



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



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 Écociroyen 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 Écociroyen 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 Écociroyen 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 :

Marine Périot. Relevés lichéniques 2021 du réseau VOCE. Institut Écociroyen pour la Connaissance des Pollutions, 2021.

L'Institut Écocitoyen tient à remercier les volontaires du réseau VOCE Lichen : Mme Sychala, Mme Henry, Mme Pennec, et Mme Dor qui ont donné de leur temps pour effectuer ces relevés au cours de l'année 2021.

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 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 l'Observatoire Citoyen de l'Environnement (VOCE) pour répondre à une demande croissante 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. Cette démarche permet, à la fois, d'être une source informative mais également de fonder des échanges sur un socle de confiance entre science et information. Cet observatoire propose ainsi aux citoyens d'observer leur environnement, en participant directement à certaines études lancées par l'Institut Ecocitoyen ou même en proposant des suivis des milieux. Ces études, basées sur des protocoles scientifiques réalisés en étroite collaboration entre les chercheurs de l'Institut et les volontaires intègrent, au moins à une étape, l'action des citoyens dans l'acquisition de données. Les volontaires peuvent ainsi être amenés à intervenir lors des phases préliminaires (reconnaitances de terrain, historiques d'usages, choix d'espèces...) et des phases opérationnelles (réalisations de prélèvements, suivis de paramètres,...). 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.

Cet Observatoire Citoyen de l'Environnement, créé en 2010 avec le soutien du Ministère en charge de l'écologie et du développement durable, a été labellisé en 2014 par la commission pluraliste REPERE sur les sciences participatives. L'Observatoire VOCE assure la formation scientifique des volontaires, la logistique et l'appui à la réalisation des protocoles de mesure, ainsi que l'interprétation des résultats. Il s'agit ainsi de constituer un groupe de volontaires à l'interface du territoire, des décideurs et du monde scientifique, qui sera une courroie 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. Objectifs de l'action

Pour rappel, les lichens sont des organismes issus de la symbiose entre un champignon et une algue (cyanobactérie). Ils ont pour principales sources d'éléments nutritifs les apports atmosphériques et peuvent ainsi être sensibles aux polluants atmosphériques métalliques et organiques (Van Haluwyn et Lerond, 1993 ; Conti et Cecchetti, 2001; Augusto et al., 2009). L'Institut Ecocitoyen réalise depuis 2011 un suivi de la qualité de l'air de la métropole Aix-Marseille-Provence à partir de la biosurveillance lichénique et suivant deux méthodes : des mesures de bioaccumulation des polluants dans les lichens et des relevés de biodiversité lichénique, dit bioindication lichénique (Dron et al, 2016). Sur la base de cette étude, un protocole de science participative a été mis en œuvre depuis 3 ans pour le suivi de la diversité lichénique par les citoyens volontaires.

L'action 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 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 :

- 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.
- Permettre aux citoyens de s'approprier cette connaissance afin qu'ils réalisent directement le suivi et qu'ils mettent en œuvre la prévention grâce à des actions locales.

II. Mise en place du dispositif d'observations citoyennes

Le protocole de bioindication lichénique 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 mise en œuvre 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. 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 (Tableau 1).
- 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 2).

Les volontaires notent la présence ou l'absence de ces lichens dans les différentes mailles de la grille d'observations pour déterminer la fréquence de chaque espèce. 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. Au total, la fréquence de chaque espèce et type lichénique sont estimés par rapport à une fréquence maximale de 100 (5 mailles * 4 faces * 5 arbres). Elle est ainsi calculée à partir du nombre de mailles X où ils ont été identifiés, parmi un total de 100 mailles observées.

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

Ces relevés lichéniques citoyens nous permettent d'observer à la fois la fréquence des différents types de lichens sur chaque station (Tableau 1), mais également la fréquence des quatre espèces cibles

ayant des sensibilités à la pollution atmosphérique bien distinctes (Tableau 2). 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 de la Métropole Aix-Marseille-Provence. Et, d'autre part, ces relevés permettent un suivi dans le temps de l'évolution lichénique de ces placettes.

Tableau 1 : Les différents types de lichens corticoles

Thalles crustacés	Thalles Foliacés	Thalles Fruticuleux
		

Tableau 2 : Description et caractéristiques des espèces à identifier dans le cadre du protocole VOCE

Espèce	Type de thalles	Sensibilité à la pollution atmosphérique *	Photographie
<i>Xanthoria parietina</i>	Foliacés	3	
<i>Physcia biziana</i>	Foliacés	2	
<i>Flavoparmelia sp.</i>	Foliacés	1	
<i>Ramalina sp.</i>	Fruticuleux	1	

* : Sensibilité à la pollution atmosphérique : 3 = faible ; 2 = intermédiaire ; 1 = forte

III. Résultats

Les résultats présentés ici concernent l'ensemble des stations réalisées en 2021 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 2021, les volontaires du réseau VOCE se sont déployés sur 6 stations (Figure 1) 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 à #24), 1 au Paradou (station #23), et enfin 1 relevé à Septèmes-les-Vallons (station #13). 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 industrialoportuaire (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, constituant ainsi 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).

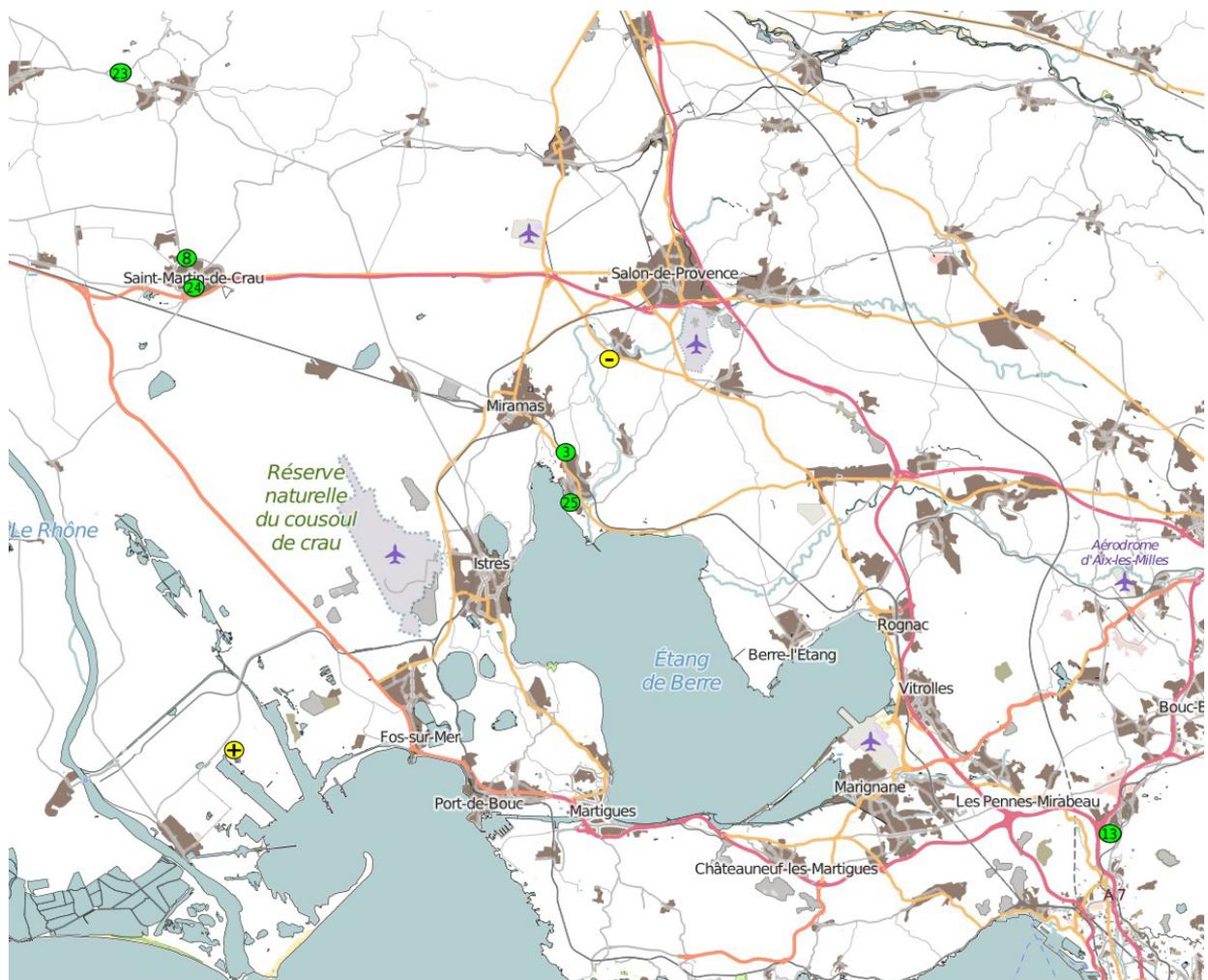


Figure 1 : Emplacement des placettes des citoyens volontaires

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 1).

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, et la station « témoin - », avec une fréquence d'apparition comprise entre "0.06" et "0.44", 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. Les lichens foliacés sont, en moyenne, les lichens les plus représentés sur l'ensemble des stations suivies. Il s'agit du seul groupe présent à la station #8 et il est largement majoritaire sur la station #24, toutes les deux localisées à Saint-Martin-de-Crau. Il en est de même pour la station #23, sur laquelle les lichens foliacés présente une fréquence d'apparition supérieure à 0,8 avec une présence discrète des crustacés (f=0,1). Les lichens crustacés des stations de Saint-Chamas, du "témoin -" et du « témoin + » sont relevés dans près de 50 % des mailles observées (f=50/100), et sont peu présents à Septèmes (f=0,3).

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 3).

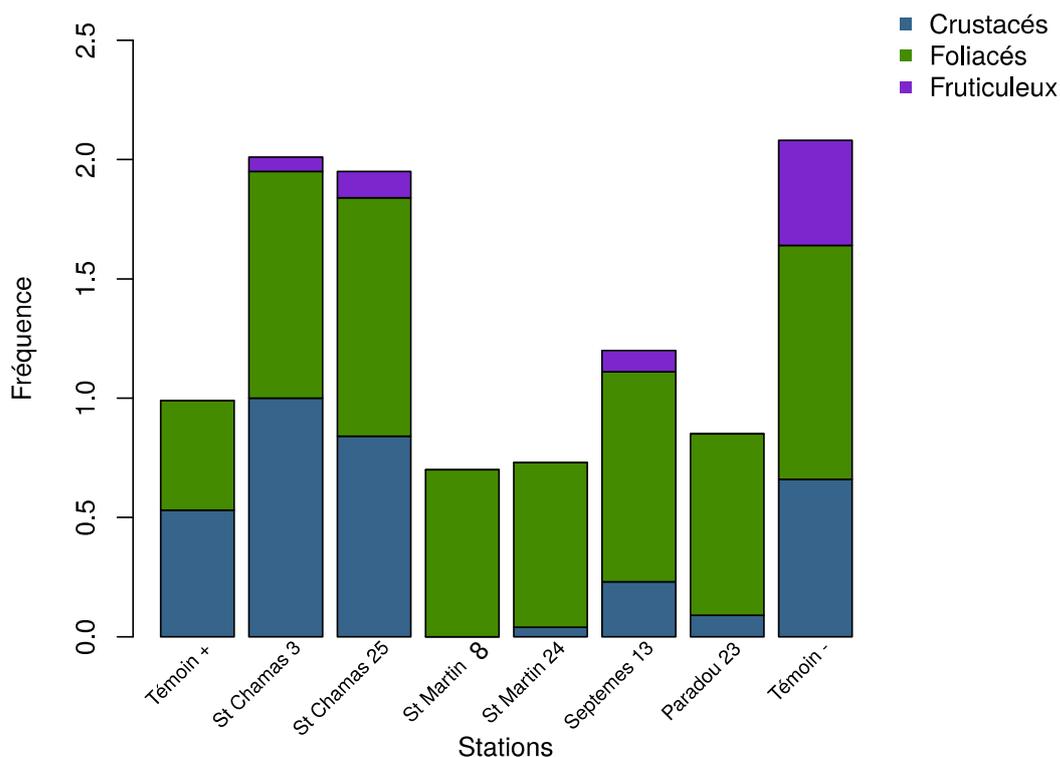


Figure 2 : Fréquence des différents types de lichens : crustacés, foliacés et fruticuleux observés par les volontaires

III.2. Répartition des espèces lichéniques recherchées

Concernant la diversité des quatre espèces lichéniques identifiées dans le protocole (Figure 3), les résultats affichent une présence régulière de *Xanthoria parietina*, 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 0,4 (station #25) à près de 0,9 (station #3). Cette espèce nitrophile, 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 un peu moins répandue. Elle est la deuxième espèce la plus observée parmi les espèces cibles, relevée en moyenne sur l'ensemble des sites dans 43 % des mailles observées. En effet, elle est prépondérante sur 2 stations avec une fréquence proche de 1 (c'est-à-dire présente sur près de 100 % de mailles relevées): Saint-Chamas #25 et Septèmes-les-Vallons (station #8).

Flavoparmelia sp., la plus sensible à la pollution de l'air des espèces foliacées sélectionnées, est signalée sur 4 stations. L'espèce est faiblement représentée sur les stations des volontaires, contrairement à notre station témoin « - » où elle est largement abondante. À Saint-Chamas (#25) et au Paradou (#23), la fréquence d'apparition est de 0,01, sur la station (#24) de Saint-Martin-de-Crau elle est de 0.11, tandis qu'à Septèmes-les-Vallons (#13) elle est de 0,24, ce qui constitue pour cette année 2021, la fréquence la plus élevée des placettes suivies par les volontaires.

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 inférieure 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 0,07, elle atteint 0,27 sur le « témoin - ».

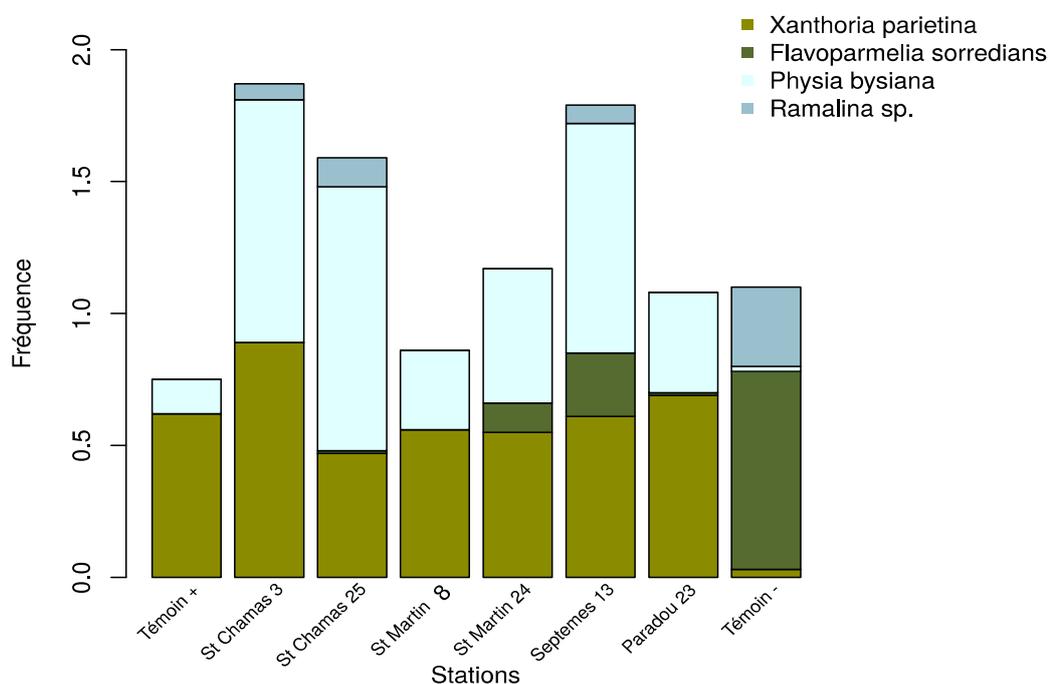


Figure 3 : Fréquence des différentes espèces de lichens du protocole VOCE : *Xanthoria parietina*, *Flavoparmelia sp.*, *Physcia biziana* et *Ramalina sp.* observées par les volontaires.

La répartition de ces espèces indicatrices 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 dégager qu'une station dont la qualité de l'air impacte 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 crustacés et en général une faible abondance lichénique (fréquence toujours inférieure à 0,5 quel que soit le groupe ou l'espèce considérée). Cette station, située dans un environnement industriel direct, semble exposée à des émissions anthropiques impactant le développement de la communauté lichénique. La station #8 de Saint-Martin-de-Crau présente des similitudes avec cette station, avec une absence d'espèces sensibles. Cependant, une abondance de lichens plus élevée est relevée notamment pour les foliacées.

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. 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 élevée et une répartition relativement homogène des différents types de lichens.

Ainsi, les relevés effectués par les volontaires VOCE, présentent pour la plupart une diversité lichénique 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 faible observée 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 2021, 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 4), les stations de Saint-Chamas (#13), et de Saint-Martin-de-Crau (#8) restent stables au cours du temps. A Septèmes-les-Vallons (#13), les fréquences des 3 familles de lichens ont augmenté entre 2019 et 2020. Entre 2020 et 2021, les fréquences d'apparitions sont relativement stables exceptée une baisse de la fréquence d'apparition des crustacés qui présentent une abondance proche de celle observée en 2019. Ces variations pourraient être consécutives à la difficulté d'identification des lichens crustacés entraînant des erreurs de relevés entre les années. Ces résultats pourront être confirmés par la visite d'un agent de l'Institut Ecocitoyen sur la placette. Ces évolutions semble mettre en évidence une faible perturbation de la communauté lichénique par les facteurs environnementaux.

Concernant les 4 espèces suivies du protocole (Figure 5), une certaine stabilité dans l'abondance des différentes espèces rencontrées à Saint-Chamas (station #3) et Septèmes-les-Vallons (station #13) est relevée avec une légère tendance à la hausse des fréquences sur les deux stations. Ce résultat confirme la bonne qualité de l'air sur ces stations avec une flore lichénique équilibrée et en progression. A Saint-Martin-de-Crau, une régression de l'espèce *Physcia biziana* est observée au profit d'une augmentation de l'abondance de *Xanthoria parietina*, espèce connue pour affectionner les milieux riches en azote. La plus forte abondance mesurée pour *X. parietina* en 2021 pourrait être la conséquence d'une atmosphère riche en azote favorisant son développement au détriment d'espèces moins nitrophile comme *P. biziana*. Notons que cette placette est située dans un Parc au sud de la voie rapide RN 113.

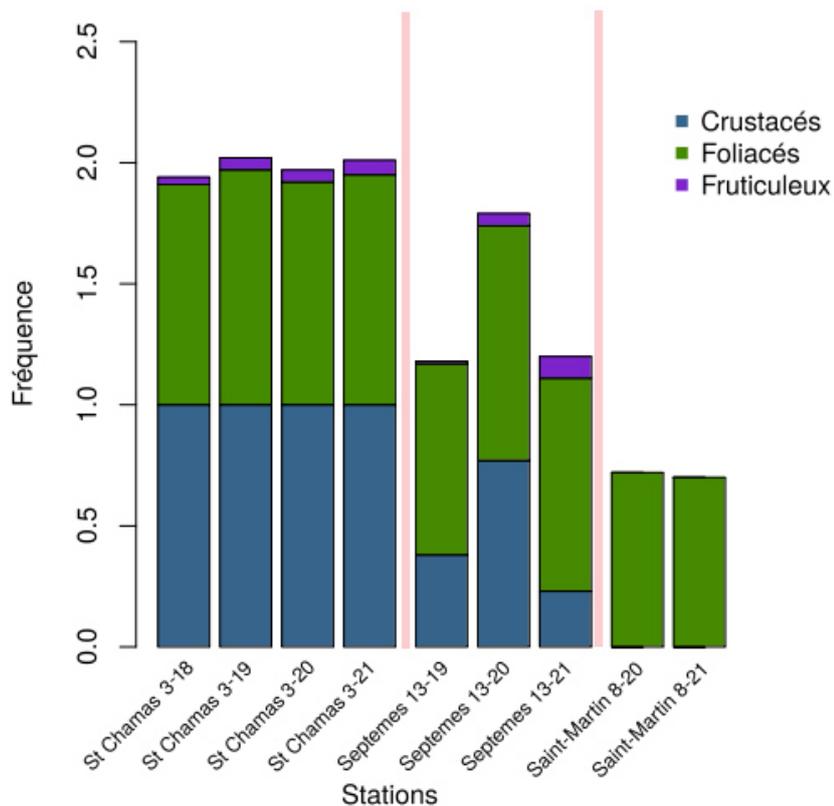


Figure 4 : Fréquence des différents types de lichens : crustacés, foliacés et fruticuleux observés par les volontaires en 2018, 2019, 2020 et 2021.

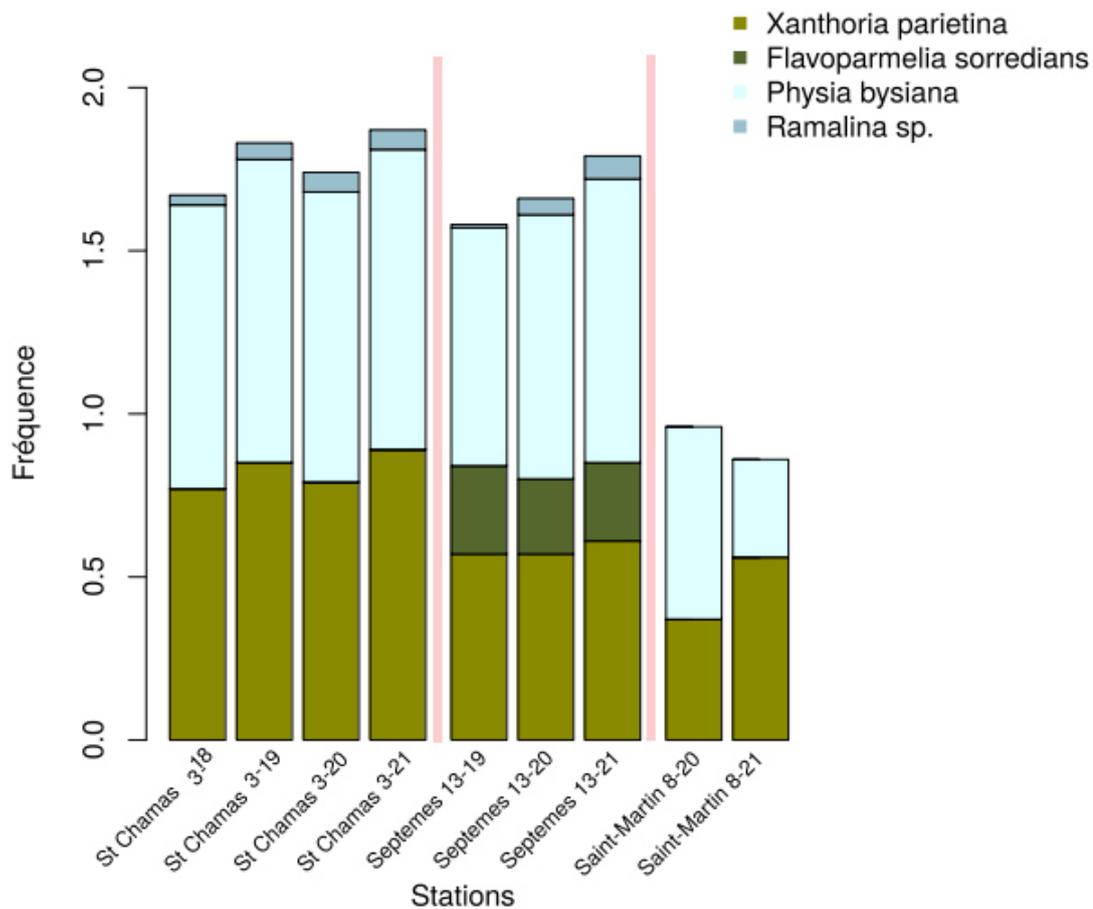


Figure 5 : Fréquence des différentes espèces de lichens du protocole VOCE : Xanthoria parietina, Flavoparmelia sp., Physcia biziana et Ramalina sp. observées par les volontaires en 2018, 2019, 2020 et 2021.

IV. Conclusion

Ces résultats, représentant la répartition des types de lichens et de 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 relevé sur le « témoin + » situé à Fos-sur-Mer et impacté 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, 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.*

Depuis le lancement du programme VOCE lichens, 25 stations ont été intégrées au réseau VOCE de suivi de la diversité lichénique avec la participation de 19 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.

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.
- Conti, M. E., & 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

Placettes d'études VOCE

Ville	Placette	Numéro	Opérateur	2018	2019	2020	2021
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 Coulobriers	22	Mme Rolland/Mr Malartre (<i>2 arbres</i>)	X	X	X	
ISTRES	Zone péri-urbaine	18	Mme Biet	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
SAINT-CHAMAS	La poudrerie	3	Mme Pennec	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 (<i>2 arbres</i>) (2020)	X		X	
SAINT-CHAMAS	Petite Camargue	25	Mmes Psychala+Pennec				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
SAINT-MARTIN-DE-CRAU	Chemins des Catamarans	24	Mme Henry				X
SEPTÈMES-LES-VALLONS	Jardin privé	13	Mme DOR		X	X	X
LE THOLONNET	Jardin privé	16	Mme Werner		X		
VITROLLES	Donnée institut	12	Mme Werner		X		