

Résultats et discussions

Objektyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Boissiera : mémoires de botanique systématique**

Band (Jahr): **69 (2015)**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Résultats et discussions

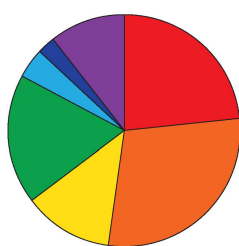
Résultats de l'inventaire

Provenance des données

Chaque approche a fourni un nombre conséquent de données. Comme toute information a son importance, il n'est porté aucun jugement de valeur vis-à-vis des différentes sources d'information par rapport au nombre de données fournies. Par contre, il peut être intéressant de savoir comment se répartissent les quelques 17'000 données selon les différentes approches (tabl. 1). Les relevés ciblés effectués depuis 2008, auxquels ont été ajoutés les relevés réalisés pour la Direction Générale de la Nature et du Paysage (DGNP) entre 2004 et 2007, représentent 23,4 % des données. L'inventaires des cimetières a contribué pour 28,8 %. Les relevés A n'ont, quant à eux, contribué qu'à 12,5 %. Les échantillons d'herbier proviennent tous de l'herbier des Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, à deux exceptions près provenant de l'herbier du Musée botanique cantonal à Lausanne; ils représentent le 18,2 %. La compilation de la littérature ancienne a fourni 4,1 % supplémentaires. Les données récoltées dans le canton pour la Liste Rouge suisse des lichens épiphytes (STOFER et al., 2011) comptent pour 2,5 % des données. Les données complémentaires se composent de 151 données fournies par Christine Habashi et Philippe Clerc, en 2004, lors de l'étude des lichens du Bois de la Grille (BURGISSER et al., 2004), de 142 données apportées par Louis Nusbaumer et Philippe Clerc, en 2003, lors de l'étude des lichens des marais de Mategnin (Meyrin) (NUSBAUMER & CLERC, 2003), de 87 données récoltées par Nouria Otmani & Philippe Clerc, en 2009, lors de l'étude des lichens du Bois de Versoix, de 49 données issues de divers relevés réalisés par Philippe Clerc, de 411 données fournies par Jean-Claude Mermilliod suite à ces explorations autour de Versoix entre 2005 et 2012 et enfin de 907 données récoltées par Christine Habashi entre 2012 et 2013, dans le cadre du projet *Nature en Ville* (HABASHI & CLERC, 2013). Ensemble, ces données complémentaires représentent le 10,4 % de la totalité des données.

Une donnée est définie comme le signalement d'une espèce, à un endroit donné, en un moment donné.

Tableau 1. Nombre de données fournies par chacune des approches suivies. État au 31.8.2013.



Approche	Données fournies	%
Relevés ciblés 2004-2012	3929	23,4
Cimetières	4839	28,8
Relevés A	2105	12,5
Herbiers	3060	18,2
Littérature (1853 à 1997)	682	4,1
Liste Rouge 1995-1999	412	2,5
Données complémentaires 2003-2013	1747	10,4
Total	16764	100,0

Nombre d'espèces trouvées (alpha-diversité)

Le premier échantillon de lichen récolté dans le canton de Genève date de 1801. MÜLLER ARGOVIENSIS mentionne 150 espèces en 1862, puis STITZENBERGER 140 espèces en 1882-1883. CLERC (2004) indique dans son catalogue des lichens

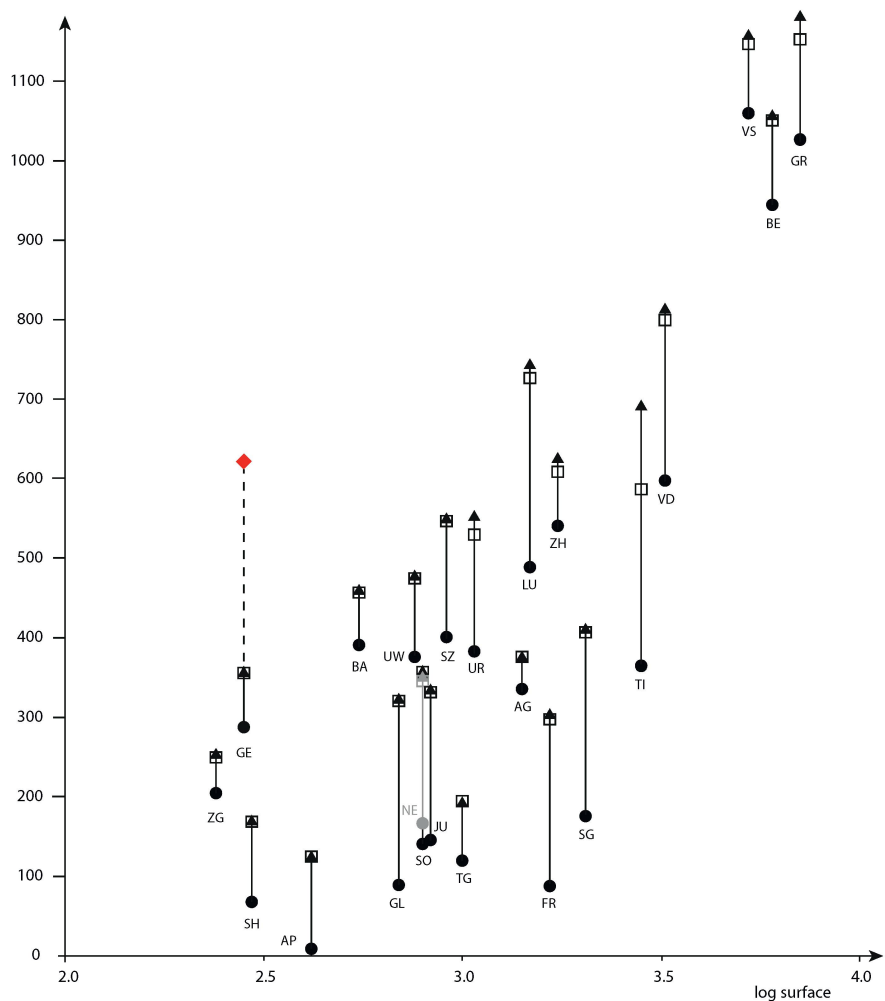
Plus de 600 espèces!

329 espèces de plus pour le canton!

54 espèces de plus pour la Suisse!

de Suisse que 283 espèces ont été citées dans le canton dans la littérature jusqu'en 2000. Dans l'état des connaissances actuelles, nous pouvons affirmer que 612 espèces de champignons lichénisés ont été mentionnées ou récoltées au moins une fois dans le canton de Genève. Pour une liste de ces espèces, voir VUST et al. (2015a). Cet inventaire apporte le signalement de 329 espèces de plus pour le canton et de 54 espèces de plus pour la Suisse, par rapport à la référence de CLERC (2004). L'évolution récente des connaissances floristiques par canton (fig. 10) montre une évolution positive générale entre la première édition du catalogue des lichens de Suisse de 2004 (CLERC, 2004) et la première version informatisée de 2010 (CLERC & TRUONG, 2010), grâce à l'apport des données récoltées pour l'édification de la Liste Rouge des lichens épiphytes et terricoles de Suisse (SCHEIDEGGER & CLERC, 2002); l'évolution est ensuite beaucoup plus faible et variable selon les cantons entre 2010 et 2012 (CLERC & TRUONG, 2012). Le canton de Genève, déjà connu en 2004 pour comporter plus d'espèce que des cantons de plus grande surface, comme Schaffouse, Glaris, Soleure ou Neuchâtel, devient, dans l'état des connaissances actuelles, non seulement le canton le plus riche en lichens de Suisse par rapport à sa surface, mais aussi le 8^e canton le plus riche par le rang, alors que par la surface il occupe le 23^e rang sur 24! La progression généralisée entre 2004 et 2012 montre qu'il y a encore

Figure 10. Graphique représentant l'évolution récente des connaissances floristiques en matière de lichens selon les cantons suisses et par rapport au logarithme de leur surface. Les cercles noirs (●) correspondent au nombre d'espèces citées pour chaque canton dans le Catalogue des champignons lichénisés de Suisse (CLERC, 2004). Les carrés blancs (□) correspondent à l'évolution du nombre d'espèces selon la première version informatisée du catalogue (CLERC & TRUONG, 2010) et les triangles noirs (▲) l'évolution d'après la seconde version informatisée du catalogue (CLERC & TRUONG, 2012). La nouvelle valeur qu'apporte ce travail pour le canton de Genève est marquée par le losange rouge (◆).



Un tiers des lichens de Suisse à Genève!

Il est peu d'endroits aussi intéressants pour le botaniste que les environs de Genève. Il en est peu, en effet, où la végétation soit aussi variée. Aux portes mêmes de la ville, dans les plus courtes promenades, on trouve un grand nombre d'espèces dont plusieurs ne laissent pas d'être très rares.

G. F. Reuter, 1832

Fausses nouvelles espèces et nouvelles espèces éteintes!

une énorme marge de progression dans la connaissance des espèces de lichens en Suisse et particulièrement au niveau des cantons. Mais indépendamment de cela, le canton de Genève apparaît clairement comme un canton très riche en lichens, puisqu'un tiers des espèces de Suisse y a été signalé. Cela avait déjà été souligné pour les plantes à fleurs, puisque deux tiers de la flore de Suisse y ont été mentionnés (LAMBELET-HAUETER et al., 2006), et pour les mousses, dont un tiers des espèces de Suisse y a été répertorié (BURGISSER & CAILLIAU, 2012).

Évolution des connaissances floristiques depuis le XIX^e siècle

Il y a plusieurs manières d'appréhender l'évolution des connaissances. Une première consiste à mesurer l'apparition de nouvelles mentions d'espèces dans les différentes versions du catalogue des lichens de Suisse (fig. 10).

Une seconde consiste à analyser les découvertes selon leur origine. 192 espèces ont été signalées pour la première fois dans le canton depuis 2000. 102 autres espèces (50 + 52) ont été trouvées dans les herbiers, retrouvées ensuite dans le canton depuis 2000, mais n'avaient pas été publiées et sont donc absentes du catalogue de 2004. Ces espèces sont donc de « fausses nouvelles », nouvelles pour le catalogue, mais signalées par des échantillons antérieurs à 2000! (tabl. 2). De même, 107 espèces retrouvées dans les herbiers sont nouvelles pour le catalogue, mais n'ont plus été retrouvées, ce sont de « nouvelles espèces éteintes »! Cette approche montre en quoi les nouveautés peuvent être toutes relatives.

Tableau 2. Comparaison de deux approches pour mesurer l'apparition des nouvelles espèces dans le canton de Genève. Verticalement, sont représentées les données des versions successives du Catalogue des lichens de Suisse (CLERC, 2004; CLERC & TRUONG, 2010, 2012). Horizontalement, est pris en compte le fait que l'espèce ait été retrouvée ou non depuis 2000, par rapport à la date de sa première découverte. TL sp.: total des espèces. État au 31.8.2013.

Espèces	CLERC (2004)	nouvelles pour GE dans CLERC & TRUONG (2010)	nouvelles pour GE dans CLERC & TRUONG (2012)	TL sp.	%
Données insuffisantes	47	2	4	53	8.5
Non retrouvées depuis 2000	52	13	42	107	17.2
Retrouvées depuis 2000	168	50	52	270	43.4
Découvertes depuis 2000	16	8	168	192	30.9
Total des espèces	283	73	266	622	100.0

Apparition et disparition des espèces au cours du temps

Une troisième manière consiste à représenter la « durée de vie apparente » d'une espèce, d'après les données à disposition. En traçant pour chaque espèce une ligne, de la date de sa première mention à sa date de dernière mention, et en classant les espèces chronologiquement, par leur date de découverte, on obtient la figure 12. En signalant ensuite en noir les lignes des espèces retrouvées après 1995 et en rouge les espèces non retrouvées depuis 1995, il est possible de lire l'apparition et la disparition des espèces au cours du temps, depuis 1801 jusqu'à 2013, sachant que le facteur responsable des apparitions est la recherche des lichénologues! Cette grande matrice permet aussi de compter le nombre d'espèces supposées connues à une époque donnée, dans la mesure où elle a été signalée antérieurement et le sera postérieurement. L'évolution de ce nombre d'espèces

Un premier âge d'or de la lichénologie genevoise à la fin du XIX^e siècle

Des disparitions d'espèces à toutes les époques

612 espèces citées, mais 469 existant aujourd'hui

connues au cours du temps est donnée dans la figure 11. On peut y voir une première augmentation considérable des connaissances entre 1850 et 1890, période pendant laquelle Müller Argoviensis a été actif, mais aussi Jacques Rome, à ses côtés. Suit un grand plateau, la « traversée du désert de la lichénologie genevoise », jusqu'en 1995, où les découvertes reprennent. Le dernier saut marqué se produit de 2010 à 2013 et montre l'importance des progrès réalisés grâce à cet inventaire.

Parallèlement, il est possible de constater que les disparitions d'espèces ont eu lieu à toutes les époques depuis 1801 (fig. 12), mais que la somme de ces disparitions a fortement crû à la fin du XIX^e siècle, en même temps que les découvertes de Müller Argoviensis et Rome, puis n'a que peu augmenté au XX^e siècle, pour recroître au début du XXI^e siècle.

Cette approche permet aussi de relativiser les résultats triomphants annoncés jusqu'ici. Des 612 espèces signalées au moins une fois dans le canton de Genève depuis 1801, seules 469 sont considérées comme existant à l'heure actuelle! (fig. 11). Mais, encore une fois, il faut garder à l'esprit que ces résultats sont issus de l'état des connaissances des lichénologues et ne correspondent pas forcément à la réalité toute entière. A-t-on atteint aujourd'hui l'exhaustivité? Au vu de la courbe de la figure 11, rien ne permet de l'affirmer. Au contraire, la courbe fortement ascendante laisse penser qu'il y aurait encore beaucoup à découvrir ou alors que l'on se trouve au début d'un nouveau plateau...

Figure 11. Évolution du nombre d'espèces de lichens connues dans le canton de Genève. La courbe des carrés gris (■) représente l'évolution du nombre total de lichens signalés dans le canton au cours du temps, toutes sources confondues. La courbe des losanges noirs (◆) représente l'évolution du nombre d'espèces « vivantes » en un temps donné. La courbe des triangles rouges (△) représente l'évolution du nombre d'espèces disparues depuis le début des indications en 1801. État au 31.8.2013.

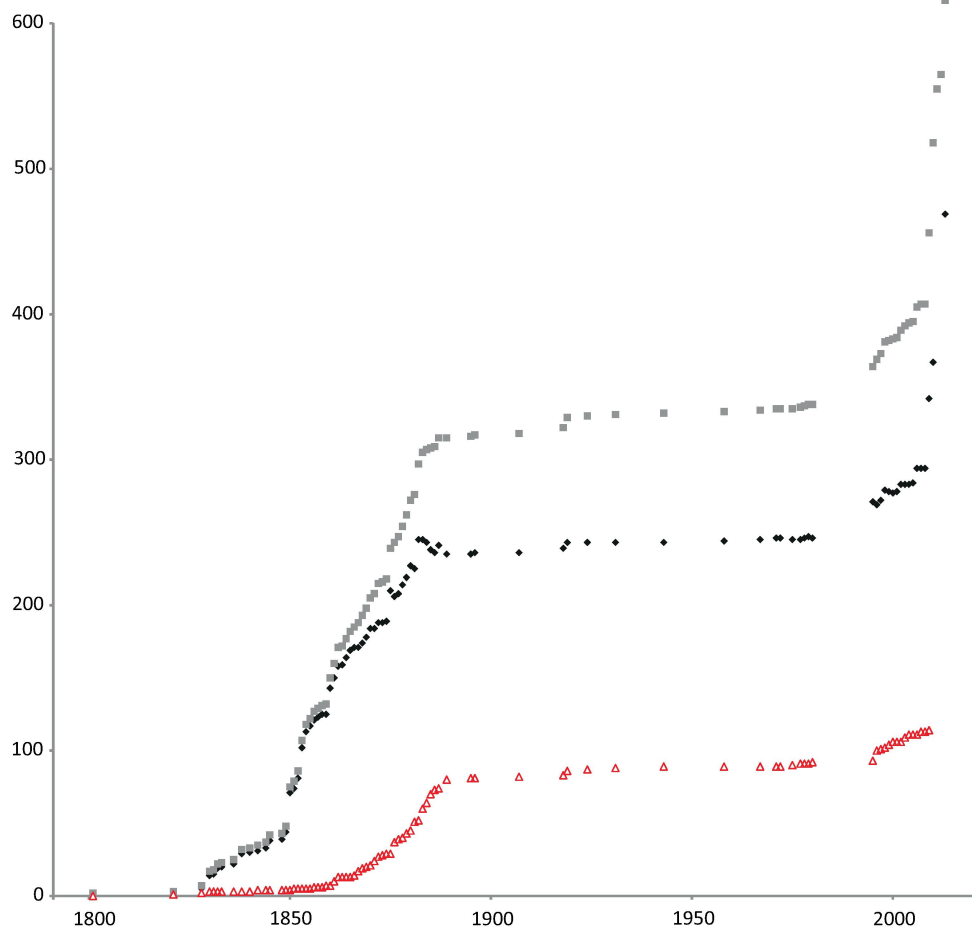
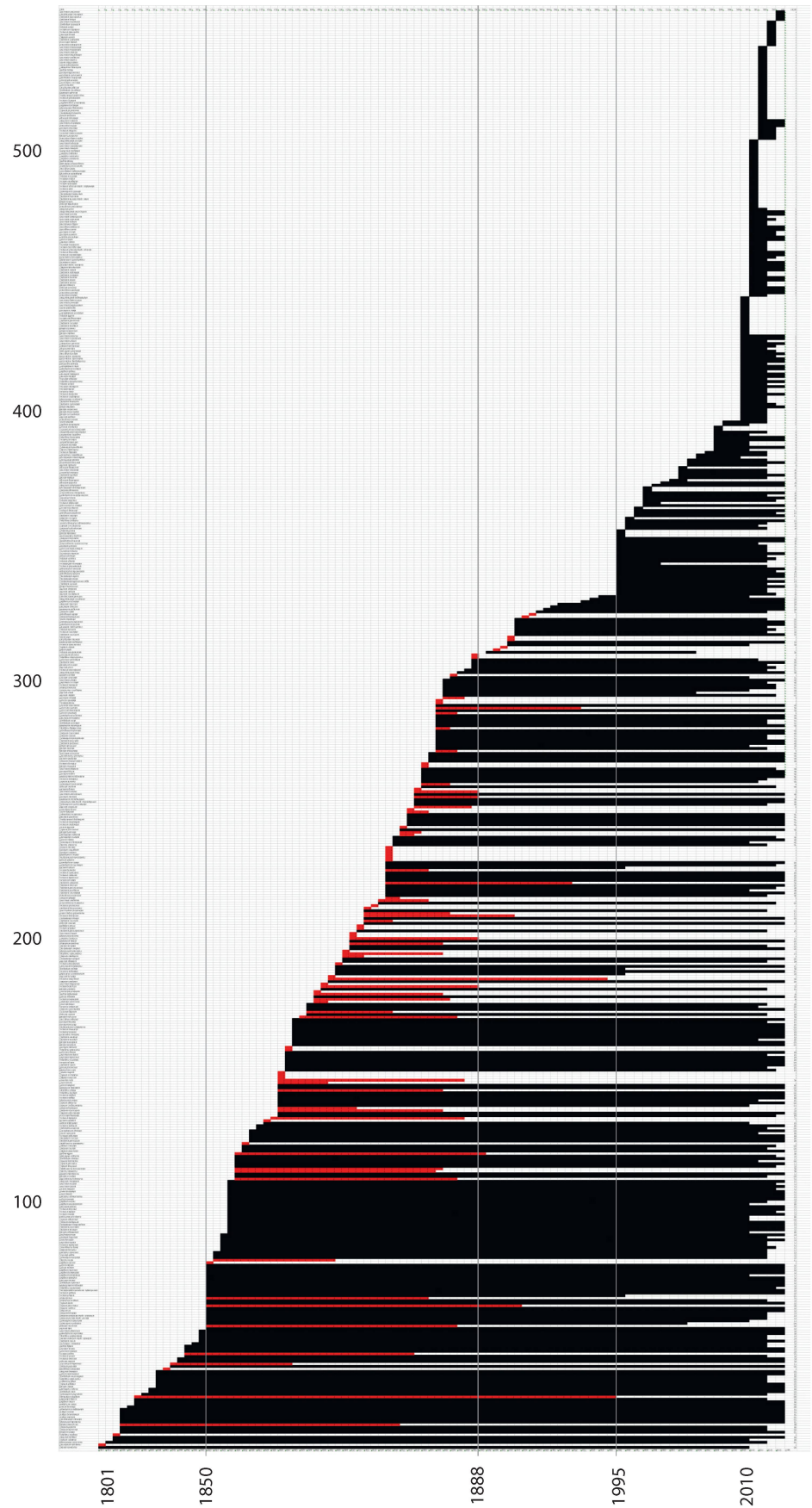


Figure 12. Représentation graphique de la présence de chaque espèce dans le canton au cours du temps, de sa première à sa dernière mention. L'espèce est représentée par un trait noir si sa dernière mention est postérieure à 1995, par un trait rouge si sa dernière mention est antérieure à 1995. L'axe vertical mesure le nombre total d'espèces signalées dans le canton de Genève au cours du temps. État au 31.8.2013.



La relativité des connaissances

Il y avait certainement plus de deux espèces de lichens à Genève en 1801, pourtant c'était l'état des connaissances. Cet état est intrinsèquement lié aux études des lichénologues. Nous n'avons aucun moyen de connaître combien d'espèces existent réellement dans le canton à un moment donné. Pour approcher ce nombre, il faut aller voir sur le terrain et l'on n'est jamais certain de tout voir. L'état des connaissances est une courbe qui tend à rejoindre celle de l'absolue réalité, mais ne l'atteint jamais, faute de pouvoir connaître ce qui n'a pas été trouvé. Ainsi, l'état des connaissances exposé ici ne doit pas être pris pour une réalité absolue, mais pour une réalité relative à l'état actuel des connaissances!

17'000 données
12'000 stations

147 espèces connues
par une seule station!

63 % des espèces ont
moins de 10 stations
connues

le 20 % des espèces
sont fréquentes et
concentrent le 75 % des
données!

Répartition des données entre les espèces rares et les espèces fréquentes

Pour appréhender comment se répartissent les données entre les espèces rares et les espèces fréquentes, les 17'000 données précises, littérature et herbiers y compris, ont été reportées sur des stations de 100 x 100 m. Un peu plus de 12'000 stations ont été obtenues, une station étant alors égale à la présence d'une espèce dans un carré de 10'000 m² défini. Le nombre de stations par espèce a ensuite été compté, puis le nombre d'espèce à x station(s). Il est ensuite possible d'observer la répartition des espèces le long de l'axe du nombre des stations (fig. 13). On s'aperçoit que 147 espèces ne sont connues que par 1 seule station, 64 espèces par 2 stations, 56 par 3 stations et ainsi de suite (fig. 13, courbe bleue). L'espèce la plus fréquente, *Xanthoria parietina* a 240 stations. Il est remarquable de constater qu'il y a au moins une espèce par classe de station, jusqu'à 100 stations; au-delà, les classes présentes deviennent plus dispersées. Il y a donc beaucoup d'espèces très rares, très peu d'espèces très fréquentes et un continuum d'espèces entre les deux.

Si l'on reporte maintenant la progression du nombre d'espèces, le long du même axe du nombre de stations, le premier point est à 147, le deuxième à 211 (= 147 + 64), le troisième à 267 (= 211 + 56) (fig. 13, courbe rouge). La courbe progresse très rapidement plus s'aplanit.

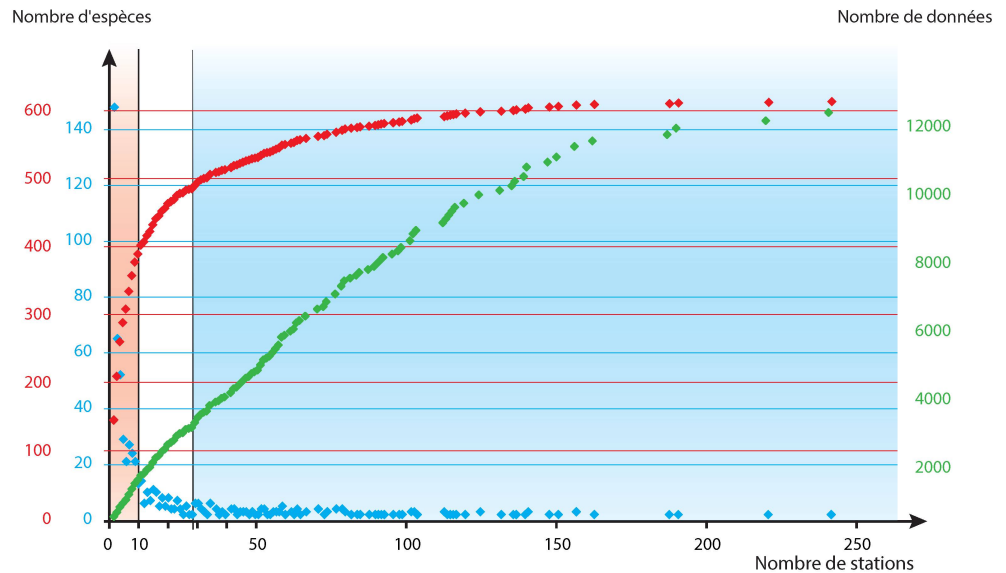
Si l'on reporte enfin, toujours le long du même axe du nombre de stations, la progression du nombre de données, le premier point est à 147, le second est à 275 (= 147 + (2 x 64)) et le troisième à 428 (= 275 + (3 x 56)). La progression est cette fois extrêmement régulière, pour s'aplanir à partir de la classe des 150 stations.

Les espèces que l'on pourrait qualifier de rares, connues par moins de 10 stations, sont au nombre de 391, soit le 63 % des espèces, et représentent le 10 % de toutes les stations (fig. 13, surface rose). Le 80 % des espèces a moins de 29 stations, c'est-à-dire 497 espèces, et représentent le 25 % seulement de toutes les stations (fig. 13, surface rose + surface blanche). Ce qui signifie que le 75 % des stations correspond à 20 % des espèces, que l'on peut considérer comme fréquentes et qui ont entre 30 et 240 stations (fig. 13, surface bleu clair).

Pourquoi tant de raretés?

C'est un constat qui a de quoi interroger: une très grande partie des espèces de lichens du canton de Genève sont rares, c'est-à-dire connues par peu de stations. Cela avait déjà été remarqué avec les lichens terricoles, qui comportaient plus d'es-

Figure 13. Répartition des espèces selon le nombre de leurs stations connues. En bleu, le nombre d'espèces à x stations. En rouge, la progression du nombre d'espèces à mesure que le nombre de stations augmente. En vert, la progression du nombre de données à mesure que le nombre de stations augmente. La surface rose correspond aux espèces « rares », connues par moins de 10 stations. La surface bleu clair correspond aux espèces « fréquentes », connues par plus de 29 stations. État au 31.8.2013.



èces rares et menacées que d'espèces non menacées (VUST & VON ARX, 2006). Il a été dit plus haut que le canton de Genève est connu pour être riche en espèces très rares, pour les plantes à fleurs comme pour les mousses. Cela peut être compris comme étant lié à la diversité des milieux présents, mais aussi à la faible surface que nombre d'entre eux occupent dans le canton (VUST et al., 2015a). Il semble y avoir une explication supplémentaire. Les espèces non menacées (LC) représentent 53 % des plantes à fleurs du canton, 34 % des bryophytes et 26,5 % des lichens (VUST et al., 2015a). L'hypothèse serait que plus un groupe comporte d'espèces liées à des micro-habitats, plus il compte d'espèces rares. Mais espèces rares ne veut pas dire obligatoirement espèces menacées.

Pourquoi tant de nouveautés ?

Le signalement de 329 espèces de plus pour le canton de Genève entre 2000 et 2013 a de quoi surprendre, jusqu'aux auteurs des découvertes eux-mêmes ! Il convient toutefois de se rappeler ici que ces découvertes interviennent après un siècle de quasi-absence d'études lichénologiques. Plusieurs explications peuvent ainsi être avancées :

- ◆ L'approche multiple qui a été choisie a permis de trouver chaque fois d'autres espèces, aussi bien dans la compilation de la littérature et de travaux non publiés, que dans la compilation des échantillons d'herbier et que lors de la recherche sur le terrain. Il y eut ainsi des découvertes récentes, aussi bien qu'anciennes !
- ◆ Les différentes méthodes d'échantillonnage sur le terrain ont permis d'appréhender non seulement tous les habitats naturels, mais aussi les milieux anthropiques, comme les murs ou les cimetières.
- ◆ La volonté de prendre en compte tous les lichens a souvent été favorable aux découvertes. Elle a permis notamment de se pencher sur des micro-habitats peu ou mal connus, comme les rochers du bord du lac et des rivières.
- ◆ Certaines découvertes sont liées à des changements dans les milieux. On sait par exemple que les forêts ont fortement changé depuis 1950, ce qui a entraîné la disparition de certaines espèces de lumière et l'appa-

rition d'autres espèces. Plusieurs nouvelles espèces ont également été signalées récemment dans les prairies sèches.

- ◆ Un substrat nouveau est « apparu » depuis le milieu du xx^e siècle, les pierres tombales siliceuses. Plusieurs espèces nouvelles ne sont connues actuellement que sur ce support (voir VUST et al., submit.).
- ◆ L'utilisation d'une loupe de terrain munie de deux ampoules LED (ZIMMERMANN, 2003) a permis un meilleur éclairage du substrat, à toute heure du jour et par tous les temps.
- ◆ De nouvelles méthodes d'analyse, notamment chimiques, sont apparues depuis la fin du XIX^e siècle, permettant notamment de déterminer les *Lepraria* grâce à la chromatographie sur couche mince (TLC).
- ◆ Plusieurs genres difficiles ont fait l'objet de révisions récentes permettant la détermination des échantillons et la découverte de nouvelles espèces, parfois y compris parmi des échantillons anciens. Ce sont par exemple les genres *Caloplaca*, *Candelariella*, *Lecanora* ou *Verrucaria*.
- ◆ De même, certaines espèces ont été révisées et divisées en plusieurs nouvelles espèces, comme *Leptogium lichenoides*, séparée en *L. aragonii*, *L. lichenoides* et *L. pulvinatum* (OTÁLORA et al., 2008) et *Graphis scripta*, séparée en *G. betulina*, *G. pulverulenta* et *G. scripta* (NEUWIRTH & APTROOT, 2011).
- ◆ Enfin, il est apparu que de nombreux échantillons récoltés par Müller Argoviensis, après sa publication de 1862, ou par Jacques Rome n'avaient jamais été publiés. Or ils comportent de très nombreuses « nouveautés ». Pour plus de détails, voir VUST et al. (2015b).

**Les relevés ciblés, c'est
la recherche des lichens
des milieux rares**

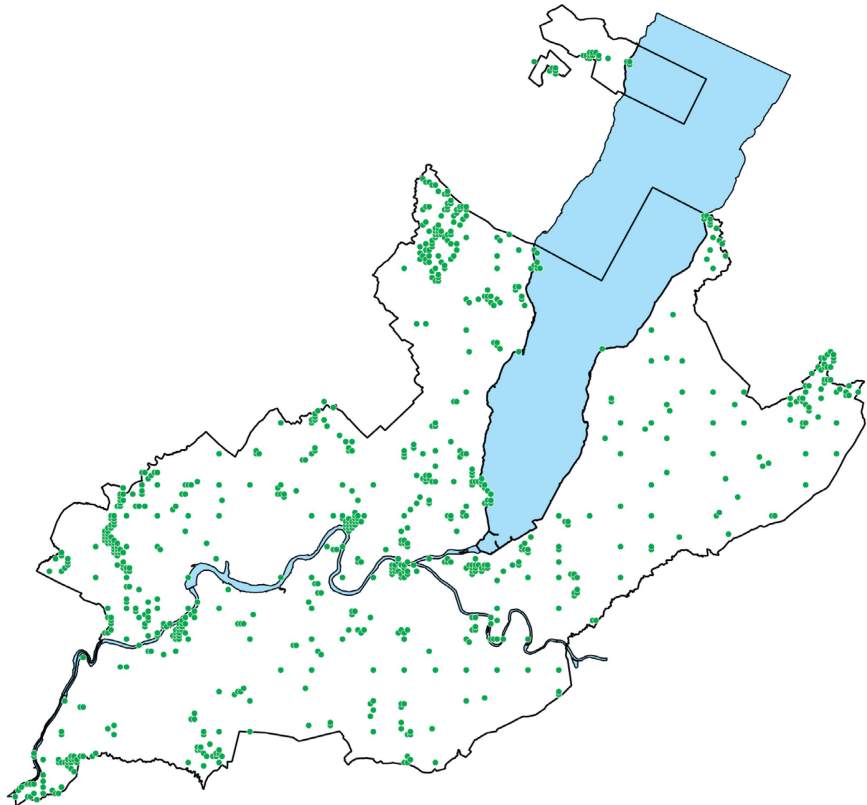
**414 espèces trouvées
dans 45 milieux
différents !**

Résultats des relevés ciblés

Les relevés ciblés ont surtout concerné les milieux proches de l'état naturel, à savoir d'abord les massifs forestiers des Bois de Versoix, du Bois de la Grille, de Satigny et du Roulave, des Bois de Chancy et de Jussy (fig. 14). C'est en parcourant les forêts qu'ont été découverts bon nombre de caliciales, hôtes de très vieux arbres, ou les lichens lignicoles, ici sur une souche, là sur une vieille barrière ou encore sur les rondins d'une cabane forestière. Les relevés ciblés ont ensuite permis d'explorer les réserves naturelles, à commencer par les vallons de l'Allondon et de la Laire, ainsi que le Moulin-de-Vert. Ils constituent l'essentiel des données de lichens terricoles des prairies sèches et de lichens corticoles des pinèdes. Ils ont enfin permis de trouver, en partie par hasard, des habitats très rares comportant des lichens inattendus comme les murs du bord du lac exposés aux vagues, les rochers siliceux périodiquement inondés au bord des rivières ou quelques bornes de granite.

Les relevés ciblés ont permis de trouver 414 espèces de lichens, sur les 469 espèces trouvées depuis l'an 2000 (voir aussi les résultats de l'inventaire des cimetières), et cela dans près de 45 milieux différents ! En effet, à côté des milieux naturels, ces relevés ont été effectués chaque fois qu'un lichen intéressant se présentait dans l'agglomération genevoise, sur un vieux mur, en bordure de voie ferrée, sur des portails ou des barrières de bois, dans les vergers ou les vignes.

Figure 14. Représentation cartographique des relevés dits ciblés.



270 espèces trouvées dans les cimetières, plus de la moitié des espèces existantes !

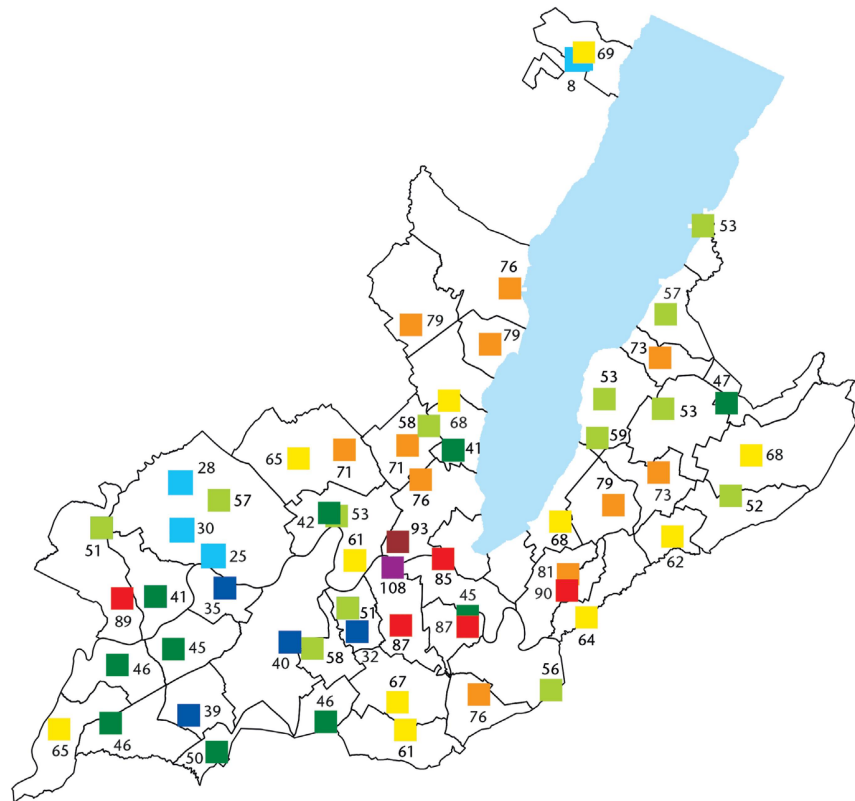
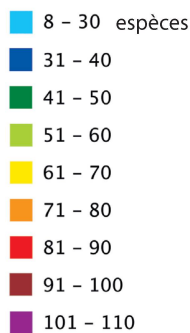
54 espèces n'ont été trouvées que dans les cimetières

Résultats de l'inventaire des cimetières

L'exploration des 60 cimetières du canton de Genève a permis de relever 270 espèces de lichens, soit plus de la moitié (57 %) des 469 espèces trouvées dans le canton depuis l'an 2000. Ce résultat, tout à fait inattendu, est d'autant plus significatif que les cimetières n'occupent que le 0,11 % de la surface totale du canton. De 8 à 109 espèces ont été trouvées suivant les cimetières, avec une moyenne de 59 espèces par cimetière ! (fig. 15). Cela s'explique par la présence de nombreux substrats différents, potentiellement favorables pour les lichens. Les cimetières sont en général entourés d'un mur d'enceinte colonisé par des lichens saxicoles ; ils comportent ensuite des pierres tombales, en calcaire, en gneiss ou en granite, substrats de choix pour une grande diversité de lichens saxicoles. Certaines tombes portent des croix de bois, habitat pour des lichens lignicoles. Les cimetières sont souvent ombragés par des arbres, feuillus ou conifères, favorables aux lichens corticoles, de même que les buissons des haies. Il s'y trouve aussi parfois des lichens sur le sol, sur la terre nue à côté des tombes ou parmi les graviers.

Plus étonnant encore, 54 espèces n'ont été trouvées que dans les cimetières et leurs signalements constituent souvent des premières pour le canton et même pour la Suisse (VUST et al., 2015b et submit.) ! Ces nouveautés sont en grande partie liées aux pierres tombales siliceuses, de gneiss et de granite bruts. Ces substrats sont semble-t-il apparus il y a quelques décennies et sont peu à peu colonisés par des espèces que l'on trouvait jusqu'à présent surtout en montagne, adaptées aux rochers siliceux et à un fort ensoleillement. Les cimetières sont donc des « hot spots » de la biodiversité lichénique locale, particulièrement en

Figure 15. Diversité en lichens des cimetières du canton de Genève. On constate qu'aucun lien entre la diversité en lichens des cimetières et l'intensité de l'urbanisation, concentrée au bout du lac n'est visible. Au contraire, les deux cimetières les plus riches sont les cimetières urbains de St-Georges et Châtelaine se trouvant sur la commune de la Ville de Genève. Ce sont aussi parmi les plus vastes; la surface serait ainsi un facteur important, mais pas le seul, pour expliquer la diversité des espèces.



ce qui concerne les espèces saxicoles et vis-à-vis du canton de Genève qui ne présente pas une abondance d'affleurements rocheux naturels.

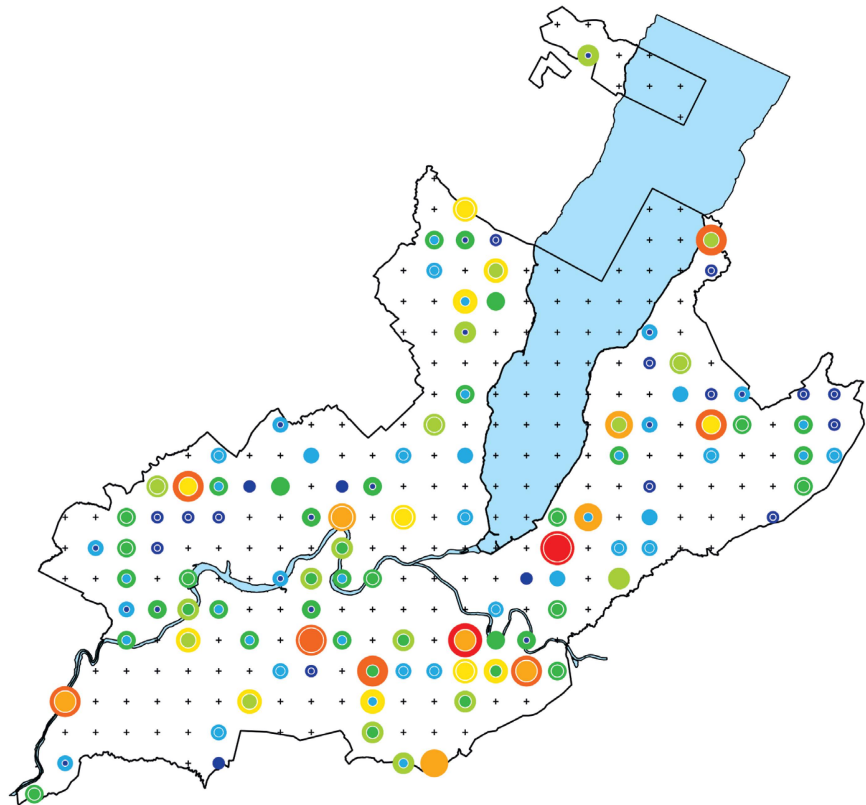
Plus encore, les cimetières interrogent sur le rapport à la mort, à la vie et à la nature. Alors qu'autrefois les pierres tombales étaient surtout en calcaire, ou en marbre permettant de très fines sculptures, les tombes de granites sont apparues peu à peu depuis une cinquantaine d'années, notamment avec l'invention de scies capables de découper ces pierres particulièrement dures. Elles sont aujourd'hui de plus en plus prisées, en raison de la possibilité d'obtenir des pierres polies, brillantes, bon marché et restant propres sans aucun entretien, sans aucun lichen non plus! Les autres pierres tombales sont peu à peu colonisées par des lichens et des mousses, autant de représentants symboliques du temps qui passe, du deuil qui se fait et de la vie qui réapparaît. Les cimetières peuvent donc apparaître comme de véritables sanctuaires pour ces organismes et d'autres, si l'on veut bien les tolérer sur les pierres tombales et apporter un entretien différencié aux espaces les entourant.

Résultats des relevés A

Sur les 281 relevés A (A1 et A2) envisagés pour le canton de Genève, seuls 113 (40,2 %) comportent des lichens. Les 163 autres (58 %) se situent dans le lac, dans des champs cultivés, sur des bâtiments stériles ou dans d'autres milieux sans lichens (tabl. 3).

Entre 2 et 38 espèces ont été relevées dans les 113 relevés A comportant des lichens, avec une moyenne de 13,76 espèces par relevé (fig. 16). En considérant les 281 relevés A, la moyenne tombe à 5,43 espèces par relevé A. Au total 158 espèces différentes ont été recensées, présentes dans 1 à 73 relevés A.

Figure 16. Diversité des lichens dans les relevés A. Le cercle intérieur correspond au nombre d'espèces trouvé dans le relevé A1, de 7,98 m de rayon; le cercle externe au nombre d'espèces du relevé A2, de 12,62 m de rayon.



Le pourcentage de relevés A avec un certain habitat est théoriquement égal au pourcentage de la surface du canton occupée par cet habitat. Cela a été vérifié en comparant les résultats tirés des relevés A et les surfaces obtenues par la cartographie des milieux du canton (DGNP-CJB, 2014) (tabl. 3). Il est également possible de constater que les milieux occupant moins de 0,1 % de la surface du canton ne sont pas touchés par les relevés A. De nombreux milieux jugés dignes de protection par l'OPN et comportant des lichens, comme les prairies sèches ou les pinèdes, sont dans ce cas. Les relevés A apparaissent donc représentatifs, mais jusqu'à une certaine limite seulement, limite correspondant aux milieux de plus de 0,1 % de la surface du canton.

En faisant la liste des milieux où des lichens ont été trouvés, il a été possible d'estimer la surface totale favorable aux lichens dans le canton (tabl. 4). On y voit sans surprise que les milieux arborés occupent les plus grandes surfaces, mais il faut y ajouter que la diversité des lichens n'y est pas toujours élevée. En effet, les forêts sombres, par exemple, occupent de grandes surfaces, mais comportent peu d'espèces. De même, les espèces des arbres d'avenue, des arbres isolés et des buissons sont souvent les mêmes, en zones urbaine et périurbaine. Il est frappant de voir ensuite que tous les autres milieux favorables aux lichens occupent moins de 0,1 % de la superficie du canton de Genève et qu'un milieu aussi important pour les lichens terricoles que les prairies sèches n'occupe même que le 0,001 % de la surface. Au total, ce seraient près de 28 % du territoire genevois qui seraient favorables aux lichens; ce qui signifie en gros que les 3/4 du territoire sont défavorables aux lichens, occupés par le lac et les fleuves, les champs cultivés, les gazons artificiels, les routes et les surfaces goudronnées; ces 3/4 là ne sont d'ail-

Résultats

Tableau 3. Tableau des résultats des relevés A, classés selon les milieux par lesquels ils sont occupés. Les milieux sont précédés de leur code dans Delarze et Gonseth (2008) et par un astérisque (*) s'ils sont jugés dignes de protection par l'OPN.

A. Nombre de relevés A occupés par chacun des milieux.

B. Nombre de relevés A comportant des lichens, pour chacun des milieux.

C. Proportion des 281 relevés A occupés par chacun des milieux.

D. Pourcentage de la surface du canton occupé par chacun des milieux selon la cartographie des milieux du canton de Genève (DGNP-CJB, 2014). Il n'y a pas de total, car tous les milieux ne sont pas présents.

Milieu	A	B	C [%]	D [%]
1.1.0 Eau sans végétation	37	0	13,2	13,091
1.2.1.1 Grands cours d'eau de plaine	2	0	0,7	1,382
* 2.1.2.2 Roselière	0	0	0,0	0,089
* 2.1.4 Végétation des rives d'eau courante	1	1	0,4	0,043
* 2.2.1.1 Magnocariçaie	0	0	0,0	0,027
* 2.3.1 Prairie humide	0	0	0,0	0,039
* 2.3.3 Mégaphorbiaie marécageuse	0	0	0,0	0,007
* 2.5 Végétation annuelle temporairement inondée	0	0	0,0	0,014
* 3.2.1.1 Alluvion des rivières	0	0	0,0	0,019
4.0.2 Gazon artificiel terrains de sport, milieu urbain, etc.	34	21	12,1	12,681
* 4.2.1 Pelouse mi-sèche médio-européenne	0	0	0,0	0,136
* 4.2.2 Pelouse sèche médio-européenne	0	0	0,0	0,001
4.5.1 Prairie de fauche de basse altitude	17	8	6,0	5,787
4.5.3 Pâturage de basse et moyenne altitude	3	1	1,1	1,881
4.6 Friches à graminées	1	1	0,4	0,080
* 5.1 Ourlet	0	0	0,0	0,056
5.3.0 Plantation artificielle	2	0	0,7	0,316
* 5.3.1 et 5.3.2 Buissons mésophiles ou thermophiles	0	0	0,0	0,200
5.3.5 Stade arbustif préforestier	1	1	0,4	0,143
* 5.3.6 Saulaie buissonnante alluviale	0	0	0,0	0,057
* 5.3.7 Saulaie buissonnante marécageuse	0	0	0,0	0,023
6.0.1 Plantation de feuillus	1	1	0,4	0,315
6.1 Forêts inondables	2	2	0,7	0,487
* 6.1.2 Saulaie blanche	0	0	0,0	0,015
* 6.1.3 Aulnaie	0	0	0,0	0,054
* 6.1.4 Frênaie humide	4	4	1,4	0,549
* 6.3.3 Chênaie à charmes	26	26	9,3	7,230
6.3.9 Forêt secondaire de robiniers	1	1	0,4	0,290
* 6.4.1 Pinède subatlantique des pentes marneuses	0	0	0,0	0,062
7.1.0 Terrain piétiné et décombres dépourvus de végétation	2	2	0,7	0,084
7.1.6 Rudérales pluriannuelles mésophiles	2	0	0,7	0,227
7.2 Milieux rocheux anthropogènes	2	1	0,7	?
8.1.6 Vigne	14	10	5,0	4,536
8.2 Cultures de plantes herbacées	75	3	26,7	23,224
8.2.3 Culture sarclée, jardin	5	3	1,8	0,347
9.1 Décharges, dépôts	2	2	0,7	?
9.2.1 Bâtiment habité	13	4	4,6	4,973
9.2.2.4 Serre	1	0	0,4	0,148
9.2.4 Autres éléments bâtis	5	1	1,8	?
9.2.4.5 Cimetière	2	2	0,7	0,112
9.3 Surfaces revêtues	14	1	5,0	5,644
9.3.2.1 Routes et autoroutes	12	11	4,3	3,957
Totaux	281	113	100,0	

Tableau 4. Tableau simplifié des milieux favorables aux lichens et des surfaces qu'ils occupent dans le canton de Genève.

Habitat	% surface
Forêts	14,397
Gazons arborés	9,674
Buissons	2,906
Habitats rudéraux et pionniers	0,907
Cimetières	0,112
Rives et rivages	0,132
Prairies sèches	0,001
Surface totale en % des habitats favorables aux lichens	28,129

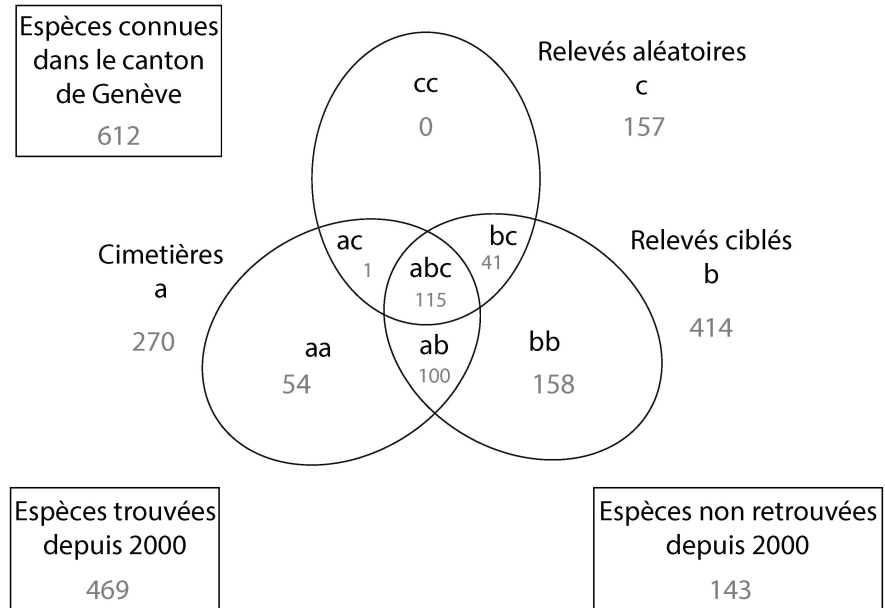
leurs pas défavorables qu'aux lichens... Autrement dit, l'énorme diversité lichénique découverte est concentrée sur de très petites surfaces, voire des surfaces infinitésimales, puisque la projection des surfaces verticales des troncs et des murs est quasi nulle!

Comparaison des méthodes

La figure 17 montre les résultats comparés en matière de nombre d'espèces trouvées par chacune des méthodes. Il apparaît que la méthode ciblée a permis de trouver le plus d'espèces, c'est-à-dire 410, dont 154 n'ont été trouvées que par cette approche. Cependant, cette méthode est par définition sans fin; de plus elle n'est guère reproductible, même si l'échantillonnage est stratifié selon les

Résultats

Figure 17. Représentation graphique des résultats floristiques des trois méthodes utilisées : les relevés ciblés, l'inventaire des cimetières et les relevés aléatoires. Le chiffre **a** correspond à l'ensemble des espèces trouvées dans les cimetières. Le chiffre **aa** donne le nombre d'espèces relevées uniquement dans les cimetières. Le chiffre **ab** donne le nombre d'espèces communes à l'inventaire des cimetières et aux relevés ciblés. Le chiffre **ac** le nombre d'espèces communes à l'inventaire des cimetières et aux relevés aléatoires. Et ainsi de suite.



milieux et si la présence des espèces, notamment dans les prairies sèches, a été cartographiée et que les GPS actuels permettent une grande précision dans la localisation des stations. La méthode consistant à inventorier de manière exhaustive dans tout le canton un milieu particulier est également intéressante. À cet égard, l'inventaire des cimetières a montré l'intérêt de ce milieu pour les lichens, puisque 270 espèces différentes y ont été relevées, dont 54 n'ont été trouvées que dans des cimetières. Cela montre aussi l'originalité et l'intérêt de cette approche, sans laquelle les 54 espèces auraient passé au travers des mailles du filet méthodologique. De plus, elle est limitée et reproductible, du moins à l'échelle d'un milieu comme les cimetières. Finalement les relevés A ont été conçus pour pouvoir être exhaustifs et reproductibles. Par contre, ils n'ont permis de trouver que les espèces les plus fréquentes ou celles des milieux les plus abondants. Aucune espèce n'a été trouvée uniquement dans les relevés A, c'est dire qu'ils n'ont pas d'originalité propre. Il est intéressant de relever que les relevés A et les relevés ciblés ont 41 espèces en commun qui ne se trouvent pas dans les cimetières, sans doute liées à des milieux naturels, mais que les cimetières et les relevés ciblés ont 100 espèces en commun qui sont absentes des relevés A. Cela s'explique par l'analyse ci-dessous.

En classant par substrat préférentiel les espèces trouvées selon les différentes méthodes, on constate d'abord que les proportions sont à peu près identiques entre les relevés ciblés et l'ensemble des espèces signalées dans le canton, laissant penser que de ce point de vue les relevés ciblés sont représentatifs. Ce n'est ni le cas des relevés A, ni le cas des résultats des cimetières. Il apparaît une sur-représentation des saxicoles et une sous-représentation équivalente des corticoles dans les cimetières, tandis que les relevés A montrent une sur-représentation des corticoles et une sous-représentation des lignicoles, saxicoles et terricoles (fig. 18).

En analysant les résultats des relevés A, il a été montré que les habitats occupant moins de 0,1 % de la surface du canton étaient passés entre les mailles de ces relevés (tabl. 3). Or, ce sont souvent des milieux dignes de protection,

Espèces	signalées à GE			vues depuis 2000			non vues depuis 2000			cimetières			relevés ciblés			relevés A			%																			
	a+b+c+d	[%]		a+b+c	[%]		d	[%]		a	[%]		b	[%]		c	[%]		aa	[%]		ab	[%]		bb	[%]		bc	[%]		ca	[%]		cc	[%]		abc	[%]
C	275	44,2		198	42,6		77	49,0		93	34,4		193	47,1		103	65,2		5	9,3		23	23,2		67	43,5		38	92,7		0	0,0		0	0,0		65	56,0
F	2	0,3		2	0,4		0	0,0		0	0,0		2	0,5		0	0,0		0	0,0		0	0,0		2	1,3		0	0,0		0	0,0		0	0,0		0	0,0
L	24	3,9		15	3,2		9	5,7		8	3,0		13	3,2		1	0,6		2	3,7		5	5,1		7	4,5		0	0,0		0	0,0		0	0,0		1	0,9
S	244	39,2		195	41,9		49	31,2		147	54,4		150	36,6		48	30,4		44	81,5		56	56,6		47	30,5		1	2,4		1	100,0		0	0,0		46	39,7
T	77	12,4		55	11,8		22	14,0		22	8,1		52	12,7		6	3,8		3	5,6		15	15,2		31	20,1		2	4,9		0	0,0		0	0,0		4	3,4
TL	622	100,0		465	100,0		157	100,0		270	100,0		410	100,0		158	100,0		54	100,0		99	100,0		154	100,0		41	100,0		1	100,0		0	0,0		116	100,0
%	100			74,8			25,2			43,4			65,9			25,4			8,7			15,9			24,8			6,6			0,2			0,0		18,6		

Tableau 5. Proportions des espèces trouvées selon les différentes méthodes, classées selon leur substrat préférentiel. F : foliicole ; C : corticole ; L : lignicole ; S : saxicole ; T : terricole. État au 31.8.2013.

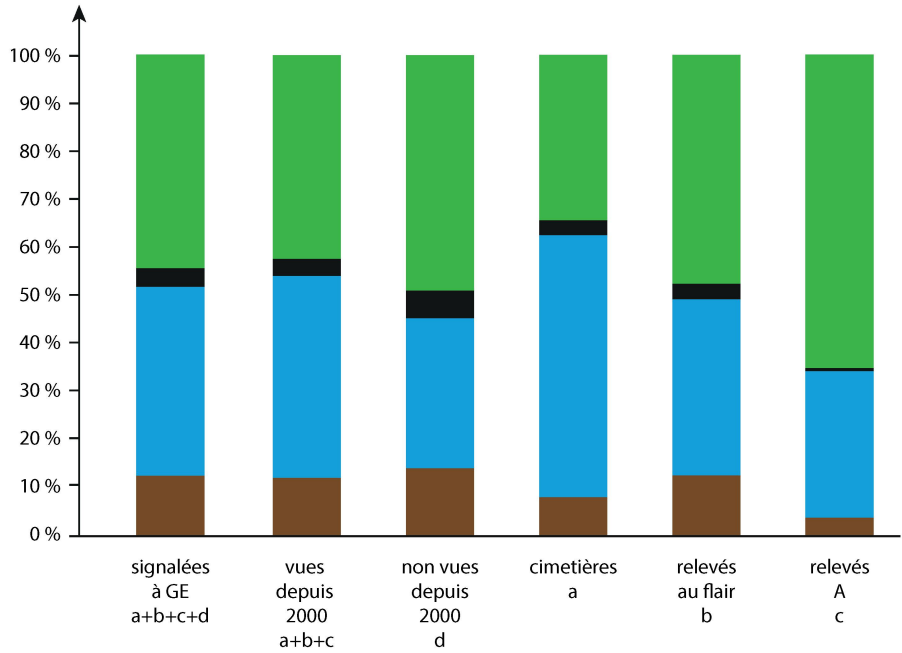


Figure 18. Représentation graphique du tableau 5.

comme les prairies sèches, ou des habitats particuliers comme le bord des lacs et rivières ou les vieux arbres, des milieux propices aux espèces terricoles, saxicoles ou lignicoles. Cela explique la sous-représentation de toutes les espèces autres que corticoles, les milieux arborés étant les seuls suffisamment étendus pour être correctement représentés par les relevés A.

Les cimetières montrent de même une sur-représentation des substrats rocheux, liée à l'abondance des pierres tombales et des murs d'enceinte, et il y manque toutes les espèces corticoles des milieux naturels. Ainsi, les 100 espèces communes aux cimetières et aux relevés ciblés, mais absentes des relevés A, sont liées à des milieux et des substrats rocheux trop restreints par leur surface pour être touchés par les relevés A.

Ce manque de représentativité des relevés A, lié à la taille des mailles de l'échantillonnage et au nombre élevé de milieux de très petite surface dans le canton, s'est révélé problématique pour leur utilisation lors de l'attribution des catégories de Liste Rouge. Pourquoi utiliserait-on un critère qui n'est pas représentatif et qui favorise les espèces corticoles ? Une partie du problème est liée aux lichens eux-mêmes, puisqu'ils sont souvent inféodés à des milieux pionniers dis-

Tableau 6. Liste des espèces les plus fréquentes, avec le nombre de stations connues, littérature et herbiers compris.

<i>Xanthoria parietina</i>	240
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	219
<i>Parmelia sulcata</i>	189
<i>Physcia adscendens</i>	186
<i>Collema tenax</i>	161
<i>Flavoparmelia caperata</i>	155
<i>Lecidella elaeochroma</i>	155
<i>Parmelina tiliacea</i>	149
<i>Lecanora saxicola</i>	146
<i>Aspicilia contorta</i>	139
<i>Verrucaria nigrescens</i>	139
<i>Punctelia subrudecta</i>	138
<i>Buellia punctata</i>	135
<i>Physcia tenella</i>	134
<i>Lecanora dispersa</i>	130
<i>Caloplaca holocarpa</i>	123
<i>Candelaria concolor</i>	123
<i>Lecanora chlorotera</i>	118
<i>Caloplaca citrina</i> s.l.	115
<i>Physconia grisea</i>	114
<i>Physcia aipolia</i>	113
<i>Phlyctis argena</i>	112
<i>Evernia prunastri</i>	111
<i>Punctelia jeckeri</i>	111
<i>Melanelixia glabrata</i>	102
<i>Collema crispum</i>	101
<i>Protoblastenia rupestris</i>	101

persés et de petite surface, comme les zones de terre nue dans les prairies sèches, ou marginaux, tels les substrats rocheux. Considérant que les relevés A n'étaient pas adaptés à l'évaluation d'un groupe comme les lichens, la représentativité des premiers ne correspondant pas à la distribution des seconds dans des milieux interstitiels, ils n'ont finalement pas été pris en compte dans l'attribution des critères de la Liste Rouge (VUST et al., 2015a).

Les espèces les plus fréquentes

Les espèces les plus fréquentes, connues par plus de 100 stations dans le canton de Genève, sont données dans le tableau 6. Ce sont d'abord des espèces nitrophiles, capables de coloniser aussi bien des troncs d'arbres que des rochers, telles *Candelaria concolor*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens* ou *Xanthoria parietina*. Ce sont ensuite des espèces saxicoles calcicoles colonisant les murs, comme *Aspicilia contorta*, *Caloplaca citrina*, *Lecanora dispersa*, *L. saxicola* ou *Verrucaria nigrescens*. Ce sont aussi les espèces neutrophiles ou moyennement acidophiles que l'on trouve sur tous les arbres ensoleillés, *Flavoparmelia caperata*, *Lecidella elaeochroma*, *Parmelia sulcata*, *Parmelina tiliacea*, *Physcia adscendens* ou *P. tenella*. *Collema tenax* et *C. crispum* font ici figure d'exception, puisque ce sont les seuls lichens terricoles; ils colonisent la terre nue entre les pavés, sur le bord des routes et chemins ou en marge des gazons. Ce sont toutes des espèces qui ont su profiter de l'influence humaine ou des substrats anthropogènes, qui sont abondantes aussi bien dans le canton de Genève que dans le reste de la Suisse à basse altitude.

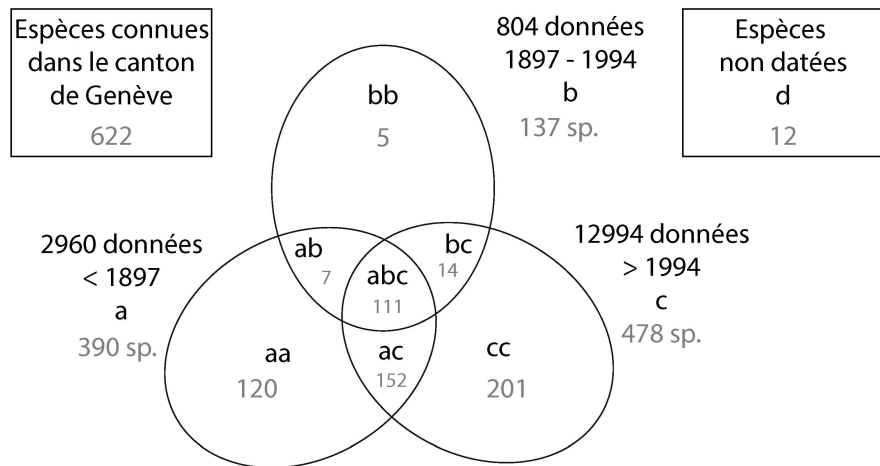
Changements de la flore lichénique depuis deux siècles

On devrait dire fonge lichénique, puisque ce sont des champignons, mais ce terme n'est guère entré dans le vocabulaire des lichénologues.

Analyses écologiques et comparaisons diachroniques

Pour les analyses écologiques et les comparaisons à travers le temps, l'histoire de la lichénologie genevoise a été divisée en trois périodes, suivant les indications fournies par la figure 11. Une première période s'étend des premières découvertes en 1801 jusqu'en 1896 à la mort de Müller Argoviensis. La deuxième période s'étend ensuite de 1897 à 1994. La troisième, débutant par les importantes découvertes liées à l'édification de la première Liste Rouge nationale en 1995, s'étend jusqu'à 2013. La figure 19 illustre graphiquement les données floristiques de ces trois périodes. Près de 3000 données, littérature et échantillons confondus, permettent d'appréhender l'état des connaissances lichénologiques à la fin du XIX^e siècle; elles correspondent au signalement de 390 espèces (fig. 19: a). 804 données seulement documentent la deuxième période, mentionnant 137 espèces différentes (fig. 19: b). Presque 13'000 données ont été récoltées entre 1995 et 2013, signalant cette fois 478 espèces (fig. 19: c). Ces chiffres attestent encore une fois de la « traversée du désert » qu'a connu la lichénologie genevoise entre 1897 et 1994. Il est également surprenant de constater que 111 espèces seulement sont communes aux trois époques (fig. 19: abc), alors que 152 sont communes au XIX^e siècle et début du XXI^e siècle (fig. 19: ac), ce qui est peu en regard du total de 622 espèces et des quelque 400 espèces connues soit à la fin du XIX^e siècle, soit au début du XXI^e siècle. Beaucoup d'espèces n'ont ainsi été signalées qu'au XIX^e siècle, 120 exactement (fig. 19: aa), ou au début du XXI^e siècle, 201 exactement (fig. 19: cc). Il paraît donc intéressant de se pencher sur les caractéristiques de ces différents groupes d'espèces. 12 espèces sont à part, n'étant citées que dans la littérature, sans date précise.

Figure 19. Représentation graphique des résultats floristiques comparés selon les périodes, avant 1897, entre 1897 et 1994 et après 1994. 12 espèces sont à part, n'étant citées que par la littérature, sans date précise. Les données d'avant 1897 (a) peuvent être nommées **anciennes**, par rapport aux données d'après 1994 (c) qu'on peut qualifier de **récentes**. Les espèces n'existant qu'avant 1897 (aa) peuvent être considérées comme **éteintes**, alors que celles qui n'existent qu'à partir de 1994 (cc) sont **nouvelles**. Les espèces communes aux périodes ancienne et récente (ac) pourraient être appelées les **survivantes**, alors que les espèces communes aux trois périodes (abc) sont les **stables**. État au 31.8.2013.



Analyse selon le substrat

Les proportions d'espèces selon leur substrat préférentiel (tabl. 7) montrent d'abord la prépondérance générale des espèces corticoles (278 sp., 44,7 % du total) et saxicoles (245 sp., 39,4 % du total) (fig. 20). Toutefois, la proportion des saxicoles est nettement plus faible parmi les espèces anciennes (32,1 %), et fait un bond au début du XXI^e siècle (40,4 %), avec 107 espèces nouvelles, notamment liées à l'apport de l'inventaire des cimetières. Il est intéressant de consta-

Résultats

Tableau 7. Proportions des espèces selon le substrat, la forme biologique, la stratégie reproductive, la répartition altitudinale et le photosymbiote, à travers les trois époques, 1801-1886, 1897-1994 et 1995-2013. Pour le détail des subdivisions, voir la figure 19. c : collinéen, m : montagnard, s : subalpin, a : alpin, n : nivéal. État au 31.8.2013.

	1801-1886		1897-1994		1995-2013		1801-1886		1897-1994		1995-2013		ab		bc		ac		abc		d		Total	%
	a	%	b	%	c	%	aa	%	bb	%	cc	%	ab	%	bc	%	ac	%	abc	%	d	%		
Substrats																								
Corticoles	188	48,2	74	54,0	213	44,6	51	42,5	3	60,0	74	36,8	5	71,4	7	50,0	73	48,0	59	53,2	6	50,0	278	44,7
Follicoles	0	0,0	0	0,0	2	0,4	0	0,0	0	0,0	2	1,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	0,3
Lignicoles	14	3,6	1	0,7	12	2,5	9	7,5	0	0,0	7	3,5	0	0,0	0	0,0	4	2,6	1	0,9	0	0,0	21	3,4
Saxicoles	125	32,1	33	24,1	193	40,4	44	36,7	2	40,0	107	53,2	1	14,3	6	42,9	56	36,8	24	21,6	5	42,9	245	39,4
Terricoles	63	16,2	29	21,2	58	12,1	16	13,3	0	0,0	11	5,5	1	14,3	1	7,1	19	12,5	27	24,3	1	7,1	76	12,2
Total	390	100,0	137	100,0	478	100,0	120	100,0	5	100,0	201	100,0	7	100,0	14	100,0	152	100,0	111	100,0	12	100,0	622	100,0
Formes biologiques																								
Crustacés	250	64,1	58	42,3	318	66,5	88	73,3	3	60,0	155	77,1	3	42,9	4	28,6	111	73,0	48	43,2	9	75,0	420	67,5
Foliacés	82	21,0	51	37,2	101	21,1	15	12,5	1	20,0	29	14,4	2	28,6	7	50,0	24	15,8	41	36,9	0	0,0	119	19,1
Fruticuleux	30	7,7	22	16,1	35	7,3	7	5,8	1	20,0	11	5,5	2	28,6	3	21,4	5	3,3	16	14,4	1	8,3	47	7,6
Caliciales	15	3,8	0	0,0	11	2,3	6	5,0	0	0,0	2	1,0	0	0,0	0	0,0	9	5,9	0	0,0	0	0,0	17	2,7
Squamuleux	13	3,3	4	4,4	13	2,7	4	3,3	0	0,0	4	2,0	0	0,0	0	0,0	3	2,0	6	5,4	2	16,7	19	3,1
Total	390	100,0	137	100,0	478	100,0	120	100,0	5	100,0	201	100,0	7	100,0	14	100,0	152	100,0	111	100,0	12	100,0	622	100,0
Stratégies reproductives																								
Apothécies	259	66,4	84	61,3	290	60,7	84	70,0	3	60,0	115	57,2	5	71,4	5	35,7	98	64,5	72	64,9	9	75,0	391	62,9
Lirelles	11	2,8	6	4,4	13	2,7	0	0,0	0	0,0	2	1,0	0	0,0	0	0,0	5	3,3	6	5,4	0	0,0	13	2,1
Mazedium	15	3,8	0	0,0	11	2,3	6	5,0	0	0,0	2	1,0	0	0,0	0	0,0	9	5,9	0	0,0	0	0,0	17	2,7
Périthèces	46	11,8	4	2,9	60	12,6	22	18,3	0	0,0	36	17,9	0	0,0	0	0,0	21	13,8	3	2,7	3	25,0	82	13,2
Stériles	59	15,1	43	31,4	104	21,8	8	6,7	2	40,0	46	22,9	2	28,6	9	64,3	19	12,5	30	27,0	0	0,0	119	19,1
Total	390	100,0	137	100,0	478	100,0	120	100,0	5	100,0	201	100,0	7	100,0	14	100,0	152	100,0	111	100,0	12	100,0	622	100,0
Répartition altitudinale																								
c	31	7,9	7	5,1	56	11,7	17	14,2	2	40,0	44	21,9	2	28,6	0	0,0	9	5,9	3	2,7	4	33,3	81	13,0
c, m	88	22,6	21	15,3	87	18,2	36	30,0	0	0,0	33	16,4	2	28,6	4	28,6	35	23,0	15	13,5	4	33,3	129	20,7
c, m, s	139	35,6	49	35,8	162	33,9	38	31,7	1	20,0	58	28,9	2	28,6	5	35,7	58	38,2	41	36,9	2	16,7	205	33,0
c, m, s, a	112	28,7	48	35,0	144	30,1	25	20,8	2	40,0	54	26,9	1	14,3	4	28,6	45	29,6	41	36,9	2	16,7	174	28,0
c, m, s, a, n	20	5,1	12	8,8	29	6,1	4	3,3	0	0,0	12	6,0	0	0,0	1	7,1	5	3,3	11	9,9	0	0,0	33	5,3
Total	390	100,0	137	100,0	478	100,0	120	100,0	5	100,0	201	100,0	7	100,0	14	100,0	152	100,0	111	100,0	12	100,0	622	100,0
Photosymbiote																								
Cyanobactéries	52	13,3	14	10,2	46	9,6	17	14,2	0	0,0	12	6,0	1	14,3	0	0,0	21	13,8	13	11,7	0	0,0	64	10,3
Algues vertes	338	86,7	123	89,8	432	90,4	103	85,8	5	100,0	189	94,0	6	85,7	14	100,0	131	86,2	98	88,3	12	100,0	558	89,7
Total	390	100,0	137	100,0	478	100,0	120	100,0	5	100,0	201	100,0	7	100,0	14	100,0	152	100,0	111	100,0	12	100,0	622	100,0

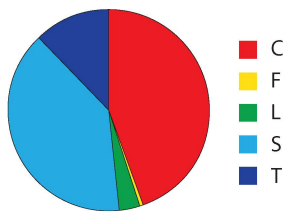


Figure 20. Proportion du total des espèces selon leur substrat préférentiel. F : follicole. C : corticole. L : lignicole. S : saxicole. T : terricole.

ter que la mention de lichens saxicoles se limite, au XIX^e siècle, aux rochers des bords de l'Arve et du Rhône, à quelques blocs erratiques ainsi qu'aux vieux murs, notamment des fortifications de Genève. Il n'est jamais mentionné de lichens sur les pierres tombales. Pourtant bon nombre des espèces « nouvelles », qui seront trouvées dans les cimetières, ont été récoltées par Müller Argoviensis et Rome, mais dans les milieux naturels en dehors du canton, comme au Salève, au Reculet ou aux Voirons.

Les lichens terricoles sont bien moins nombreux, mais variés pour un si petit territoire situé entièrement en plaine (76 sp., 12,2 % du total). La fragilité de ce groupe se lie à la diminution des espèces récentes, par rapport aux espèces anciennes, et au faible nombre d'espèces nouvelles (11 sp.), par rapport aux 16 espèces éteintes. Certains habitats ont certainement disparu, tels les sols nus acides, avec la fermeture des forêts ou la pression humaine, d'autres se sont probablement étendus, dans les zones alluviales actuelles.

Les lichens lignicoles sont peu nombreux (21 sp. sur les 622 du total, soit 3,4 %) et cela depuis le XIX^e siècle. L'exploitation de la forêt en taillis pour les besoins de bois de feu a eu depuis très longtemps pour conséquence une grande rareté du bois mort. Même aujourd'hui, la forêt n'est pas encore assez âgée pour comporter une proportion importante d'arbres morts sur pied. Certaines espèces ont disparu, remplacées par d'autres en nombre presque équivalent.

Enfin, deux espèces follicoles ont été découvertes récemment pour la première fois à Genève.

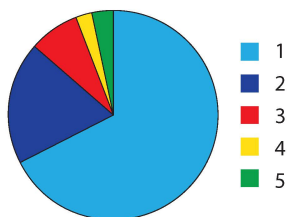
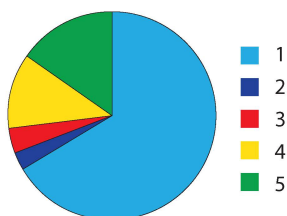
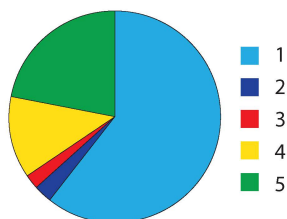


Figure 21. Proportion du total des espèces selon leur forme biologique. 1 : crustacés. 2 : foliacés. 3 : fruticuleux. 4 : caliciales. 5 : squamuleux.



Période 1801-1896



Période 1994-2013

Figure 22. Proportion du total des espèces selon leur stratégie reproductive. 1 : apothécies. 2 : lirelles. 3 : mazedium (caliciales). 4 : périthèces. 5 : lichens stériles.

Analyse selon les formes biologiques

Les deux tiers des lichens du canton sont crustacés (67,5 % du total), les lichens foliacés ne comptent que pour un cinquième (19,1 % du total), les lichens fruticuleux que pour 7,6 % des espèces, les caliciales que pour 2,7 % et enfin les lichens squamuleux que pour 3,1 % (tabl. 7 et fig. 21). Ces proportions ne changent quasiment pas, à 2 % près, entre les espèces du XIX^e siècle, celles du XXI^e siècle et le total, malgré l'augmentation du nombre des espèces. Des proportions exactement comparables d'espèces nouvelles ont compensé les espèces éteintes. En nombre, par contre, les crustacés éteints ont été remplacés par presque le double d'espèces nouvelles (155 sp.), de même que les foliacés, 29 espèces remplaçant les 15 disparues. Les caliciales et les fruticuleux ont légèrement régressé, au profit des crustacés, ce qui se comprend puisque les caliciales sont liées aux gros et vieux arbres, plus rares aujourd'hui qu'autrefois, et que les fruticuleux ont été les premières victimes de la pollution atmosphérique.

Analyse selon la stratégie reproductive

La stratégie la plus courante est la reproduction sexuée (80,9 %), seuls 19,1 % des espèces étant stériles. Il y a ensuite plusieurs formes de reproduction sexuée, mais qui dépendent plus des groupes taxonomiques que de l'environnement. Les espèces à lirelle sont stables, la plupart des espèces se retrouvant aux XIX^e et XXI^e siècle ou dans les trois périodes. Les espèces à périthèce ont légèrement augmenté en proportion et en nombre d'espèces, passant de 46 espèces au XIX^e siècle à 60 au XXI^e siècle, avec 22 pertes et 36 apparitions. Cela pourrait en partie s'expliquer par la présence dans ce groupe du genre *Verrucaria*, un genre difficile, comportant de nombreuses espèces et beaucoup mieux compris aujourd'hui. Les caliciales (mazedium) ont régressé, passant de 15 espèces au XIX^e siècle à 11 au XXI^e siècle, avec 6 espèces disparues pour 2 nouvelles. Le nombre d'espèces stériles augmente clairement (tabl. 7 et fig. 22). Représentant 15,1 % des espèces anciennes (avec 59 sp.), elles forment le 21,8 % des espèces récentes (avec 104 sp.). C'est un groupe qui a peu disparu (6,7 %, avec 8 sp. en aa) et est passablement apparu (22,9 %, avec 46 espèces en cc). La tendance concomitante est la régression des espèces se reproduisant de manière sexuée. Représentant les deux tiers des espèces au XIX^e siècle (66,4 %), elles ne représentent plus que le 60,7 % au XXI^e siècle. 84 espèces ont disparu, soit le 70 % (aa), et même si 115 espèces sont arrivées, soit le 57,2 % (cc), la proportion diminue. Il peut aussi s'agir d'espèces qui changent de stratégie au court du temps, comme *Flavoparmelia caperata* qui était fréquemment apothécié au milieu du XIX^e siècle et qui est passé à la reproduction exclusivement asexuée depuis le début du XX^e siècle (CLERC, 1999). La raison souvent avancée de ce basculement vers la reproduction asexuée est l'augmentation de la pollution de l'air, puisqu'il se constate partout en Europe à la même période, mais les détails des liens de cause à effet manquent encore (CLERC, 1999).

Analyse selon le photosymbiote

La grande majorité des champignons lichénisés forme une symbiose avec une algue verte. Dans le canton de Genève, cette proportion s'élève à 89,7 % (tabl. 7). Les 10,3 % restants ne sont ni négligeables, ni inintéressants ; en effet, les espèces entrant en symbiose avec des cyanobactéries ont des caractéristiques écologiques,

comme le lien avec un pH élevé, et une intolérance à la pollution acide, qui en font de précieux bioindicateurs. Alors qu'elles représentaient 13,3 % des espèces du XIX^e siècle, elles ne comptent plus que pour 9,6 % au XXI^e siècle, leur nombre étant passé de 52 à 46, 17 disparitions ayant été compensées par 12 arrivées, alors que dans le même temps le nombre des espèces à algues vertes augmentait fortement. Cette régression des cyanolichens est certainement liée à l'épisode de pollution acide des années 1960-1980.

Analyse selon la répartition altitudinale

La répartition altitudinale se mesure d'après la présence des espèces aux divers étages de végétation, selon la littérature compilée par CLERC & TRUONG (2012). C'est un paramètre qui dépend de l'état des connaissances actuelles et n'est pas indépendant de la géographie comme les autres paramètres. Certes, il est connu que les espèces ont des préférences écologiques, mais les lichens ont une plasticité altitudinale assez grande, notamment parce qu'ils sont souvent liés à des micro-habitats (il peut exister des micro-habitats chauds et ensoleillés à presque toutes les altitudes, par ex.).

Il est frappant de remarquer qu'un territoire exclusivement collinéen comme le canton de Genève ne comporte pas que des lichens de l'étage collinéen ! Seul un petit nombre d'espèces n'est connu qu'à l'étage collinéen (13,0 %) (tabl. 7 et fig. 23). Cette catégorie a connu une forte augmentation récente en proportion et en nombre d'espèces. Cette augmentation est à relier aux nombreuses espèces « nouvelles », qui ne sont connues aujourd'hui en Suisse que par Genève. Sont-elles là depuis longtemps à l'état « invisible » ? Il est difficile de le savoir. C'est probablement le cas de certaines espèces de *Verrucaria*, comme des espèces récemment séparées de taxons existant depuis longtemps dans le canton, tel *Graphis betulina* ou *Leptogium aragonii*. Il est par contre quelques espèces vraiment nouvelles, telle *Flavoparmelia soredians*, dont la progression récente depuis le sud et l'ouest de l'Europe est bien documentée (WIRTH et al., 2013).

Un cinquième des espèces sont collinéennes et montagnardes (20,7 %). On y trouve les espèces thermophiles, corticoles des chênaies, saxicoles du bord du lac et terricoles des prairies sèches. Le nombre de ces espèces a peu varié au cours du temps, les 36 espèces disparaissant étant remplacées par 33 nouvelles ; en proportion par contre, elles sont en nette régression.

Un tiers des espèces sont connues aux étages collinéen, montagnard et subalpin (33,0 %). Elles se composent des corticoles mésophiles des forêts et des arbres isolés, des calicales demandant une certaine humidité atmosphérique et des saxicoles des substrats anthropogènes. Ce groupe a gagné 13 espèces, restant relativement stable dans les proportions.

Encore 28 % des espèces sont présentes du collinéen à l'alpin. Ce sont notamment les corticoles acidophiles, caractéristiques des forêts de conifères du subalpin, les espèces lignicoles du bois mort et pourrissant, les saxicoles des rochers naturels, principalement calcicoles, et des terricoles mésophiles, muscicoles ou acidophiles. Elles ont augmenté en nombre (32 sp.), restant à peu près stables en proportion.

Finalement seul le 5,3 % des espèces a été signalé à tous les étages, du collinéen au nival. Ces espèces sont composées d'ubiquistes saxicoles silicicoles liées aux rochers ensoleillés, comme *Acarospora fuscata* ou *Rhizocarpon geographi-*

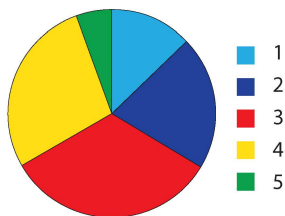


Figure 23. Proportion du total des espèces selon leur répartition altitudinale.
 1: présentes à l'étage collinéen.
 2: présentes aux étages collinéen et montagnard.
 3: présentes aux étages collinéen, montagnard et subalpin.
 4: présentes aux étages collinéen, montagnard, subalpin et alpin.
 5: présentes aux étages collinéen, montagnard, subalpin, alpin et nival.

cum et de lichens terricoles, dont les centres de gravité écologiques sont les prairies sèches de plaine et les landes alpines ventées d'altitude (VUST, 2011). Ces espèces ont augmenté en nombre, notamment grâce à quelques espèces trouvées sur des pierres tombales, mais dont les proportions sont restées stables.

Il y a quelques espèces que l'on pourrait soupçonner d'être démontagnardes, c'est-à-dire ayant des stations abyssales dans le canton de Genève, à l'image de certaines plantes trouvées le long de l'Arve (LAMBELET-HAUETER et al., 2006), alors qu'elles sont principalement connues à l'étage alpin. Ce sont des espèces saxicoles, trouvées sur les pierres tombales siliceuses du canton de Genève et dont on ne connaît pas de station aujourd'hui aux étages montagnard et/ou sub-alpin. Il s'agit de *Buellia uberior*, *Lecidea leucothallina*, *L. obluridata*, *Rhizocarpon reductum* et *Schaereria fuscocinerea*. Or, il apparaît qu'en dehors de Suisse ces espèces sont largement connues aux étages inférieurs (ROUX et al., 2014). Cette notion de « démontagnarde » ne peut donc s'appliquer aux lichens du canton de Genève.

Il est assez cocasse d'imaginer que les botanistes du XIX^e siècle étaient plutôt bien vus par les familles patriciennes et reçus dans les propriétés privées de la campagne genevoise, alors que ce sont les seuls endroits où l'auteur n'a pas eu l'autorisation d'entrer pour effectuer les relevés A.

Contrairement aux données bryologiques provenant de deux Bois de la Bâtie (BURGISSER & CAILLIAU, 2012), toutes les données lichénologiques semblent provenir du Bois de la Bâtie proche de Genève, surplombant la jonction de l'Arve et du Rhône.

Alors que des dizaines d'espèces étaient récoltées au Bois de la Bâtie et au Bois du Vengeron, ces massifs sont actuellement plutôt sombre et pauvre en lichens pour le premier et détruit pour les besoins de l'autoroute pour le second. À l'inverse, les massifs périphériques de Versoix, Satigny, du Roulave, de Chancy et Jussy ne sont documentés par aucune donnée historique!

Reconstitution de la végétation du canton de Genève à la fin du XIX^e siècle

En rassemblant toutes les indications contenues sur les échantillons d'herbier et dans la littérature, il ressort une certaine image de la végétation du canton de Genève à la fin du XIX^e siècle, vue par la lorgnette des lichénologues de l'époque.

Genève comporte des « campagnes » et des « promenades ». Par campagne, il faut entendre de grandes propriétés privées entourées de parcs arborés. Il est régulièrement fait mention de la campagne Boissier « au Rivage », de la campagne Carey, au bord de la route Suisse, de la campagne Cayla, de la campagne Favre ou Varembe. Reuter récolte en 1849 *Leptogium hildenbrandii* sur un saule de la campagne Cayla, non loin de Châtelaine (éch. G00271684). Müller Argovienensis signale *Gyalecta truncigena* à la campagne Boissier (MÜLLER ARGOVIENSIS, 1862: 61). Par promenade, il faut imaginer des allées d'arbres le long desquelles les gens se « promenaient » et les lichénologues herborisaient. Sont notamment citées les promenades d'Aïre (fig. 24), de Carouge et des Bastions. Müller Argovienensis signale plusieurs espèces comme très fréquentes « sur les arbres de nos promenades », telles *Pertusaria albescens*, *Phaeophyscia ciliata* et *Physconia distorta*, autant d'espèces que l'on ne retrouve plus en ville aujourd'hui.

Certains massifs boisés reviennent très régulièrement dans la localisation des échantillons. Le Bois de la Bâtie a une place de choix. Plus de 200 échantillons ou mentions y totalisent près de 80 espèces de lichens, soit sur les chênes, noisetiers, noyers, tilleuls ou mélèzes, qui couvraient le sommet de la colline, soit sur les saules, aulnes, frênes, peupliers ou ormes qui poussaient sur la pente et au bord de l'Arve et du Rhône. Il y est aussi mentionné des lichens sur des murs ou des affleurements de conglomérat et même sur le sol. Müller Argovienensis signale *Dibaeis baeomyces* et *Bacidia bagliettoana* « sur de la terre stérile argileuse parmi les broussailles et sur les sentiers peu fréquentés du Bois de la Bâtie » (MÜLLER ARGOVIENSIS, 1862: 25), tandis que Reuter trouvait *Cetraria islandica* « dans le pré du Bois de la Bâtie » (éch. G00270351).

Le Bois du Vengeron attirait les lichénologues tout autant que le Bois de la Bâtie. 227 échantillons témoignent de la présence de 88 espèces, dont les premiers échantillons récoltés dans le canton, en 1801, par J. C. Schleicher, de *Cetrelia olivetorum* et *Parmotrema stuppeum*. Il s'y trouve, entre 1830 et 1880, *Clado-*

Figure 24. L'avenue d'Aire en 1915 avec la « promenade d'Aire », bordée d'une double rangée d'arbres et menant aux splendides propriétés patriciennes des campagnes Cayla et Masset, dont parlent les lichénologues de la deuxième moitié du XIX^e siècle (photo extraite de LESCAZE & LOCHNER, 1976).



Tableau 8. Liste des espèces corticoles relevées à « Bel Air près Chêne » par J. Rome entre 1875 et 1886.

Arthonia atra
Arthonia cinnabarinata
Arthonia radiata
Arthonia reniformis
Arthrosporum populorum
Bacidia auerswaldii
Bacidia friesiana
Bacidia rubella
Caloplaca cerina
Candelaria concolor
Catillaria chalybeia
Catillaria nigroclavata
Collema fragrans
Collema furfuraceum
Collema nigrescens
Diplotomma alboatrum
Graphis pulverulenta
Lecania naegelii
Lecanora albella
Lecanora allophana
Lecanora allophana f. soreliata
Lecanora carpinea
Lecanora subcarpinea
Lecidella elaeochroma
Melanelixia glabra
Opegrapha rufescens
Opegrapha varia
Parmelina tiliacea
Parmotrema perlatum
Pertusaria leioplaca
Phaeophyscia orbicularis
Physcia aipolia
Physconia distorta
Punctelia jeckeri
Strigula affinis
Xanthoria parietina

nia macilenta et *C. parasitica* sur des souches, de nombreuses caliciales, comme *Chaenotheca chlorella*, *C. stemonea* et *C. trichialis*, sur les écorces des pins et des vieux chênes, et d'autres espèces très rares, comme *Gyalecta ulmi*, *Lobaria pulmonaria*, *Peltigera venosa*, *Porina borreri*, *Ramalina pollinaria*, *Strigula glabra* et *S. stigmatella*, dont la plupart sont aujourd'hui éteintes.

Müller Argoviensis et Rome récoltent une trentaine d'espèces au Bois de Frontenex, entre 1850 et 1880, mais il est frappant de constater que ce sont avant tout des espèces crustacées d'écorce lisse, ce qui pourrait s'expliquer si ce bois était exploité en taillis (voir plus loin l'amélioration des forêts).

Le Bois de Veyrier est également exploré; il s'y trouve des blocs erratiques siliceux comportant plusieurs espèces rares, faute de substrat adéquat ailleurs dans le canton, telles *Diplotomma alboatrum*, *Rinodina oxydata*, *Scoliciosporum umbrinum* et *Xanthoparmelia pulla*. Il y est également signalé quelques souches colonisées par *Cladonia caespiticia*, *C. macilenta* et *C. parasitica*.

Jacques Rome se rend régulièrement à « Bel Air, près Chêne », dont il donne une description indirecte grâce à quelque 90 échantillons. Il y mentionne des lichens sur les noyers, cerisiers, pommiers et poiriers, de vergers probablement, sur les frênes, ormes et peupliers des bosquets et sur les charmes et chênes du bois tout proche. En tout, 36 espèces corticoles sont signalées (tabl. 8), parmi lesquelles beaucoup de lichens crustacés, quelques foliacés, dont plusieurs espèces de cyanolichens du genre *Collema*; aucun fruticuleux par contre. Ces données, très riches, portant sur un territoire restreint et un laps de temps limité, pourraient servir de comparaison avec des relevés postérieurs.

Les étiquettes des échantillons et les indications de littérature mentionnent souvent le lieu et le substrat, mur de pierre ou écorce, précisant souvent de quel arbre il s'agit. Par contre, il n'y a jamais aucune indication concernant le milieu, cette notion semblant inconnue des botanistes de l'époque. Il est donc difficile de constater des différences par rapport au XXI^e siècle autrement que par des indications indirectes. Les lichens terricoles en donnent un exemple: plusieurs espèces xérothermophiles, comme *Cladonia pocillum*, *C. rangiformis*, *C. symphyrcarpia*, *Fulgensia fulgens*, *Psora decipiens*, *Squamarina lentigera* et *Toninia sedifolia* sont signalées « sur de la terre stérile et sablonneuse le long de l'Arve », « sur les gra-

Il est frappant de constater que les prairies sèches sur alluvions ont aujourd'hui disparu des bords de l'Arve et du Rhône, mais subsistent dans les vallons de l'Allondon et de la Laire, qui eux ne sont documentés par aucune donnée historique!

Tableau 9. Liste des espèces signalées sur des vieux arbres au XIX^e siècle et qui sont aujourd'hui rares, menacées ou n'ont pas été retrouvées.
RE: éteint au niveau régional,
CR: en danger critique,
EN: en danger,
VU: vulnérable,
LC/R: rare, mais non menacé,
DD: données insuffisantes.

<i>Arthrosporum populum</i>	DD
<i>Biatoridium monasteriense</i>	DD
<i>Calicium abietinum</i>	DD
<i>Calicium salicinum</i>	CR
<i>Catillaria minuta</i>	CR
<i>Chaenotheca brachypoda</i>	EN
<i>Chaenotheca brunneola</i>	DD
<i>Chaenotheca gracilentia</i>	EN
<i>Chaenotheca stemonea</i>	EN
<i>Cladonia macilenta</i>	CR
<i>Coenogonium pineti</i>	VU
<i>Collema conglomeratum</i>	CR
<i>Collema fragrans</i>	VU
<i>Collema nigrescens</i>	CR
<i>Collema occultatum</i>	DD
<i>Eopyrenula leucoplaca</i>	CR
<i>Gyalecta ulmi</i>	DD
<i>Lecania hyalina</i>	DD
<i>Leptogium aragonii</i>	DD
<i>Leptogium hildenbrandii</i>	CR
<i>Leptogium intermedium</i>	DD
<i>Leptogium subtile</i>	DD
<i>Placynthiella icmalea</i>	EN
<i>Placynthiella uliginosa</i>	DD
<i>Porina borrieri</i>	RE
<i>Scoliciosporum umbrinum</i>	LC/R
<i>Strigula affinis</i>	DD
<i>Trapeliopsis viridescens</i>	EN
<i>Usnea glabrata</i>	DD
<i>Usnea hirta</i>	DD
<i>Verrucaria mortarii</i>	DD

viers et sables sous Veyrier » et « sur les sables d'Aire au bord du Rhône ». On peut en déduire qu'il existait au bord des fleuves des zones d'alluvions exondées, à l'intérieur des méandres, comme à Aire notamment, où se développait une végétation clairsemée, entre alluvions et prairies sèches. Le caractère thermophile est également souligné par la présence du genévrier (*Juniperus communis*), à Aire et au Bout du Monde, sur lesquels plusieurs espèces de lichens ont été récoltées. *Cladonia furcata* subsp. *subrangiformis* et *C. rangiformis* ont de même été récoltés dans des « lieux incultes au bord du Léman, à Bellerive », ce qui montre qu'il existait à l'époque une zone de battement du niveau de l'eau qui permettait à une végétation pionnière de se développer.

Les rives de l'Arve, de Genève à Villette, ont été abondamment parcourues par les lichénologues du XIX^e siècle. Ils y décrivent 41 espèces saxicoles sur toute sorte de roches, calcaires marneux, gréseux ou schisteux, micaschiste, granite ou serpentine. Ils y signalent également 12 espèces de lichens terricoles et 24 espèces corticoles sur les aulnes, peupliers, frênes et autres saules des rives.

La mention de vieux arbres apparaît souvent, comme dans les cas de *Biatoridium monasteriense* « trouvé abondamment sur un vieux tronc de *Tilia* le long du chemin des philosophes, près de l'hôpital cantonal », *Calicium salicinum* récolté « dans le tronc creux d'un vieux *Salix alba* », de *Chaenotheca brunneola* « dans un vieux *Quercus* (chêne) creux sur du bois pourri », de *Gyalecta ulmi* « sur de vieux *Quercus* à Ecogia, près Versoix », de *Leptogium subtile* « dans un vieux saule creux », etc... Au total 65 espèces sont signalées sur de vieux arbres. Ces derniers étaient-ils plus fréquents qu'aujourd'hui ? Il semble bien, puisque 14 de ces espèces font aujourd'hui partie de la liste des espèces menacées (VUST et al. 2015a) et que 16 autres n'ont pas été retrouvées (tabl. 9).

Les murs existaient bien sûr au XIX^e siècle et il en existe encore aujourd'hui. Une part importante des lichens y est lié, puisque 87 espèces étaient déjà signalées au XIX^e siècle, et que 151 espèces y ont récemment été relevées, notamment autour des cimetières. Au-delà des chiffres, il est difficile d'apprécier l'évolution des lichens sur les murs. Au XIX^e siècle, plusieurs espèces sont mentionnées sur des murs en pleine ville, au chemin des philosophes, à Plainpalais, aux Pâquis, comme *Collema callopismum*, *C. cristatum*, *C. polycarpon*, *Placidium squamulosum* ou *Psorotichia murorum*. Ces espèces sont aujourd'hui absentes, bien que de nombreux lichens aient été trouvés sur les murs de la vieille Ville dans le cadre du projet Nature en Ville (HABASHI & CLERC, 2013; MOMBRIAL et al., 2013). C'est donc davantage la « qualité » du mur qui prime pour les lichens, indépendamment de l'époque: plus il est vieux et moins il est nettoyé, entre autres facteurs, plus il sera favorable. Il faut toutefois mentionner la destruction dès 1849 des murs de fortification de Genève, sur lesquels étaient signalées plusieurs espèces saxicoles calcicoles devenues rares, comme *Collema cristatum*, *Gyalecta jenensis*, *Opegrapha rupestris*, *Placidium rufescens*, *Romjularia lurida* et *Verrucaria polys-ticta*. Les murs de pierres de taille sont probablement moins fréquents qu'autrefois, au contraire des murs de béton, mais aucune donnée ne permet de vérifier cette hypothèse.

Les espèces d'arbres, sur lesquelles les espèces corticoles ont été trouvées, furent de tout temps documentées. Ainsi, il est tentant de comparer la diversité recensée par espèce d'arbre entre le XIX^e et le XXI^e siècle. Cette comparaison a ses limites dans la mesure où toutes les données anciennes ne comportent pas de

Tableau 10. Comparaison du nombre d'espèces de lichens mentionnées au XIX^e siècle, par espèce d'arbre et par rapport aux données récoltées aux XX^e et surtout XXI^e siècles, avec le facteur multiplicateur (x).

arbres	XIX ^e	XX ^e -XXI ^e	x
<i>Acer</i>	15	75	5,00
<i>Carpinus</i>	34	71	2,09
<i>Juglans</i>	27	99	3,67
<i>Pinus</i>	19	69	3,63
<i>Populus</i>	47	98	2,09
<i>Quercus</i>	76	142	1,87
<i>Salix</i>	42	60	1,43
<i>Tilia</i>	28	84	3,00
<i>Ulmus</i>	40	11	0,28

mention de l'arbre hôte, contrairement aux données récentes, et dans la mesure où les approches méthodologiques n'étaient pas les mêmes. Les résultats sont donc à considérer avec prudence. Il apparaît d'abord cinq fois plus d'espèces sur le genre *Acer* au XXI^e siècle qu'au XIX^e (tabl. 10). Ceci s'explique probablement par le fait qu'*Acer campestre* était, au XIX^e siècle, la seule espèce présente du genre *Acer*. Les *Acer pseudoplatanus* et surtout *A. platanoides* feront leur apparition plus tard, sous forme de plantations le long des rues et dans les parcs. Le nombre d'espèces de lichens trouvées par espèce d'arbre double, voire triple entre le XIX^e et le XXI^e siècles. C'est le cas pour le charme (*Carpinus*), le noyer (*Juglans*), le pin (*Pinus*), le peuplier (*Populus*), le chêne (*Quercus*) et le Tilleul (*Tilia*). La forte augmentation (3,63) d'espèces relevées au XXI^e siècle sur les pins est en partie liée à l'apparition de *Pinus nigra* et *P. edulis* plantés ici et là pour le premier et dans le jardin botanique pour le second. L'augmentation des lichens sur les saules est plus faible (1,43), signalant une probable raréfaction des saules, concomitante à celle des milieux humides. Le cas est encore plus dramatique avec l'orme (*Ulmus*), dont le nombre d'espèces corticoles est plus élevé au XIX^e siècle qu'au XXI^e. La cause est un champignon, apparu en Europe au début du XX^e siècle, responsable de la graphiose, maladie qui depuis décime les ormes. L'arbre comprenant le plus d'espèces, au XIX^e comme au XXI^e siècle, est le chêne avec 142 espèces signalées aux XX^e et XXI^e siècles. Viennent ensuite les noyers (99 sp.), les peupliers (98 sp.) et les tilleuls (84 sp.).

Dans le même esprit, toutes les mentions faisant état de l'abondance d'une espèce au XIX^e siècle ont été réunies dans le tableau 11. Cela ne concerne hélas que 59 espèces. Ces considérations étaient visiblement secondaires pour Müller Argoviensis lorsqu'il a écrit son catalogue, car il ne les utilise que lorsqu'il y a trop de stations connues pour les énumérer toutes. Plusieurs espèces communes sont ainsi décrites comme telles, mais du coup sans aucune localisation précise.

Tableau 11. Compilation des espèces comportant une appréciation d'abondance ou de rareté au XIX^e siècle. Une appréciation de l'évolution de l'espèce (Ev.) a été attribuée en comparant l'abondance ancienne décrite dans la littérature ou sur les échantillons, la catégorie de Liste Rouge (LR GE) (VUST et al., 2015a) et le nombre de stations récentes (St.). Les espèces sont classées par classe d'abondance ancienne.

espèces	Commentaire	LR GE	St.	Ev.
<i>Lecanora hagenii</i>	Extrêmement commun sur les vieux <i>Ulmus</i> et les <i>Tilia</i> de nos promenades et en immense abondance sur les barrières le long de la route de Lausanne près des Pâquis.	LC	38	↘
<i>Lecidella elaeochroma</i>	Extrêmement commun sur les arbres à écorce un peu lisse, surtout sur les <i>Quercus</i> , <i>Fagus</i> , <i>Juglans</i> et <i>Fraxinus</i> .	LC	121	→
<i>Xanthoria parietina</i>	Extrêmement commun partout dans la plaine et au pied des montagnes sur les troncs d'arbres et parfois sur des pierres.	LC	223	→
<i>Arthonia radiata</i>	Très commun sur les écorces lisses de <i>Quercus</i> , <i>Fraxinus</i> , partout.	LC	24	↘
<i>Caloplaca cerina</i>	Très commun sur les <i>Cerasus</i> , <i>Fraxinus</i> , <i>Juglans</i> , etc.	LC	41	↘
<i>Caloplaca flavovirescens</i>	Très commun sur les pierres et les petits blocs surtout molassiques et sur des murs plus ou moins ombragés.	LC	36	↘
<i>Collema tenax</i>	Très répandu sur les vieux murs.	LC	141	→
<i>Flavoparmelia caperata</i>	Très commun, surtout sur les vieux <i>Castanea</i> et <i>Quercus</i> .	LC	136	→
<i>Gyalecta truncigena</i>	Se trouve très répandu sur les arbres des promenades de Genève.	VU	4	↘↘
<i>Leptogium hildenbrandii</i>	Très commun aux alentours de Genève. Assez commun sur le tronc des arbres de la plaine et au pied des montagnes, surtout sur <i>Juglans</i> et <i>Populus pyramidalis</i> [<i>P. nigra</i> subsp. p.].	CR	1	↘↘
<i>Pertusaria albescens</i>	Très commun sur les arbres de nos promenades [biffé à la main].	LC	69	↘
<i>Phaeophyscia ciliata</i>	Très commun sur les arbres champêtres, surtout sur les <i>Ulmus</i> de nos promenades.	NT	4	↘↘
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	Très commun dans nos promenades sur les <i>Ulmus</i> , les <i>Populus pyramidalis</i> [<i>P. nigra</i> subsp. p.], etc. Très abondant à l'avenue d'Aire.	LC	193	→

Résultats

espèces	Commentaire	LR GE	St.	Ev.
<i>Physcia adscendens</i>	Très commun sur les arbres et arbustes.	LC	170	→
<i>Physcia aipolia</i>	Très répandu sur une foule d'arbres différents, mais beaucoup moins commun que <i>Physconia distorta</i> , sauf dans les montagnes.	LC	85	→
<i>Physcia tenella</i>	Très commun sur les arbustes et les grands et petits arbres.	LC	128	→
<i>Physconia distorta</i>	Très fréquent sur les arbres de nos promenades, surtout sur les <i>Tilia</i> et les <i>Ulmus</i> , de même que sur les petits arbres forestiers comme <i>Acer</i> , <i>Alnus</i> et <i>Fraxinus</i> .	LC	59	↘
<i>Ramalina pollinaria</i>	Très commun sur toute sorte d'arbre.	LC/R	7	↘↘
<i>Verrucaria muralis</i>	Très commun sur les pierres calcaires et molassiques partout, sur des blocs, des rochers et des murs.	LC	28	↘
<i>Xanthoria candelaria</i>	Très abondant sur les <i>Ulmus</i> et les <i>Tilia</i> des promenades de Genève, au Bastion, etc...	NT	4	↘↘
<i>Bacidia rubella</i>	Assez fréquent contre les peupliers, ormes, tilleuls. Commune sur les écorces des vieux <i>Quercus</i> , <i>Pyrus</i> et autres arbres.	LC	40	→
<i>Candelariella aurella</i>	Assez répandu dans la plaine, à la ruine de Roilbourg, sur des pierres molassiques.	LC	94	→
<i>Catillaria minuta</i>	Cette espèce croît abondamment au pied des vieux troncs de <i>Populus nigra</i> , le long de l'Arve, vers le Bois de la Bâtie.	CR	1	↘↘
<i>Collema fragrans</i>	Assez commun sur des troncs de <i>Salix</i> , <i>Juglans</i> , <i>Populus</i> , etc.	VU	7	↘↘
<i>Peltigera membranacea</i>	Assez fréquent dans les bosquets aux environs de Genève; il croît parmi les herbes, dans les endroits secs.	EN	1	↘↘
<i>Arthonia atra</i>	Commun sur les écorces lisses de toutes les espèces d'arbres et arbustes.	LC	38	→
<i>Bacidia incompta</i>	Dans les fentes des vieilles écorces de <i>Quercus</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Tilia</i> , <i>Populus nigra</i> et même <i>Salix</i> dans la plaine, surtout sur nos promenades et très abondant sur quelques vieux <i>Quercus</i> au Bois du Vengeron.	VU	4	↘
<i>Bilimbia sabuletorum</i>	Commun sur divers types de pierres dans la plaine et dans les montagnes.	LC	21	↘
<i>Buellia punctata</i>	Commun sur les écorces des vieux poiriers, <i>Quercus</i> , <i>Pinus larix</i> , etc... Bois du Vengeron.	LC	112	↗
<i>Caloplaca aurantia</i>	Peu rare sur les murs calcaires de la plaine.	LC/R	7	↘
<i>Caloplaca citrina</i>	Commun au pied des murs.	LC	109	↗
<i>Candelaria concolor</i>	Commun sur les vieux arbres, surtout sur ceux de la promenade du Bastion.	LC	112	↗
<i>Candelariella medians</i>	En grande quantité dans la ville de Genève même, à plusieurs endroits surtout sur les hauts murs qui soutiennent au nord la Promenade de St. Antoine.	LC	17	↘
<i>Cladonia pocillum</i>	Commun dans les terrains arides dans la plaine.	NT	16	→
<i>Collema conglomeratum</i>	Commun sur les vieux troncs de <i>Salix</i> et <i>Populus</i> .	CR	1	↘↘
<i>Collema cristatum</i>	Commun [biffé manuellement] par-ci par-là sur les murs de la plaine.	LC/R	5	↘
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	Commun sur les arbres dans les sites ombragés.	LC	69	↗
<i>Lecania cyrtella</i>	Commun sur les arbustes et les petits arbres champêtres, au bois de Frontenex, au Bois du Vengeron (Reuter), le long de l'Arve, même sur de vieilles planches près de la gare du chemin de fer.	LC	13	↘
<i>Lecania dubitans</i>	Commun sur <i>Populus tremula</i> (herbier Frey).	RE	0	↘↘
<i>Lecanora albella</i>	Commun dans les petits bois de la plaine, sur les écorces encore lisses, surtout de <i>Quercus</i> .	LC/R	8	↘↘
<i>Phaeophyscia chloantha</i>	Fréquent sur les arbres, surtout au pied des montagnes et dans les endroits peu élevés, parfois sur des murs ombragés de la plaine, par ex. aux Pâquis.	EN	2	↘↘
<i>Sclerophora pallida</i>	Commun sur l'écorce crevassée des <i>Ulmus</i> , <i>Tilia</i> , des diverses espèces de <i>Pyrus</i> et même sur les <i>Quercus</i> au Bois du Vengeron.	DD	0	↘↘
<i>Verrucaria nigrescens</i>	Commun sur divers types de pierres, surtout sur le calcaire, sur les murs de la plaine, partout.	LC	127	↗
<i>Acrocordia gemmata</i>	Assez rare, sur un vieux tronc de <i>Quercus</i> près du Petit-Saconnex.	LC	28	→
<i>Arthonia cinnabarina</i>	Se rencontre assez rarement sur des <i>Fraxinus</i> au Bois de la Bâtie et au Bois du Vengeron.	NT	35	→
<i>Aspicilia verrucosa</i>	Sur les noyers et les peupliers autour de Genève, ça et là, mais toujours peu abondant.	RE	0	↘
<i>Candelariella xanthostigma</i>	Peu commun, sur des <i>Quercus</i> au Bois de la Bâtie, et près de Chêne.	LC	68	↗
<i>Gyalecta ulmi</i>	Assez rare chez nous, sur quelques vieux <i>Quercus</i> du Bois du Vengeron.	DD	0	↘
<i>Catapyrenium psoromoides</i>	Genève, mais bien rare.	RE	0	↘
<i>Gyalecta truncigena</i>	Rare, sur l'écorce de vieux <i>Quercus</i> près de Sierne et sur les arbres du bosquet de la Campagne Boissier au Rivage.	VU	4	→
<i>Lecidea exigua</i>	Rare, sur les jeunes chênes au Bois de la Bâtie.	RE	0	↘
<i>Porpidia crustulata</i>	Rare, sur des pierres le long du Rhône, sous Aïre.	CR	1	→
<i>Collema occultatum</i>	Très rare, sur un <i>Populus pyramidalis</i> [<i>P. nigra</i> subsp. <i>p.</i>], avant d'arriver au Bois de la Bâtie, en venant du vieux pont sur l'Arve.	DD	0	↘
<i>Lempholemma chalazanum</i>	Fort rare, sur un mur ombragé au bord du lac, au fond des Pâquis.	LC	21	↗
<i>Pleurosticta acetabulum</i>	Très rare, sur quelques sapins à droite de la Croisette. Sur un vieux <i>Juglans</i> près de Veyrier.	LC	71	↗↗
<i>Rinodina zwackhiana</i>	Rarissime, sur les pierres plates du mur du jardin de la cure de Compesières (Müller).	RE	0	→
<i>Strigula glabra</i>	sehr selten auf einer Buche in Vengeron gleich über der Eisenbahn am linken Rand des Baches.	CR	1	→

Tableau 12. Liste des espèces fréquentes aujourd'hui et non mentionnées dans le tableau 11, avec le nombre de stations a) antérieures à 1897, b) comprises entre 1897 et 1995 et c) postérieures à 1995.

Espèce	a	b	c
<i>Aspicilia</i>			
<i>contorta</i>	2	0	137
<i>Caloplaca</i>			
<i>holocarpa</i>	8	2	113
<i>Collema</i>			
<i>crispum</i>	20	4	77
<i>Evernia</i>			
<i>prunastri</i>	4	9	98
<i>Lecanora</i>			
<i>chlarotera</i>	2	3	113
<i>Lecanora</i>			
<i>dispersa</i>	6	1	123
<i>Lecanora</i>			
<i>saxicola</i>	8	12	126
<i>Melanelixia</i>			
<i>glabrata</i>	5	1	96
<i>Parmelia</i>			
<i>sulcata</i>	4	15	170
<i>Parmelina</i>			
<i>tiliacea</i>	4	11	134
<i>Phlyctis argena</i>	2	2	108
<i>Physconia</i>			
<i>grisea</i>	11	11	92
<i>Protoblastenia</i>			
<i>rupestris</i>	9	1	91
<i>Punctelia</i>			
<i>jekeri</i>	11	6	94
<i>Punctelia</i>			
<i>subrudecta</i>	3	6	129

En comparant ces informations avec le nombre de stations récentes et la catégorie de Liste Rouge attribuée pour le canton, il est possible de donner une appréciation de l'évolution de l'espèce depuis le XIX^e siècle.

- ◆ Une première constatation est la quasi-disparition des cyanolichens *Collema conglomeratum*, *C. fragrans* et *Leptogium hildenbrandii*, donnés comme communs ou très communs et qui aujourd'hui sont vulnérables ou menacés d'extinction. Ce phénomène concerne sans doute d'autres cyanolichens corticoles, sensibles à la pollution acide qui a régné au XX^e siècle.
- ◆ Plusieurs macrolichens corticoles, considérés comme communs ou très communs au XIX^e siècle, sont également en forte régression, tels *Phaeophyscia chloantha*, *P. ciliata*, *Ramalina pollinaria* et *Xanthoria candelaria*, ainsi que certains microlichens, tels *Catillaria minuta*, *Gyalecta truncigena*, *Lecania dubitans*, *Lecanora albella* et *Sclerophora pallida*.
- ◆ D'autres corticoles sont en régression, mais moins marquée, comme *Arthonia radiata*, *Bacidia incompta*, *Caloplaca cerina*, *Lecania cyrtella*, *Lecanora hagenii*, *Pertusaria albescens* et *Physconia distorta*.
- ◆ Certaines espèces rares autrefois ont fini par disparaître, telles *Aspicilia verrucosa*, *Catapyrenium psoromoides*, *Collema occultatum*, *Gyalecta ulmi*, *Lecidea exigua* et *Rinodina zwackhiana*.
- ◆ De nombreuses espèces corticoles, fréquentes autrefois, le sont encore aujourd'hui. Ce sont des espèces à large amplitude écologique, telle *Lecidella elaeochroma*, ou nitrophiles, telles *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. tenella* et *Xanthoria parietina*. *Flavoparmelia caperata* et *Physcia aipolia* ne sont, elles, que peu toxitolérantes et peu nitrophiles; il se peut qu'après avoir été fréquentes au XIX^e siècle, elles soient devenues rares dans la première moitié du XX^e siècle en raison de la pollution, puis soient actuellement en nouvelle expansion (TURIAN, 1985; WIRTH et al., 2013).
- ◆ Plusieurs autres espèces nitrophiles sont en forte expansion, telles *Candelaria concolor* et *Hyperphyscia adglutinata*. *Pleurosticta acetabulum* était décrit comme très rare, il est aujourd'hui fréquent.
- ◆ Sur les substrats rocheux, certaines espèces sont en expansion comme *Caloplaca citrina* et *Verrucaria nigrescens*, qui profitent de l'influence humaine grâce à leur nitrophilie, dans le premier cas, ou de leur large amplitude écologique, dans le second. D'autres semblent stables comme *Candelariella aurella* ou sont en régression telles *Caloplaca aurantia*, *C. flavovirescens*, *Candelariella medians*, *Collema cristatum* et *Verrucaria muralis*, davantage liées aux murs de pierre de taille.
- ◆ Du côté des terricoles, *Cladonia pocillum* est encore abondant dans son habitat, les terrains arides, qui sont par ailleurs rares. Par contre, *Peltigera membranacea* est devenu extrêmement rare ne trouvant plus son habitat, des endroits secs et maigres, mais non arides, à la végétation éparse.

Apports de l'histoire à la compréhension des changements

La comparaison des données lichénologiques a donné quelques indices de changements intervenus entre le XIX^e et le XXI^e siècle. L'histoire du canton de Genève donne un éclairage complémentaire (Binz, 2000), permettant de préciser certains d'entre eux.

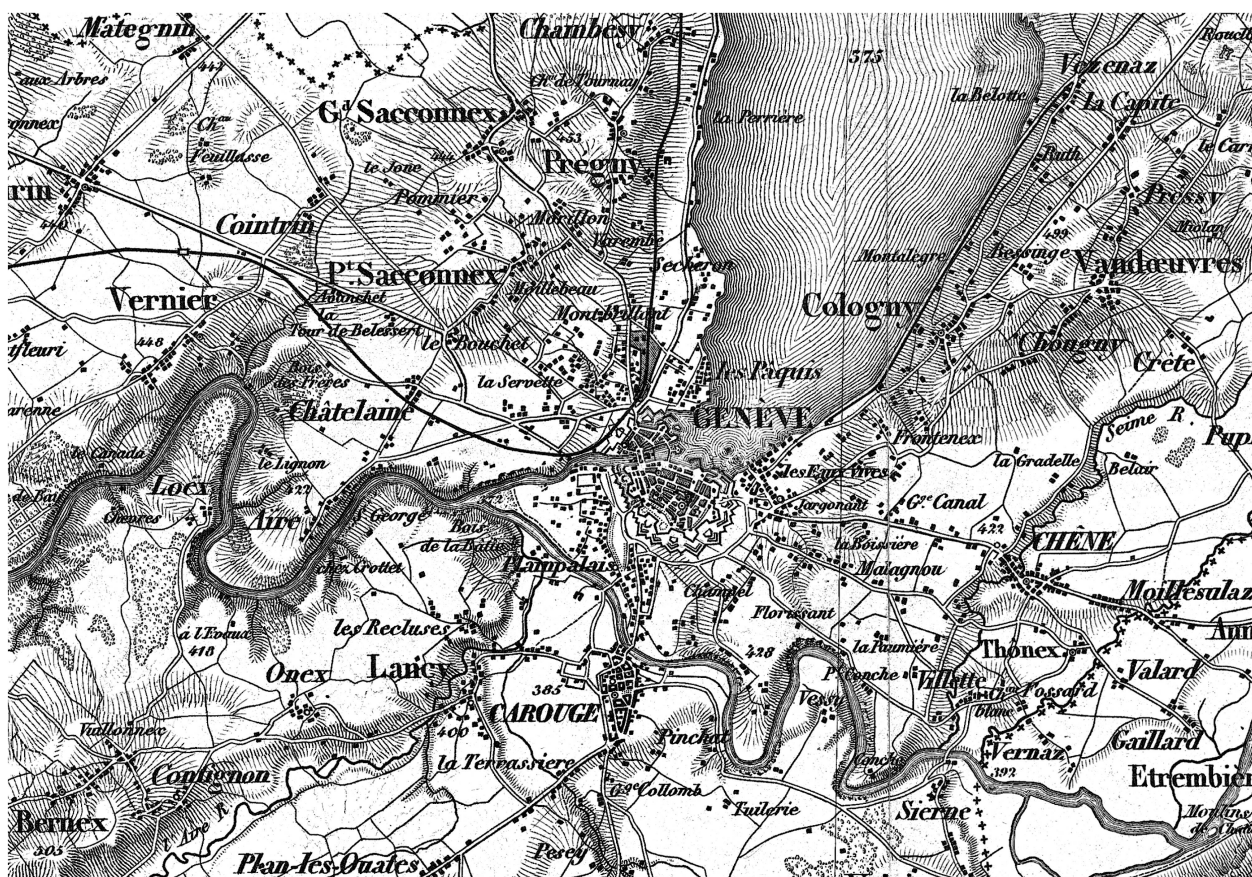


Figure 25. Carte Dufour de 1865. Cette édition porte un anachronisme, les fortifications autour de la vieille Ville de Genève sont encore visibles, alors qu'elles ont été détruites dès 1849. Extrait de la carte Dufour de 1865 - © Swisstopo.

Genève est au début du XIX^e siècle une ville fortifiée (fig. 25), entourée d'une imposante série de remparts. C'est une ville-État, mais en pleine effervescence post-révolutionnaire et à la recherche d'une solution durable garantissant le maintien de sa souveraineté et son rattachement à un organisme plus fort, capable de la défendre. Elle la trouvera du côté de la Suisse. Mais, il faut se rappeler que Genève était à l'époque enclavée au milieu de terres étrangères et qu'elle dut, pour devenir un canton suisse, négocier avec la France et la Sardaigne pour qu'elles cèdent la plupart des communes actuelles. Seuls Céligny, Genthod, le Mandement, une partie de la Champagne, Chêne-Bougeries, Coligny, Vandoevres et Jussy faisaient partie du territoire genevois de 1798, en plus de la Ville de Genève. L'entrée de Genève dans la Confédération se fit en plusieurs étapes, entre 1814 et 1815.

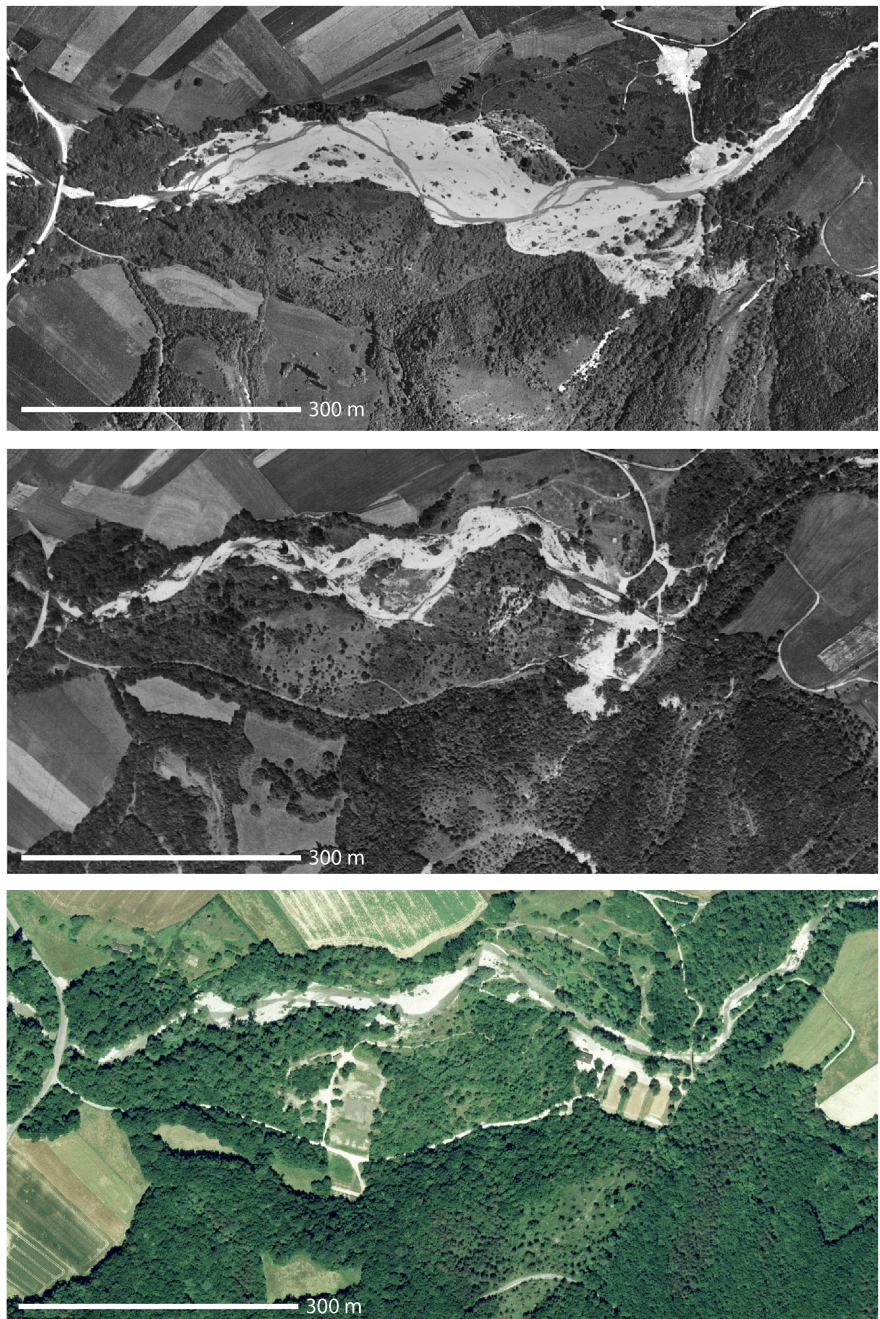
Gouvernée jusqu'alors par un régime conservateur, Genève vécut une révolution en 1846, qui porta les radicaux au pouvoir. Elle put voter contre le Sonderbund, ouvrant la voie à l'édification de la Suisse moderne sur la base d'une nouvelle constitution, adoptée en 1848. L'année précédente, Genève avait voté la sienne, œuvre en grande partie de James Fazy qui gouvernera Genève de 1847 à 1861.

« Le premier acte de l'avènement de la Genève moderne conçue par James Fazy fut le démantèlement du réseau fortifié » (Binz, 2000). Dès lors, la grande Genève rêvée par Fazy prend forme. L'agglomération passe de 38'000 habitant en 1850 à 60'000 en 1870. La gare de Cornavin est inaugurée en 1858.

La maîtrise des eaux

Les eaux du Léman sont régulées à partir de 1888. Jusque-là, le battement atteignait 2 m de haut, couvrant et découvrant des surfaces considérables, étant donné les

Figure 26. Photographies aériennes du vallon de la Laire, au niveau des Râclerets en 1932 (en haut), en 1963 (au milieu) et en 2001 (en bas). Le vallon de la Laire apparaît en 1932 comme une vaste zone alluviale très active, si l'on en croit l'ampleur des surfaces recouvertes d'alluvions. Sa dynamique diminue au cours des décennies suivantes, de sorte que la végétation, herbacée en 1963 et arbustive en 2001, recolonise les terrasses alluviales. La même évolution est observable dans le vallon de l'Allondon. Photos aériennes © SITG, www.sitg.ch



pententes douces de la rade de Genève. Cette régulation permettra la construction des berges du lac et condamnera, pour la faune et la flore, les terrains périodiquement exondés. Les berges de l'Arve et du Rhône ne présentent aucun boisement à la fin du XIX^e siècle; la forêt ne s'y développera qu'à partir de 1940. Des quais sont construits peu à peu au bord de l'Arve depuis la Jonction, nouveau quartier d'habitations et zone industrielle, en direction de Carouge, de 1910 à 1970 (HAINARD & MULHAUSER, 2006). D'importants travaux de drainage ont lieu au début du XX^e siècle. Si cela n'a pas d'impact direct sur les lichens, qui sont absents des prairies humides, cela porte atteinte aux saules, qui comportaient certaines espèces spécialisées de lichens corticoles et lignicoles. Enfin, la construction du barrage de Verbois, entre 1938 et 1944, termine la prise de contrôle des débits et des batte-

ments des cours d'eau genevois, faisant disparaître les îles du Rhône, qui existaient en amont et en aval d'Aire-la-Ville, tout comme le méandre du Moulin-de-Vert, à Cartigny. On constate également une diminution de la dynamique alluviale dans les deux vallons de la Laire (fig. 26) et de l'Allondon au cours du xx^e siècle.

« C'est bien connu, il n'y a pas de forêt à Genève, alors nous vous présentons l'arboretum Barbey », déclaration du comité d'organisation de la réunion de la Société forestière suisse qui se tint à Genève en 1896.

L'amélioration des forêts

L'état de la forêt genevoise inquiète les gestionnaires du début du xx^e siècle. Les forêts seraient dans un état catastrophique, et ceci pour plusieurs raisons. Les forêts domaniales ont été cédées par le Canton au cours du xix^e à des organisations privées qui les ont revendues à des particuliers. Par manque de législation protégeant les forêts, des coupes abusives ont eu lieu avant et pendant la première guerre mondiale. Certains propriétaires transforment leurs forêts en champs cultivés, plus rentables. À cette époque, l'usage est de pratiquer des coupes tous les vingt ans, pour alimenter les fours des boulangers (GIFORGE, 2011). On ne parle d'ailleurs pas de forêts dans le canton, mais plutôt de « Bois », Bois de la Bâtie, Bois de Frontenex, désignant des boisements composés d'arbres de petites tailles et de faible diamètre qui correspondent à une exploitation en taillis (WERDENBERG & HAINARD, 2000). Un plan général pour l'amélioration des forêts est soumis au Conseil d'État et accepté en 1949. Son but est d'« établir, par les moyens les plus réduits et en un temps aussi limité que possible, des massifs forestiers susceptibles de fournir un rendement maximum et soutenu, tout en maintenant la fertilité du sol ». Les moyens proposés sont : a) l'abandon du régime du taillis, à la faveur de celui de la futaie de chêne produisant en 200 ans des bois de valeur, b) la réunion parcellaire pour une exploitation rationnelle, c) l'amélioration des routes forestières et d) la prise par l'État du rôle de coordinateur (GIFORGE, 2011). Deux voies sont suivies pour transformer ces massifs dégradés en forêt viable : la conversion et la substitution. La conversion progressive du taillis en futaie vise à sélectionner peu à peu quelques tiges saines parmi les nombreux rejets de souche. La trace du taillis reste néanmoins visible, puisque le tronc restant est courbé à la base et n'atteindra jamais la hauteur d'un tronc issu de graine. La substitution part de l'idée que pour certains taillis trop dégradés pour la conversion, il vaut mieux replanter. Malheureusement, les souches rejettent encore suffisamment pour faire de la concurrence aux jeunes plants, si bien qu'il a été envisagé d'arracher les souches. Le processus a été stoppé en raison de son coût prohibitif. La solution adoptée fut de planter des résineux, épicéas et pins, avec l'idée d'étouffer les souches et d'obtenir rapidement du bois exploitable (WERDENBERG & HAINARD, 2000). Entre-temps, la forêt suisse a perdu de sa rentabilité et une nouvelle conversion a lieu avec le remaniement de la loi cantonale en 1999. La forêt y acquiert progressivement le statut de milieu naturel : la loi veut en conserver la surface et garantir sa fonction protectrice, sociale et économique. La forêt genevoise évolue donc doublement dans la deuxième moitié du xx^e siècle. D'une part, sur le terrain, les mesures de conversion du taillis permettent à la forêt de se refermer et au sol de connaître une meilleure activité biologique (fig. 27). Du coup, la chênaie à molinie régresse au profit de chênaies plus mésophiles et les risques d'incendie diminuent. La forêt genevoise qui devait jusqu'alors être rentable en produisant un bois de qualité, acquiert un statut de milieu naturel, propre à la biodiversité et aux loisirs. Elle reste, certes, productrice de bois, mais plus avec la même exigence qualitative qu'auparavant (GIFORGE, 2011).

Figure 27. Photographies aériennes du Bois de Châtillon, à Bernex, en 1932 (en haut), en 1963 (au milieu) et en 2001 (en bas). En 1932, les parcelles privées longilignes sont visibles à la différence de hauteur des arbres, exploités en taillis. En 1963, la forêt ne constitue plus qu'un seul massif, mais les frondaisons sont encore hétérogènes. En 2001, le massif s'est densifié à la suite de 50 ans d'exploitation en futaie. Photos aériennes © SITG, www.sitg.ch



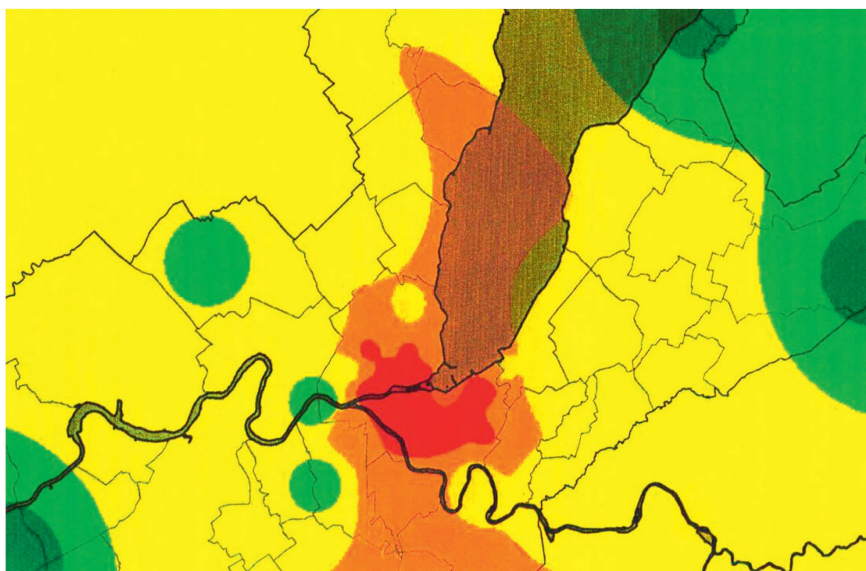
L'impact de la pollution acide

Dès les années 1930, des études ont montré un lien entre la pollution atmosphérique régnant dans les centres urbains et industrialisés et la disparition des lichens corticoles. Des cartes ont été réalisées comportant des zones concentriques, du « désert lichénique », occupant le centre des villes, à la zone normale, à l'extérieur des zones urbaines, en passant par plusieurs « zones de survie ». À la suite de ceci, il a été possible d'élaborer une liste des espèces de lichens les plus toxitolérantes, jusqu'aux espèces les plus sensibles à la pollution acide (KIRSCHBAUM & WIRTH, 1997). Plusieurs études réalisées à Genève ont contribué à la compréhension du phénomène. TURIAN & DESBAUMES (1975) y décrivent trois ceintures lichéniques recoupant cinq zones concentriques de pollution décrois-

IAP	ZONE DE :	POLLUTION GLOBALE :
0	Désert lichénique	critique
11	Survie précaire	élevée
31	Survie	moyenne
51	Végétation saine	faible
71	Végétation riche et diversifiée	très faible

échelle 1: 115'000

Figure 28. Carte de la pollution atmosphérique globale mesurée par la bioindication des lichens en 1996 (FIORE-DONNO, 1996).



sante au dioxyde de soufre (SO₂). Les lichens fruticuleux sont les premiers à disparaître, puis les foliacés à lobes larges. Ne résistent ensuite plus que quelques foliacés acidophiles à lobes étroits et des crustacés. Finalement, les derniers à résister sont des lichens crustacés acidophiles, comme *Lecanora conizaeoides*. Car il s'agit d'une pollution acide, le dioxyde de soufre se transformant au contact de la pluie en acide sulfurique.

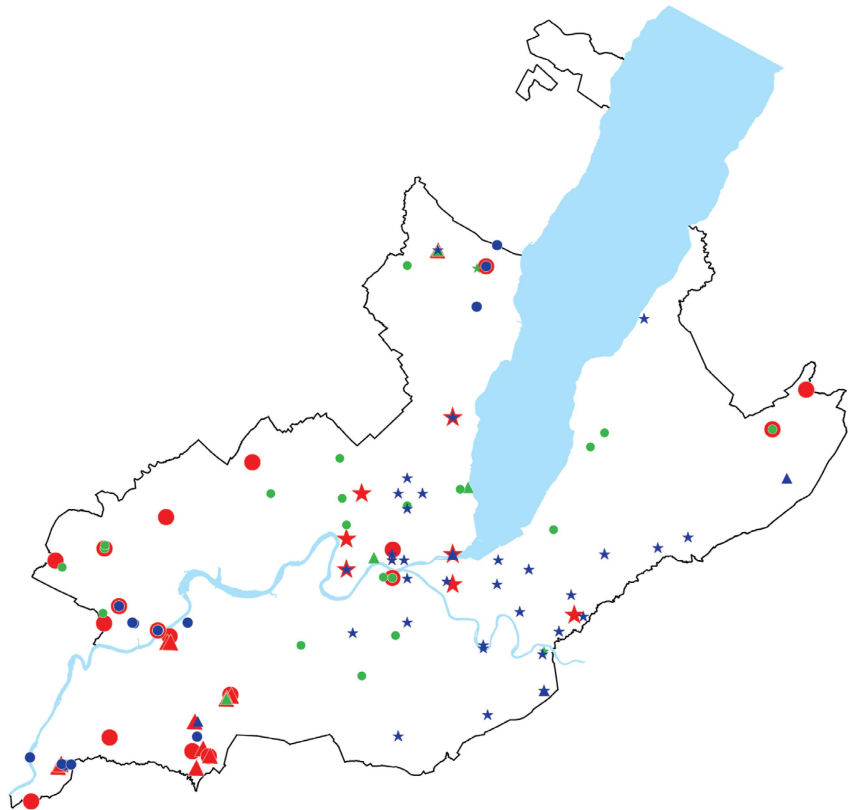
Depuis les années 1970, des mesures ont été prises au niveau européen pour limiter la pollution acide, telle la réduction du taux de soufre dans les carburants. Sitôt les mesures en vigueur, les lichens ont commencé à recoloniser le terrain perdu en ville, ce que constatent à Genève TURIAN (1985), puis FIORE-DONNO (1997). Cette dernière constate lors de la répétition, 10 ans après, de relevés de 1986 (HERZIG & URECH, 1991), d'une part une diminution d'espèces acidophiles comme *Hypogymnia physodes* et *Pseudevernia furfuracea* et d'autre part une nette augmentation d'espèces modérément acidophiles telles *Melanelixia glabrata*, *Parmelina tiliacea* et *Punctelia subrudecta* (s.l., incl. *Punctelia jeckeri*) (voir aussi tabl. 12). Néanmoins, une zone de « désert lichénique » est encore nettement présente dans tout le centre-ville de Genève.

Qu'en est-il aujourd'hui? De véritables relevés de bioindication n'ont pas été réalisés; une comparaison avec les travaux précédents n'est donc pas possible. Par contre, il est possible de s'interroger sur la présence de lichens corticoles au centre-ville, dans la zone considérée comme « désert lichénique » par FIORE-DONNO (1996) (fig. 28, tabl. 12). Les résultats montrent d'une part un très petit nombre de données au centre-ville de Genève entre 1900 et 1999, difficiles à relier avec la pollution puisque les chiffres restent très bas entre 1900 et 1999, et d'autre part une grande quantité de lichens corticoles relevés entre 2000 et 2013 (tabl. 12). Ces différences pourraient être liées à l'utilisation de méthodes différentes, puisque Fiore-Dono n'utilise dans ses relevés que les 40 espèces de la méthode IAP 18. D'autres espèces lignicoles, saxicoles et terricoles ont également été relevées dans ces mêmes zones entre 2000 et 2013, montrant qu'il n'y a plus lieu de considérer le centre de Genève comme étant un « désert lichénique ». Là encore il faut avoir à l'esprit que le « désert lichénique » de Fiore-Dono signifiait une absence des 40 espèces considérées et non pas forcément l'absence totale de tout lichen. Une autre approche a consisté à repor-

Tableau 12. Évolution du nombre d'espèces de lichens corticoles relevés au centre-ville de Genève, à l'intérieur de trois rectangles, correspondant a) à la zone de « désert lichénique » au sens le plus strict de FIORE-DONNO (1996) (coord. 499-501/117-118), b) à la zone de « désert lichénique » dans un sens plus large (coord. 499-501/116-119) et c) à la zone de « désert lichénique » et de survie précaire (coord. 499-502/116-120), et cela à trois époques successives entre 1900 et 2013.

	a)	b)	c)
1900-1949	5	14	18
1950-1999	11	11	11
2000-2013	39	66	83

Figure 29. Carte de répartition des espèces particulièrement sensibles à la pollution. En rouge, sont représentées les deux espèces à l'indice de toxitolérance 2, *Anaptychia ciliaris* et *Ramalina fraxinea*. En bleu, sont représentées les espèces corticoles des genres *Collema* et *Leptogium*. En vert, sont représentées toutes les mentions du genre *Usnea*. Les étoiles (★) correspondent à des données du XIX^e siècle, les triangles (▲) à des données du XX^e siècle et les ronds (●) à des données du XXI^e siècle.



ter sur une carte la distribution des espèces selon leur indice de toxitolérance. Le test a été fait avec le choix de 60 espèces conseillées par KIRSCHBAUM & WIRTH (1997) pour évaluer la qualité de l'air. Les indices vont de 9 pour les plus toxitolérantes jusqu'à 2 pour les plus sensibles à la pollution. Toutes les espèces jusqu'à l'indice de toxitolérance 3 présentent une répartition uniforme dans l'ensemble du canton, c'est-à-dire que toutes ces espèces apparaissent sans distinction jusqu'au centre-ville de Genève. Il n'y a que pour les espèces d'indice 2, *Anaptychia ciliaris* et *Ramalina fraxinea*, qui ont une répartition récente à la périphérie du canton, alors que des données du XIX^e siècle existent au centre (fig. 29, en rouge). Les deux seules données proches du centre-ville se trouvent... dans des cimetières: *Anaptychia ciliaris* au cimetière de Châtelaine et *Ramalina fraxinea* à Saint-Georges! La même distribution est obtenue avec les espèces corticoles des cyanolichens des genres *Collema* et *Leptogium*, signalant la même extrême sensibilité à la pollution acide et le fait que ces cyanolichens n'ont pas encore retrouvé leur répartition du XIX^e siècle. Un troisième genre est symptomatique de la sensibilité à la pollution, il s'agit du genre *Usnea*. C'est un genre facile à reconnaître aux petits buissons ou barbes qu'il forme sur les arbres. Il est par contre très difficile à déterminer au niveau de l'espèce, nécessitant des individus bien développés, si bien que nombre de données restent imprécises, ne mentionnant qu'« *Usnea* sp. ». Toutes les espèces de ce genre sont connues pour être sensibles à la pollution, si bien que toutes les données disponibles, imprécises ou non, ont été reportées sur la carte de la figure 29. Leur distribution montre une assez grande rareté globale, mais des signalements récents aussi bien en périphérie qu'au centre du canton, à l'exception du centre-ville, le point le plus proche du centre étant, encore une fois, situé dans le cimetière de Saint-Georges.

L'impact de l'urbanisation

L'activité de l'homme n'a pas seulement influencé la qualité de l'air, elle a aussi modifié l'utilisation du sol, en multipliant les constructions. Plusieurs espèces de lichens en ont profité. Ce sont des espèces dites synanthropiques ou anthropophiles. Il s'agit le plus souvent d'espèces saxicoles, appréciant les substrats imprégnés de poussière, de substances nutritives et de matières organiques, tel le pied des murs. On peut citer *Caloplaca citrina*, *Lecania inundata*, *Scoliciosporum umbrinum* ou *Staurothele frustulenta* (WIRTH et al., 2013). *Bilimbia sabuletorum* croît spécifiquement sur les tapis de mousse moribonde des murs ombragés. De manière générale, toutes les espèces saxicoles basophiles colonisant les murs ont profité de la multiplication des constructions humaines (voir fiche S.3. Lichens saxicoles calcicoles sur substrats riches en éléments nutritifs). Certaines espèces sont connues pour coloniser les pierres tombales siliceuses, telle *Buellia aethalea*, ou les tuiles. D'autres profitent des zones de terre nue basique périodiquement piétinées, telles les bordures de gazon, le bord des chemins ou les surfaces de pavés. Il s'agit dans ce cas de cyanolichens, *Collema coccophorum*, *C. crispum*, *C. limosum* et *C. tenax*.

À l'inverse, de nombreuses espèces ne supportent pas, ou peu, l'influence de l'homme. Ce sont des espèces liées à des roches naturelles, que l'on retrouve à la limite sur les murs de pierres de taille, telles *Aspicilia calcarea*, *Collema cristatum* ou *Verrucaria baldensis*. Ce sont aussi des espèces liées à l'atmosphère stable, humide et ombragée des vieilles forêts, telles *Lobaria pulmonaria*, les caliciales, *Collema nigrescens* ou *Nephroma parile*, qui ne supportent pas les interventions sylvicoles trop intensives.

L'impact de la pollution azotée

On constate depuis quelques années une augmentation des émissions d'azote liées à l'épandage d'engrais et au trafic automobile, générant une pollution azotée généralisée retombant avec les pluies (OFEV, 2014). La conséquence la plus évidente est la multiplication des lichens corticoles nitrophiles, souvent de couleur jaune, tels *Candelaria concolor*, *Candelariella efflorescens*, *C. reflexa*, *C. xanthostigma* et *Xanthoria parietina* (fig. 30), ou d'autres couleurs comme *Buellia punctata*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. tenella* ou *Physconia grisea*. Pour preuve, plusieurs d'entre elles figurent dans le tableau des espèces les plus fréquentes du canton (tabl. 6); or il n'en a pas toujours été ainsi (tabl. 11 et 12).

De manière générale, la plupart des espèces régressant au contact des activités humaines sont nitrophobes, c'est-à-dire qu'elles fuient devant l'augmentation de la concentration d'azote. Ce sont d'abord les espèces de forêt, mais aussi bon nombre d'espèces des rameaux en lisière, les espèces liées aux roches naturelles, les lichens terricoles des prairies maigres et même les espèces saxicoles amphibiennes demandant une eau oligotrophe et limpide. On assiste donc à une évolution de la biodiversité lichénique en lien avec les activités humaines, depuis le milieu du XX^e siècle, avec d'abord une forte régression des espèces sensibles à la pollution acide et une augmentation des espèces corticoles acidophiles, puis une régression de ces dernières, suite aux mesures prises contre cette pollution. Finalement, on constate une recolonisation des villes, mais par les espèces nitrophiles cette fois. Il ne s'agit donc pas d'un retour à la situation du XIX^e siècle, mais d'une évolution liée à l'influence de l'homme (LAMBELET-HAUETER et al., 2011).

Résultats

Figure 30. Carte de répartition de trois espèces corticoles indicatrices de pollution. En orange, la répartition de *Xanthoria parietina*, espèce nitrophile en forte expansion. En vert, *Pleurosticta acetabulum*, mentionnée comme rare au XIX^e siècle, moyennement nitrophile et moyennement acidophile. En noir, *Hypogymnia physodes*, une espèce acidophile connue par une seule station au XIX^e siècle, qui s'est multipliée avec l'épisode de pollution acide et qui serait en régression actuellement. Les étoiles (★) correspondent à des données du XIX^e siècle, les triangles (▲) à des données du XX^e siècle et les ronds (●) à des données du XXI^e siècle.

