S	<i>Candelariella aurella</i> subsp. <i>aurella</i> (Hoffm.) Zahlbr., 1928	X	Faute de frappe: <i>Candelariella</i>	
Candelaria granulata (SCHAER.) ZAHL.	S	<i>Candelariella medians</i> (Nyl.) A.L.Sm., 1918	X	Faute de frappe: <i>Candelariella</i>	
Lecanora Hageni ACH.	C	<i>Polyzosia hagenii</i> (Ach.) S.Y.Kondr., Lőkös & Farkas, 2019	X	Faute de frappe: <i>hagenii</i>	
Lecanora albescens ACH	S	<i>Polyzosia albescens</i> (Hoffm.) S.Y.Kondr., Lőkös & Farkas, 2019	X		

Lecanora albescens f. deminuta (STENH) ARN.	S				
Lecanora dispersa (PERS.) ROHL. non L. dispersa FIK	S	<i>Polyozosia dispersa</i> (Pers.) S.Y.Kondr., Lőkös & Farkas, 2019	X		
Lecanora pityrea ERICHS.	C	<i>Lecanora conizaeoides</i> Nyl. ex Cromb., 1885	X		B
Cladonia coniocraea	C	<i>Cladonia coniocraea</i> (Flörke) Spreng., 1827	X	<b>Cité comme étant à Phalempin</b>	
Lecania erysibe (ACH) MUDD.	S	<i>Lecania erysibe</i> (Ach.) Mudd, 1861	X		
Rhinodina salina DEGELIUS	S	<i>Rinodina gennarii</i> Bagl., 1861	X	Faute de frappe: Rinodina	
Toninia aromatica (SM.) MASS.	S	<i>Toniniopsis aromatica</i> (Sm.) Kistenich, Timdal, Bendiksbj & S.Ekman, 2018			
Catillaria lenticularis (Ach) TH. FR.	S	<i>Catillaria lenticularis</i> (Ach.) Th.Fr., 1874	X		
Diploicia canescens var. erubescens (A. L. SM.) B. de LESD.	S	<i>Diploicia canescens</i> (Dicks.) A.Massal., 1852	X		
Collema pulposum ACH	S	<i>Enchylium tenax</i> (Sw.) Gray, 1821	X		
Collema cheileum ACH	S	<i>Blennothallia crispa</i> (Huds.) Otálora, P.M.Jørg. & Wedin, 2013	X		
Verrucaria macrostoma DUF.	S	<i>Verrucaria macrostoma</i> DC., 1805			
Verrucaria muralis ACH	S	<i>Verrucaria muralis</i> Ach., 1803	X		
Verrucaria nigrescens PERS.	S	<i>Verrucaria nigrescens</i> Pers., 1795	X		
Verrucaria mortarii ARN.	S	<i>Verrucaria mortarii</i> (Arnold) Leight., 1879			
Verrucaria dolomitica MASS.	S	<i>Verrucaria dolomitica</i> A.Massal., 1854		<b>Cité comme étant présent il y a 50 ans (soit en 1900)</b>	
Staurothele clopima (WHLNB) TH. FR.	S	<i>Staurothele clopima</i> (Wahlenb.) Th.Fr., 1861			

Dermatocarpon lachneum (ACH) A. L. SM.	T	<i>Placidium lachneum</i> var. <i>lachneum</i> (Ach.) B.de Lesd., 1932		
<b>Total = C : 3 corticoles, S : 33 saxicoles, T : 1 terricole = 37</b>				<b>Pollution retenue :</b>
Exploitable écol. = C : 2 (+1) corticoles, S : 23 saxicoles, T : 1 terricole = 26 (+1)				

<b>Synonymie</b>	Satisfaisante	Imparfaite	Insatisfaisante
------------------	---------------	------------	-----------------

<b>Pollution</b>	G : Très faible	F : Faible	E : Moyenne	D : Assez forte	C : Forte	B : Très forte	A : Extrême
------------------	-----------------	------------	-------------	-----------------	-----------	----------------	-------------

### Annexe III : Inventaire lichénologique de Van Haluwyn et Chochoi entre 1991 et 1993 dans la commune de Lille

Noms originaux cités	Support cité	TAXREF18	Base écol.	Nb. obs. /21 sites	Pollution
Amandinea punctata	C	<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid., 1993	X	8	B
Candelariella vitellina	C	<i>Candelariella vitellina</i> (Hoffm.) Müll.Arg., 1894	X	1	
Evernia prunastri	C	<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach., 1810	X	6	E
Flavoparmelia caperata	C	<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale, 1986	X	1	F
Hypogymnia physodes	C	<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl., 1896	X	6	E
Lecanora conizaeoides	C	<i>Lecanora conizaeoides</i> Nyl. ex Cromb., 1885	X	17	B
Lecanora expallens	C	<i>Lecanora expallens</i> Ach., 1810	X	2	C
Lecanora hagenii	C	<i>Polyozosia hagenii</i> (Ach.) S.Y.Kondr., Lőkös & Farkas, 2019	X	4	C
Lepraria incana	C	<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach., 1803	X	1	F
Melanelixia glabratula	C	<i>Melanelixia glabratula</i> (Lamy) Sandler & Arup, 2011		1	F
Melanelixia subaurifera	C	<i>Melanelixia subaurifera</i> (Nyl.) O.Blanco, A.Crespo, Divakar, Essl., D.Hawksw. & Lumbsch, 2004	X	2	E

Parmelia sulcata	C	<i>Parmelia sulcata</i> Taylor, 1836	X	8	D
Phaeophyscia orbicularis	C	<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg, 1977	X	10	E
Physcia adscendens	C	<i>Physcia adscendens</i> H.Olivier, 1882	X	4	D
Physcia tenella	C	<i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC., 1805	X	12	
Polycauliona polycarpa	C	<i>Polycauliona polycarpa</i> (Hoffm.) Frödén, Arup & Søchting, 2013	X	4	
Polyzosia dispersa	C	<i>Polyzosia dispersa</i> (Pers.) S.Y.Kondr., Lőkös & Farkas, 2019	X	1	
Protoparmeliopsis muralis	C	<i>Protoparmeliopsis muralis</i> (Schreb.) M.Choisy, 1929	X	3	
Pseudevernia furfuracea	C	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Zopf, 1903	X	1	E
Punctelia gr. subrudecta	C	<i>Punctelia</i> gr. <i>subrudecta</i> (Nyl.) Krog, 1982	X	2	F
Ramalina farinacea	C	<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach., 1810	X	2	F
Usnea sp. juvénile	C	<i>Usnea</i> sp.		1	
Xanthoria parietina	C	<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th.Fr., 1860	X	7	E
<b>Total = 23</b> corticoles					<b>Pollution retenue :</b> E (à F)
Exploitable écol. = 21 corticoles					

<b>Pollution</b>	G : Très faible	F : Faible	E : Moyenne	D : Assez forte	C : Forte	B : Très forte	A : Extrême
------------------	-----------------	------------	-------------	-----------------	-----------	----------------	-------------

**Annexe IV : Inventaire lichénologique du Jardin des plantes de Lille lors du collectif de lichénologie des Hauts-de-France en octobre 2024**

Noms originaux cités (TAXREF18)	Support cité	Base écol.
<i>Athelia arachnoidea</i> (Berk.) Jülich, 1972 : Champignon non lichénisé lichénicole		
<i>Caloplaca</i> Th. Fr., 1860	S	
<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Arnold, 1879	C	X
<i>Candelariella aurella</i> subsp. <i>aurella</i> (Hoffm.) Zahlbr., 1928	S	X
<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr., 1831	C	X
<i>Diploschistes scruposus</i> (Schreb.) Norman, 1852	S	X
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach., 1810	C	X
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale, 1986	C	X
<i>Flavoparmelia soledians</i> (Nyl.) Hale, 1986	C	X
<i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H.Mayrhofer & Poelt, 1979	C	X
<i>Kuettlingeria teicholyta</i> (Ach.) Trevis., 1857	S	X
<i>Lecania</i> gr. <i>erysibe</i> (Ach.) Mudd, 1861	S	
<i>Lecanora campestris</i> subsp. <i>campestris</i> (Schaer.) Hue, 1888	S	X
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M.Choisy, 1950 s.l.	C	X
<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach., 1803	C	X
<i>Melanelixia glabrata</i> (Lamy) Sandler & Arup, 2011	C	
<i>Melanohalea elegantula</i> (Zahlbr.) O.Blanco, A.Crespo, Divakar, Essl., D.Hawksw. & Lumbsch, 2004	C	X
<i>Normandina pulchella</i> (Borrer) Nyl., 1861	C	X
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor, 1836 s.l.	C	X
<i>Parmotrema perlatum</i> (Huds.) M.Choisy, 1952	C	X
<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg, 1977	C	X

<i>Phlyctis argena</i> (Spreng.) Flot., 1850	C	X
<i>Physcia adscendens</i> H.Olivier, 1882	C	X
<i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC., 1805	C	X
<i>Physconia grisea</i> subsp. <i>grisea</i> (Lam.) Poelt, 1965	C	X
<i>Pleurosticta acetabulum</i> var. <i>acetabulum</i> (Neck.) Elix & Lumbsch, 1988	C	X
<i>Protoparmeliopsis muralis</i> var. <i>muralis</i> (Schreb.) M.Choisy, 1929	S	X
<i>Punctelia borrieri</i> (Turner) Krog, 1982	C	X
<i>Punctelia jeckeri</i> (Roum.) Kalb, 2007	C	X
<i>Punctelia subrudecta</i> (Nyl.) Krog, 1982	C	X
<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach., 1810	C	X
<i>Verrucaria nigrescens</i> Pers., 1795	S	X
<i>Xanthoria parietina</i> subsp. <i>parietina</i> (L.) Th.Fr., 1860	C	X
<b>Total = 25 corticoles, 8 saxicoles = 33</b>		
<b>Exploitable écol. = 23 corticoles, 6 saxicoles = 29</b>		

**Annexe V : Inventaire lichénologique de la Citadelle de Lille par Toussaint, B., Capoen, L., & ses élèves de l'Université Catholique de Lille en février 2025**

Noms originaux cités (TAXREF18)	Support cité	Base écol.
<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid., 1993	C	X
<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Arnold, 1879	C	X
<i>Dichoporis taylorii</i> (Carroll ex Nyl.) S.H.Jiang, Lücking & Sérus., 2020	C	
<i>Diploicia canescens</i> (Dicks.) A.Massal., 1852	C	X
<i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H.Mayrhofer & Poelt, 1979	C	X
<i>Lecanora barkmaniana</i> Aptroot & Herk, 1999	C	

<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M.Choisy, 1950 s.l.	C	X
<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach., 1803	C	X
<i>Melanelixia subaurifera</i> (Nyl.) O.Blanco, A.Crespo, Divakar, Essl., D.Hawksw. & Lumbsch, 2004 s.l.	C	X
<i>Normandina pulchella</i> (Borrer) Nyl., 1861	C	X
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor, 1836 s.l.	C	X
<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg, 1977	C	X
<i>Phaeophyscia</i> cf. <i>pusilloides</i> (Zahlbr.) Essl., 1978	C	
<i>Phlyctis argena</i> (Spreng.) Flot., 1850	C	X
<i>Physcia adscendens</i> H.Olivier, 1882	C	X
<i>Physcia clementei</i> (Sm.) Lynge, 1935	C	
<i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC., 1805	C	X
<i>Physconia grisea</i> subsp. <i>grisea</i> (Lam.) Poelt, 1965	C	X
<i>Pseudoschismatomma rufescens</i> (Pers.) Ertz & Tehler, 2014	C	X
<i>Punctelia borrieri</i> (Turner) Krog, 1982	C	X
<i>Punctelia</i> Krog, 1982	C	
<i>Punctelia subrudecta</i> (Nyl.) Krog, 1982	C	X
<i>Xanthoria parietina</i> subsp. <i>parietina</i> (L.) Th.Fr., 1860	C	X
<b>Total = 23 corticoles</b>		
Exploitable écol. = 18 corticoles		

**Annexe VI : Inventaire lichénologique de Lille et de sa citadelle par Capoen, L. (2025, avril).****\* Citadelle de Lille et jardin Vauban**

Noms originaux cités (TAXREF18)	Support cité	Base écol.
<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid., 1993	C	X
<i>Anisomeridium polypori</i> (Ellis & Everh.) M.E.Barr, 1996	C	X
<i>Arthonia radiata</i> (Pers.) Ach., 1808	C	X
<i>Athallia cerinella</i> (Nyl.) Arup, Frödén & Søchting, 2013	C	X
<i>Bilimbia sabuletorum</i> (Schreb.) Arnold, 1869	S	X
<i>Calogaya</i> cf. <i>decipiens</i> (Arnold) Arup, Frödén & Søchting, 2013	S	
<i>Calogaya decipiens</i> (Arnold) Arup, Frödén & Søchting, 2013	S	X
<i>Caloplaca</i> Th.Fr., 1860	S	
<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Arnold, 1879	SC	X
<i>Candelariella aurella</i> subsp. <i>aurella</i> (Hoffm.) Zahlbr., 1928	S	X
<i>Candelariella medians</i> (Nyl.) A.L.Sm., 1918	S	X
<i>Candelariella reflexa</i> (Nyl.) Lettau, 1912	C	X
<i>Candelariella xanthostigma</i> (Pers. ex Ach.) Lettau, 1912	C	X
<i>Catillaria chalybeia</i> (Borrer) A.Massal., 1852	S	X
<i>Cladonia</i> P.Browne, 1756	S	
<i>Cladonia pyxidata</i> (L.) Hoffm., 1796	T	X
<i>Diploicia canescens</i> (Dicks.) A.Massal., 1852	SC	X
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach., 1810	C	X
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale, 1986	C	X
<i>Flavoparmelia soledians</i> (Nyl.) Hale, 1986	C	X

<i>Flavoplaca austrocitrina</i> (Vondrák, Říha, Arup & Søchting) Arup, Søchting & Frödén, 2013 s.l.	S	
<i>Flavoplaca citrina</i> (Hoffm.) Arup, Frödén & Søchting, 2013 s.l.	S	X
<i>Glaucomaria subcarpineae</i> (Szatala) S.Y.Kondr., Lőkös & Farkas, 2019	C	
<i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H.Mayrhofer & Poelt, 1979	C	X
<i>Lecania cyrtella</i> (Ach.) Th.Fr., 1871	C	X
<i>Lecania cyrtellina</i> (Nyl.) Zahlbr., 1928	C	
<i>Lecania erysibe</i> (Ach.) Mudd, 1861	S	X
<i>Lecanora barkmaniana</i> Aptroot & Herk, 1999	C	
<i>Lecanora campestris</i> subsp. <i>campestris</i> (Schaer.) Hue, 1888	S	X
<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl., 1872	C	X
<i>Lecanora expallens</i> Ach., 1810	C	X
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M.Choisy, 1950 s.l.	C	X
<i>Lecidella stigmataea</i> (Ach.) Hertel & Leuckert, 1969	S	X
<i>Lepraria finkii</i> (B.de Lesd.) R.C.Harris, 1985	SC	X
<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach., 1803	C	X
<i>Leproplaca chrysodeta</i> (Vain.) J.R.Laundon ex Ahti, 2015	S	
<i>Melanelixia glabratula</i> (Lamy) Sandler & Arup, 2011	C	
<i>Melanelixia subaurifera</i> (Nyl.) O.Blanco, A.Crespo, Divakar, Essl., D.Hawksw. & Lumbsch, 2004	C	X
<i>Melanohalea elegantula</i> (Zahlbr.) O.Blanco, A.Crespo, Divakar, Essl., D.Hawksw. & Lumbsch, 2004	C	X
<i>Melanohalea exasperatula</i> (Nyl.) O.Blanco, A.Crespo, Divakar, Essl., D.Hawksw. & Lumbsch, 2004	C	X
cf. <i>Myriolecis</i> Clem., 1909	S	
<i>Normandina pulchella</i> (Borrer) Nyl., 1861	C	X
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor, 1836 s.l.	C	X
<i>Parmotrema perlatum</i> (Huds.) M.Choisy, 1952	C	X

<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg, 1977	SC	X
<i>Phlyctis argena</i> (Spreng.) Flot., 1850	C	X
<i>Physcia adscendens</i> H.Olivier, 1882	C	X
<i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC., 1805	C	X
<i>Physconia grisea</i> (Lam.) Poelt, 1965	C	X
<i>Placopyrenium</i> gr. <i>fuscillum</i> (Turner) Gueidan & Cl.Roux, 2007	S	
<i>Polyozosia albescens</i> (Hoffm.) S.Y.Kondr., Lőkös & Farkas, 2019	S	X
<i>Polyozosia dispersa</i> (Pers.) S.Y.Kondr., Lőkös & Farkas, 2019	C	X
<i>Porina aenea</i> (Körb.) Zahlbr., 1922	C	X
<i>Protoparmeliopsis muralis</i> var. <i>muralis</i> (Schreb.) M.Choisy, 1929	S	X
<i>Pseudoschismatomma rufescens</i> (Pers.) Ertz & Tehler, 2014	C	X
<i>Punctelia borneri</i> (Turner) Krog, 1982	C	X
<i>Punctelia jeckeri</i> (Roum.) Kalb, 2007	C	X
<i>Punctelia subrudecta</i> (Nyl.) Krog, 1982	C	X
<i>Ramalina</i> Ach., 1809	C	
<i>Rinodina gennarii</i> Bagl., 1861	S	X
<i>Variospora flavescens</i> (Huds.) Arup, Frödén & Söchting, 2013	S	X
<i>Verrucaria</i> cf. <i>muralis</i> Ach., 1803	S	
<i>Verrucaria furfuracea</i> (B.de Lesd.) Breuss, 2007	S	
<i>Verrucaria macrostoma</i> DC., 1805	S	
<i>Verrucaria nigrescens</i> Pers., 1795	S	X
<i>Verrucaria</i> Schrad., 1794	S	
<i>Verrucaria viridula</i> (Schrad.) Ach., 1803	S	
<i>Xanthoria calcicola</i> var. <i>calcicola</i> Oksner	S	

<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th.Fr., 1860	C	X
<b>Total = C : 37 corticoles, S : 27 saxicoles, SC : 4 corticoles et saxicoles, T : 1 terricole = 69</b>		
<b>Exploitable écol. = C : 32 corticoles, S : 14 saxicoles, SC : 4 corticoles et saxicoles, T : 1 terricole = 51</b>		

**\*Cimetière de l'Est**

Noms originaux cités (TAXREF18)	Support cité	Base écol.
<i>Taeniolella phaeophysciae</i> : champignon lichénicole non lichénisé		
<i>Arthonia radiata</i> (Pers.) Ach., 1808	C	X
<i>Athallia cerinella</i> (Nyl.) Arup, Frödén & Søchting, 2013	C	X
<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Arnold, 1879	C	X
<i>Candelariella xanthostigma</i> (Pers. ex Ach.) Lettau, 1912	C	X
<i>Catillaria lenticularis</i> (Ach.) Th.Fr., 1874	S	X
<i>Catillaria nigroclavata</i> (Nyl.) J.Steiner, 1898	C	X
<i>Flavoparmelia soledians</i> (Nyl.) Hale, 1986	C	X
<i>Flavoplaca austrocitrina</i> (Vondrák, Říha, Arup & Søchting) Arup, Søchting & Frödén, 2013 s.l.	S	
<i>Flavoplaca oasis</i> (A.Massal.) Arup, Frödén & Søchting, 2013	S	X
<i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H.Mayrhofer & Poelt, 1979	C	X
<i>Lecania cyrtella</i> (Ach.) Th.Fr., 1871	C	X
<i>Lecania erysibe</i> (Ach.) Mudd, 1861	S	X
<i>Lecania naegeli</i> (Hepp) Diederich & van den Boom, 1994	C	X
<i>Lecanora chlarotera</i> subsp. <i>chlarotera</i> Nyl., 1872	C	X
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M.Choisy, 1950 s.l.	C	X
<i>Lepraria</i> Ach., 1803	C	
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor, 1836 s.l.	C	X

<i>Parmotrema perlatum</i> (Huds.) M.Choisy, 1952	C	X
<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg, 1977	C	X
<i>Phlyctis argena</i> (Spreng.) Flot., 1850	C	X
<i>Physcia adscendens</i> H.Olivier, 1882	C	X
<i>Polyozosia hagenii</i> (Ach.) S.Y.Kondr., Lőkös & Farkas, 2019	C	X
<i>Punctelia borrieri</i> (Turner) Krog, 1982	C	X
<i>Punctelia subrudecta</i> (Nyl.) Krog, 1982	C	X
<i>Verrucaria nigrescens</i> Pers., 1795	S	X
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th.Fr., 1860	C	X
<b>Total = C : 21 corticoles, S : 5 saxicoles = 26</b>		
Exploitables écol. = C : 20 corticoles, S : 4 saxicoles = 24		

**Annexe VII : Inventaire lichénologique de Lille en 2024-25 (fusionnement de Capoen, L. (2025), Toussaint, B., Capoen, L., & ses élèves de l'Université Catholique de Lille (2025) et CBN (2024))**

Noms originaux cités (TAXREF18)	Support cité	Base écol.	Pollution
<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid., 1993	C	X	B
<i>Anisomeridium polypori</i> (Ellis & Everh.) M.E.Barr, 1996	C	X	
<i>Arthonia radiata</i> (Pers.) Ach., 1808	C	X	
<i>Athallia cerinella</i> (Nyl.) Arup, Frödén & Søchting, 2013	C	X	
<i>Bilimbia sabuletorum</i> (Schreb.) Arnold, 1869	S	X	
<i>Calogaya decipiens</i> (Arnold) Arup, Frödén & Søchting, 2013	S	X	
<i>Caloplaca</i> sp. Th. Fr., 1860	S		
<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Arnold, 1879	SC	X	
<i>Candelariella aurella</i> subsp. <i>aurella</i> (Hoffm.) Zahlbr., 1928	S	X	
<i>Candelariella medians</i> (Nyl.) A.L.Sm., 1918	S	X	
<i>Candelariella reflexa</i> (Nyl.) Lettau, 1912	C	X	
<i>Candelariella xanthostigma</i> (Pers. ex Ach.) Lettau, 1912	C	X	E
<i>Catillaria chalybeia</i> (Borrer) A.Massal., 1852	S	X	
<i>Catillaria lenticularis</i> (Ach.) Th.Fr., 1874	S	X	
<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr., 1831	C		
<i>Cladonia</i> P.Browne, 1756	S		
<i>Cladonia pyxidata</i> (L.) Hoffm., 1796	T		
<i>Dichoporis taylorii</i> (Carroll ex Nyl.) S.H.Jiang, Lücking & Sérus., 2020	C		
<i>Diploicia canescens</i> (Dicks.) A.Massal., 1852	SC	X	D
<i>Diploschistes scruposus</i> (Schreb.) Norman, 1852	S	X	

<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach., 1810	C	X	E
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale, 1986	C	X	F
<i>Flavoparmelia soledians</i> (Nyl.) Hale, 1986	C	X	F
<i>Flavoplaca austrocitrina</i> (Vondrák, Říha, Arup & Søchting) Arup, Søchting & Frödén, 2013 s.l.	S		
<i>Flavoplaca citrina</i> (Hoffm.) Arup, Frödén & Søchting, 2013 s.l.	S	X	
<i>Flavoplaca oasis</i> (A.Massal.) Arup, Frödén & Søchting, 2013	S	X	
<i>Glucomaria subcarpineae</i> (Szatala) S.Y.Kondr., Lőkös & Farkas, 2019	C		
<i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H.Mayrhofer & Poelt, 1979	C	X	
<i>Kuettlingeria teicholyta</i> (Ach.) Trevis., 1857	S	X	
<i>Lecania cyrtella</i> (Ach.) Th.Fr., 1871	C	X	
<i>Lecania cyrtellina</i> (Nyl.) Zahlbr., 1928	C		
<i>Lecania erysibe</i> (Ach.) Mudd, 1861	S	X	
<i>Lecania naegelii</i> (Hepp) Diederich & van den Boom, 1994	C	X	
<i>Lecanora barkmaniana</i> Aptroot & Herk, 1999	C		
<i>Lecanora campestris</i> subsp. <i>campestris</i> (Schaer.) Hue, 1888	S	X	
<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl., 1872	C	X	
<i>Lecanora expallens</i> Ach., 1810	C	X	C
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M.Choisy, 1950 s.l.	C	X	D
<i>Lecidella stigmatea</i> (Ach.) Hertel & Leuckert, 1969	S	X	
<i>Lepraria</i> Ach., 1803	C		
<i>Lepraria finkii</i> (B.de Lesd.) R.C.Harris, 1985	SC	X	
<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach., 1803	C	X	C
<i>Leproplaca chrysodeta</i> (Vain.) J.R.Laundon ex Ahti, 2015	S		
<i>Melanelixia glabratula</i> (Lamy) Sandler & Arup, 2011	C		F

<i>Melanelixia subaurifera</i> (Nyl.) O.Blanco, A.Crespo, Divakar, Essl., D.Hawksw. & Lumbsch, 2004 s.l.	C	X	F
<i>Melanohalea elegantula</i> (Zahlbr.) O.Blanco, A.Crespo, Divakar, Essl., D.Hawksw. & Lumbsch, 2004	C	X	
<i>Melanohalea exasperatula</i> (Nyl.) O.Blanco, A.Crespo, Divakar, Essl., D.Hawksw. & Lumbsch, 2004	C	X	
cf. <i>Myriolecis</i> Clem., 1909	S		
<i>Normandina pulchella</i> (Borrer) Nyl., 1861	C	X	
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor, 1836 s.l.	C	X	E
<i>Parmotrema perlatum</i> (Huds.) M.Choisy, 1952	C	X	G
<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg, 1977	SC	X	D
<i>Phaeophyscia pusilloides</i> (Zahlbr.) Essl., 1978	C		
<i>Phlyctis argena</i> (Spreng.) Flot., 1850	C	X	F
<i>Physcia adscendens</i> H.Olivier, 1882	C	X	E
<i>Physcia clementei</i> (Sm.) Lynge, 1935	C		
<i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC., 1805	C	X	D
<i>Physconia grisea</i> subsp. <i>grisea</i> (Lam.) Poelt, 1965	C	X	E
<i>Placopyrenium</i> gr. <i>fuscillum</i> (Turner) Gueidan & Cl.Roux, 2007	S		
<i>Pleurosticta acetabulum</i> var. <i>acetabulum</i> (Neck.) Elix & Lumbsch, 1988	C	X	F
<i>Polyozosia albescens</i> (Hoffm.) S.Y.Kondr., Lőkös & Farkas, 2019	S	X	
<i>Polyozosia dispersa</i> (Pers.) S.Y.Kondr., Lőkös & Farkas, 2019	C	X	
<i>Polyozosia hagenii</i> (Ach.) S.Y.Kondr., Lőkös & Farkas, 2019	C	X	
<i>Porina aenea</i> (Körb.) Zahlbr., 1922	C	X	
<i>Protoparmeliopsis muralis</i> var. <i>muralis</i> (Schreb.) M.Choisy, 1929	S	X	
<i>Pseudoschismatomma rufescens</i> (Pers.) Ertz & Tehler, 2014	C	X	
<i>Punctelia borreri</i> (Turner) Krog, 1982	C	X	
<i>Punctelia jeckeri</i> (Roum.) Kalb, 2007	C	X	

<i>Punctelia</i> Krog, 1982	C		
<i>Punctelia subrudecta</i> (Nyl.) Krog, 1982	C	X	F
<i>Ramalina</i> Ach., 1809	C		
<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach., 1810	C	X	F
<i>Rinodina gennarii</i> Bagl., 1861	S	X	
<i>Variospora flavescens</i> (Huds.) Arup, Frödén & Søchting, 2013	S	X	
<i>Verrucaria</i> cf. <i>muralis</i> Ach., 1803	S		
<i>Verrucaria furfuracea</i> (B.de Lesd.) Breuss, 2007	S		
<i>Verrucaria macrostoma</i> DC., 1805	S		
<i>Verrucaria nigrescens</i> Pers., 1795	S	X	
<i>Verrucaria</i> Schrad., 1794	S		
<i>Verrucaria viridula</i> (Schrad.) Ach., 1803	S		
<i>Xanthoria calcicola</i> var. <i>calcicola</i> Oksner	S		
<i>Xanthoria parietina</i> subsp. <i>parietina</i> (L.) Th.Fr., 1860	C	X	E
<b>Total = C : 47 corticoles, S : 30 saxicoles, SC : 4 corticoles et saxicoles, T : 1 terricole = 82</b>			<b>Pollution retenue :</b>
<b>Exploitable écol. = C : 38 corticoles, S : 18 saxicoles, SC : 4 corticoles et saxicoles, T : 1 terricole = 61</b>			<b>F (à G)</b>

<b>Pollution</b>	G : Très faible	F : Faible	E : Moyenne	D : Assez forte	C : Forte	B : Très forte	A : Extrême
------------------	-----------------	------------	-------------	-----------------	-----------	----------------	-------------

### **Annexe VIII : Matrice de données pour l'analyse des indices écologiques, selon Wirth (2010)**

(voir ci-dessous)

TAXREF18	FOCKEU 1901	BOULY 1950	CVH 1973	CVH 1991- 93	Synth. 2024- 25	LC cita	LC cim	sortie étu	collectif	Wirth (2010)					
										nutri	temp				
Amandinea punctata (Hoffm.) Coppins & Scheid., 1993	1	C			1	C	1	C	1	C	7	x			
Anaptychia ciliaris (L.) Körb. ex A.Massal., 1853	1	C									4	5			
Anisomeridium polypori (Ellis & Everh.) M.E.Barr, 1996					1	C	1	C			3	5			
Arthonia radiata (Pers.) Ach., 1808					1	C	1	C	1	C	4	5			
Athalia cerinella (Nyl.) Arup, Frödén & Søchting, 2013					1	C	1	C	1	C	6	6			
Bilimbia sabuletorum (Schreb.) Arnold, 1869					1	S	1	S			5	x			
Blennothallia crispa (Huds.) Otálora, P.M.Jørg. & Wedin, 2013		1	S								6	6			
Calogaya decipiens subsp. decipiens (Arnold) Arup, Frödén & Søchting, 2013		1	S		1	S	1	S			9	6			
Calogaya pusilla (A.Massal.) Arup, Frödén & Søchting, 2013	1	S	1	S							6	4			
Caloplaca cerina (Hedw.) Th.Fr., 1861	1	C									5	x			
Candelaria concolor (Dicks.) Arnold, 1879		1	S		1	SC	1	SC	1	C	1	C	7	5	
Candelariella aurella subsp. aurella (Hoffm.) Zahlbr., 1928		1	S		1	S	1	S			1	S	8	x	
Candelariella medians (Nyl.) A.L.Sm., 1918		1	S		1	S	1	S					9	9	
Candelariella reflexa (Nyl.) Lettau, 1912					1	C	1	C					7	6	
Candelariella vitellina (Hoffm.) Müll.Arg., 1894				1	C								8	x	
Candelariella xanthostigma (Pers. ex Ach.) Lettau, 1912					1	C	1	C	1	C			5	5	
Catillaria chalybeia (Borrer) A.Massal., 1852					1	S	1	S					5	x	
Catillaria lenticularis (Ach.) Th.Fr., 1874		1	S		1	S			1	S			5	7	
Catillaria nigroclavata (Nyl.) J.Steiner, 1898					1	C			1	C			7	5	
Cladonia fimbriata (L.) Fr., 1831	1	T	1	T							1	C	3	5	
Cladonia pyxidata (L.) Hoffm., 1796	1	S	1	S									3	x	
Diploicia canescens (Dicks.) A.Massal., 1852		1	S		1	SC	1	SC			1	C	6	7	
Diploschistes scruposus (Schreb.) Norman, 1852					1	S					1	S	2	x	
Enchylium tenax (Sw.) Gray, 1821	1	S	1	S									5	x	
Evernia prunastri (L.) Ach., 1810	1	C			1	C	1	C			1	C	4	5	
Flavoparmelia caperata (L.) Hale, 1986	1	C			1	C	1	C			1	C	4	7	
Flavoparmelia soredians (Nyl.) Hale, 1986					1	C	1	C	1	C	1	C	5	9	
Flavoplaca citrina (Hoffm.) Arup, Frödén & Søchting, 2013 s.l.		1	S		1	S	1	S					9	x	
Flavoplaca oasis (A.Massal.) Arup, Frödén & Søchting, 2013					1	S			1	S			8	x	
Hyperphyscia adglutinata (Flörke) H.Mayrhofer & Poelt, 1979					1	C	1	C	1	C	1	C	7	9	
Hypogymnia physodes (L.) Nyl., 1896				1	C								3	x	
Kuettlingeria teicholyta (Ach.) Trevis., 1857		1	S		1	S					1	S	8	8	
Lecania cyrtella (Ach.) Th.Fr., 1871					1	C	1	C	1	C			6	5	
Lecania erysibe (Ach.) Mudd, 1861		1	S		1	S	1	S	1	S			8	6	
Lecania naegeli (Hepp) Diederich & van den Boom, 1994					1	C			1	C			7	5	
Lecanora campestris subsp. campestris (Schaer.) Hue, 1888					1	S	1	S			1	S	8	5	
Lecanora chlorotera Nyl., 1872	1	SC			1	C	1	C	1	C			5	5	
Lecanora conizaeoides Nyl. ex Cromb., 1885		1	C	1	1	C							5	5	
Lecanora expallens Ach., 1810				1	C								5	6	
Lecidella elaeochroma (Ach.) M.Choisy, 1950 s.l.					1	C	1	C	1	C	1	C	5	5	
Lecidella stigmataea (Ach.) Hertel & Leuckert, 1969					1	S	1	S					7	x	
Lepraria finkii (B.de Lesd.) R.C.Harris, 1985					1	SC	1	SC					3	5	
Lepraria incana (L.) Ach., 1803				1	C	1	C	1	C		1	C	5	5	
Melanelixia subaurifera (Nyl.) O.Blanco, A.Crespo, Divakar, Essl., D.Hawksw. & Lumbsch, 2004				1	C	1	C	1	C		1	C	5	5	
Melanohalea elegantula (Zahlbr.) O.Blanco, A.Crespo, Divakar, Essl., D.Hawksw. & Lumbsch, 2004					1	C	1	C			1	C	5	7	
Melanohalea exasperatula (Nyl.) O.Blanco, A.Crespo, Divakar, Essl., D.Hawksw. & Lumbsch, 2004					1	C	1	C					6	5	
Naevia punctiformis (Ach.) A.Massal., 1855	1	C											4	5	
Normandina pulchella (Borrer) Nyl., 1861					1	C	1	C			1	C	4	5	
Ochrolechia parella (L.) A.Massal., 1852	1	S											3	7	
Parmelia sulcata Taylor, 1836				1	C	1	C	1	C	1	C	1	C	7	x
Parmotrema perlatum (Huds.) M.Choisy, 1952					1	C	1	C	1	C			4	7	
Peltigera canina (L.) Willd., 1787	1	S											4	4	
Pertusaria leioplaca (Ach.) DC., 1815	1	C											2	5	
Pertusaria pertusa (Weigel) Tuck.	1	C											3	6	
Phaeophyscia orbicularis (Neck.) Moberg, 1977	1	C	1	S	1	SC	1	SC	1	C	1	C	9	x	
Phlyctis argena (Spreng.) Flot., 1850					1	C	1	C	1	C	1	C	5	5	
Physcia ascendens H.Olivier, 1882				1	C	1	C	1	C	1	C	1	C	8	x
Physcia aipolia (Ehrh. ex Humb.) Fűrnr., 1839	1	C											5	x	
Physcia caesia (Hoffm.) Fűrnr., 1839	1	S											9	x	
Physcia stellaris (L.) Nyl., 1853	1	C											6	4	
Physcia tenella (Scop.) DC., 1805				1	C	1	C	1	C		1	C	7	x	
Physconia distorta var. distorta (With.) J.R.Laundon, 1984	1	C											6	5	
Physconia grisea subsp. grisea (Lam.) Poelt, 1965	1	S	1	S					1	C	1	C	8	7	
Pleurosticta acetabulum var. acetabulum (Neck.) Elix & Lumbsch, 1988					1	C					1	C	5	6	
Polycauliona candelaria (L.) Frödén, Arup & Søchting, 2013	1	C											8	x	
Polycauliona polycarpa (Hoffm.) Frödén, Arup & Søchting, 2013				1	C								8	x	
Polyzozia albescens (Hoffm.) S.Y.Kondr., Lökös & Farkas, 2019		1	S		1	S	1	S					9	x	
Polyzozia dispersa (Pers.) S.Y.Kondr., Lökös & Farkas, 2019		1	S		1	C	1	C					8	x	
Polyzozia hagenii (Ach.) S.Y.Kondr., Lökös & Farkas, 2019		1	C		1	C			1	C			7	x	
Porina aenea (Körb.) Zahlbr., 1922					1	C	1	C					4	6	
Protoblastenia rupestris (Scop.) J.Steiner, 1911		1	S										7	x	
Protoparmeliopsis muralis (Schreb.) M.Choisy, 1929				1	C	1	S	1	S				9	x	
Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf, 1903				1	C								2	4	
Pseudoschismatomma rufescens (Pers.) Ertz & Tehler, 2014					1	C	1	C			1	C	5	6	
Punctelia borneri (Turner) Krog, 1982					1	C	1	C	1	C	1	C	6	8	
Punctelia jeckeri (Roum.) Kalb, 2007					1	C	1	C					6	7	
Punctelia subrudecta (Nyl.) Krog, 1982				1	C	1	C	1	C	1	C	1	C	5	7
Ramalina farinacea (L.) Ach., 1810	1	C			1	C	1	C			1	C	4	5	
Ramalina fastigiata (Pers.) Ach., 1810	1	C											4	5	
Ramalina fraxinea (L.) Ach., 1810	1	C											4	5	
Rinodina gennarii Bagl., 1861		1	S		1	S	1	S					8	5	
Rusavskia elegans (Link) S.Y.Kondr. & Kärnefelt, 2003	1	S											8	x	
Tephromela atra var. atra (Huds.) Hafellner, 1983	1	SC											4	x	
Variospora aurantia (Pers.) Arup, Frödén & Søchting, 2013	1	S											7	9	
Variospora flavescens (Huds.) Arup, Frödén & Søchting, 2013		1	S		1	S	1	S					7	7	
Verrucaria muralis Ach., 1803		1	S										7	x	
Verrucaria nigrescens Pers., 1795	1	S	1	S			1	S	1	S	1	S	7	x	
Xanthoria parietina (L.) Th.Fr., 1860	1	S	1	S	1	C	1	C	1	C	1	C	8	x	

Wirth (2010)

Richesse en nutriments

1-2 : aucune/presque aucune eutrophisation de l'habitat tolérée (par exemple, arbres forestiers et parois rocheuses en surplomb à l'intérieur de la forêt)

3-4 : eutrophisation faible/assez faible (légère pollution par la poussière de l'écorce ou de la surface rocheuse)

5-6 : eutrophisation modérée/significative (arbres isolés, rochers ouverts dans les pâturages, couronnes de murs)

7 : eutrophisation assez forte (murs et tuiles chargés de poussière, arbres isolés dans les champs et le long des routes très fréquentées, perchoirs à oiseaux moyennement fréquentés, murs et Parties du toit sous la cime des arbres)

8 : eutrophisation sévère (perchoirs pour oiseaux, habitats fortement pollués par la poussière)

9 : eutrophisation très grave (par exemple, bases d'arbres extrêmement imprégnées de poussière, zones d'urine de chiens, sommets de perchoirs d'oiseaux, murs de tas de fumier)

Température

1 : indicateur de froid, principalement dans les zones de haute montagne, principalement alpin-nival/arctique-boréal

2 : entre 1 et 3, espèces alpines, descendant souvent dans la zone subalpine

3 : indicateurs de fraîcheur, principalement subalpins et de haute montagne

4 : entre 3 et 5, principalement dans des endroits assez frais, principalement montagnards

5 : principalement dans des endroits modérément frais à modérément chauds, souvent principalement répartis en zone montagnarde-submontagnarde, principalement répartis dans le centre de la Fennoscandie

6 : Principalement dans les régions submontagnardes/collines, mais aussi dans les régions montagnardes douces, au nord toujours dans la zone de forêt décidue de Fennoscandie, pénétrant généralement à peine au-delà du sud de la Suède et de l'extrême sud de la Finlande (jusqu'à la limite de répartition du chêne pédonculé)

7 : indicateurs de chaleur, principalement dans les zones vallonnées, au nord la limite de distribution se situe dans le nord de l'Allemagne, au Danemark ou avec des avant-postes atteignant les zones les plus douces du sud de la Scandinavie

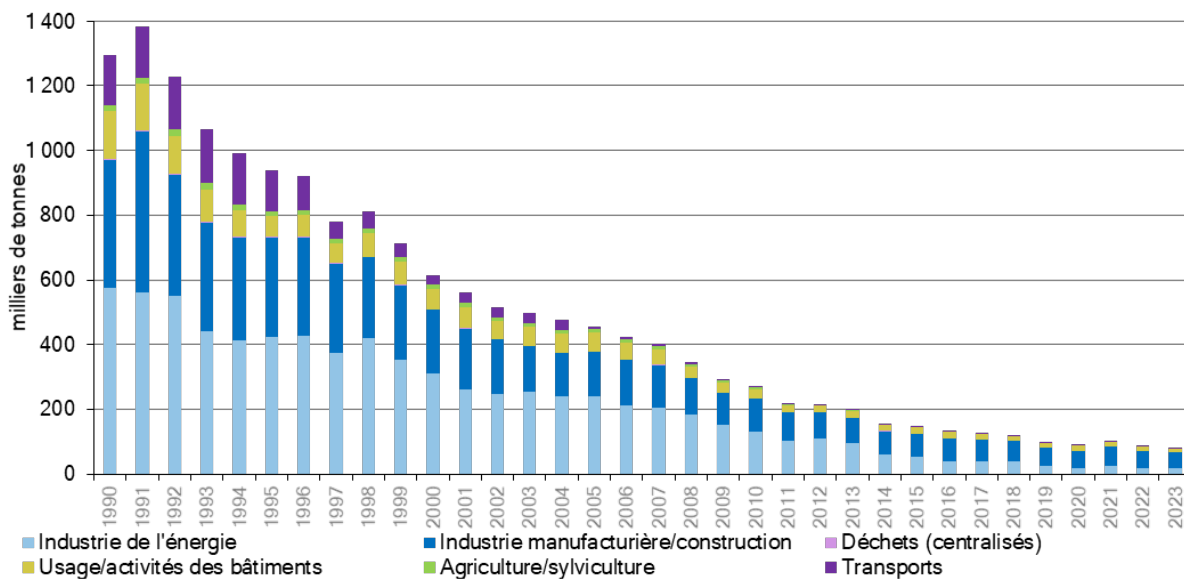
8 : indicateurs de chaleur, concentrés dans la région subméditerranéenne/méditerranéenne, dans des endroits qui se réchauffent fortement pendant la journée, mais s'étendant souvent dans les zones montagneuses

9 : indicateur de chaleur extrême, uniquement dans le sud et le centre de l'Europe centrale de la zone méditerranéenne-subméditerranéenne

x = large amplitude thermique



**Annexe XI : Evolution des émissions dans l'air de SO2 depuis 1990 en France (Métropole)**  
**(www.citepa.org)**



## Résumé

Les lichens, organismes symbiotiques sensibles aux variations environnementales, sont des bioindicateurs de la qualité de l'air et des changements climatiques. Ce stage a eu pour objectif d'évaluer l'évolution des communautés lichéniques à Lille (1901–2025), en s'appuyant sur des inventaires anciens et contemporains.

Un total de 69 espèces a été recensé en 2025 à la Citadelle, et 26 au cimetière de l'Est. La comparaison avec les données historiques met en évidence une régression des espèces oligotrophes, ainsi que l'apparition récente d'espèces méditerranéennes. Ces changements traduisent une nitrophisation des milieux urbains et un effet du réchauffement climatique.

La qualité de l'air s'avère bonne aujourd'hui, contrastant avec la situation observée dans les années 1950–1970. Ces résultats suggèrent un effet positif des politiques de réduction des émissions industrielles, notamment en dioxyde de soufre.

Malgré tout, plusieurs biais limitent l'interprétation diachronique : hétérogénéité des méthodes d'inventaire, imprécision des localisations anciennes, nomenclature évolutive, et choix des référentiels écologiques. Ces limites soulignent la nécessité d'un suivi standardisé et régulier.

En dépit de ces contraintes, ce travail apporte une contribution significative à la compréhension de l'évolution des communautés lichéniques sur Lille et confirme l'intérêt des lichens comme indicateurs biologiques des pressions environnementales à long terme.

**Mots-clés** : lichens, changement climatique, enrichissement en azote, qualité de l'air, milieu urbain

## Abstract

Lichens, symbiotic organisms sensitive to environmental changes, are valuable bioindicators of air quality and climate change. This internship aimed to assess the evolution of lichen communities in Lille from 1901 to 2025, based on both historical and contemporary inventories.

In 2025, a total of 69 species were recorded at the Citadel and 26 at the Eastern Cemetery. Comparison with historical data reveals a decline in oligotrophic species and the recent appearance of Mediterranean species. These changes reflect increasing nitrogen enrichment in urban environments and the influence of climate warming.

Air quality is currently considered good, contrasting with the situation observed during the 1950s–1970s. These findings suggest a positive effect of industrial emission reduction policies, particularly regarding sulfur dioxide.

However, several biases limit diachronic interpretation: heterogeneity of inventory methods, imprecise historical localizations, evolving taxonomy, and the choice of ecological reference frameworks. These limitations highlight the need for standardized and regular monitoring.

Despite these constraints, this work contributes significantly to our understanding of the evolution of lichen communities in Lille and confirms the relevance of lichens as biological indicators of long-term environmental pressures.

**Keywords** : lichens, climate change, nitrogen enrichment, air quality, urban environment