

Biosurveillance
atmosphérique
des pourtours
du golfe de Fos et
de l'étang de Berre

2022

- LICHENS -



Marine Périot

marine.periot@institut-ecocitoyen.fr

04 90 55 40 40 / 07 63 01 82 92

Institut Ecocitoyen pour la Connaissance des Pollutions

RD268 - Centre de vie la Fossette - 13270 Fos-sur-Mer 04.90.55.49.94 – www.institut-ecocitoyen.fr

Remerciements

L'Institut Écocitoyen tient à remercier les volontaires du réseau VOCE Lichens et tout particulièrement Mme Spsychala, Mme Henry, Mme Pennec, Mme Dor ainsi que Mme Bianchi, qui ont donné de leur temps pour effectuer ces relevés au cours de l'année 2022.



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 modifications 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. Relevés lichéniques 2022 du réseau VOCE. Institut Écocitoyen pour la Connaissance des Pollutions, 2023.

DIVERSITÉ LICHÉNIQUE OBSERVATOIRE CITOYEN

Le projet des Volontaires pour l'Observation Citoyenne de l'Environnement (VOCE), mis en place par l'Institut Écocitoyen pour la Connaissance des Pollutions (IECP), consiste à faire participer des volontaires à l'acquisition de données environnementales. Afin de réaliser un suivi citoyen de la pollution de l'air sur le territoire de la Métropole Aix-Marseille-Provence, l'Institut Ecocitoyen propose d'observer un groupe d'organismes sensibles aux polluants atmosphériques : les lichens.

I. Contexte et objectifs

I.1. Observatoire Citoyen de l'Environnement (VOCE)

L'Institut Ecocitoyen a fondé en 2010 l'Observatoire Citoyen de l'Environnement (VOCE) avec le soutien du Ministère en charge de l'Ecologie 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. La formation scientifique des volontaires, la logistique et l'appui à la réalisation des protocoles de mesure, ainsi que l'interprétation des résultats sont assurés par l'Observatoire. L'intérêt mutuel est ainsi de répondre à un questionnement précis à l'aide de nos connaissances scientifiques en façonnant des études scientifiques d'une ampleur multipliée par l'intervention des volontaires. Il s'agit donc de constituer un groupe de volontaires à l'interface du territoire, des décideurs et du monde scientifique, qui sera une chaîne de transmission efficace de l'information aux populations riveraines, mais également de positionner les habitants dans une posture participative aux grands questionnements de santé environnementale.

I.2. Biosurveillance lichénique

1 Qu'est ce qu'un Lichen ?

Les lichens sont des organismes vivant 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 (CO₂), 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**.

Chaque espèce lichénique est adaptée à un milieu de vie plus ou moins contraignant. Les principales caractéristiques favorisant son installation sont le support (Figure 1 : tronc d'arbre, roche, sol ...), le climat (température, humidité, ensoleillement...) et la géographie (altitude, proximité du littoral...). Dans chaque cas, une terminologie spécifique est utilisée.



Saxicole (sur les roches)



Corticole (sur les arbres)



Terricole (sur le sol)

Figure 1 : Les différents lichens et leurs supports

La forme des lichens est essentiellement basée sur le champignon.

Plusieurs morphologies sont connues : **crustacées**, **foliacées** et **fruticuleuses** (Figure 2).



Thalles crustacés



Thalles foliacés



Thalles fruticuleux

Figure 2 : Les différents types de lichens corticoles

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 et des rhizines (filaments servant à la fixation du lichen) sur la face inférieure. L'ensemble de ces caractères morphologiques, ainsi que la couleur et la taille du thalle, permettent de déterminer les espèces de lichens.

2 Objectifs de la biosurveillance lichénique

Les lichens présentent des caractères biologiques particuliers comme l'absence de racines, l'absence de couche de protection ou une activité quasi permanente. Ils sont donc dépendants de l'atmosphère et de sa composition, **ce qui les rend sensibles à la pollution de l'air** (Van Haluwyn et Lerond, 1993 ; Conti et Cecchetti, 2001; Augusto et al., 2009). En milieu anthropisé (villes, zones industrielles, ...), l'atmosphère transporte de nombreux **polluants** de natures diverses (métaux, composés organiques, particules, ...). Les mesures instrumentales de ces polluants sont souvent complexes et coûteuses. C'est pourquoi, il est utile de s'intéresser à la **biosurveillance** (surveillance biologique) qui consiste à étudier les organismes vivants pour évaluer la qualité de leur milieu de vie. De part leurs caractères biologiques, les lichens sont de bons candidats pour évaluer l'altération de la qualité de l'air.

L'Institut Écocitoyen réalise depuis 2011 sur le territoire métropolitain un suivi de la qualité de l'air à partir de la biosurveillance lichénique et suivant deux méthodes :

- La **bioaccumulation** : mesure des polluants accumulés dans les tissus biologiques du lichen (Ratier et al., 2018).
- La **bioindication** : recensement des différentes espèces plus ou moins sensibles sur un site donné (Dron et al, 2016).

Connaissant la sensibilité de chaque espèce de lichens, il devient possible, par la bioindication, d'évaluer la qualité de l'air aux alentours de la zone étudiée. Cette méthode biologique est donc complémentaire aux mesures instrumentales qui peuvent être réalisées sur un site. L'action vise donc 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 Métropole Aix-Marseille-Provence ainsi que sur plusieurs communes des Bouches-du-Rhône en impliquant directement les habitants dans une action d'observations scientifiques.

Les principales étapes sont de :

- Faire bénéficier les citoyens volontaires d'une formation scientifique conçue pour être accessible à tous, sans condition de connaissances préalables.
- Mettre en place et pérenniser un dispositif de biosurveillance de la qualité de l'air sur l'ensemble du territoire.
- Permettre aux citoyens de s'approprier cette connaissance afin qu'ils réalisent directement le suivi.

II. Mise en place du dispositif d'observations citoyennes

Un protocole de science participative est mis en œuvre depuis 2018 pour le suivi de la diversité lichénique par les citoyens volontaires. Ce protocole, proposé par l'Institut Écocitoyen, a été adapté à l'observation citoyenne, afin de pouvoir être réalisable par les volontaires, sans faire appel au matériel scientifique utilisé habituellement pour les déterminations d'espèces (microscope, loupe binoculaire, produits chimiques, ...). La méthodologie développée fournit des résultats exploitables avec une rigueur scientifique satisfaisante (Dauphin et al., 2018).

La méthode consiste à mesurer la présence et la fréquence d'un nombre réduit d'espèces. Pour se faire, les volontaires réalisent le relevé de diversité sur les quatre faces de cinq arbres avec une grille d'observations, composée de cinq mailles de 10 x 10 cm superposées verticalement (Figure 3). Ce protocole d'observations se divise en deux parties bien distinctes :

- La première consiste à identifier la présence et l'absence des différents types de lichens (crustacés, foliacés et fruticuleux) sans identification des espèces (Figure 2).
- La deuxième partie concerne l'identification de quatre espèces de lichens sélectionnées au préalable en fonction de leurs caractères morphologiques facilement reconnaissables, de leur présence dans cette zone d'étude et de leur sensibilité à la pollution atmosphérique (Tableau 1).

Pour déterminer la fréquence de chaque espèce, les volontaires notent la présence ou l'absence de ces lichens dans les différentes mailles de la grille d'observations disposée à 1 m de hauteur sur chaque face des arbres échantillonnés. Cette fréquence est définie par des valeurs allant de 0 (espèce absente) à 5 (espèce présente dans toutes les mailles) pour chacune des faces des cinq arbres composant la station d'observations. Ce protocole est répété sur les 5 mailles de la grille, sur les 4 faces de l'arbre et sur 5 arbres par station ($5 \times 4 \times 5 = 100$ mailles).

La fréquence de chaque espèce et type lichénique est ainsi calculée à partir du nombre de mailles X où ils ont été identifiés, parmi un total de 100 mailles observées.

$$F(\text{lichen}) = \frac{X}{100}$$

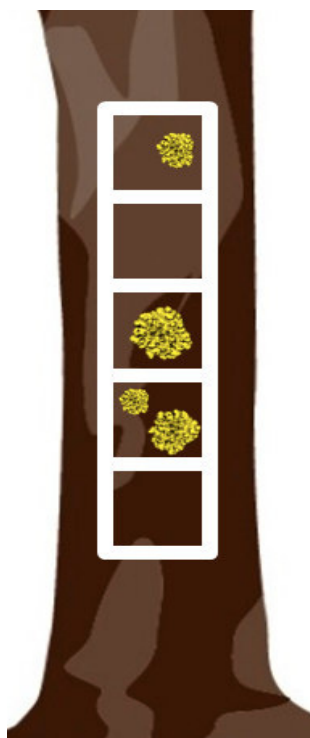






Figure 3: Schéma de la grille d'observations des lichens pour la biosurveillance de la qualité de l'air

Ces relevés lichéniques citoyens nous permettent 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 (Tableau 1). L'observation de ces trois morphologies, ajoutée à la fréquence des quatre espèces de lichens, sont des données nous apportant d'une part, une vision générale et une comparaison de la diversité lichénique des différentes placettes réparties sur le territoire métropolitain. D'autre part, ces relevés permettent aussi un suivi dans le temps de l'évolution lichénique de ces placettes.

Tableau 1 : Description et caractéristiques des espèces à identifier dans le cadre du protocole VOCE

Espèces	Type de thalles	Sensibilité à la pollution atmosphérique	Photographie
<i>Xanthoria parietina</i>	Foliacés	Faible	
<i>Phycia biziana</i>	Foliacés	Intermédiaire	
<i>Flavoparmelia sp.</i>	Foliacés	Forte	
<i>Ramalina sp.</i>	Fruticuleux	Forte	

III. Résultats

Les résultats présentés ici concernent l'ensemble des stations réalisées en 2022 par les volontaires composant le dispositif de biosurveillance lichénique, exploité par l'Institut Ecocitoyen. Ce dispositif s'étend sur le département des Bouches-du-Rhône, et plus particulièrement sur les communes de la Métropole Aix-Marseille-Provence. Au cours de l'année 2022, les volontaires du réseau VOCE se sont déployés sur 7 stations (Figure 4) pour la réalisation des relevés lichéniques (rond vert). Ainsi, 2 relevés ont été effectués à Saint-Chamas (stations #3 et #25), 2 à Saint-Martin-de-Crau (stations #8 et #24), 1 au Paradou (station #11), 1 à Septèmes-les-Vallons (station #13) et enfin 1 à Marseille (station #26). Le numéro des stations correspond aux placettes suivies depuis 2018 (Annexe 1).

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).

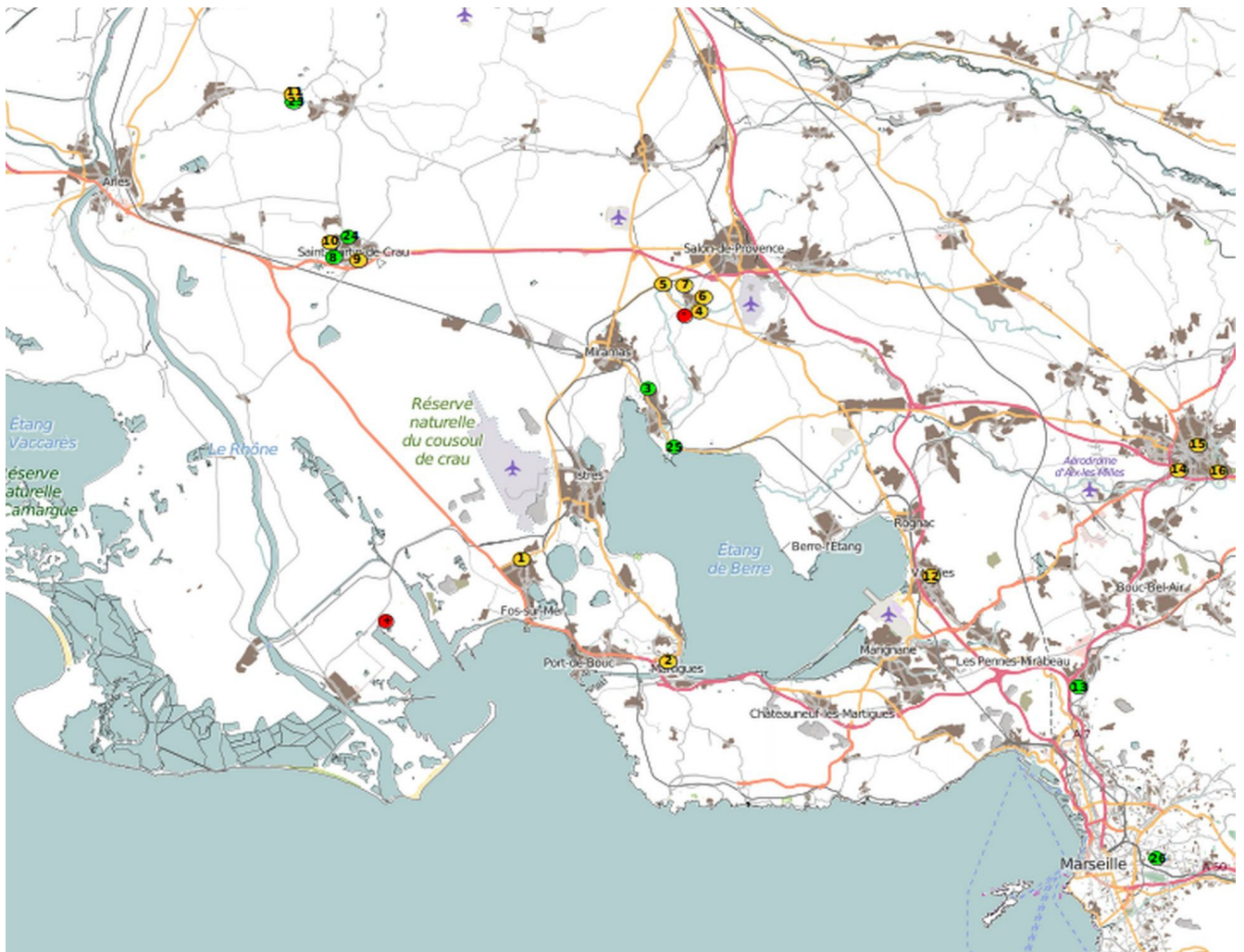


Figure 4 : Emplacement des placettes des citoyens volontaires (les placettes en rouges représentent les zones témoins « + » (exposées à une forte pollution atmosphérique) et « - » (zone peu exposée à la pollution atmosphérique), les placettes en vert sont celles réalisées en 2022 et celles en jaunes représentent les données comprises entre 2018 et 2021).

III.1. Diversité morphologique

La première étape du protocole d'observations permet de mesurer et de comparer la fréquence des différentes morphologies de lichens au sein de nos stations d'étude (Figure 5).

Dans toutes les stations, les lichens crustacés et foliacés sont présents, exceptés sur la station #8 de Saint-Martin-de-Crau, où seuls des foliacés ont été relevés. Notons la présence de lichens fruticuleux dans les deux stations de Saint-Chamas (#3 et #25), la station #13 de Septèmes, ainsi que la station « témoin - ». Pour ce groupe, une fréquence d'apparition moyenne sur l'ensemble des stations de 0,03 est relevée, elle est comprise entre 0 et 0.1, la plus forte fréquence étant relevée sur la station « témoin - ». Cela met en évidence une meilleure qualité de l'air dans ces zones, situées dans la partie Nord-Est et Est du territoire étudié et éloignées de sources d'émissions industrielles des sites de Fos-sur-mer. Les lichens foliacés sont, les lichens les plus représentés sur l'ensemble des stations suivies (fréquence moyenne sur l'ensemble des stations de 0,8). Il s'agit du seul groupe présent aux stations #8 et #24 toutes les deux localisées à Saint-Martin-de-Crau ainsi qu'aux stations #23 et #26, respectivement situées à Paradou et Marseille. Les lichens crustacés des stations de Saint-Chamas, de Septèmes et des « témoin - » et « + » sont relevés dans 73 % des mailles observées en moyenne et sont absents du site de Saint-Martin (station #8 et #24) ainsi qu'à Paradou (station #23) et Marseille (station #26).

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 (Dron et al., 2016) ou dans de nombreux travaux sur les communautés lichéniques observées en France (Costes, 2011). En effet, les thalles foliacés présentent un pouvoir de dispersion plus efficace, et une croissance plus rapide pouvant expliquer cette forte représentation des lichens foliacés sur les différentes stations. Une vision plus détaillée des espèces présentes apportera des précisions sur ces aspects (Figure 5).

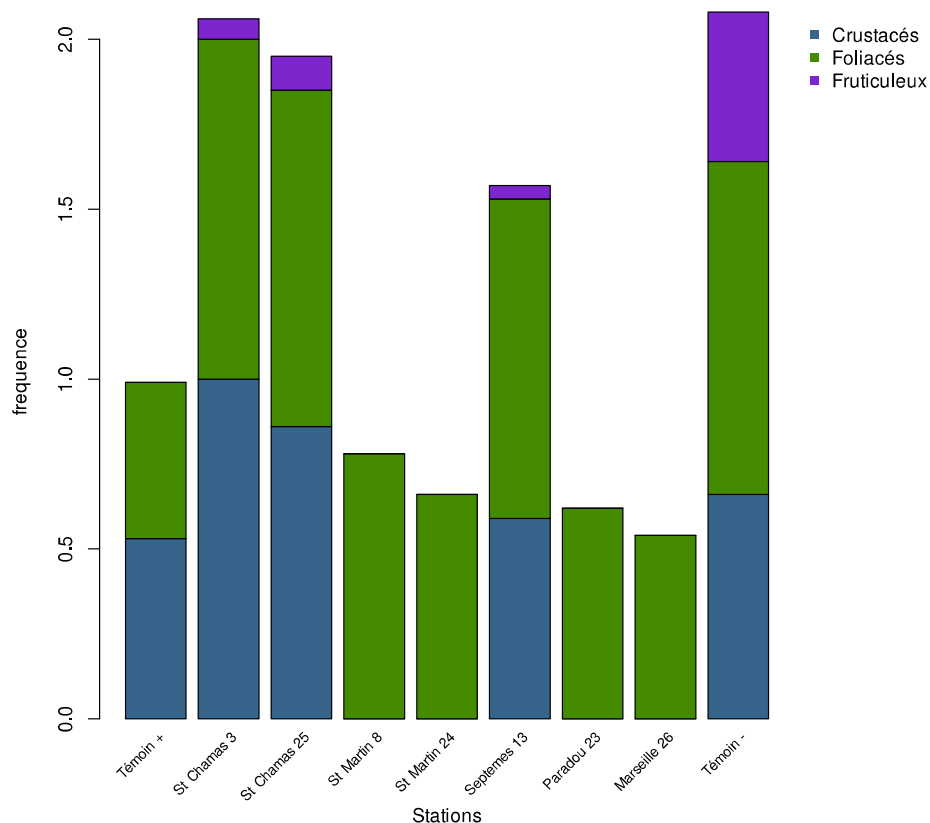


Figure 5 : Fréquence des différents types de lichens : crustacés, foliacés et fruticuleux observés par les volontaires en 2022.

III.2. Répartition des espèces lichéniques recherchées

Concernant la diversité des quatre espèces lichéniques identifiées dans le protocole (Tableau 1), les résultats (Figure 6) affichent une présence régulière de *Xanthoria parietina* (présente en moyenne dans 49 % 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 0,21 (station #26) à près de 0,66 (station #13). Cette espèce nitrophile, c'est-à-dire tolérante à une atmosphère et/ou un substrat riche en azote (Agnan, 2013), est très répandue en milieu agricole et urbain.

L'espèce *Physcia biziana*, présentant une plus faible tolérance à la pollution atmosphérique que *X. parietina*, est pourtant tout autant répandue puisqu'elle est également très observée parmi les espèces cibles, relevée en moyenne sur l'ensemble des sites dans 49 % des mailles observées. Elle est prépondérante sur 3 stations avec une fréquence proche de 0,9 (c'est-à-dire présente sur près de 90 % de mailles relevées), il s'agit de Saint-Chamas (stations #3 et #25) et de Septèmes-les-Vallons (station #13).

Flavoparmelia sp., la plus sensible à la pollution de l'air des espèces foliacées sélectionnées, est signalée sur 1 station (en plus de notre station témoin « - » où elle est largement abondante ($f=0,75$)), à Septèmes-les-Vallons (#13) où sa fréquence est de 0,35.

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 3 stations, avec une fréquence d'apparition supérieure à 0,1. 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) et de la petite Camargue (station #25) à Saint-Chamas ainsi que sur une zone péri-urbaine située à Septèmes-les-Vallons (station #13). La fréquence la plus élevée sur les placettes des volontaires est 0,1 (station #25), elle atteint 0,3 sur le « témoin - ».

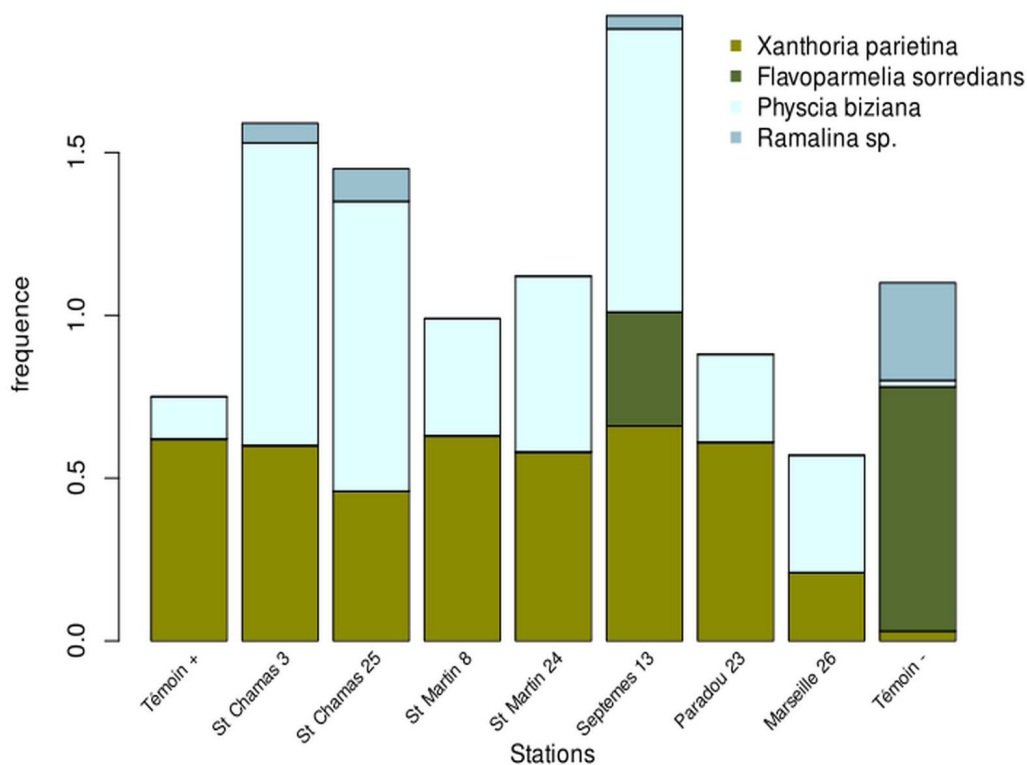


Figure 6 : Fréquence des différentes espèces de lichens du protocole VOCE : *Xanthoria parietina*, *Flavoparmelia sp.*, *Physcia biziana* et *Ramalina sp.* observées par les volontaires en 2022.

La répartition de ces espèces indicatrices (Figure 5) permet de mieux apprécier la qualité de l'air des différentes placettes d'étude. Cette année, le croisement de ces données avec la proportion des différents types de lichens permet de constater que la qualité de l'air sur plusieurs stations semble avoir un impact sur la communauté lichénique. En effet, la station « témoin + » est caractérisée par une absence d'espèces sensibles, telles que *Flavoparmelia sp.* et *Ramalina sp.*, une dominance de lichens type foliacés et en général une faible abondance lichénique (fréquence toujours inférieure à 0,6 quelle que soit l'espèce considérée). Cette station, située dans un environnement industriel direct, est exposée à des émissions anthropiques impactant le développement de la communauté lichénique. Les stations de Saint-Martin-de-Crau (station #8 et #24) ainsi que celles de Paradou (#23), pourtant en zone rurale, et de Marseille (#26) présentent des similitudes avec cette station, avec une absence d'espèces sensibles. Cependant, une abondance de lichens légèrement plus élevée est relevée notamment pour les foliacées (comprises entre 0,54 et 0,78).

Cette faible diversité sur les stations de Saint-Martin-de-Crau et de Paradou pourrait être la conséquence de l'impact des émissions agricoles et plus particulièrement des traitements phytosanitaires appliqués notamment dans l'arboriculture et le maraîchage très représentés dans ce secteur.

Les études de terrains plus complètes réalisées par l'Institut Ecocitoyen dans le cadre du projet EVALVIE qui a pour principal objectif de définir un indice de vulnérabilité environnementale et sanitaire des territoires notamment appliqué à la zone de Saint-Martin-de-Crau (ADEME 2021), montrent la même tendance avec une dominance des espèces foliacés (fréquences comprises entre 0,71 et 0,84) majoritairement représentés par *Xanthoria parietina* (fréquence moyenne de 0,80) par rapport aux lichens crustacés (comprises entre 0,15 et 0,29) et fruticuleux peu présents dans les relevés (seulement 2 espèces relevées mais pas l'espèce ciblée dans le protocole VOCE *Ramlina sp.*)(Austruy et al 2022). La suite de ces relevés pourront confirmer ou non cette tendance pour l'année 2023.

Ces relevés permettent de mettre en évidence une bonne qualité de l'air sur le reste des placettes d'observations qui sont elles plus rurales et éloignées des zones industrielles telle que Saint-Chamas. Sur la station de Septèmes-les-Vallons (#13), bien que proche d'une zone urbaine, l'ensemble des espèces indicatrices ont été relevées avec une abondance correcte et une bonne répartition des différents types de lichens.

Ainsi, les relevés effectués par les volontaires VOCE pour l'année 2022, présentent une diversité lichénique très hétérogène entre les stations mais reste globalement plus importante que celle relevée sur le « témoin + » situé dans la ZIP de Fos. Rappelons que la diversité lichénique du témoin « + » est l'une des plus faibles observées sur tout le territoire dans le cadre des travaux de l'Institut Ecocitoyen avec seulement 12 espèces relevées sur cette placette (Dron et al., 2016).

III.3. Variation temporelle de la diversité lichénique

Entre 2018 et 2022, 3 stations ont été réalisées au même endroit par les mêmes opérateurs. Il s'agit de la station #3 de Saint-Chamas située dans le parc de la Poudrerie, la station #8 de Saint-Martin-de-Crau et la station #13 localisée à Septèmes-les-Vallons.

Concernant le suivi des types lichéniques (Figure 7), les stations de Saint-Chamas (#13) et de Saint-Martin-de-Crau (#8) restent stables au cours du temps. A Septèmes-les-Vallons (#13), la fréquence des lichens crustacés ont augmenté entre 2021 et 2022 tandis que celle des fruticuleux a légèrement diminué pour revenir à des valeurs proches de celles de 2020. Ces évolutions semblent mettre en évidence une faible perturbation de la communauté lichénique par les facteurs environnementaux sur ces trois stations.

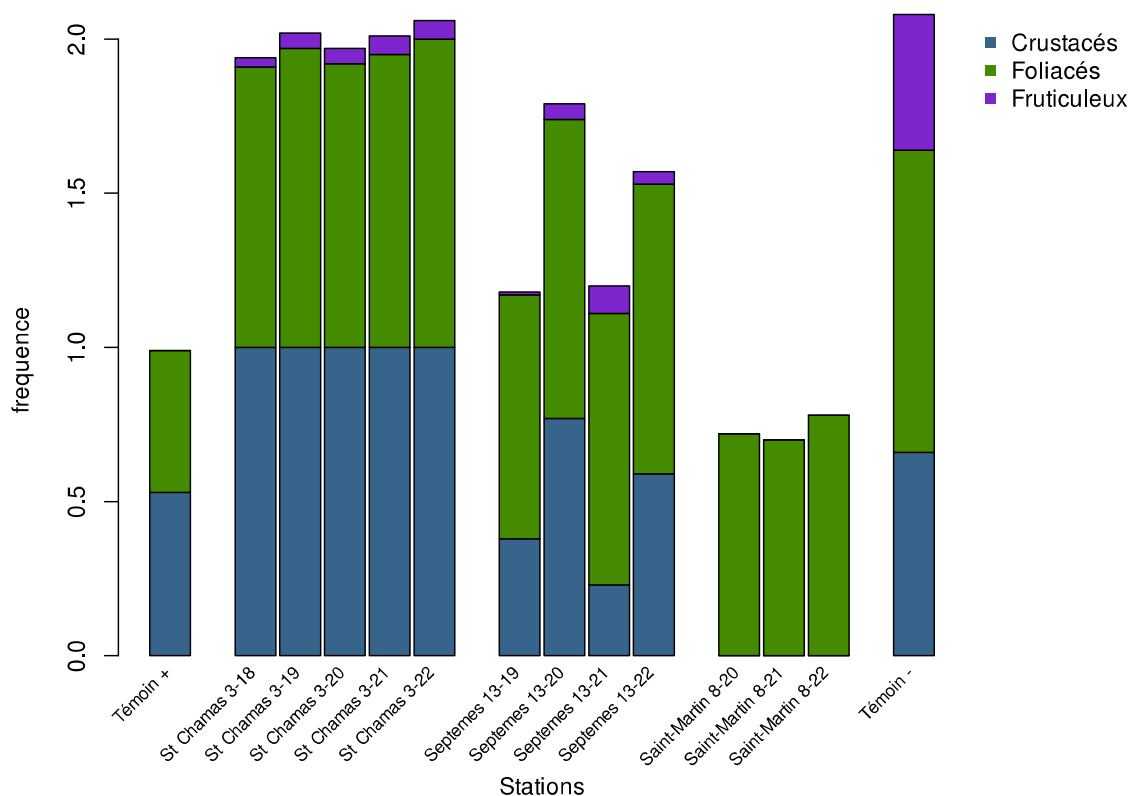


Figure 6 : Fréquence des différents types de lichens : crustacés, foliacés et fruticuleux observés par les volontaires de 2018 à 2022.

Concernant les 4 espèces suivies du protocole (Figure 7), une certaine stabilité dans l'abondance des différentes espèces rencontrées à Saint-Chamas (station #3) et Septèmes-les-Vallons (station #13) est relevée avec encore une fois depuis 2019 une légère tendance à la hausse des fréquences à Septèmes.

A Saint-Chamas, une baisse de la fréquence d'apparition de l'espèce *Xanthoria parietina* (de 0,89 en 2021 à 0,6 en 2022), espèce connue pour affectionner les milieux riches en azote est observée.

A Saint-Martin-de-Crau, on constate une légère augmentation (de 0,36 en 2021 à 0,54 en 2022) de l'espèce *Physcia biziana* légèrement sensible à la pollution de l'air. La fréquence de *Ramalina sp.* (espèce la plus sensible) est relativement stable depuis 2018-2019 aux stations où elle a été observée, c'est à dire à Saint-Chamas et Septèmes-les-Vallons, avec respectivement une fréquence de 0,06 et 0,04.

Ces résultats confirment les tendances de 2021 à la bonne qualité de l'air sur ces deux stations avec une flore lichénique équilibrée.

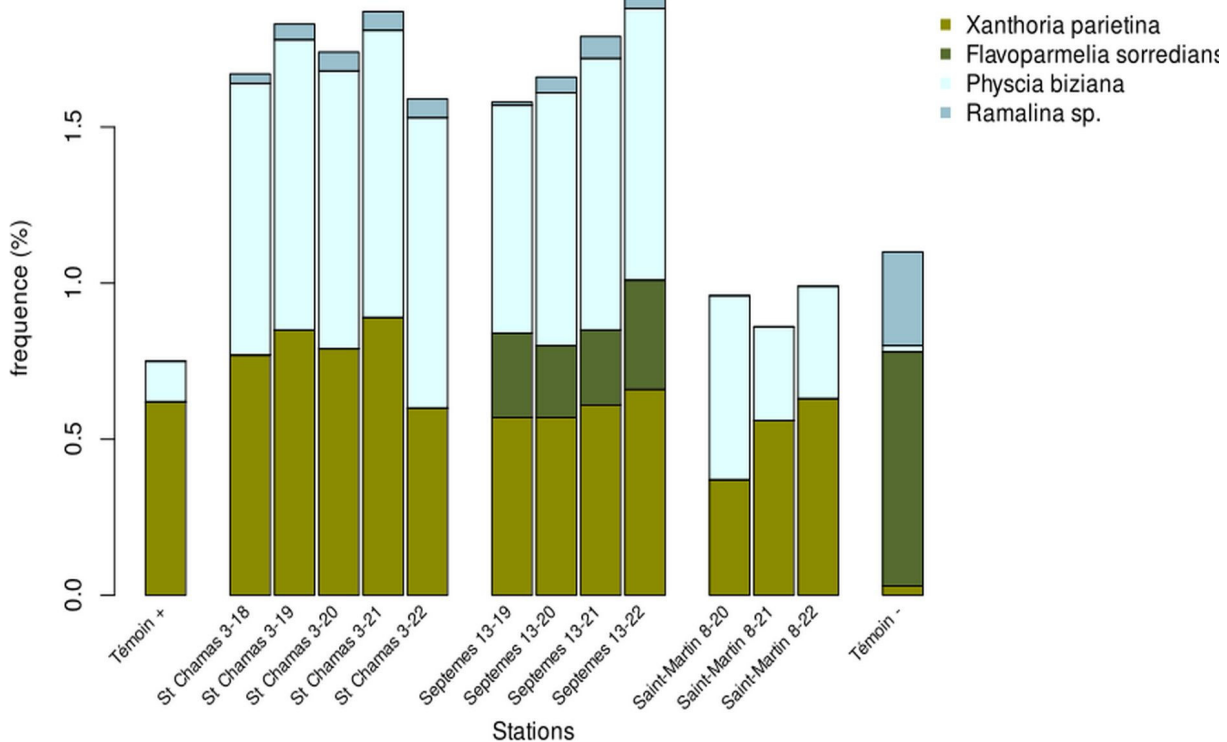


Figure 7 : Fréquence des différentes espèces de lichens suivies dans le protocole VOCE : *Xanthoria parietina*, *Flavoparmelia sp.*, *Physcia biziana* et *Ramalina sp.* observées par les volontaires de 2018 à 2022

IV. Conclusions

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'étude. Une mauvaise qualité de l'air 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*, peu sensibles aux polluants de l'air. 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.* A Saint-Martin-de-Crau, seuls les lichens foliacés et les deux espèces peu sensibles aux polluants sont observées. Ce secteur peut être impacté par l'activité agricole et l'utilisation de traitements phytosanitaires mais aussi par le trafic routier avec la proximité de l'A54 et éventuellement par les émissions urbaines et industrielles d'Arles ou de la ZIP de Fos-sur-Mer.

Depuis le lancement du programme VOCE lichens, 26 stations ont été intégrées au réseau VOCE de suivi de la diversité lichénique avec la participation de 20 citoyens volontaires. Aujourd'hui 3 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.

Pour l'année 2023-2024 le réseau VOCE lichens pourra s'inscrire dans un réseau plus large tel que Lichen GO qui recense la diversité lichénique sur l'ensemble de l'Europe. Il sera par ce biais proposé aux volontaires désireux d'élargir leurs connaissances sur les lichens de relever plus d'espèces de lichens que les 4 proposées par l'Observatoire sur d'autres placettes.

Références bibliographiques

- Agnan, Yannick, Nathalie Séjalon-Delmas, and Anne Probst. "Comparing early twentieth century and present-day atmospheric pollution in SW France: a story of lichens." *Environmental pollution* 172 (2013): 139-148.
- 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.
- Annabelle Austruy. *ÉVALVIE : Evaluation de la vulnérabilité environnementale et sanitaire des territoires – Rapport d’avancement n°1*. Institut Écocitoyen pour la Connaissance des Pollutions, 2022.
- Conti, M. E.,¹⁴ & Cecchetti, G. (2001). Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment—a review. *Environmental pollution*, 114(3), 471-492.
- Coste C. (2011) - *Écologie et fonctionnement des communautés lichéniques saxicoles-hydrophiles*. Thèse universitaire, Université Paul Sabatier - Toulouse III : 140p.
- 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. 2268-3798.
- 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. 2268-3798.
- Haluwyn, D. V., & Lerond, M. (1993). *Guide des lichens*. Editions Lechevalier.

Annexe 1

Placettes d'études VOCE

Ville	Placette	Numéro	Opérateur	2018	2019	2020	2021	2022
AIX	Parc jourdan	14	Mme Werner		X			
AIX	La torse	15	Mme Werner		X			
FOS	Parc des Carabins	17	Mr Chaput	X				
FOS	Donnée institut	1	Mme Werner		X			
GRANS	D 70a / PR 104	4	Mme Rolland/Mr Malartre	X	X	X		
GRANS	Chemins Moulin de Picaud	5	Mme Rolland/Mr Malartre		X	X		
GRANS	Clos de l'Hérault	6	Mme Rolland/Mr Malartre	X	X	X		
GRANS	Rive de la TOULOUBRE	7	Mme Rolland/Mr Malartre	X	X	X		
GRANS	Chemin des Couloubriers	22	Mme Rolland/Mr Malartre (<i>2 arbres</i>)	X	X	X		
ISTRES	Zone péri-urbaine	18	Mme Biet	X				
MARSEILLE	Parc Félicien David	26	Fatima Bianchi					X
MARTIGUES	Donnée institut	2	Mme Werner		X			
PARADOU	Chemin de burlande	11	Mme Henry		X	X		
PARADOU	Chemin du castillon	23	Mme Henry				X	X
SAINT-CHAMAS	La poudrerie	3	Mme Pennec	X	X	X	X	X
SAINT-CHAMAS	Pont de la roquette	19	Mme Madju/Mmes Tranchecoste	X				
SAINT-CHAMAS	Petite Camargue	20	Mme Faure (2018) / Mme Garcia (2020)	X		X		
SAINT-CHAMAS	Petite Camargue	25	Mmes Psychala+Pennec				X	X
SAINT-CHAMAS	Zone urbaine	21	Mme Formaris	X				
SAINT-MARTIN-DE-CRAU	Av de la Pastorale	10	Mme Henry		X	X		
SAINT-MARTIN-DE-CRAU	Jardin de Gaston	9	Mme Gérard (2019) / Mr Portes (2020)		X	X		
SAINT-MARTIN-DE-CRAU	Baisse de Raillon	8	Mr Portes (2019) / Mme Henry (2020-2021)		X	X	X	X
SAINT-MARTIN-DE-CRAU	Chemins des Catamarans	24	Mme Henry				X	X
SEPTÈMES-LES-VALLONS	Jardin privé	13	Mme DOR		X	X	X	X
LE THOLONNET	Jardin privé	16	Mme Werner		X			
VITROLLES	Donnée institut	12	Mme Werner		X			