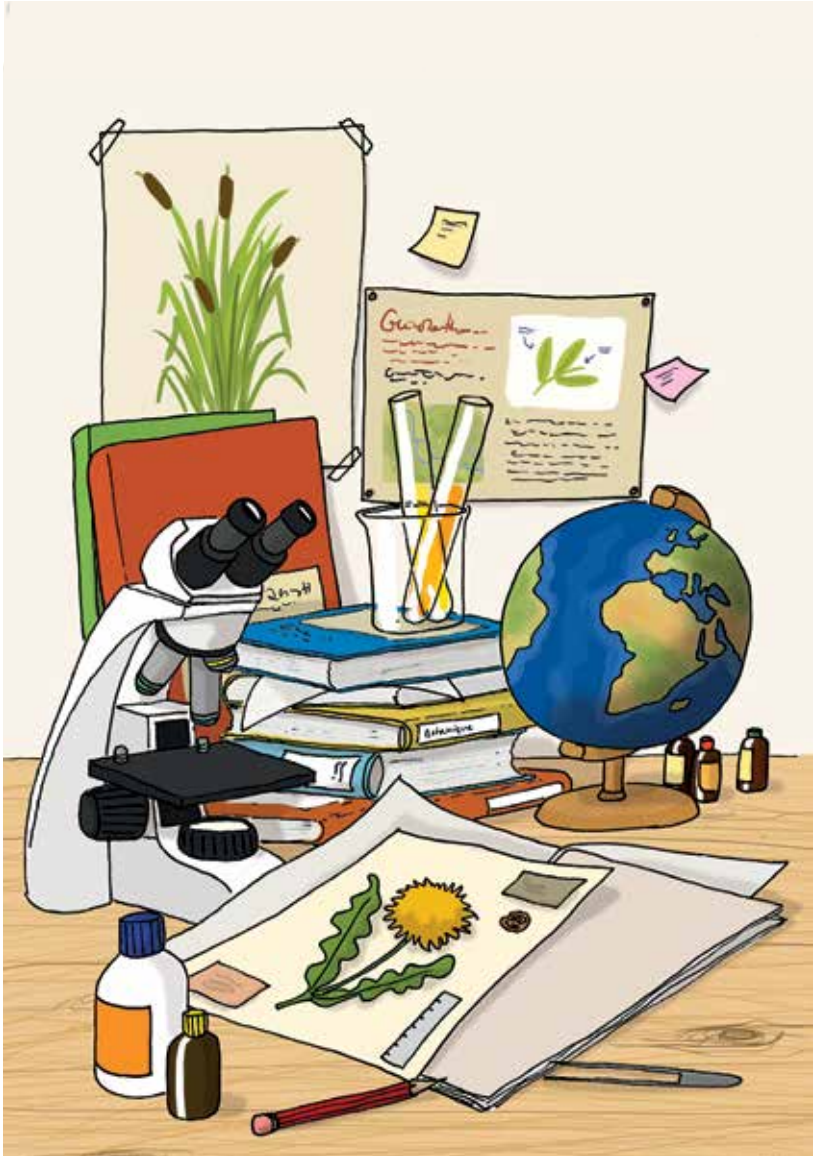
Conservatoire
et Jardin botaniques
Genève

Les multiples vies des herbiers



Genève,
Ville verte
www.cjb-geneve.ch

VILLE DE GENÈVE

HERBIER DELESSERT
COLLECTION SUMMANN
Africa australis:
Caput bonae Spei

Présentation des herbiers de Genève 4-15

Historique 4-9

Les principaux groupes de plantes et de champignons et leur classsement 9-14

Une structure de recherche vivante 15-15

Les multiples vies des herbiers 16-47

Taxonomie : la première vie des herbiers 16-30

Digitalisation : la vie virtuelle des herbiers 31-35

Molécules : la vie secrète des herbiers 36-42

Vies des herbiers, vie des espèces 43-47

Conclusion et perspectives 48-49

Foire aux questions 50-53

Lexique 54-55

12222
TYPUS
Zoom x 2
scanned at 1200 dpi
0 1 2 3 4 5
cm
copyright reserved

Introduction

Les Conservatoire et Jardin botaniques de la ville de Genève (CJBG) abritent un herbier d'une richesse incomparable, fruit d'une tradition botanique remontant à la fin du 18ème siècle. Cette collection vivante, sans cesse en mouvement, est utilisée de manière quotidienne par nos chercheurs et ceux du monde entier pour connaître, comprendre et protéger le monde des plantes et des champignons.

Mettre des plantes séchées en herbier est une pratique qui remonte au 16ème siècle. Il est rapidement devenu évident que c'était la façon la plus simple de les étudier hors des contraintes de temps et d'espace. A l'ère des grandes explorations, cette pratique s'est généralisée, avec pour ambition un véritable travail de titan : décrire et classer l'ensemble des plantes et des champignons de la planète. C'est la première vie des herbiers. A la faveur des évolutions techniques, les herbiers se révèlent contenir des informations nouvelles, dont la nature n'avait certainement pas été imaginée par les botanistes d'autrefois.

Ce fascicule accompagne l'exposition *Les Multiples Vies des Herbiers* présentée au public du Cabinet de Curiosités des Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève (mars 2017- décembre 2018). Il apporte également des informations sur l'histoire de l'herbier de Genève, sur les principales collections qui le constituent, et décrit son fonctionnement dans la perspective d'une recherche vivante. Les réponses aux questions les plus fréquemment posées par nos visiteurs sont données dans la rubrique *Foire aux questions*. Enfin, un petit *Lexique* des termes scientifiques employés clôt la brochure.

Présentation des herbiers de Genève

Les noms suivis d'une astérisque (*) sont expliqués dans le lexique en fin de brochure.

Historique

Des débuts timides à l'ombre de prestigieuses collections privées

Au sortir du siècle des Lumières, plusieurs collections botaniques majeures se constituent à Genève en main privées, fruit d'une période de grande exploration du monde et de la volonté d'en décrire la diversité biologique. C'est toutefois paradoxalement de Berne que vient l'impulsion à l'origine de la création du Conservatoire botanique de Genève et de ses collections. En effet, Albrecht de Haller, fils du grand poète naturaliste bernois du même nom, fâché du manque de soutien des autorités bernoises pour le Jardin botanique dont il était le directeur, décide de léguer son herbier à la Ville de Genève. L'arrivée de cette collection est le point de départ de la création du Conservatoire botanique en 1824.

Une première acquisition capitale : l'herbier Delessert

Benjamin Delessert (1773-1847), financier fortuné, industriel, homme politique à Paris sous Napoléon 1er est issu d'une famille vaudoise. Il s'est trouvé une passion pour la botanique suite à la lecture des *Lettres élémentaires sur la botanique* adressées à sa mère par Jean-Jacques Rousseau. Il va alors constituer, par acquisitions successives, une collection d'histoire naturelle qui, pour les plantes, sera l'une des plus importantes de l'époque et atteindra quelque 300'000 échantillons en provenance du monde entier, représentant plus de 90% des espèces alors connues. Les liens d'amitiés tissés entre Benjamin Delessert et Augustin Pyramus de Candolle (1778-1841) sont certainement à l'origine du legs de l'herbier Delessert à Genève, où il arrive en 1869. C'est alors que l'herbier du Conservatoire botanique de Genève fait véritablement son apparition sur la scène botanique internationale. Avec l'arrivée des splendides diatomées* de Jacques Brun (1826-1908), soit 4936 préparations microscopiques montées au styrax, le Conservatoire acquiert, en 1899, sa première collection de cryptogames* de renommée internationale. Jacques Brun fut professeur à la Faculté de médecine et directeur du Conservatoire entre 1874 et 1879.

Déménagement à la Console, acquisitions et agrandissement

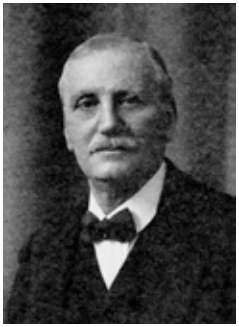
Il faut cependant attendre le déménagement des Conservatoire et Jardin botaniques des Bastions sur les terres de l'Ariana et la construction du bâtiment *la Console* en 1904 pour que la collection Delessert soit véritablement accessible aux botanistes. Deux importants herbiers privés rejoignent ensuite la collection Delessert, ceux de Marc Micheli (1844-1902), puis d'Etienne Moricand (1779-1854), tous deux élèves de Candolle. En 1912, ce bâtiment est agrandi une première fois pour recevoir les quelque 200'000 spécimens de la collection du botaniste vaudois Emile Burnat (1828-1920). Celui-ci est resté célèbre pour ses études de la flore des Alpes maritimes et celles de la Corse en compagnie de John Briquet (1870-1931), alors Directeur des CJBG.

Le Conservatoire botanique au deuxième plan avec l'orangerie au premier plan (aux Bastions vers 1850)

La Console au début du 20ème siècle

Le Baron Benjamin Delessert

L'Herbier Boissier aux Jordils (en 1888)



John Briquet

Jacques Brun

Edmond Boissier

La maison des Candolle à la Cour Saint-Pierre

Emile Burnat

Augustin Pyramus de Candolle

A l'époque, trois grandes «maisons botaniques», avec chacunes leurs collections prestigieuses, coexistaient à Genève: la maison de Candolle à la Cour Saint Pierre, «l'Herbier Boissier» aux Jordils près de Chambésy, et le Conservatoire de la Ville de Genève à *la Console*. La réunion de ces trois collections au sein d'une seule institution genevoise n'est plus qu'une question de temps.

L'arrivée de l'herbier de Candolle, nouvel agrandissement

L'herbier de Candolle se constitue tout d'abord autour des récoltes d'Augustin Pyramus (1778-1841) qui, après avoir fait ses études à Paris et été professeur à Montpellier, retrouve sa ville natale avec la Restauration. Il acquiert, au moyen de sa fortune personnelle, de nombreuses collections issues des différents voyages d'exploration menés dans la première moitié du 19ème siècle, et entreprend une œuvre monumentale, le *Prodrome*, catalogue de l'ensemble des plantes connues dans le monde. A sa mort, ce travail est poursuivi par son fils Alphonse (1806-1893) avec la collaboration des meilleurs botanistes de l'époque.

Cet ouvrage, qui compte 17 volumes, est d'une modernité étonnante. Il connaît rapidement un succès immense et fait converger vers ses auteurs des collections exceptionnelles en provenance du monde entier. Casimir (1836-1918), puis Augustin (1868-1920) s'efforcent de continuer la tradition familiale et de faire vivre cet herbier capital. Mais la lignée de botanistes s'éteint avec le décès précoce d'Augustin. La famille lègue alors cette collection prestigieuse à la Ville de Genève en 1921. Dans le legs figure notamment l'herbier des échantillons cités dans le *Prodrome* et ses suites, qui regorge de spécimens de référence. Il est conservé à part tandis que les autres collections de l'herbier de Candolle rejoignent la collection générale. L'arrivée de cet herbier d'environ 400'000 spécimens nécessite un nouvel agrandissement de *la Console* en 1924.

L'herbier du Conservatoire continue de croître durant l'entre-deux-guerres par achats, dons, échanges, ainsi que par les récoltes des scientifiques du Conservatoire qui reprennent la dynamique d'exploration initiée par Edmond Boissier. D'autres collections viennent s'ajouter dont celle, en 1937, constituée au Paraguay par Emile Hassler, qui rend l'herbier de Genève incontournable pour l'étude de la flore de ce pays.

Arrivée des herbiers de l'Université: les collections Boissier

Puis vient le tour des herbiers de la famille Boissier, rassemblés tout d'abord par Edmond Boissier (1810-1885), élève d'Augustin Pyramus de Candolle, botaniste voyageur infatiguable entre l'Espagne et le Proche Orient, et auteur de la fameuse *Flora Orientalis*. Cet herbier, et celui de son gendre William Barbey-Boissier (1842-1914), transitent par l'Institut botanique de l'Université de Genève entre 1918 et 1943, avant d'être légués à la Ville de Genève. Ils ne deviennent toutefois accessibles que lorsqu'ils rejoignent le reste des collections en 1958. C'est à ce moment que les collections cryptogamiques des Conservatoire et Jardin botaniques acquièrent également une notoriété internationale, avec l'arrivée par les collections Barbey-Boissier, des remarquables herbiers de lichens* de Jean Müller dit *Müller Argoviensis* (1828-1896), de Fée (1789-1874) et de Ludwig Emmanuel Schaerer (1785-1853), de la collection de champignons* de Leopold Fuckel (1821-1876), des collections de mousses* de Johannes Hedwig (1730-1799)-Schwaegrichen (1775-1853) et de Jean-Etienne Duby (1798-1885), et de celles d'hépatiques* de Franz Stephani (1842-1937) et de Josef Bernhard Jack (1818-1901).

Les collections poursuivent leur croissance : construction des bâtiments Bot 2-3 puis Bot 5

C'est au début des années 1970 que le problème aigu posé par l'arrivée des collections de l'Université et l'accroissement continuel de l'herbier trouve enfin une solution : la création du bâtiment Bot 2-3 qui va ouvrir, en sous-sol, un nouvel espace pour les collections et donner à la bibliothèque des locaux dignes de son importance. La renommée internationale des CJBG, due au soin avec lequel ces collections sont conservées et mises à disposition des scientifiques, pousse nombre de botanistes ou mycologues réputés à déposer leurs collections privées dans cette institution. A l'accroissement régulier de l'herbier s'ajoute le dépôt de plusieurs collections privées de grande envergure scientifique. Pour les phanérogames, citons plusieurs collections en relation avec la flore d'Orient : les herbiers Bertram van Dyke Post (1871-1960) du Liban et de Syrie, Henri Pabot (1916-1990) d'Iran et d'Afghanistan, Paul Mouterde (1892-1972) du Liban, Karl Heinz Rechinger (1906-1998) d'Iran, de Grèce et d'Afghanistan, Arthur Huber-Morath (1901-1990) et Max Nydegger (1926-) de Turquie, Walter Strasser (1928-) et Arne Strid (1943-) de Grèce ; celles en relation avec la flore de Corse : Robert Deschâtres (1923-2016), René Litardière (1888-1957), Jacques Gamisans (1944-2015) ; celles liées à la flore de Suisse : Paul Braun-Roth (1935-2009), Konrad Lauber (1927-2004), Gerhart Wagner (1920-). Un important dépôt est celui du dernier grand herbier privé de Suisse : la collection de Paul Aellen (1896-1973) qui contient en particulier la plus grande collection connue de Chenopodiaceae.

En ce qui concerne les cryptogames, l'herbier des CJBG s'est enrichi de prestigieuses collections comme celles des basidiomycètes* de Robert Kühner (1903-1996), de Marcel Josserand (1900-1992), de Jules Favre (1882-1959) et de Jacques Berthier, celles des lichens* d'Eduard Frey (1888-1974) ou encore celles des myxomycètes* de Jean Bozonnet (1928-)

Jean Müller dit «Müller Argoviensis»

Johannes Hedwig

Le puits de lumière de Bot 5 qui éclaire l'espace de consultation. Sous la pelouse, le bâtiment Bot 5 est en sous-sol. Au deuxième plan, le bâtiment Bot 2.

Robert Kühner

Eduard Frey

et de Marianne Meyer (1943-). Dès les années 1990, la place manque à nouveau et un vaste espace supplémentaire sur trois niveaux en sous-sol (Bot 5) est finalement réalisé et inauguré en 2012 grâce à un financement spécial issu de la donation Roger et Françoise Varenne. Ce financement permet également de rénover *la Console* et Bot 2-3. Avec la fin de ces chantiers en 2016, les collections des CJBG disposent enfin d'un nouvel écrin à la hauteur de leur importance patrimoniale et de leur renommée internationale.

Les principaux groupes de plantes et de champignons et leur classement

Les collections des Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, comme la plupart des grands herbiers, sont partagées en deux grands ensembles : les cryptogames et les phanérogames. Ces deux groupes sont constitués par des organismes très différents, chacun avec leurs spécificités. Ils sont, par conséquent, gérés de manière différente et localisés dans des bâtiments séparés : *la Console* pour la majorité des cryptogames ; Bot 2 et 5 pour les phanérogames. A noter que les fougères et plantes alliées, bien qu'étant des cryptogames, sont entreposées dans Bot 2.

› Les cryptogames*

C'est Linné qui, peu intéressé par ces organismes ne produisant pas de fleurs, les a relégués dans un panier «fourre-tout» qu'il a nommé lui-même «cryptogames» (du grec *cryptos :* caché et *gamos*, union, reproduction). A l'inverse des plantes à fleurs, les cryptogames sont un ensemble artificiel et hétéroclite

L'espace de consultation de Bot 5, éclairé par le puits de lumière

Le travail des botanistes dans l'herbier

L'intérieur de Bot 5

d'organismes dispersés dans plusieurs branches éparses de l'Arbre de la vie. Le fait qu'ils aient été traditionnellement étudiés au sein de la botanique vient du temps où l'Arbre de la vie se résumait à deux branches, celle des organismes qui bougent (animaux) et celle de ceux qui ne bougent pas («plantes»). Les cryptogames contiennent les «champignons»* avec les lichens*, les myxomycètes*, les «algues»*, les bryophytes* («mousses») et les «fougères»*, les deux premiers étant aussi éloignés des plantes que le sont les animaux de ces dernières. Chacun de ces groupes a son propre plan d'organisation, sa nomenclature, son écologie et ses scientifiques spécialistes, professionnels ou amateurs. Par conséquent, le terme «cryptogames» n'a plus aucune raison d'être en systématique moderne et n'est plus utilisé que pour certaines raisons pratiques.

Les collections des CJBG rassemblent entre 1 et 1,5 millions de cryptogames. Comme indiqué plus haut, ce sont des organismes disparates et il est, bien sûr, hors de question de classer, par exemple, les champignons avec les mousses. Les collections cryptogamiques sont donc organisées en grands groupes taxonomiques, avec parfois, notamment au sein des champignons, un classement séparant pour des raisons pratiques, les groupes dont le mode de vie est différent (lichens, ascomycètes non lichénisés, basidiomycètes parasites, etc.). Ces grands groupes sont les suivants :

1. Les «algues»* au sens large (à l'exception des diatomées)
2. Les diatomées*
3. Les myxomycètes*
4. Les anthocérotes*
5. Les hépatiques*
6. Les mousses au sens strict*
7. Les ascomycètes* non lichénisés (*Fungi**)
8. Les lichens* (*Fungi**)
9. Les basidiomycètes* non parasites (*Fungi**)
10. Les *Ustilagomycotina* (rouilles) et les *Pucciniomycotina* (charbons) (basidiomycètes* parasites, *Fungi**)
11. Les oomycètes* (mildious)
12. Les fougères et plantes alliées (cryptogames vasculaires*)

Collection de diatomées de Jacques Brun

Collection de myxomycètes de Jean Bozonnet

Collection générale des basidiomycètes

Lichens montés en capsules

A l'intérieur de chacun de ces groupes, les espèces sont classées alphabétiquement par genres, puis par espèces. Elles sont rassemblées en piles de 10-15 cm de haut et disposées sur environ six km de rayonnages dans des armoires mobiles à *la Console*.

Pour les lichens, les ascomycètes lichénisés, les basidiomycètes parasites (les rouilles et les charbons), les bryophytes, les algues et les fougères, les spécimens sont préparés dans des capsules en papier ou sur des chemises, elles-mêmes placées dans des fourres. Pour les basidiomycètes non parasites et les myxomycètes, les échantillons sont disposés dans des boîtes en carton modulaires ou des boîtes d'allumettes (myxomycètes), elles-mêmes rangées dans de plus grandes boîtes. Les algues microscopiques (diatomées) sont conservées au moyen de préparations sur lames contenues dans des boîtes et des armoirettes. Les collections cryptogamiques les plus importantes d'un point de vue scientifique sont les collections-type* dont la majeure partie est unique au monde. Elles ont été sorties de la collection générale et classées à part selon le type d'organisme auquel elles sont rattachées.

Échantillons de la collection prélinnéenne (G-PREL)

Les phanérogames*

Du sapin à la marguerite, des herbes aux palmiers, les plantes les plus visibles au quotidien sont le plus souvent des phanérogames (du grec *phaneros*, apparent et *gamos*, union, reproduction). A l'opposé des cryptogames*, ils représentent un groupe naturel, monophylétique, c'est-à-dire issu d'un ancêtre commun, apparu il y a environ 400 millions d'années. Ce groupe de plantes a rapidement conquis la planète et s'est incroyablement diversifié, avec actuellement quelque 360'000 espèces qui se répartissent en environ 15'000 genres et 400 familles. Les quelque 4,5 millions d'échantillons de phanérogames que nous avons dans nos collections sont tous préparés de manière similaire : une plante séchée à plat, fixée de manière permanente sur une feuille de papier fort de format standard, le tout rassemblé en près de 90'000 piles alignées sur environ 30 km de rayonnages dans des armoires mobiles aux sous-sols de Bot 2 et Bot 5. Le classement des phanérogames a été récemment revu à la faveur des résultats de la biologie moléculaire. Ils sont partagés en quatre unités principales :

- les gymnospermes (conifères : sapins, cèdres, thujas, cycas, gingkos)
- les angiospermes primitives (pour la plupart des arbres, souvent aromatiques tels que muscade, lauriers, camphre, mais aussi magnolias)
- les monocotylédones (la plupart des plantes à feuilles étroites et nervation parallèle : herbes, tulipes, mais aussi palmiers et pandanus)
- les dicotylédones (la plupart des plantes à feuilles larges et nervation ramifiée : des chênes aux frênes, des roses aux marguerites en passant par les gentianes)

A l'intérieur de ces unités, les espèces sont classées alphabétiquement par familles, puis par genres et enfin par espèces. L'ensemble, tous groupes confondus, est organisé en une vaste *Collection générale* et en quelques herbiers séparés au statut particulier, appelés *Herbiers fermés*. La *Collection générale* représente la partie *ouverte* de l'herbier ; elle est caractérisée par un accroissement continu, une

constante mise à jour des noms et de la classification des spécimens, et par le prêt des échantillons. Au contraire, les *herbiers fermés* ne sont jamais prêtés : consultables sur place, ils doivent leur appellation au fait qu'on n'y ajoute aucun spécimen et qu'ils sont en général rangés dans un ordre intangible, lié à un ouvrage de référence. Il s'agit des herbiers suivants :

- G-DC (Herbier de Candolle) : cet herbier comprend non seulement les matériaux utilisés lors de la rédaction du *Prodrome*, mais aussi ceux des *Monographiae Phanerogamarum* et de la *Piperacearum clavis analytica*.

- G-BOIS (*Flora Orientalis) :* cet herbier a été reconstitué dans les années 1960, sur la base des matériaux cités par Boissier dans le *Flora Orientalis*.

- G-BU (Herbier Burnat) : il comprend un *Herbier des Alpes maritimes*, un *Herbier d'Europe* (incluant les séries récoltées par John Briquet et utilisées pour son *Prodrome de la Flore Corse*) et l'herbier Thuret.

- G-PREL (collection prélinnéenne) : collection d'environ 30'000 spécimens anciens, comprenant des récoltes des 17ème et 18ème siècles faites dans les Indes, à Ceylan, au Cap de Bonne Espérance, au Japon et dans les Antilles, entre autres.

L'herbier Burnat (G-BU)

Une structure de recherche vivante

Dans leur ambitieux projet de décrire, nommer et classer le monde végétal et fongique, les scientifiques doivent accéder à toute l'information contenue dans les herbiers : voir les échantillons et parfois les analyser. Avec ses six millions d'échantillons, les Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève sont une institution botanique incontournable. Nos collections sont en effet consultées par les botanistes et mycologues du monde entier, comme en témoignent ces quelques chiffres.

En moyenne chaque année, nous :

- recevons et traitons 200 demandes d'images digitales ;
- accueillons une centaine de visiteurs scientifiques qui viennent apporter leur expertise à la collection ;
- recevons, montons et incorporons 15'000 nouveaux échantillons à la collection, ce qui représente une centaine de mètres de rayonnage ;
- envoyons une centaine de prêts représentant plus de 3000 échantillons ; nous avons actuellement environ 600 prêts en cours, correspondant à 30'000 spécimens.

Scientifiques extérieurs au travail dans nos collections

Les multiples vies des herbiers

Taxonomie : la première vie des herbiers

L'invention de l'herbier en tant qu'objet est attribuée à Luca Ghini (1490-1556), professeur de botanique à Bologne qui, le premier, a systématisé la technique de séchage permettant de **fixer** les plantes et de les étudier hors des contraintes de temps et d'espace. Par la suite, lorsque cet usage s'est répandu, l'herbier, en tant que lieu, est devenu une infrastructure complexe dans laquelle sont **rassemblés**, **classés** et **archivés** les échantillons récoltés, de façon à les **mettre à la disposition** des scientifiques. Ainsi, dans notre relation quotidienne aux plantes et aux champignons, l'herbier représente l'archive incontournable pour identifier et classer la diversité végétale et fongique.

C
D
E
F
G
H
I
J

> Fixer

Sécher et presser les plantes permet de les conserver, à priori pour l'éternité si les conditions de stockage sont bonnes : humidité et température stables (H : 40-60% ; T : 18-20°C), exposition limitée à la lumière et mesures de protection contre les ravageurs.

Rassembler

L'herbier est une véritable banque de données qui s'enrichit de manière permanente, par l'intermédiaire des récoltes des chercheurs de l'institution, mais aussi par des dons, des achats et des échanges. Cette convergence permet aux botanistes de trouver les informations qu'ils recherchent dans un même lieu.

Organiser

Dans un herbier, les spécimens sont classés alphabétiquement par familles, par genres et par espèces, de façon à les retrouver facilement.

1940 ?
1920 ?
1930 ?
1910 ?
1890 ?
1900 ?
1880 ?
1950

1940
1930
...
?

1950
1940
1930

Archiver

L'herbier conserve des échantillons récoltés à des périodes très différentes. Les anciens échantillons ne sont jamais jetés pour être remplacés par de plus récents. Les échantillons sont en effet les archives des botanistes ; ils sont la preuve de l'existence d'une espèce à un endroit et un moment donnés.

ENTRÉE INTERDITE
PRIVÉ
P Q R S T U V

ENTRÉE INTERDITE
PRIVÉ
Q R S T

ENTRÉE INTERDITE
PRIVÉ
T U

≠

> Mettre à disposition

Même si les plantes sont mortes, l'herbier est un outil d'autant plus vivant qu'il est utilisé. Les compétences taxonomiques des chercheurs de l'institut et des visiteurs scientifiques aident à améliorer l'identification des spécimens et à mettre à jour la classification.

Un vaste réseau pour inventorier la biodiversité

Les 350 millions d'échantillons conservés dans les quelque 3000 herbiers du monde fournissent la matière première aux travaux des botanistes et mycologues dans leur mission d'inventaire de la diversité biologique. Avec ses six millions d'échantillons, l'herbier de Genève est l'un des dix plus importants de ce réseau.

Herbier de Cryptogamie

Herbier de phanérogamie

Espèces nouvelles et échantillons-type

La communauté scientifique décrit chaque jour de nouvelles espèces, surtout en provenance de la très riche zone tropicale. Depuis 2010, plus de 80 espèces ont ainsi été décrites par les chercheurs des CJBG et d'autres se cachent encore dans les herbiers, en attente d'identification. Toute description d'une nouvelle espèce nécessite le choix d'un spécimen d'herbier, le *type**, qui devient pour toujours l'échantillon-étalon de cette espèce. Pour être valable, une description d'espèce doit faire l'objet d'une publication scientifique et citer le type* ainsi que l'herbier qui l'héberge. C'est aussi l'abondance en types qui fait la richesse de l'herbier de Genève.

Caloplaca indurata V. Wirth & Vezda

Fissidens taxifolius Hedwig

Anemone pavonina var. fulgens DC.

Centaurea handelii Wagenitz

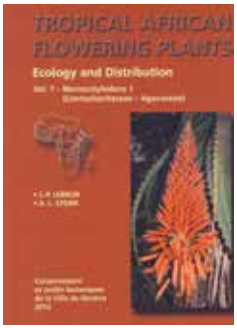
> De multiples échantillons par espèce

Une espèce existe dans la nature comme un ensemble d'individus qui ne sont pas tous exactement identiques au type. Pour comprendre ce qu'est une espèce, il est important de connaître cette variation et d'étudier un maximum de spécimens, si possible de provenances différentes. Chaque espèce de plante ou de champignon est donc représentée dans les herbiers par un nombre plus ou moins important d'échantillons qui documentent aussi sa répartition géographique.

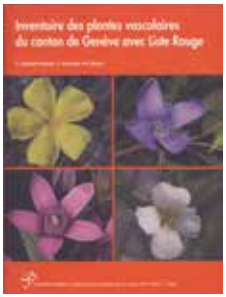
Les utilisations de l'herbier

L'échantillon d'herbier contient toutes les informations nécessaires à la rédaction d'ouvrages botaniques liés soit à un territoire précis (catalogues, flores, atlas, Listes Rouges), soit à un groupe d'espèces (monographies, articles).

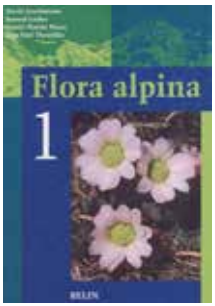
Un atlas fournit les cartes de distribution des espèces présentes sur un territoire donné.



Un catalogue est une liste d'espèces pour un territoire donné.



Une Liste Rouge recense les menaces pesant sur les espèces d'un territoire donné. Les critères de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) sont généralement utilisés pour déterminer les degrés de menace.



Une flore correspond à un catalogue amélioré avec description des espèces et clefs d'identification.

Une monographie est l'étude détaillée d'un groupe de plantes (par exemple un genre ou une famille). C'est souvent lors du travail de préparation de ces monographies que de nouvelles espèces sont découvertes dans les herbiers.

Digitalisation : la vie virtuelle des herbiers

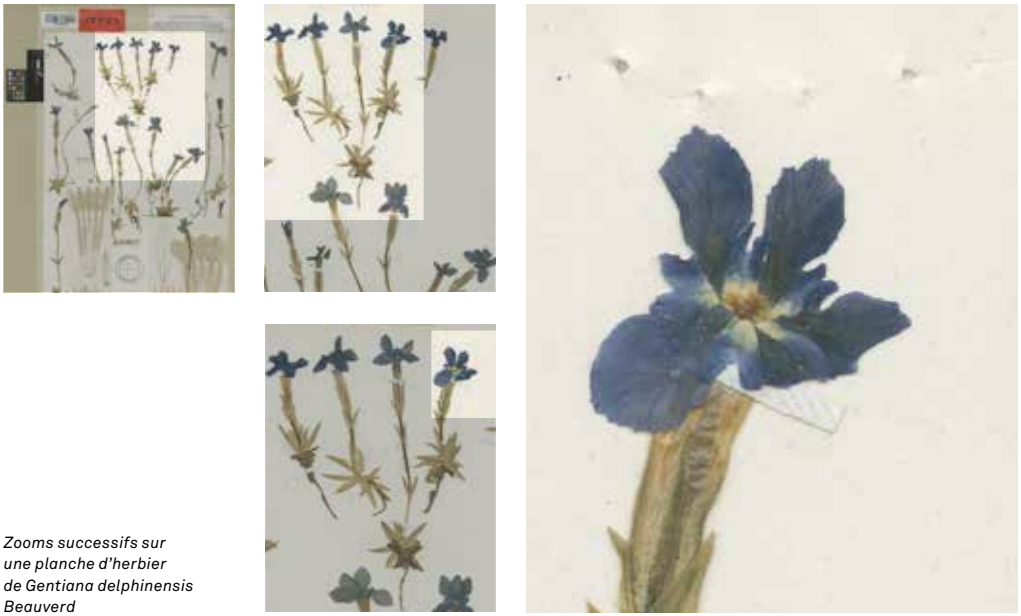
Le dilemme du conservateur : mettre à disposition l'herbier tout en le préservant

Le taxonomiste doit pouvoir consulter un maximum d'échantillons, souvent conservés dans plusieurs herbiers disséminés sur la planète. Ainsi, soit le botaniste se déplace (nous recevons chaque année près d'une centaine de visiteurs scientifiques), soit les échantillons leur sont envoyés en prêt (nous avons en permanence des dizaines de milliers d'échantillons prêtés de par le monde).

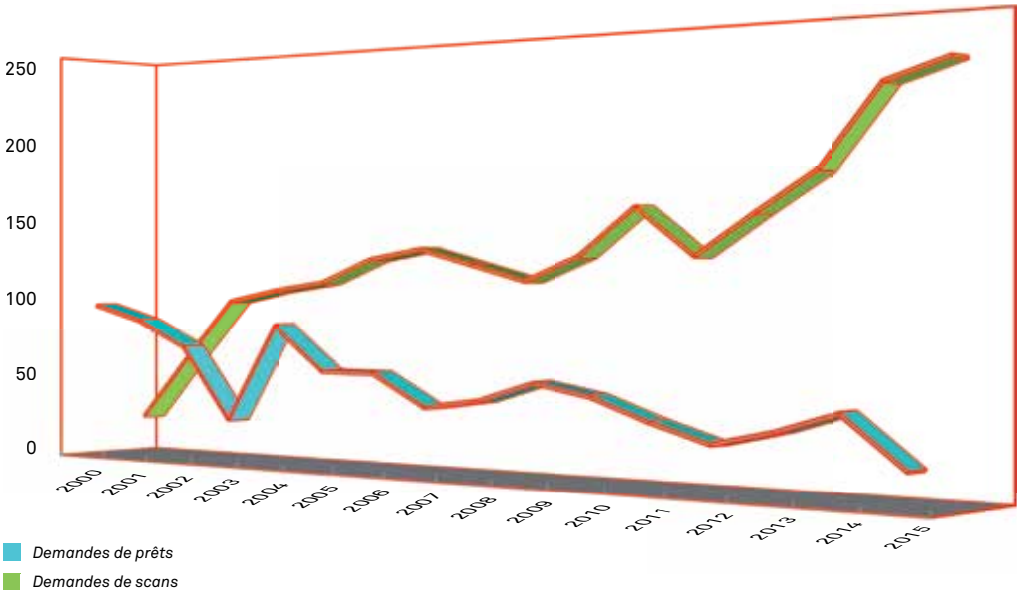
Deux innovations ont conjointement révolutionné l'accès aux herbiers : l'imagerie numérique et le web. Pour les plantes à fleurs, on estime que dans 75% des cas, une bonne image numérique suffit au taxonomiste. L'échantillon peut donc rester à l'abri des risques du transit. L'effort mondial de 300 herbiers dans 70 pays a déjà permis la mise à disposition sur le web de plus de 2 millions d'échantillons-types.

Que voit-on sur une image numérique ?

L'image numérique est obtenue à l'aide d'un scanner ou d'un appareil photo numérique à haute définition. Les images des échantillons d'herbier sont prises à une résolution de 600 dpi ce qui équivaut à 240 points par cm, soit en tout 86 millions de pixels. Un internaute peut alors zoomer jusqu'à voir l'échantillon avec un grossissement de 10 fois. De cette manière, certains organes, parfois minuscules, peuvent être étudiés directement sur ces images.



Zooms successifs sur une planche d'herbier de Gentiana delphinensis Beauverd



Baisse des demandes de prêts, augmentation des demandes d'images au fil des ans pour l'herbier des phanérogames.

Chaîne de digitalisation en masse qui permet de scanner jusqu'à 2000 échantillons par jour

› Le rapatriement virtuel des échantillons d'herbier

En raison de la prestigieuse histoire de nos collections, nous possédons à Genève des échantillons de référence en provenance de tous les continents. Nous avons le devoir de rendre ces échantillons accessibles à tous, en particulier aux botanistes des pays où ils ont été récoltés. Notre herbier est effectivement consulté à distance par les botanistes du monde entier grâce au catalogue virtuel des collections, d'accès gratuit et permanent sur internet.

Cartes de la provenance des demandes d'images digitales

Les priorités

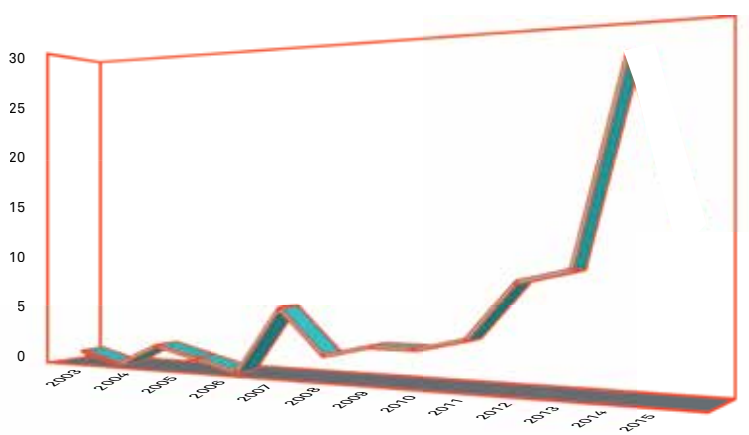
La digitalisation de l'ensemble de notre immense herbier, soit environ six millions d'échantillons, est au-delà des possibilités des CJBG. Nous avons choisi de traiter en priorité les types* et les collections historiques, que nous ne prêtons pas. Entre 2004 et 2014, un financement de la fondation *Andrew W. Mellon* a permis de digitaliser près de 136'000 échantillons : les types* de la collection générale, ainsi qu'une première moitié de l'herbier historique de Candolle. Un financement de la fondation *Franklinia* nous permet actuellement de terminer la digitalisation de cet herbier essentiel, de réaliser celle de l'incontournable herbier de la flore d'Orient de Boissier, ainsi que celle de la collection pré-linnéenne.

Image digitale du type de Campanula ephesia Boiss.

Molécules : la vie secrète des herbiers

Même desséchés, les échantillons d'herbier contiennent un véritable trésor : les molécules d'ADN portant l'information nécessaire aux organismes pour croître et se reproduire. L'ADN est constitué de très longues séquences de 4 bases chimiques symbolisées par les lettres A, C, G et T. En comparant l'ADN d'échantillons différents, on peut déceler des modifications apparues au cours de l'évolution (mutations) qui fournissent de précieuses indications pour déterminer et classer les espèces, reconstruire leur histoire évolutive et leurs liens de parenté.

L'analyse de l'ADN est une technique qui est de plus en plus utilisée par les taxonomistes pour classer les espèces, voire les identifier. Ce n'est cependant pas la seule molécule préservée dans les échantillons d'herbier. Les outils modernes d'analyse permettent en effet de caractériser de nombreux autres composés chimiques intéressants.

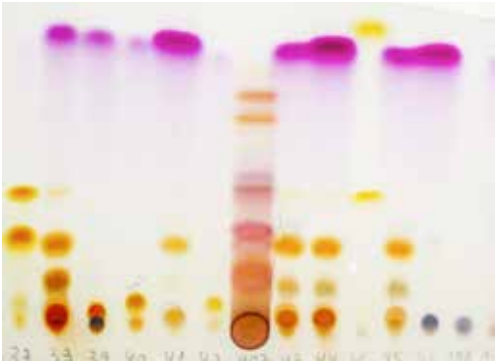


Evolution des demandes de prélèvement ADN sur les échantillons d'herbier des CJBG

› La chimie des herbiers : des espèces suivies à la trace

Les lichens, champignons vivant en symbiose avec des algues, produisent plus de 1000 composés chimiques uniques conservés dans les échantillons d'herbier. Ces substances servent à protéger l'algue contre les UV, à la défense contre les prédateurs, etc. Comme certaines espèces possèdent un ensemble caractéristique de substances, le taxonomiste les utilise pour déterminer les différentes espèces de lichens. Les composés sont identifiés au moyen de la chromatographie sur couche mince qui consiste à les séparer sur une plaque recouverte de silice dans une cuve remplie d'un solvant. Les substances lichéniques sont alors identifiées par leur position sur la plaque, leur couleur et leur capacité à absorber ou non la lumière UV.

Cuve de chromatographie : *les substances lichéniques migrent verticalement par capillarité sur la plaque de silice et se séparent en fonction de leur affinité avec la silice ou le solvant*

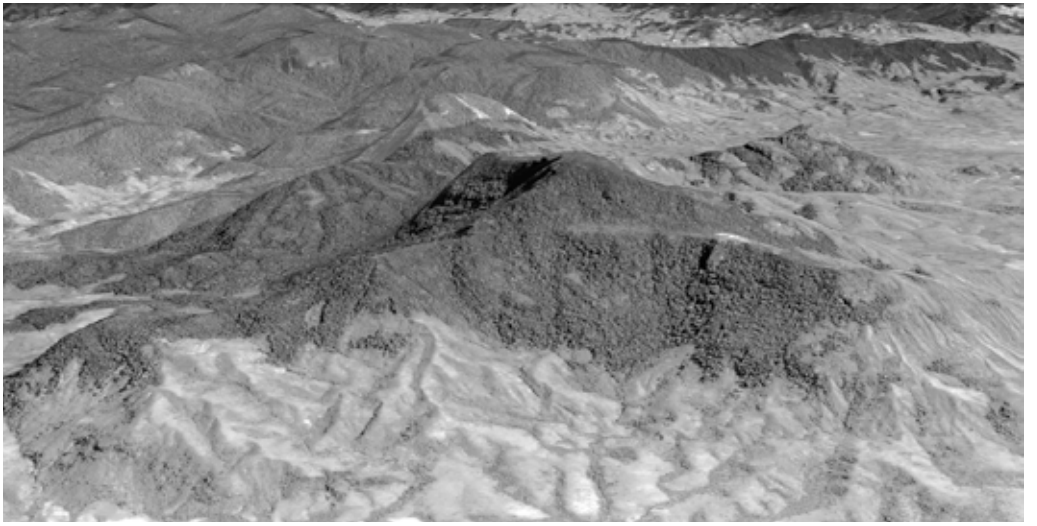


Plaque de chromatographie : *après migration, les substances sont colorées en trempant les plaques dans l'acide sulfurique et en les «brûlant «à 100°C dans une étuve*

Lichens à la lumière du jour

Les mêmes lichens que dans la figure à gauche , mais exposés à la lumière ultraviolette, mettant en évidence la présence de substances lichéniques absorbant les UV

> Une mystérieuse malgache : découverte d'un genre nouveau grâce à l'ADN des herbiers



1963

Un échantillon sans fleurs, ni fruits est récolté à Madagascar, dans la forêt de Bemangidy. C'est un arbre inconnu, de la famille des Sapotacées (dont font aussi partie le karité et l'arganier). L'échantillon est archivé dans l'herbier du Muséum national d'histoire naturelle de Paris.

Fin des années 1990

En travaillant dans l'herbier de Paris, nous retrouvons l'échantillon, sans toutefois pouvoir le rattacher à une espèce connue. L'absence de fleurs et de fruits empêche même d'en déterminer le genre.

2009

Nous recevons pour avis à Genève un échantillon en fleurs récemment récolté dans la même forêt de Bemangidy. Surprise : il a des feuilles identiques à celles de la mystérieuse plante malgache de l'herbier de Paris. L'étude de l'ADN des deux échantillons montre qu'ils sont génétiquement très semblables.

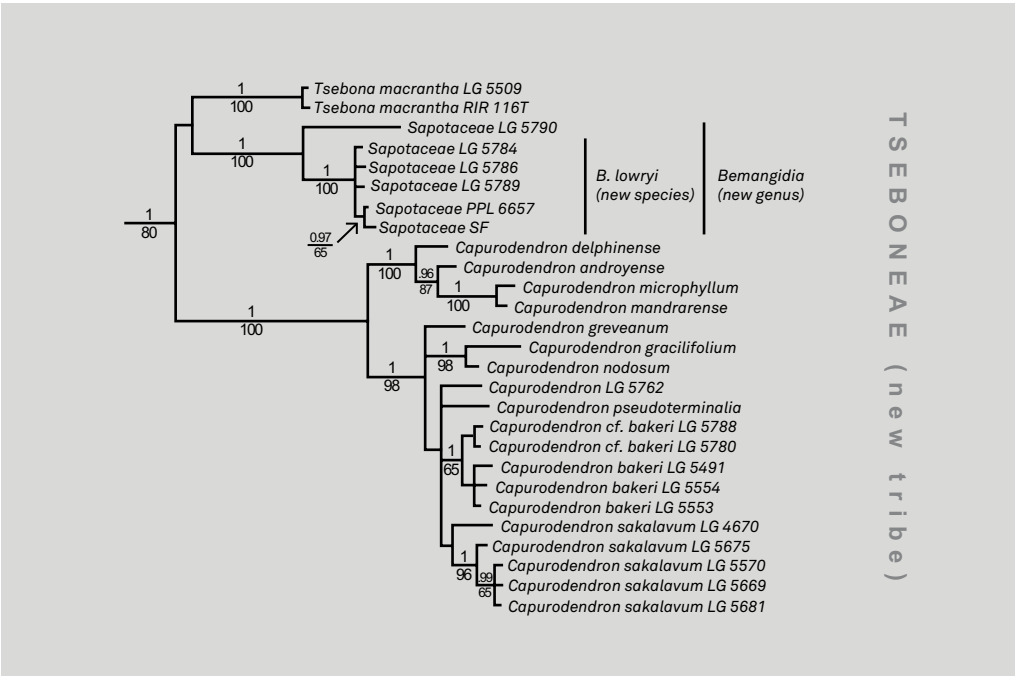
Des techniques de séquençages

2010

Les fleurs de l'échantillon reçu ressemblent à celles de *Tsebona macrantha*, un bel arbre rencontré 500 km plus au nord, mais des différences importantes existent. Pour comparer son ADN à celui de notre mystérieuse malgache, nous partons à Madagascar en récolter un échantillon.

2011

En novembre, nous avons l'occasion de nous rendre dans la forêt de Bemangidy, et récoltons d'autres échantillons de notre mystérieuse malgache. Nous trouvons enfin des fruits qui se révèlent très différents de ceux de *Tsebona macrantha*.



2012

Les séquences d'ADN confirment que les échantillons de la forêt de Bemangidy, tout en étant apparentés, restent cependant assez éloignés de *Tsebona macrantha*. Le mystère est maintenant résolu : la nouvelle espèce n'appartient pas au genre *Tsebona,* mais à un genre nouveau encore inconnu des botanistes.

2013

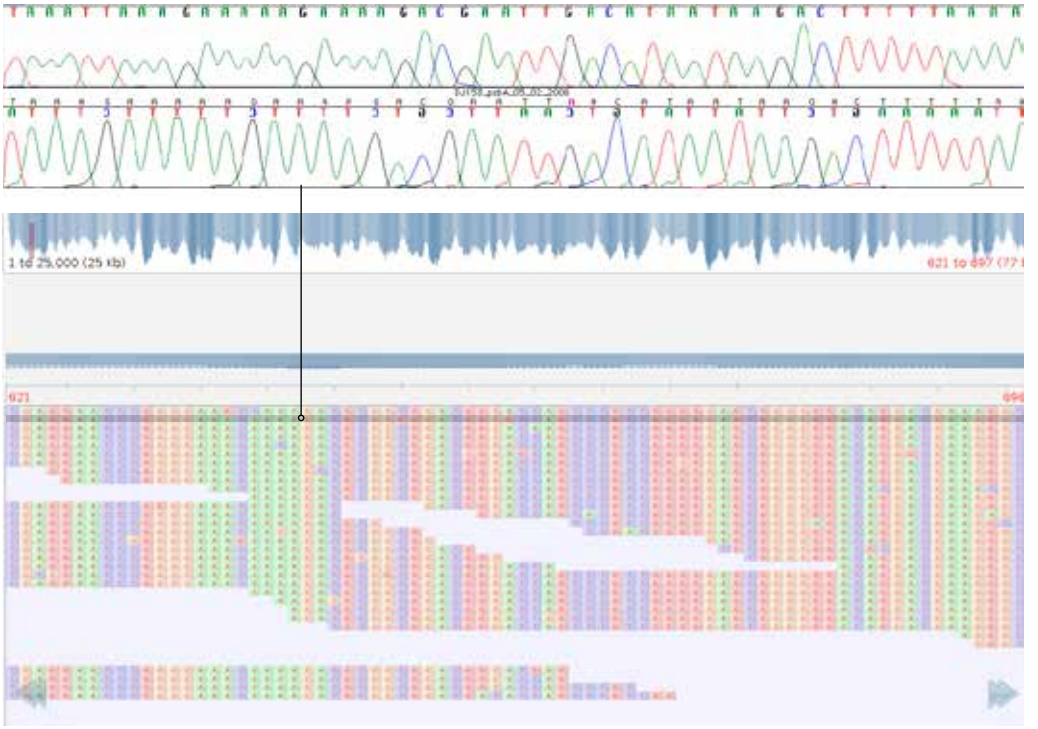
Nous publions dans la revue scientifique *Taxon* les descriptions du nouveau genre que nous baptisons *Bemangidia* et de la nouvelle espèce *Bemangidia lowryi*.

de plus en plus performantes

L'ADN des spécimens d'herbier est souvent fragmenté, du fait de mauvaises conditions de séchage. Jusqu'à récemment, l'information portée par ces petits fragments était difficilement utilisable. Les nouvelles techniques de séquençage haut débit permettent maintenant de lire des millions de fragments de petite taille à la fois. L'entier du génome est ensuite reconstruit grâce à un ensemble complexe de programmes informatiques. Ainsi, tous les échantillons d'herbier pourraient maintenant être séquencés. Depuis 2010, le séquençage haut débit d'échantillons d'herbiers est en pleine expansion et plusieurs projets sont en cours aux CJBG.

Séquençage traditionnel (en haut : un seul fragment d'ADN est séquencé à la fois) et séquençage haut débit (en bas : des millions de petits fragments d'ADN sont séquencés en une fois, puis assemblés pour reconstituer l'ensemble du génome)

L'échantillon d'herbier est une preuve scientifique de



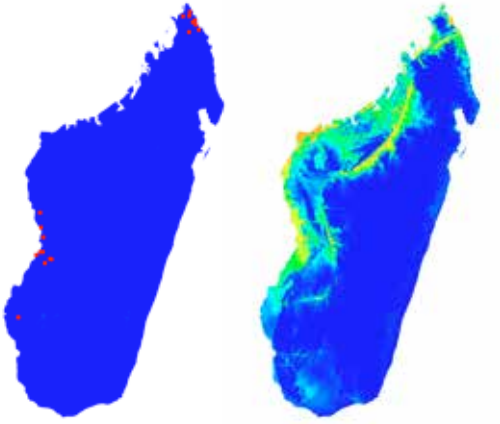
Vies des herbiers, vie des espèces

la présence d'une espèce à un endroit et un moment donnés. L'herbier est ainsi une archive dynamique qui accumule de l'information sur la distribution géographique des espèces et son évolution au cours du temps. Il joue donc un rôle clé dans la gestion de notre patrimoine végétal et fongique.

Cartographie et prédictions

Connaître les coordonnées géographiques de tous les échantillons d'une espèce permet de savoir dans quels milieux elle pousse, et donc de gérer sa conservation. Dans bien des pays tropicaux, l'effort de récolte est malheureusement insuffisant. A l'aide d'outils mathématiques et statistiques, il est maintenant possible de savoir où l'espèce a potentiellement de bonnes chances d'être rencontrée, sur la base des échantillons existants. Cette modélisation permet également de prédire le déplacement d'une espèce en cas de changement climatique.

Capurodendron greveanum Aubrév.

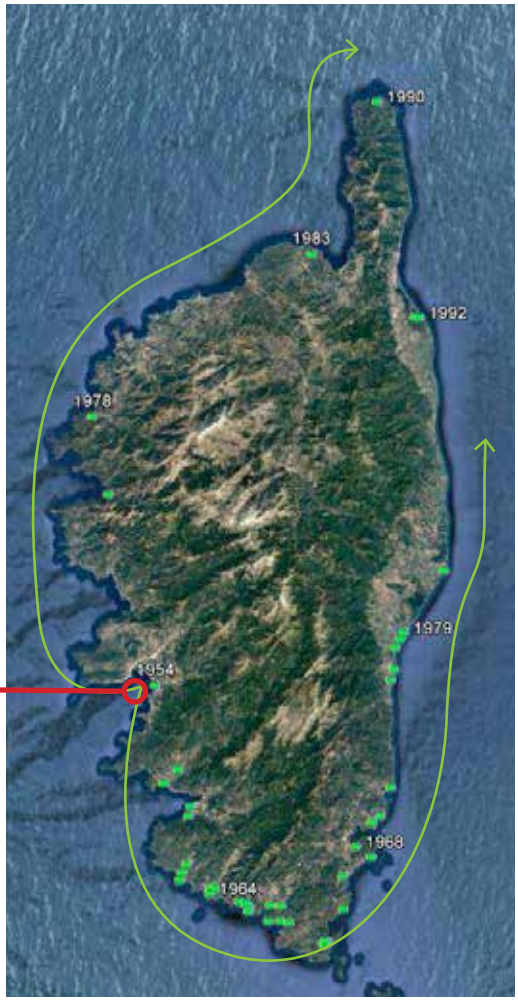


Distribution connue et potentielle de Capurodendron greveanum (arbre de la famille des Sapotacées) à Madagascar

La prédiction utilise les coordonnées géographiques des quelques récoltes connues de l'espèce (carrés rouges) et les informations environnementales pour donner la probabilité de la rencontrer en n'importe quel point du territoire (à droite). Plus la teinte se rapproche de l'orange, plus cette probabilité est grande. Source : Garratt (2016)

L'herbier au service de la lutte contre les plantes envahissantes

Etant une archive, l'herbier permet de suivre à la trace la progression territoriale d'une espèce envahissante. La connaissance de la dynamique d'expansion et de la nature des milieux conquis permet également de comprendre le comportement de l'espèce et d'apporter des réponses appropriées pour son contrôle ou son éradication. *Cotula coronopifolia,* une plante originaire d'Afrique du Sud, de la famille du tournesol, est récoltée pour la première fois en Corse en 1954, au sud-ouest de l'île. Sa progression est rapide, puisqu'elle atteint le nord de l'île en 1990. Elle est actuellement proposée pour figurer sur la future *Liste Noire* des espèces invasives de Corse. Source : Natali & Jeanmonod (1996) *Candollea*.



Progression de Cotula coronopifolia L. en Corse

L'herbier au service de la conservation

Notre planète subit actuellement des pressions d'une rare intensité, et une espèce sur cinq est menacée de disparition. L'estimation de l'intensité de cette menace se base notamment sur leur distribution géographique d'après les échantillons d'herbier.

De nombreuses espèces de plantes ne se trouvent plus dans leur milieu naturel. Si quelques-unes sont cultivées dans les jardins botaniques, la plupart ont disparu à jamais.

Lysimachia minoricensis J.J.Rodr. (famille de la primevère), une plante des Baléares, disparue de son milieu naturel dans la première moitié du 20ème siècle et uniquement conservée en culture

Hedyotis adscensionis D.C. (famille de la garance), espèce disparue, dont il ne nous reste plus que cet échantillon d'herbier, conservé à Genève

Echantillons d'aujourd'hui et répartitions d'hier

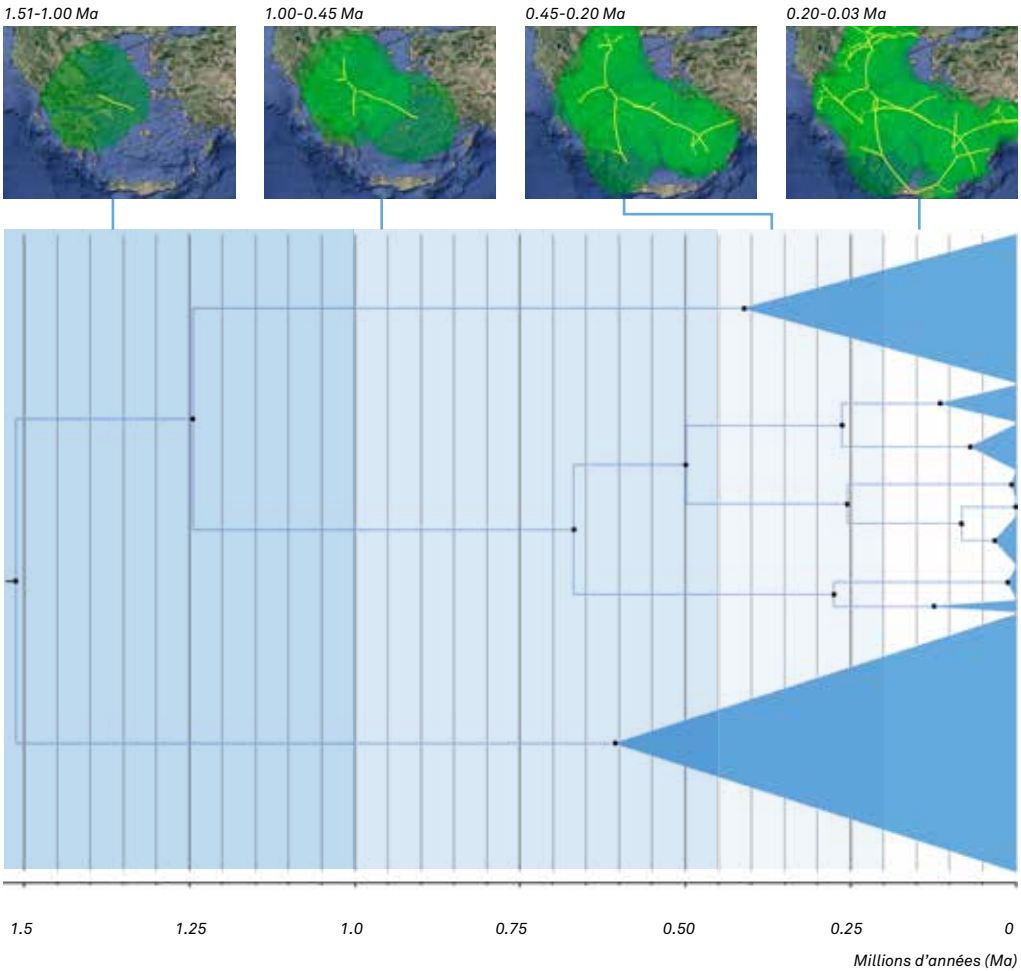
L'ADN des échantillons d'herbiers permet de calculer leur degré de ressemblance génétique, et de construire des généalogies retraçant leurs liens de parenté. Lorsqu'on ajoute à l'analyse les coordonnées géographiques des échantillons, il est possible de construire des scénarios sur les voies de colonisation utilisées par les ancêtres de nos échantillons pour se propager et aboutir, génération après génération, à la répartition actuelle observée.

Reconstitution de l'histoire de Silene gigantea (Caryophyllacées) en Grèce, Turquie et dans la région Egéenne.

Source : Du Pasquier, Jeanmonod & Naciri (2017) Linnean Society

En haut : les zones vertes représentent les régions où l'espèce se trouvait vraisemblablement à la date indiquée en haut à gauche (Ma : millions d'années). Les traits jaunes représentent les voies de migration probables.

En bas : l'arbre généalogique des échantillons.



Conclusions et perspectives

L'herbier peut être considéré comme une véritable banque de données des plantes et des champignons. A la lumière des techniques d'analyse modernes et des évolutions technologiques futures, c'est un véritable trésor qui brille dans nos salles souterraines – protection des biens culturels oblige. Il attire la convoitise des botanistes et mycologues du monde entier, à la recherche de données toujours plus précises, toujours plus moléculaires.

Si les images digitales permettent généralement de bien identifier les plantes à fleurs, elles restent, par contre, nettement insuffisantes pour reconnaître les mousses, les lichens et autres champignons dont les principaux caractères d'identification sont soit trop petits, soit cachés à l'intérieur de ces organismes. Nous pourrions alors imaginer un avenir dans lequel seraient utilisés des scanners tomographiques, une image en 3D des structures internes (spores, cellules, etc.).

Ainsi, malgré la digitalisation de l'ensemble des spécimens-type et peut-être, dans un avenir pas trop lointain de l'ensemble de la collection avec sa mise à disposition sur le web, le spécimen physique, disposé sur les rayonnages des armoires mobiles, reste au centre des sollicitations. En effet, malgré les progrès technologiques considérables, nous aurons toujours besoin des spécimens physiques pour extraire de l'ADN.

Il est frappant de constater qu'aujourd'hui de plus en plus de demandes de prêt de spécimens-type adressées aux Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève sont accompagnées de requêtes d'extraction d'ADN. Il faut savoir que la plus grande partie des types sont de vieux spécimens récoltés aux 19ème – 20ème, voire au 18ème siècles. Jusqu'à peu, il était illusoire de pouvoir les séquencer, tant l'ADN qu'ils contiennent est dégradé, c'est-à-dire coupé en petits morceaux. Aujourd'hui, les nouvelles technologies de séquençage haut débit permettent de reconstruire en un temps record un génome entier, même à partir d'ADN dégradé et fragmenté. Ce qui était impensable hier est maintenant à portée de main. Une ère nouvelle s'ouvre dans laquelle potentiellement tous les échantillons pourront être séquencés et leur génome reconstruit.

Prenons un seul exemple pour illustrer l'impact de cette nouvelle technologie : imaginons une base de données renfermant les séquences ADN des génomes des spécimens-type de tous les champignons connus. Il suffirait alors de prélever un échantillon de terre d'une prairie, d'une forêt, ou encore d'une lande alpine ; les techniques de séquençage haut débit permettent potentiellement d'identifier toutes les espèces de champignons contenues dans cet échantillon de terre ; ceci de façon sûre puisque l'identification serait basée sur les séquences des spécimens-type. En outre, on détecterait même les espèces qui ne forment pas de fructifications et qui sont donc invisibles en surface. Cette perspective semblait une utopie il y a de cela 15 ans. C'est aujourd'hui une réalité et les Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève reçoivent déjà des demandes de scientifiques de par le monde pour pouvoir séquencer l'ensemble des spécimens-type d'une collection.

Les collections d'histoire naturelle, et les herbiers en particulier, sont passés au début du 20ème siècle d'un temps où seuls quelques échantillons par espèce étaient connus, à une phase où la prospection botanique amène à une multiplication des récoltes. Avec la révolution numérique de ce début de 21ème siècle, les herbiers se désenclavent et travaillent plus que jamais en réseau : les échantillons sont maintenant partagés virtuellement. D'un point de vue taxonomique, on se rend ainsi mieux compte de la variabilité des espèces. D'un point de vue géographique, nous pouvons aussi avoir une meilleure idée de leur distribution et de leur réponse aux facteurs environnementaux, notamment à l'aide d'outils de modélisation. Avec un impact humain toujours plus important (déforestation, mitage du territoire, changements climatiques, etc.) les milieux naturels se raréfient et la disparition de nombreuses espèces est à craindre. Dans cette perspective, les nouvelles potentialités des herbiers vont être de plus en plus mises à contribution pour une gestion durable de notre irremplaçable patrimoine végétal.

Foire aux questions

Quelles sont les conditions nécessaires pour conserver les échantillons d'herbier ?

Des conditions stables d'humidité (40-60%) et de température (18-20°C) ainsi qu'une protection contre les organismes ravageurs. Les échantillons doivent également être manipulés avec soin.

Pourquoi conserver plusieurs échantillons d'une même espèce ?

Chaque espèce est constituée d'un ensemble d'individus qui diffèrent entre eux pour certains caractères. Pour comprendre ce qu'est une espèce, il est important de pouvoir prendre en compte cette variation. Pour protéger efficacement les espèces, il est également capital de savoir où elles poussent. Ce sont les multiples échantillons d'herbier, récoltés sur l'ensemble du territoire d'une espèce, qui donnent ces informations.

Avez-vous les 360'000 espèces de plantes du monde en herbier ?

Non, car l'herbier de Genève s'est constitué à partir de collections privées qui s'intéressaient souvent à des zones géographiques données. L'herbier de Genève est ainsi une référence pour la Suisse, les Alpes, la région méditerranéenne, l'Amérique du Sud, le Proche-Orient… En revanche, le monde entier à besoin de notre herbier, car des collections anciennes capitales comme celles des Candolle, Boissier ou encore Müller Argoviensis contiennent des échantillons-type de la planète entière.

Qui a inventé l'herbier ?

Ce serait Luca Ghini (1500-1556), professeur de botanique à Bologne (Italie). Il aurait systématisé la technique du séchage et du pressage. Son herbier d'environ 300 plantes n'a pas été conservé. L'un des herbiers les plus anciens connus, conservé au Muséum d'histoire naturelle de Paris, date de 1558.

N'y a-t-il pas aujourd'hui de meilleures techniques, plus modernes pour conserver les plantes à des fins scientifiques ?

Les plantes sont toujours séchées et pressées de la même façon qu'elles l'étaient il y a plusieurs siècles. Pour les analyses ADN, il est par contre recommandé, lors de la récolte de la plante, de prélever un fragment de feuille et de le mettre dans un sachet de silicagel pour assurer un séchage très rapide (quelques heures), ce qui permet de mieux préserver la qualité de l'ADN.

Tous vos six millions d'échantillons sont-ils digitalisés ?

Non, à peine 5% ; en priorité les types et les collections des herbiers historiques. Au 31 décembre 2016, 136'236 planches d'herbiers avaient été digitalisées, dont 115'000 types.

Les herbiers seront-ils encore utiles une fois que tous les échantillons seront digitalisés ?

Oui sans aucun doute. D'abord parce que l'on ne peut pas extraire de l'ADN d'une image digitale, ensuite parce que l'identification d'un échantillon, principalement chez les mousses, les lichens et autres champignons, nécessite souvent d'obtenir des informations qu'une image ne peut fournir (taille et forme des cellules ou des spores, etc.).

Comment retrouver tous les échantillons s'ils ne sont pas digitalisés ?

C'est à cela que sert le classement dans un herbier. Aux CJBG, par exemple dans l'herbier des plantes à fleurs, les plantes sont classées alphabétiquement par familles, puis par genres et enfin par espèces ; ces ensembles s'emboitant à l'exemple d'une poupée russe. D'autres institutions privilégient un ordre «naturel», et regroupent les familles par parenté.

Y a-t-il de l'ADN dans les plantes séchées ?

Oui, mais parfois sous forme dégradée, c'est à dire en tout petits morceaux, ce qui rend la reconstruction du puzzle plus compliquée. Il est actuellement possible, grâce aux nouvelles technologies de séquençage, d'amplifier en masse tous les fragments et de reconstituer l'agencement de ces fragments en utilisant des outils mathématiques et statistiques.

Les plantes ont-elles changé si vous comparez des échantillons récents à vos plus anciens spécimens ?

Chaque individu est à priori unique. Il est donc quasi certain que deux échantillons prélevés à des moments différents présenteront des différences au niveau génétique, du fait de l'accumulation de mutations dont on pourrait retrouver la trace dans l'ADN. Sur un laps de temps court (3 siècles, âge de nos plus anciens herbiers) les éventuelles variations qui pourraient découler de ces mutations sont cependant bien maigres par rapport à la variabilité de l'espèce.

Peut-on faire germer les graines des échantillons d'herbier ?

Parfois oui. Tout dépend de la qualité de la conservation des échantillons, du moment de leur récolte par rapport à la maturité des graines et de la capacité de germination des graines qui décroit avec le temps, plus ou moins vite selon les espèces. Mais cela n'est pas le but d'un herbier, contrairement aux banques de graines qui existent de par le monde.

Pourrait-on «ressusciter» une plante à partir d'un échantillon d'herbier ?

Non, à moins que ce ne soit à partir d'une graine restée viable dans l'échantillon. Avoir l'intégralité de l'ADN d'une plante ne suffit pas à la régénérer, dans l'état actuel des connaissances.

Trouve-t-on encore de nouvelles espèces ?

Oui, même si l'essentiel des espèces végétales a été décrit, la communauté scientifique en découvre encore chaque jour, surtout en provenance de la zone tropicale qui est la plus riche en espèces et qui reste la moins connue.

Combien trouve-t-on de nouvelles espèces par année ?

Chaque année, des milliers de nouvelles espèces de plantes ou de champignons sont décrites, dont certaines par nos chercheurs. Les chiffres les plus récents connus établissent que pas moins de 2034 espèces nouvelles ont été décrites en 2015 pour les seules plantes. Aux CJBG, les chercheurs de l'institution ont décrit plus de 80 espèces entre 2010 et 2017.

Les nouvelles espèces remplacent-elles celles qui disparaissent ?

Même si de nouvelles espèces sont décrites et que d'autres sont probablement en train de se former au cours d'un processus qui s'étend en général sur des milliers d'années, elles ne peuvent pas remplacer celles qui sont irrémédiablement perdues.

Avez-vous des échantillons de plantes disparues ?

Oui. Le plus souvent des échantillons d'espèces disparues dans la nature, mais encore conservées et mises en culture dans les jardins botaniques, comme c'est le cas de *Lysimachia minoricensis* (famille de la primevère). Mais nous avons également des cas documentés d'espèces éteintes, représentées par un nombre limité d'échantillons dont un conservé dans l'herbier de Genève : *Hedyotis adscensionis* (famille de la garance).

J
K
L
M

Lexique

Algues

Au sens large, des organismes photosynthétiques, principalement aquatiques et se reproduisant au moyen de spores. Groupe artificiel correspondant à un mode de vie particulier. Les algues au sens large sont dispersées aux quatres coins de l'Arbre de la vie, en différents groupes naturels comme, par exemple, différents groupes d'algues vertes, les algues brunes, les algues rouges et les diatomées.

Anthocérotes

Bryophyte* dont la capsule cylindrique, produisant les spores, pousse de manière continue et s'ouvre par deux fentes latérales. Ex. *Anthoceros.*

Ascomycètes

Champignons appartenant aux *Fungi**, formant au sein de leurs fructification, des asques contenant les spores. Ex. Morille, truffe, pézize, levure, etc.

Basidiomycètes

Champignons appartenant aux *Fungi**, formant au sein de leurs fructification, des basides au sommet desquelles les spores sont disposées sur des petites cornes. Ex. Tous les champignons à chapeaux et à lames, les amadouviers, les rouilles, les charbons, etc.

Bryophytes

Petites plantes vertes, sans véritables vaisseaux conducteurs, se reproduisant au moyen de spores, composées de trois lignées bien distinctes : les hépatiques*, les anthocérotes* et les mousses au sens strict*. Ex. *Bryum*, *Polytrichum*, sphaignes, etc.

Champignons

Organismes sans chlorophylle, dont les cellules sont des hyphes formant un mycélium (le corps du champignon) et se reproduisant au moyen de spores.

Cryptogames

Organismes sans fleurs, se reproduisant au moyen de spores, avec ou sans chlorophylle. Ex. Champignons*, bryophytes*, myxomycètes*, algues* et fougères.

Cryptogames vasculaires

Cryptogames possédant de véritables vaisseaux conducteurs. Ex. Fougères et plantes alliées.

Diatomées

Algues microscopiques unicellulaires enveloppées par un squelette externe fait de silice. Elles font, par exemple, partie du plancton lacustre.

Fungi

«Vrais »champignons* dont les parois cellulaires contiennent de la chitine. Ils partagent un ancêtre commun avec les animaux (ils sont plus proches des animaux que des plantes).

Hépatiques

Bryophyte* dont la capsule, qui produit les spores, s'ouvre en quatres valves. Ex. *Marchantia* et *Plagiochila.*

Lichens

Principalement des ascomycètes*, qui pour se nourrir sont entrés en symbiose au cours de l'évolution avec des algues vertes ou des cynanobactéries microscopiques.

Mousses au sens strict

Bryophyte* dont la capsule, qui produit les spores, est couronnée d'une ou deux rangées de dents formant le péristome couvert par un opercule et une coiffe.

Myxomycètes

Amibes caractérisées par une phase de reproduction dont les fructifications, produisant les spores, ressemblent à de minuscules champignons, raison pour laquelle ce sont les mycologues qui les étudient.

Oomycètes

Champignons dont les parois cellulaires contiennent de la cellulose et non de la chitine. Ils forment un groupe qui ne partage pas d'ancêtre commun avec les Fungi*. Ex. Les mildious.

Phanérogames

Plantes se reproduisons au moyen de fleurs ou de cônes, dont la dissémination est assurée par des graines.

Types

Un spécimen-type est le matériel d'origine utilisé pour décrire une nouvelle espèce et mentionné dans la description originale de l'espèce (protologue). Les types sont les échantillons «porte-nom «liés à jamais au nom de l'espèce décrite. Ils doivent être désignés en tant que tels et conservés dans des institutions reconnues.

Impressum

Directeur
Pierre-André Loizeau

Comité des expositions
Danièle Fischer-Huelin, Nicolas Freyre, Didier Roguet

Rédaction
Philippe Clerc, Laurent Gautier, Yamama Naciri

Conception graphique
Martin Cramatte

Dessins
Maud Oïhénart

Documentation
Rhéa Garratt

Planches d'herbier géantes
Florence Buholzer

Communication
Gisèle Visinand

Crédits photos & Iconographie
Philippe Clerc, Pierre-Emmanuel Du Pasquier, Lucie Garnier, Rhéa Garratt, Laurent Gautier, Daniel Jeanmonod, Pete Lowry, Fred Stauffer, Ulf Swenson, David Wagnières, Mélanie Zogheb

Collaboration interne
Paola Adoboli, Véronique Besse, Pierre Boillat, Martin Callmander, Véronique Compagnon, Gregor Dalliard, Sylvie Dunant, Cédric Forfait, Nicolas Fumeaux, Fabrice Golay, Lydie Homberg, Tina Jaton, Marty Kohler, Raoul Palese, Mathias Perrin, Michelle Price, Macarena Ramos-Lopez, Fred Stauffer, Fabienne Thonney, Angela Wangeler, les bénévoles en médiation et tous les collaborateurs des CJBG

Remerciements
Bioscope (Université de Genève), Pierre-Emmanuel Du Pasquier, Daniel Jeanmonod

Conservatoire
et Jardin botaniques
Genève

Case postale 71
Chemin de l'impératrice 1
CH-1292 Chambésy/Genève
Tél. 022 418 51 00
Fax 022 418 51 01
www.cjb-geneve.ch

Série documentaire n°41 des Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève / *ISBN 978-2-8277-0341-8*