

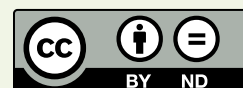


Suivis citoyens de la qualité de l'air

VOCE Lichen

2023





Le présent rapport est publié sous licence CC-BY-ND

Les données, les interprétations et les images présentes dans ce rapport sont la propriété de l'Institut Écocitoyen pour la Connaissance des Pollutions, libres d'accès et d'utilisation à condition de citer les références du rapport et d'indiquer la source des données, photos, et graphiques ("Institut Écocitoyen pour la Connaissance des Pollutions - Fos sur Mer").

Il ne sera pas apporté de modification à la version originale du rapport à des fins de diffusion. L'Institut Écocitoyen pour la Connaissance des Pollutions ne pourra être tenu responsable de toute interprétation réalisée par un tiers et qui n'est pas explicitement détaillée dans ce rapport.

Pour citer ce rapport :

Souloumiac Audrey. Suivis citoyens de la qualité de l'air (VOCE lichen). Institut Écocitoyen pour la Connaissance des Pollutions, 2025.



L'Institut Écocitoyen tient à remercier les volontaires du réseau VOCE Lichen : Mme Spsychala, Mme Henry, Mme Pennec, Mme Dor et Mme Bianchi ainsi que les élèves du master MAEVA de l'Université d'Aix-Marseille qui ont donné de leur temps pour effectuer ces relevés au cours de l'année 2023.



La zone Fos-Berre est l'une des plus importantes zones industrielles et portuaires (ZIP) de France et d'Europe. Dans cette zone, sont retrouvées de nombreuses industries de la pétrochimie (LyondellBasell, Total, Esso), de la chimie (LyondellBasell, KemOne, Naphtachimie), ainsi que deux incinérateurs de déchets (Evere et Solamat-Merex). Ce port multi-filières permet d'alimenter un réseau de communication maritime, routier, ferroviaire, fluvial et aérien, via différents terminaux (pétroliers, céréaliers, gaziers, vrac solides, conteneurs). Cette concentration d'industries lourdes est fortement émettrice de rejets atmosphériques.

Implanté au cœur de la ZIP de Fos depuis 2010, l'Institut Ecocitoyen pour la Connaissance des Pollutions (IECP) est un centre d'étude de l'environnement et de l'effet des pollutions sur la santé.



Quels sont les impacts écologiques et sanitaires des zones industrielles du golfe de Fos et de l'étang de Berre ?

A partir d'une démarche impliquant citoyens, scientifiques et intégrant l'ensemble des milieux naturels et la santé humaine, les travaux de l'Institut s'adressent aux acteurs du territoire en vue de la réduction des émissions polluantes, de l'adaptation des suivis environnementaux aux polluants spécifiques, et de la réhabilitation des sites contaminés. Les résultats de ces études, reconnus au niveau académique, sont aujourd'hui officiellement pris en compte par le Comité d'évaluation et de contrôle des politiques publiques de l'Assemblée Nationale, ainsi que par le Conseil Général de l'Environnement et du Développement

Durable. C'est dans cette démarche citoyenne qu'en 2013 l'IECP fonde l'Observatoire Citoyen de l'Environnement (VOCE) avec le soutien du Ministère en charge de l'Environnement et du Développement Durable. Il a été labellisé en 2014 par la commission pluraliste REPERE sur les sciences participatives. Sa création répond à un questionnement croissant sur les impacts écologiques et sanitaires des zones industrielles du golfe de Fos et de l'étang de Berre, en intégrant la population directement dans une réelle approche scientifique. Il propose ainsi aux citoyens d'observer leur environnement, en participant directement à certaines études menées par l'Institut basées sur des protocoles scientifiques.

Depuis 2011, l'Institut Écocitoyen mène une biosurveillance lichénique complète sur ce territoire, afin d'avoir une vision intégrée de la pollution de l'air à l'aide des lichens. Les résultats ont été rapportés dans plusieurs documents écrits ces dernières années [4, 5, 6]. Afin de réaliser un suivi citoyen de la pollution de l'air sur le territoire de la Métropole Aix-Marseille-Provence (MAMP), l'Institut propose d'observer un groupe d'organismes sensibles aux polluants atmosphériques : les lichens.

Objectifs :

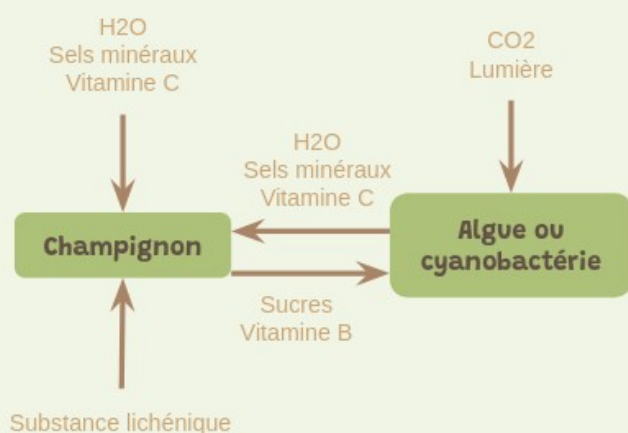
-  Faire bénéficier les citoyens volontaires d'une formation scientifique conçue pour être accessible à tous, sans conditions de connaissances préalables.
-  Mettre en place et pérenniser un dispositif de biosurveillance de la qualité de l'air sur l'ensemble du territoire.

Les lichens

Les lichens sont des organismes vivants en **symbiose** : ils sont issus de l'association entre un **champignon** (mycobionte) et une **algue** (photobionte).



Les cellules de l'algue permettent la photosynthèse, production de la matière organique à partir du dioxyde de carbone (CO_2) de l'air et du rayonnement solaire. En contrepartie, le champignon prélève l'eau et les sels minéraux pour la croissance de la structure du lichen, appelée **thalle**. Les champignons sont aussi responsables de la reproduction sexuée des lichens.



Chaque espèce lichénique est adaptée à un milieu de vie plus ou moins contraignant. Les principales caractéristiques favorisant son installation sont le support (tronc d'arbre, roche, sol, ...), le climat (température, humidité, ensoleillement, ...) ainsi que les caractéristiques du milieu (altitude, proximité du littoral, ...). Dans chaque cas, une terminologie spécifique est utilisée.

Morphologie des lichens



La forme des lichens est essentiellement basée sur le champignon. Plusieurs morphologies sont connues : **crustacées**, **foliacé**, **fruticuleux** et **complexes**.

Ce caractère est primordial pour déterminer les espèces. Chaque morphologie témoigne d'une organisation différente des tissus biologiques. Selon les variétés, on peut rencontrer des structures particulières sur les thalles telles que des poils et des cils sur la face supérieure, des rhizines (filaments servant à la fixation du lichen) sur la face inférieure. L'ensemble de ces caractères morphologiques et reproducteurs, ainsi que la couleur et la taille du thalle, permettent de déterminer les espèces de lichens.



Modes de reproduction

Il existe différents modes de reproduction chez les lichens :

La **reproduction sexuée** est assurée à travers l'émission de spores. Leur production et leur morphologie sont dépendantes du partenaire fongique. À la germination les spores peuvent capturer une cellule algale compatible. En l'absence de rencontre avec une cellule d'algue, la spore meurt. La libération de ces spores se fait grâce à des organes de reproduction, il en existe plusieurs formes :



Les apothécies sont les structures de reproduction majoritairement rencontrées chez les lichens. En forme de coupes ou de disques entourés d'un rebord. On distingue les apothécies lécanorines, des apothécies lécidéines. Les premières ont un rebord de couleur différente de celle du disque, qui contiendra des algues. Les secondes sont sans rebord, ou à rebord plus ou moins concolore au disque et ne contiennent pas d'algues.



Les lirelles qui sont des apothécies allongées. Elles ont la même structure que les premières, seule la forme va changer : droites, courbes, simples ou ramifiées. On distingue si la lirelle apparaît comme sortant d'une déchirure du thalle ou si elle est comme posée sur celui-ci.



Les périthèces, sont les structures en forme d'urnes. Ils sont enfoncés dans le thalle et laissent apparaître à la surface de petits bourgeons,

plus ou moins de la surface, qui forment des tâches de couleur sombre sur le thalle. La libération des spores se fait par l'ostiole, orifice supérieur.



La **reproduction asexuée**, les lichens produisent également des boutures à la surface du thalle, qui se détachent facilement du lichen à l'état sec et qui contiennent des cellules d'algues et des cellules de champignons. Les soralies et les isidies sont des organes de reproduction asexuée :



Les soralies, elles ont un aspect granuleux. Ce sont des déchirures à la surface du lichen, par lesquelles sort un mélange de cellules d'algues et de champignons : les sorédies.





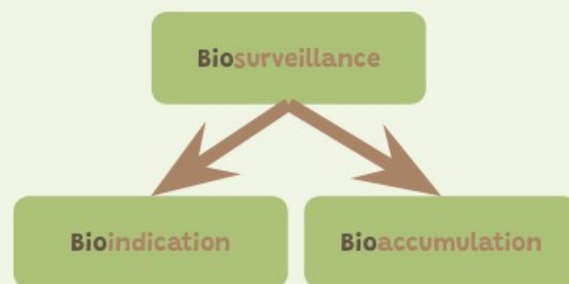
Les isidies sont de petites excroissances qui ont la forme de boutons contenant des algues et peuvent se détacher par une action mécanique (insecte, vent, pluie. ...).



La biosurveillance

Les lichens présentent des caractères biologiques particuliers : absence de racines, absence de couche de protection, activité quasi permanente et ubiquiste. Ils sont donc dépendants de l'atmosphère et de sa composition, **ce qui les rend sensibles à la pollution de l'air** [1,2,3]. La **biosurveillance** est l'utilisation d'un organisme biologique pour évaluer l'altération du milieu environnant. L'Institut Écocitoyen réalise depuis 2011 un suivi de la qualité de l'air de sur le territoire de la MAMP à partir de la biosurveillance lichénique et suivant deux méthodes :

-  La **bioaccumulation** : mesure des polluants accumulés dans les tissus biologiques du lichen [4].
-  La **bioindication** : recensement des différentes espèces et de leur abondance [5].



À partir des données de diversité et d'abondance, des indices de pollution sont calculés permettant d'évaluer la qualité de l'air aux alentours de la zone étudiée. Ces méthodes biologiques sont donc complémentaires aux mesures instrumentales souvent plus complexes et coûteuses. Ainsi l'action citoyenne vise à collecter des données sur la diversité et l'abondance des lichens nous permettant d'évaluer l'exposition à la pollution atmosphérique sur le territoire de la MAMP ainsi que dans les autres communes des Bouches-du-Rhône en impliquant directement les habitants dans une action d'observations scientifiques.

Sensibilité des lichens



Qualité de l'air



Fruticuleux



Foliacés



Crustacés





Protocole Citoyen

Un protocole de science participative est mis en œuvre depuis 2018 par l'IECP pour le suivi de la diversité lichénique par les citoyens volontaires. Ce protocole est réalisable par les volontaires, sans faire appel au matériel scientifique utilisé habituel-

-lement pour les déterminations d'espèces (microscope, loupe binoculaire, produits chimiques, ...). La méthodologie développée fournit des résultats exploitables avec une rigueur scientifique satisfaisante [6].

La méthode consiste à mesurer la fréquence d'un nombre réduit d'espèces. Les volontaires réalisent le relevé de diversité sur les 4 faces de 5 arbres feuillus avec une grille d'observations, composée de 5 mailles de 10 x 10 cm superposées verticalement et disposée à au moins 1 m de hauteur. Ce protocole d'observations se divise en deux parties bien distinctes :



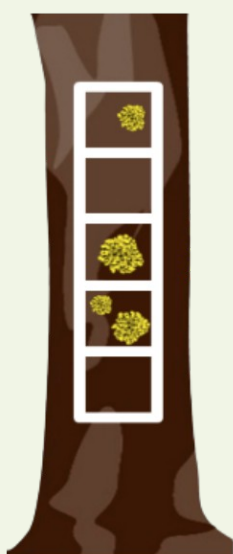
Identification de la présence ou l'absence des différents types de lichens (crustacés, foliacés et fruticuleux).



Identification de quatre espèces indicatrices de lichens sélectionnées au préalable.

La fréquence varie de 0 (espèce absente) à 5 (espèce présente dans toutes les mailles). La fréquence de chaque espèce et type lichénique est ainsi calculée à partir du nombre de mailles (Notée « x ») où ils ont été identifiés, parmi un total de 100 mailles observées.

Les relevés lichéniques citoyens nous permettent ainsi d'observer à la fois la fréquence des différents types de lichens sur chaque station, mais également la fréquence des quatre espèces cibles ayant des sensibilités à la pollution atmosphérique bien distinctes ; les **fruticuleux** étant les plus sensibles à la pollution atmosphérique et les **crustacés** les moins sensibles.



1 grille de 5 mailles par face

x

4 faces par arbre

x

5 arbres par station

=

**Estimation de
l'abondance d'un groupe
de lichens : $x/100$**





Espèces cibles

L'IECP a engagé depuis 2018 une biosurveillance lichénique complète sur le territoire de la MAMP. Sur les 51 sites d'études, l'IECP recense entre 8 et 30 espèces par site en fonction de leur localisation (rurale, industrielle, ...) avec une moyenne de 19 espèces par site [4,5,7] et un total sur l'ensemble du territoire métropolitain de 63 espèces répertoriées. Dans le monde il existe environ 20 000 espèces de lichens et 3 000 en France.

L'identification de ces espèces peut donc être longue et fastidieuse et nécessite du matériel scientifique coûteux.

Afin de rendre ce protocole accessible, et en complément de la reconnaissance, les 4 espèces cibles ont été sélectionnées en fonction de leur sensibilité à la pollution atmosphérique et de leur représentativité sur le territoire.

Trois des espèces ciblées sont des lichens de type foliacés avec une sensibilité différente à la pollution : *Xanthoria parietina* est nitrophile, c'est à dire tolérante à une atmosphère riche en azote [9], considérée comme peu sensible à la pollution atmosphérique, tout comme *Physcia biziana* mais elle est cependant moins nitrophile et *Flavoparmelia sp.*, sensible à la pollution atmosphérique. La dernière espèce est *Ramalina sp.* un lichen de type fruticuleux considéré comme très sensible à la pollution atmosphérique.

Sensibilité à la pollution atmosphérique →			
			
<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Physcia biziana</i>	<i>Flavoparmelia sp.</i>	<i>Ramalina sp.</i>
<input checked="" type="checkbox"/> Lumière	<input checked="" type="checkbox"/> Lumière	<input checked="" type="checkbox"/> Lumière	<input checked="" type="checkbox"/> Lumière
<input type="checkbox"/> Humidité	<input type="checkbox"/> Humidité	<input checked="" type="checkbox"/> Humidité	<input checked="" type="checkbox"/> Humidité
<input checked="" type="checkbox"/> Azote	<input type="checkbox"/> Azote	<input type="checkbox"/> Azote	<input type="checkbox"/> Azote
<input checked="" type="checkbox"/> Pollution	<input checked="" type="checkbox"/> Pollution	<input type="checkbox"/> Pollution	<input type="checkbox"/> Pollution

Résultats du réseau VOCE

Les résultats présentés ici concernent l'ensemble des stations réalisées en **2023** par les volontaires composant le réseau VOCE.

Ce dispositif s'étend sur le département des Bouches-du-Rhône, et plus particulièrement sur les communes de la MAMP. Au cours de l'année 2023, les volontaires du réseau VOCE se sont déployés sur 6 stations pour la réalisation des relevés lichéniques (**Figure 1**). Ainsi, un relevé a été effectué à Saint-Chamas (station #3), deux à Saint-Martin-de-Crau (stations #8 et #24), un au Paradou (station #23), un relevé à Septèmes-les-Vallons (station #13) et enfin un relevé à Marseille (station #27).

Deux stations témoins sont également prises en compte afin de pouvoir les comparer avec les résultats obtenus par le réseau VOCE. Il s'agit, d'une part, d'une station située dans la zone industrialo-portuaire (ZIP) de Fos, au Caban, utilisée comme témoin d'impact fort (dit «positif»). Et, d'autre part, une station localisée à proximité de Grans, dans une zone forestière qui constitue notre témoin peu exposé (dit «négatif»), du fait de son éloignement de la ZIP de Fos et de toutes autres sources anthropiques de contamination (routière, urbaine ou industrielle).

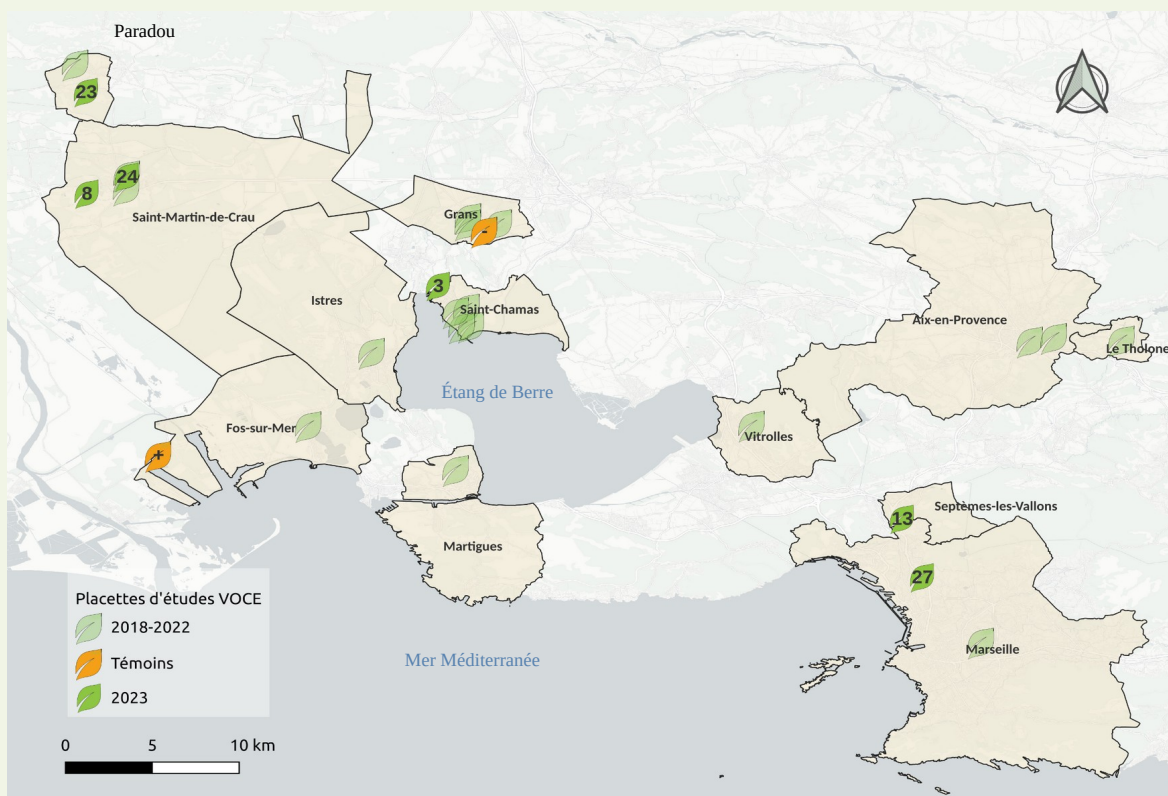


Figure 1 : Cartographie des placettes « VOCE Lichen » depuis 2018



Résultats - Morphologies

La première étape du protocole d'observations permet de mesurer et de comparer la fréquence des différentes morphologies des lichens sur les placettes d'études (**Figure 2**). Les lichens **fruticuleux** sont présents uniquement à Saint-Chamas (#3), Septèmes-les-Vallons (#13), ainsi que la station témoin « - ». Pour ce groupe, une fréquence d'apparition moyenne sur l'ensemble des stations de 0,08 est relevée, avec des valeurs comprises entre 0 et 0,52, la plus forte fréquence étant relevée sur la station témoin « - » située à Grans. Cela met en évidence une meilleure qualité de l'air dans ces zones, situées dans la partie Nord-Est et Est du territoire et éloignées de sources d'émissions industrielles des sites de Fos-sur-Mer.

Alors que les lichens **foliacés** sont présents sur l'ensemble des sites, les crustacés sont présents dans 4 des 6 placettes étudiées (ainsi que sur les 2 stations témoins). Les lichens **foliacés** sont les lichens les plus abondants sur l'ensemble des stations avec une abondance moyenne de 0,84. Cette abondance varie de 0,7 pour la station #24 à Saint-Martin-de-Crau à 1 pour la placette #13 à Septèmes-les-Vallons.

Les lichens **crustacés** des stations de Saint-Chamas (station #3), de Septèmes (station #13), de Saint-Martin-de-Crau (station #24) et de Marseille (station #27) et des témoins « - » et « + » sont relevés avec une abondance moyenne de 0,5. L'abondance maximum étant atteinte à la placette #3 (Saint-Chamas) avec une valeur de 0,99.



Fruticuleux



Foliacés



Crustacés

Plus résistants à la pollution de l'air, les lichens crustacés restent fréquemment rencontrés en milieu urbain.

Ainsi, les lichens de morphologie foliacée sont majoritaires sur un grand nombre de stations comme observé dans les relevés complets de biodiversité effectués par l'Institut Ecocitoyen [5] ou dans de nombreux travaux sur les communautés lichéniques observées en France [8]. En effet, les thalles foliacés présentent un pouvoir de dispersion plus efficace, et une croissance plus rapide pouvant expliquer cette forte représentation sur les différentes stations. Une vision plus détaillée des espèces présentes apportera des précisions sur ces aspects.

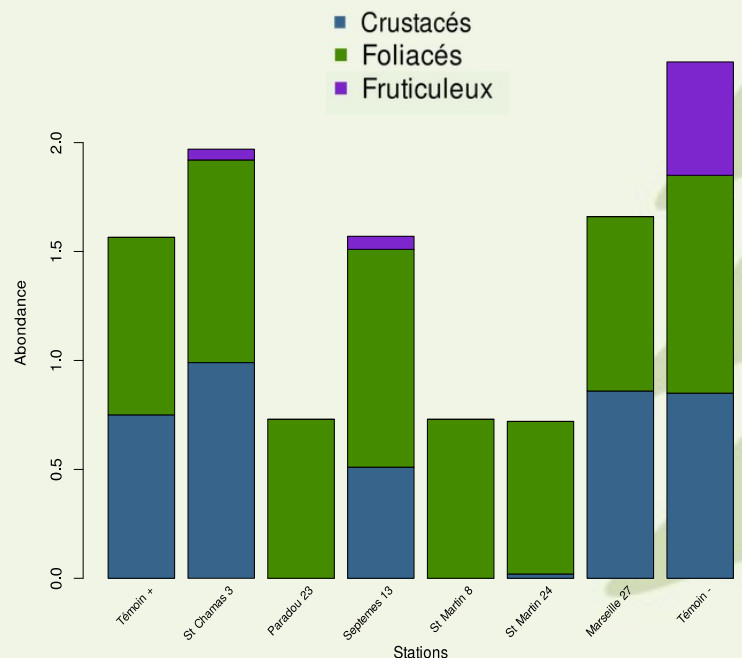


Figure 2 : Fréquence des différents types de lichens : crustacés, foliacés et fruticuleux observés par les volontaires en 2023

Résultats – Diversité des espèces



Xanthoria parietina



Physcia biziana



Flavoparmelia sp.



Ramalina sp.

Pour la diversité des quatre espèces lichéniques identifiées dans le protocole (**Figure 3**), les résultats affichent une présence régulière de *Xanthoria parietina* (présente en moyenne dans 50 % des mailles relevées), espèce la plus tolérante à la pollution atmosphérique des 4 espèces sélectionnées. Alors qu'elle est peu rencontrée sur la station témoin « - », celle-ci se trouve sur toutes les stations relevées par les volontaires, avec des fréquences d'apparition de 0,29 (station #24) à près de 0,81 (station #13). Cette espèce nitrophile est très répandue en milieu agricole et urbain en région méditerranéenne.

L'espèce *Physcia biziana*, aussi toxitolérante mais moins nitrophile que *Xanthoria parietina*, est tout autant répandue puisqu'elle est également très observée et est relevée en moyenne sur l'ensemble des sites dans 48 % des mailles observées. La fréquence moyenne sur ces 6 placettes est de 0,62 avec des valeurs allant de 0,02 pour la station témoin « - » à 0,89 pour la station #13 à Septèmes les Vallons.

Flavoparmelia sp., la plus sensible à la pollution de l'air des espèces foliacées sélectionnées, avec une fréquence moyenne de 0,18 est signalée sur 3 stations en plus de notre station témoin « - » où elle est largement abondante ($f = 0,75$). À Septèmes-les-Vallons (#13) où sa fréquence est de 0,31, à Saint-Martin (#24) avec une fréquence de 0,33 et à Paradou #23 où la fréquence est de 0,03.

Ramalina sp. est un lichen fruticuleux, considéré comme l'espèce la plus sensible à la pollution de l'air dans ce protocole. Cette espèce est présente cette année sur 2 stations et la station témoin « - ». La présence de cette espèce témoigne d'une bonne qualité de l'air sur ces stations situées au niveau du parc de la Poudrerie (station #3) à Saint-Chamas ainsi que sur une zone péri-urbaine située à Septèmes-les-Vallons (station #13). Les fréquences sur ces deux placettes sont de 0,06 tandis qu'elle atteint 0,3 sur le témoin « - ». Ainsi, ces résultats mettent en évidence une meilleure qualité de l'air sur les zones agricoles et péri-urbaine par rapport aux stations urbaines ou industrielles. Excepté le témoin « - », à noter la forte représentation des espèces nitrophiles (*X. parietina* et *P. biziana*) sur l'ensemble du territoire qui renvoie à la problématique des pollutions azotées sur les territoires anthropisés notamment liées aux transports, à l'agriculture et à l'industrie.

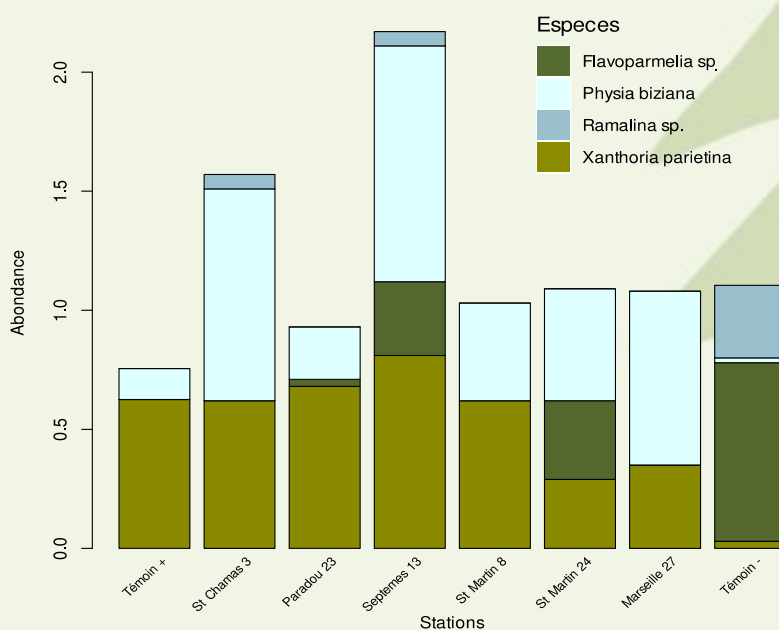






Figure 3 : Fréquence des différentes espèces de lichens : *Xanthoria parietina*, *Flavoparmelia sp.*, *Physcia biziana* et *Ramalina sp.* observées par les volontaires en 2023.

Résultats - Évolution temporelle des types de lichens

Pour le suivi temporel trois types de lichens sont dans le protocole (**Figure 4**), les résultats affichent une relative stabilité de leur abondance (crustacés, foliacés et fruticuleux) sur l'ensemble des stations suivies entre 2018 et 2023, à savoir :

-  La station #3 de Saint-Chamas.
-  Les stations #8 et #24 de Saint-Martin-de-Crau.
-  La station #23 de Paradou.
-  La station #13 à Septèmes-les-Vallons.

Paradou et Saint-Martin de Crau : pour les stations #8, #23 et #24 seuls les lichens foliacés sont présents depuis 2022 avec une tendance légère à l'augmentation de l'abondance de ce type de lichen sur les 3 stations. Il est à noter que l'observation de crustacés en 2023 sur la station #24 est en très faible abondance, à suivre et confirmer dans le temps. Aucun lichen fruticuleux n'a été observé depuis 2018 sur ces stations. Ces évolutions semblent mettre en évidence une faible évolution de la communauté lichénique par les facteurs environnementaux sur ces trois stations.

Saint-Chamas : l'abondance des crustacés et foliacés est stable depuis 2018. En revanche l'abondance des lichens fruticuleux a doublé depuis 2018 (de 0,03 en 2018 à 0,06 depuis 2021).

L'apparition et la présence et le développement de lichens fruticuleux indique la possibilité d'une qualité de l'air en légère amélioration dans cette zone, à confirmer dans le temps si les lichens fruticuleux poursuivent leur développement.

Septèmes-les-Vallons : l'abondance des lichens de type crustacés varie au cours du temps, en 2019 elle était de 0,38 puis 0,77 en 2020 avec une chute de l'abondance en 2021 à 0,23 pour se stabiliser depuis 2022 aux alentours de 0,5. Cette variabilité pourrait être due à la difficulté à repérer ce type de lichen et pourrait justifier un suivi accompagné des agents de l'IECP pour confirmer leur abondance. L'abondance des lichens foliacés est restée stable dans le temps et varie de 0,79 (2019) à 1 (2023), ils sont ainsi présents dans toutes les mailles relevés et ont atteint un niveau d'abondance maximal. L'abondance des lichens fruticuleux a été multipliée par 6 sur cette station (0,01 en 2019 à 0,06 en 2023) mais reste faible au regard des autres morphologies. Cette évolution des lichens fruticuleux mais aussi foliacés sur cette station semble mettre en évidence une flore lichénique abondante et l'installation pérenne de population de fruticuleux sur ce site pouvant indiquer une amélioration sur le long terme de la qualité de l'air. Ces résultats confirment les tendances de 2022, l'évolution plutôt positive des communautés de lichens et particulièrement du type fruticuleux est un bon signe pour l'amélioration de la qualité de l'air. La cohérence et la répétition des résultats dans le temps indiquent également une bonne fiabilité des observations.

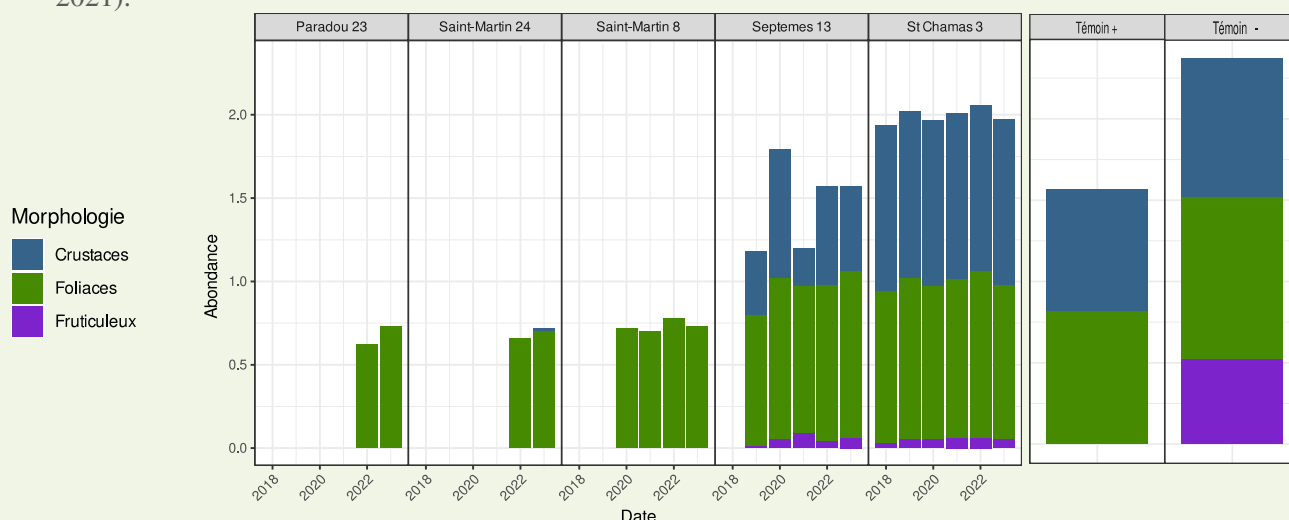


Figure 4 : Fréquence des différentes espèces de lichens : *Xanthoria parietina*, *Flavoparmelia* sp., *Physcia biziana* et *Ramalina* sp. observées par les volontaires sur 5 placettes depuis 2018.



Résultats - Évolution temporelle des espèces de lichens

Le suivi temporel de la diversité des quatre espèces lichéniques identifiées dans le protocole (**Figure 5**) affiche une relative stabilité des résultats sur l'ensemble des stations suivies entre 2018 et 2023.

Saint-Chamas : les espèces nitrophiles sont largement majoritaires sur cette placette. Alors que *Physcia biziana* est resté stable au cours du temps, l'abondance de *Xanthoria parietina* a légèrement diminué depuis 2019 (de 0,77 à 0,62 en 2023). Malgré des niveaux relativement faibles, l'abondance de *Ramalina sp.* a doublé en 4 ans (de 0,03 en 2019 à 0,06 en 2023) et semble indiquer, comme observer précédemment sur ce secteur, une possible amélioration de la qualité de l'air.

Paradou : l'abondance des deux espèces de lichens foliacés, *Xanthoria parietina* et *Physcia biziana*, est stable au cours du temps (moyenne de 0,65 et 0,25 respectivement). En 2023 *Flavoparmelia sp.* a été observée pour la première fois avec une abondance de 0,03. L'installation de cette espèce sensible à la pollution atmosphérique semble attester de l'amélioration de la qualité de l'air dans ce secteur, à suivre son évolution dans le temps.

Saint-Martin-de-Crau : l'évolution de l'espèce *Xanthoria parietina* sur ces deux stations est différente, à la station #8 sa fréquence a presque doublé (0,37 en 2020 à 0,62 en 2023) tandis qu'à la station #24 elle a diminué de moitié (0,58 en 2020 à 0,29 en 2023). Ces évolutions spécifiques sur chacune des placettes pourraient expliquer une influence d'un facteur naturel (météo...) ou anthropique (travaux, incendie, trafic, ...) très localisé sur la placette #24. Pour l'espèce *Physcia biziana*, cette variation sur les deux stations est moindre et les valeurs d'abondances moyennes sont presque similaires (0,42 pour la station #8 et 0,51 pour la station #24). L'espèce *Flavoparmelia sp.* a été observée pour la première fois sur la station #24 en 2023 à des niveaux d'abondance relativement élevés (0,33 d'abondance). Les variations d'abondance de *Xanthoria parietina* et *Flavoparmelia sp.* sur la placette #24 sont importantes et pourraient justifier un déplacement des agents de l'Institut pour validation.

Septèmes-les-Vallons : Toutes les espèces de lichens sont présentes sur cette station depuis 2019. L'abondance de toutes les espèces de foliacés ciblées a augmenté avec le temps (+0,2 pour *Xanthoria parietina* et *Physcia biziana* et +0,02 pour *Flavoparmelia sp.* entre 2019 et 2023) et l'abondance de *Ramalina sp.* est 6 fois plus élevée en 2023 qu'en 2019 (0,01 à 0,06). Ces évolutions positives de l'abondance de l'ensemble de ces espèces mettent en avant une amélioration de la qualité de l'air facilitant le développement et le maintien de la flore lichénique diversifiée.



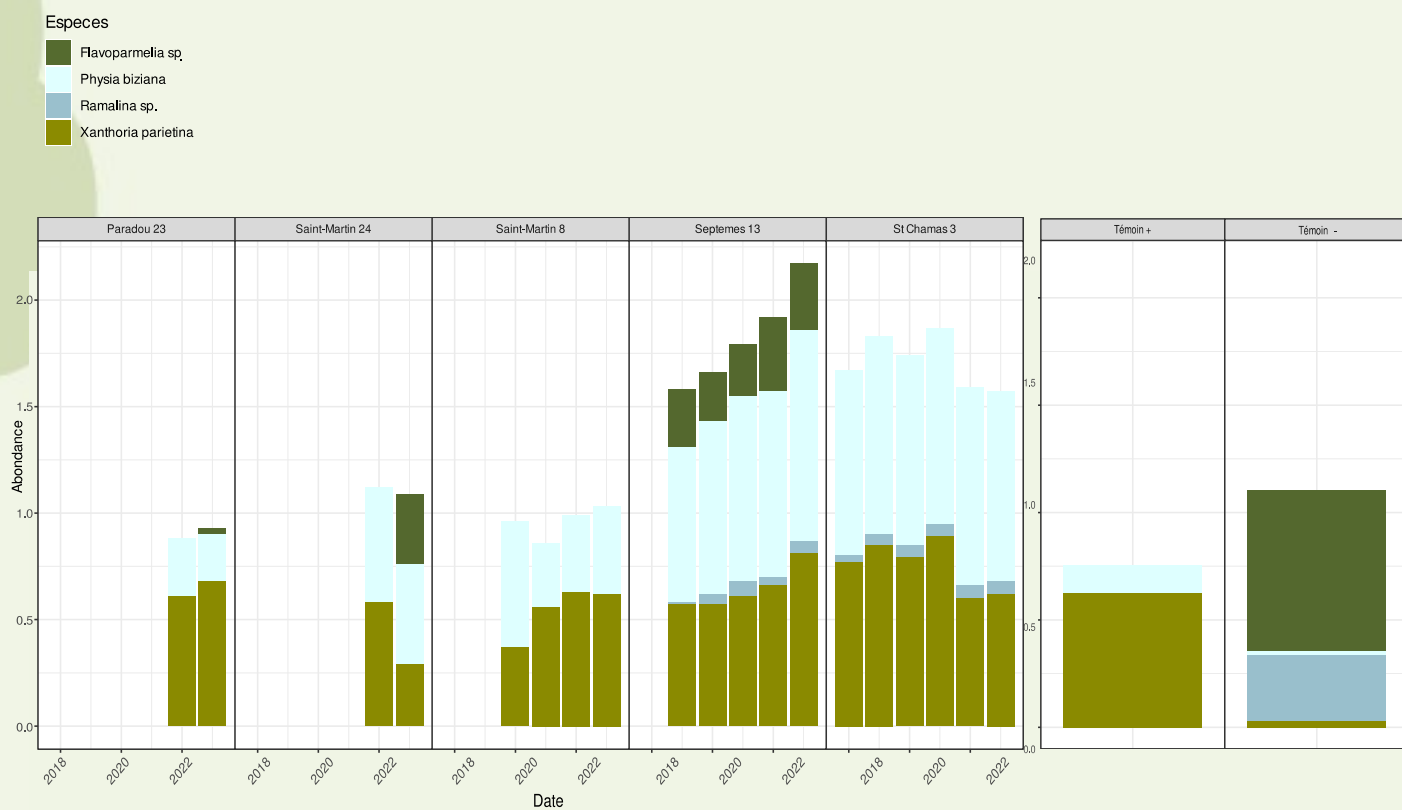


Figure 5 : Fréquence des différentes espèces de lichens : *Xanthoria parietina*, *Flavoparmelia* sp., *Physcia biziana* et *Ramalina* sp. observées par les volontaires sur 5 placettes depuis 2018.



Conclusion

Ces résultats, représentant la répartition des types de lichens et des 4 espèces indicatrices, permettent d'évaluer la qualité de l'air sur les différentes stations d'études.

Une qualité de l'air médiocre est ainsi relevée à la station témoin « + » située à Fos-sur-Mer et impactée par les émissions industrielles. Sur cette station, les lichens crustacés sont dominants et seules 2 des espèces indicatrices suivies sont observées, *Xanthoria parietina* et *Physcia biziana*, considérée comme toxitolérantes et nitrophiles.

Les stations rurales et péri-urbaines de Saint-Chamas et Septèmes-les-Vallons, moins exposées aux émissions industrielles et routières, révèlent la plus grande diversité et la plus importante proportion de foliacées et de fruticuleux, bien représentées par les espèces sensibles *Ramalina sp.* et *Flavoparmelia sp.*

À Saint-Martin-de-Crau et Paradou, seuls les lichens foliacés sont observés. L'évolution des abondances et l'installation de *Flavoparmelia sp.* atteignant une abondance relativement élevée doivent être confirmées par l'équipe de l'Institut et suivies dans le temps.

La station de Marseille #27 montre des résultats comparables à Saint-Martin-de-Crau en 2023 avec une abondance importante des lichens foliacés nitrophiles. Ce résultat appuie l'influence des activités agricoles, urbaines et du transport sur les niveaux atmosphériques de pollution azoté sur l'installation et la diversité de la flore lichénique.

Depuis le lancement du programme VOCE Lichens, 27 stations ont été intégrées au réseau VOCE de suivi de la diversité lichénique avec la participation de 21 citoyens volontaires ainsi que des élèves du Master MAEVA (AMU). Aujourd'hui, 4 de ces placettes présentent un suivi sur plusieurs années permettant d'évaluer l'évolution de la diversité, des cortèges lichéniques et d'en déduire ainsi l'évolution de la

qualité de l'air. Nous espérons que les 11 personnes formées en 2023 nous apporteront de nouvelles données qui nous permettront d'en apprendre d'avantage sur l'évolution de la qualité de l'air de notre territoire.

Depuis le lancement du programme VOCE Lichens, 27 stations ont été intégrées au réseau VOCE de suivi de la diversité lichénique avec la participation de 21 citoyens volontaires ainsi que des élèves du Master MAEVA (AMU). Aujourd'hui, 4 de ces placettes présentent un suivi sur plusieurs années permettant d'évaluer l'évolution de la diversité, des cortèges lichéniques et d'en déduire ainsi l'évolution de la qualité de l'air. Nous espérons que les 11 personnes formées en 2023 nous apporteront de nouvelles données qui nous permettront d'en apprendre d'avantage sur l'évolution de la qualité de l'air de notre territoire.

- [1] Haluwyn, D. V., & Lerond, M. (1993). Guide des lichens. Editions Lechevalier.
- [2] Conti, M. E., & Cecchetti, G. (2001). Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment—a review. *Environmental pollution*, 114(3), 471-492.
- [3] Augusto, S., Máguas, C., & Branquinho, C. (2009). Understanding the performance of different lichen species as biomonitors of atmospheric dioxins and furans: potential for intercalibration. *Ecotoxicology*, 18(8), 1036-1042.
- [4] Ratier, A., Dron, J., Revenko, G., Austruy, A., Dauphin, C.E., Chaspoul, F., Wafo, E. (2018). Characterization of atmospheric emission sources in lichen from metal and organic contaminant patterns. *Environmental Science Pollution Research*, 25, 8364–8376. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-1173-x>
- [5] Dron, J., Austruy, A., Agnan, Y., Ratier, A., & Chamaret, P. (2016). Utilisation de la biosurveillance lichénique sur la zone industrialo-portuaire de Fos-sur-Mer: retour sur trois ans de suivi à l'échelle d'un territoire intercommunal. *Pollution atmosphérique*, 228, 2268-3798.
- [6] Dauphin, C. E., Dron, J., Austruy, A., Agnan, Y., Granier, V., & Chamaret, P. (2018). Participation de citoyens volontaires de la population locale dans les mesures de la qualité de l'air autour de la zone industrielle de Fos-sur-Mer. *Pollution atmosphérique*, 236, 2268-3798. <https://doi.org/10.4267/pollution-atmospherique.6502>
- [7] Austruy, A. (2022). EVALVIE : Evaluation de la vulnérabilité environnementale et sanitaire des territoires – Rapport d'avancement n°1. Institut Écocitoyen pour la Connaissance des Pollutions, 44 p..
- [8] Coste C. (2011) - Écologie et fonctionnement des communautés lichéniques saxicoles-hydrophiles. Thèse de l'Université Paul Sabatier - Toulouse III, 140 p.
- [9] Agnan, Y., Séjalon-Delmas, N., & Probst, A. (2013). Comparing early twentieth century and present-day atmospheric pollution in SW France: a story of lichens. *Environmental Pollution*, 172, 139-148.