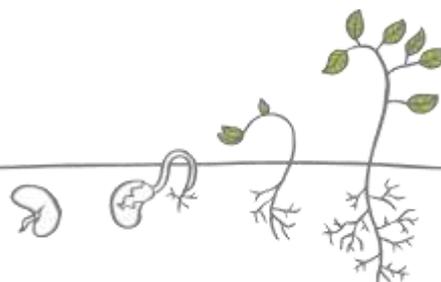


16/02/2016

LA BIODIVERSITE FLORISTIQUE DES TOITURES VEGETALISEES DU CANTON DE GENEVE

[Fiche de synthèse]



TITRE :

La biodiversité floristique des toitures végétalisées du canton de Genève – **Rapport final du projet TVEG 2014-2016**

AUTEUR :

Marianne HÉDONT, assistante HES, Julie STEFFEN, assistante de recherche, Dr Patrice PRUNIER, professeur HES et responsable de la filière gestion de la nature

THEMATIQUES :

Agronomie - Sols urbains - Conduite des végétaux, Choix des végétaux et innovation végétale

MOTS-CLES :

Biodiversité, flore, toiture végétalisée, Genève

OBJECTIFS :

Caractériser la biodiversité floristique des toitures végétalisées et ses déterminismes.

Évaluer leur potentiel de conservation et leur contribution à l'expansion des espèces invasives.

RESUME :

La végétation des dalles et parois rocheuses, comprenant une grande partie de bryophytes, trouve refuge dans les villes, sur des structures d'origine anthropique telles que les toitures végétalisées. Malgré les nombreux inventaires floristiques d'envergure ayant eu lieu ces dernières années dans les principales villes helvétiques (Genève, Lausanne, Zürich...), les toitures, pour des raisons d'accès difficiles, ont souvent été laissées pour compte. Par ailleurs, peu d'études se sont intéressées à la flore de ces biotopes. Ce travail a pour but de caractériser la flore des toitures végétalisée et d'observer les différences de structure et de composition végétale sur des toitures intensives et extensives d'âge différent. Trente toitures végétalisées ont été sélectionnées à Genève sur lesquelles ont été réalisés des inventaires exhaustifs et quantitatifs de plantes vasculaires et de bryophytes. Afin de décrire le couvert végétal et de juger de sa qualité écologique, différents paramètres ont été sélectionnés : le taux de recouvrement, la richesse spécifique, la fréquence des espèces et la proportion d'espèces menacées et de néophytes. Au total, on observe 21 % de la flore vasculaire et 10 % de la bryoflore genevoises sur les toitures. Les relevés permettent d'identifier 35 espèces vasculaires menacées (issues de travaux de végétalisation ou spontanées) dont 1 espèce en danger au niveau national : *Althaea hirsuta* (néophyte européenne) et 3 espèces de haute priorité au niveau cantonal : *Aira caryophyllea*, *Galium parisiense* et *Geranium sanguineum*. Pour les bryophytes, 7 espèces menacées ont été trouvées dont une, *Pseudocrossidium revolutum* portant un statut menacé d'extinction (CR) à l'échelle nationale. Quatre espèces et 1 sous-espèce sont nouvelles pour le canton : *Bryum creberrimum*, *B. klinggraeffii*, *Mnium spinosum*, *Polytrichum strictum* et *Bryum caespiticium ssp. badium*. Les toitures extensives semblent jouer un rôle plus important en matière de conservation pour les deux groupes d'organismes. Pour les végétaux vasculaires, les toitures intensives présentent des taux de recouvrement et une richesse spécifique plus élevée, alors que les toitures extensives sont favorables au développement des espèces menacées et moins aux néophytes invasifs. Pour les bryophytes, les toitures extensives sont plus favorables en termes de biodiversité (richesse spécifique et espèces menacées) et de recouvrement, sauf en ce qui concerne la propagation de néophytes. Les toitures de plus de 10 ans sont plus favorables qualitativement ou quantitativement à ces deux groupes de végétaux. En conclusion, ce travail contribue à accroître la connaissance de la végétation des toitures végétalisées et met en évidence leur importance pour la conservation en zone urbaine. Il permettra de proposer des mesures d'amélioration de leur qualité écologique et de les intégrer dans des suivis de la biodiversité.

Sommaire

1	Introduction	4
2	Objectif	4
3	Matériel et méthodes	4
3.1	SITES D'ÉTUDE	4
3.2	Méthodologie suivie	5
4	Résultats - Discussion	6
4.1	Analyse du recouvrement végétal	6
4.1.1	Corrélation entre les mesures de recouvrement	6
4.1.2	Variabilité des valeurs de recouvrement	6
4.1.3	Comparaison des taux de recouvrement : toitures intensives vs extensives	7
4.1.4	Effet de l'épaisseur de substrat sur le recouvrement	8
4.1.5	Effet de l'âge des toitures sur le recouvrement	9
4.2	Analyse de la flore	9
4.2.1	Flore vasculaire	9
4.2.2	Bryophytes	19
5	Synthèse et recommandations	24
	Bibliographie	26
	Annexe 1 : Liste des plantes vasculaires recensées	27
	Annexe 2 : Liste des bryophytes recensées	36

1 Introduction

Avec le développement de l'urbanisation, un grand nombre de biotopes disparaissent et avec eux la biodiversité qu'ils abritent. Les constructions créées par l'Homme, tels que les toits, offrent des refuges à une partie des espèces. La végétation des dalles et parois rocheuses, comprenant une grande partie de bryophytes y est particulièrement développée. Dans plusieurs cantons de Suisse (Genève, Lausanne, Zürich), des inventaires de la flore vasculaire urbaine, et même parfois de bryophytes et lichens ont été réalisés. Ils mettent en valeur la biodiversité insoupçonnée des villes. Vraisemblablement pour des raisons d'accessibilité difficile (physique, pour accéder aux toitures et administrative, pour l'obtention d'autorisation) ou de non-respect des normes de sécurité, ces études n'ont pas ou très peu intégré les toitures à leurs inventaires. Jusqu'à présent, peu d'études ont porté sur la flore des toitures végétalisées. Pourtant, ces structures, de par leur position surélevée, se situent souvent au carrefour des corridors biologiques et jouent en un sens un rôle prépondérant dans la conservation des espèces comme dans la propagation de néophytes. Pour toutes ces raisons, il est donc essentiel d'évaluer le potentiel de conservation des toitures.

Les bryophytes sont souvent abondantes sur les toitures notamment en raison de la faible concurrence portée par les végétaux vasculaires (Bergamini et al 2001). Il n'est pas rare de trouver sur les toitures à végétalisation spontanée, une strate muscinale importante, voire presque continue. En effet, là où les réserves en nutriments sont trop faibles et où l'épaisseur de substrat ne permet pas aux racines des végétaux vasculaires de se développer, les bryophytes qui ne possèdent pas de vraies racines, trouvent leur niche écologique. Souvent perçues comme nuisibles aux constructions et systématiquement retirées, elles contribuent notamment à l'isolement thermique et à la régulation de l'écoulement de l'eau, comme les végétaux vasculaires (Anthios, 2015). De plus, dépourvues de racines susceptibles d'abimer les constructions, elles limitent leur érosion et contribuent ainsi à leur conservation. Sur les murs « la mousse remplace le mortier tout en laissant le revêtement perméable » (Leuttert et al. 1995). Cette fausse croyance tend progressivement à évoluer puisque des initiatives émergent comme le projet « Anthios » à Paris, cherchant à développer des techniques de végétalisation avec des bryophytes ou depuis longtemps déjà, au Japon où la mousse est au contraire favorisée pour son apport esthétique au paysage.

2 Objectif

Ce volet a pour objectif de caractériser la biodiversité floristique (trachéophytes et bryophytes) des toitures végétalisées et ses déterminismes, particulièrement l'influence de la catégorie de toiture (extensive ou intensive) et de son âge (< 10 ans ou > 10 ans). D'autre part, il cherche à évaluer leur potentiel de conservation et leur contribution à l'expansion des espèces invasives. Ces données participeront à la prise de décision pour une mise en valeur des toitures végétalisées.

3 Matériel et méthodes

3.1 SITES D'ÉTUDE

L'échantillonnage comprend 30 toitures localisées à Genève (Tableaux 1 et 2, Introduction générale), dont 20 toitures dites extensives (10 de moins de 10 ans ; 10 de plus de 10 ans) et 10 toitures dites intensives (5 de moins de 10 ans ; 5 de plus de 10 ans).

3.2 Méthodologie suivie

Relevés exhaustifs

Des relevés de végétaux vasculaires ont été réalisés sur l'ensemble des toitures aux printemps (mai) et aux automnes (septembre) 2014 et 2015, afin de recenser le maximum de taxons.

Des relevés des bryophytes ont été effectués uniquement en 2014, entre les mois de mai et septembre. Les bryophytes de 18 des 20 toitures dites extensives ont été identifiées en 2014 (sauf les toitures n° 66 et 67 intégrées ultérieurement). Les toitures extensives ont bénéficié d'une pression d'inventaire plus forte que les toitures intensives, élément à prendre en compte dans l'interprétation des résultats.

Évaluation du taux de recouvrement

Le recouvrement est évalué de manière 1) quantitative et 2) semi-quantitative.

1) La méthode quantitative utilisée dite des points quadrats (Daget et Poissonnet 1971) consiste à relever la présence de chaque espèce sur 100 points (en moyenne) le long d'un ou deux transect(s) représentatif(s) de l'ensemble de la surface. Le nombre de contacts obtenus est ensuite pondéré par le nombre total de points du transect afin d'obtenir une « fréquence relative » de chaque espèce par toiture. On attribue arbitrairement une valeur de 0,001 % aux espèces présentes sur la toiture mais n'apparaissant pas sur le transect. En additionnant les fréquences relatives d'une espèce sur l'ensemble des transects on obtient ainsi une « fréquence cumulée » représentant le recouvrement de l'espèce sur l'ensemble des toitures. Pour cette méthode, réalisée aux printemps 2014 et 2015, les bryophytes ne sont pas identifiées, la strate muscinale est ainsi évaluée dans son ensemble.

2) La méthode semi-quantitative consiste à assigner à chaque espèce un coefficient d'abondance-dominance (Braun-Blanquet 1928) par rapport à l'ensemble de la surface végétalisée. Cette deuxième méthode est effectuée systématiquement pour les végétaux vasculaires (printemps-automne 2014-2015), alors que pour les bryophytes, seules les toitures extensives en ont bénéficié (2014). Ainsi, dans les analyses de recouvrement qui suivront, seule la première méthode a été prise en compte.

Il n'y a pas eu de relevés quantitatifs réalisés pour les toitures intensives n°6 et n°52 du fait de la disposition de la végétation en patchs. Par ailleurs, un seul transect a été réalisé au printemps 2015 pour les toitures extensives n°66 et n°67 (dû à une intégration décalée dans le projet). De même, un seul transect a été réalisé pour des raisons logistiques d'accès aux toitures pour les numéros : 62 (en 2015) et 8, 34, 53, 61 (en 2014). Pour ces toitures, le coefficient d'abondance-dominance est utilisé et transformé en pourcentage moyen par espèce.

Paramètres descriptifs

A partir des données récoltées et pour chacune des toitures, est calculé pour les plantes vasculaires et les bryophytes :

- le nombre total d'espèces recensées ;
- le taux de recouvrement par la végétation sur la surface considérée (recouvrement total, recouvrement par les bryophytes, recouvrement par les végétaux vasculaires) ;
- la proportion de taxons menacés et de néophytes invasives ;
- la fréquence des espèces par rapport à un ensemble des toitures est calculée selon leur occurrence ou non par toiture.

Pour les végétaux vasculaires est aussi évalué :

- l'origine et la proportion d'espèces semées ou plantées, spontanées ou indéterminée (plantes vasculaires). Sont considérées comme semées ou plantées les espèces présentes dans les mélanges types commercialisés par UFA et OH-Semences pour toitures ; les espèces d'origine indéterminée étant présentes dans les mélanges pour la végétalisation, mais pouvant aussi apparaître spontanément.
- la proportion de taxons par famille (selon la classification actuelle APG III) ;
- la proportion de taxons par groupe écologique ;
- la proportion de taxons selon le mode de dispersion.

L'épaisseur et la nature du substrat sont évaluées à partir de mesures et d'observations ponctuelles sur chaque toiture, indépendamment des volets hydrologie et analyse de substrat.

Les données ont été saisies et dénombrées sur Microsoft Office Excel 2013. Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel Minitab 17.1.0. Afin d'évaluer l'effet des paramètres écologiques sur les espèces, les tests de Student, Fischer et Kruskal-Wallis ainsi que des analyses de variance (Anova) ont été réalisés. Les coefficients de corrélation de Spearman et de Pearson ont été employés pour les mesures de recouvrement. Selon leur pertinence, les valeurs-test sont indiquées dans le texte entre parenthèses.

4 Résultats - Discussion

4.1 Analyse du recouvrement végétal

Le recouvrement floristique sur les toitures végétalisées est un paramètre facilement appréciable pour les non spécialistes, constituant souvent la première impression en termes d'esthétique.

4.1.1 Corrélation entre les mesures de recouvrement

Nos données ne mettent pas en évidence de corrélation significative pour l'année 2014 entre le recouvrement des bryophytes et celui des trachéophytes (coefficient de corrélation des rangs de Spearman = -0,39), par contre, en 2015, les recouvrements sont anti-corrélés de façon significative (coefficient de corrélation des rangs de Spearman = -0,49). De nombreuses études confirment cette relation négative en l'attribuant à la compétition pour l'espace et la lumière, mais il est intéressant de relever que quelques autres travaux ont trouvé une corrélation positive entre les deux groupes d'organismes pouvant être expliquée par la protection contre la sécheresse et l'apport en nutriments que fourniraient les végétaux vasculaires aux bryophytes (Ingerpuu et al 2005).

Les recouvrements par les végétaux vasculaires en 2014 et en 2015 sont fortement corrélés (coefficient de corrélation de Pearson $r = 0,92$). Par contre, sur une même toiture, il existe globalement plus de variations des taux de recouvrement par les bryophytes entre les 2 années de relevés. L'enlèvement des mousses lors de l'entretien des toitures d'une année sur l'autre pourrait être un élément d'explication.

4.1.2 Variabilité des valeurs de recouvrement

Nous avons observé une grande variation des valeurs de recouvrement des végétaux vasculaires et des bryophytes sur les toitures de la catégorie extensive principalement en 2014 : de 2 à 87 % de recouvrement pour les bryophytes (figure 1) et de 17 à 90 % pour les végétaux vasculaires (figure 2). Outre la composition floristique, cela peut s'expliquer par d'autres facteurs déterminants variant entre les toitures et parfois sur une même toiture : conditions de mise en place de la végétation, exposition climatique, zones de rétention en eau, qualité et fréquence des entretiens.

4.1.3 Comparaison des taux de recouvrement : toitures intensives vs extensives

Les toitures de la catégorie extensive sont significativement plus recouvertes par les bryophytes en 2014 et 2015 (figure 1) : en moyenne, 48 % sur les toitures extensives contre 26 % sur les toitures intensives (en 2014 : $T = 2,88$; $p = 0,01$ / en 2015 : $T = 1,99$; $p = 0,081$).

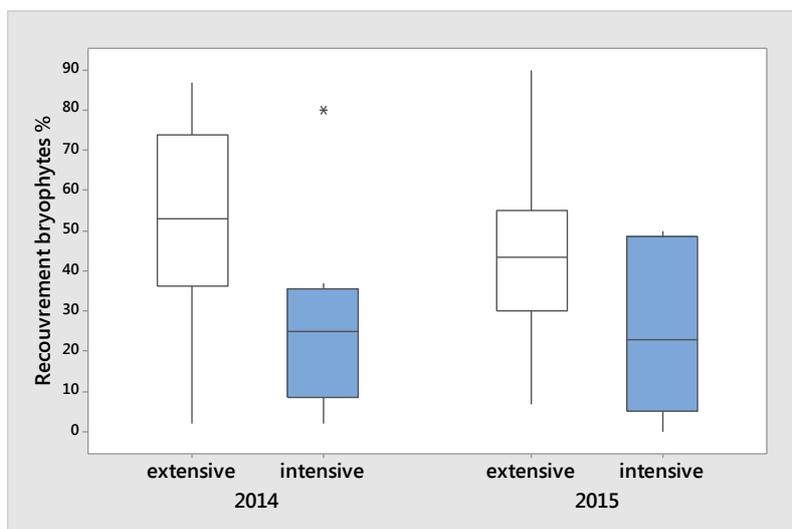


Figure 1 : taux de recouvrement par les bryophytes (2014 / 2015) selon les catégories de toiture

En moyenne, la surface disponible sur les toitures extensives n'est recouverte qu'à moitié par les végétaux vasculaires (figure 2) : 46,2 % en moyenne en 2014 et 53,8 % en 2015. Ce constat n'est pas suffisant selon l'Association suisse des spécialistes du verdissement des édifices (ASVE 1998/2000) qui préconise un recouvrement de 75 % minimum après deux périodes de végétation. Le taux de recouvrement des végétaux vasculaires est significativement supérieur sur les toitures intensives : 30 % de recouvrement en plus sur les toitures intensives (en 2014 : $T = -4,96$; $p < 0,0001$ / en 2015 : $T = -5,41$; $p < 0,0001$).

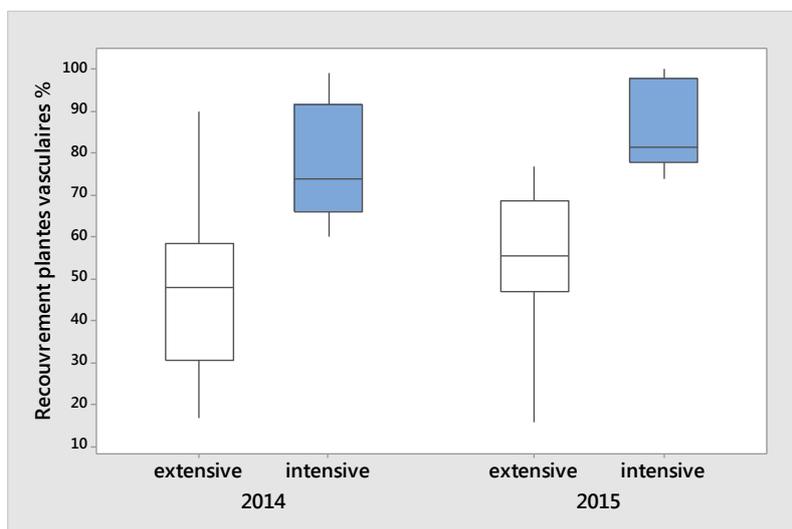


Figure 2 : taux de recouvrement par les végétaux vasculaires (2014 / 2015) selon les catégories de toitures

4.1.4 EFFET DE L'ÉPAISSEUR DE SUBSTRAT SUR LE RECOUVREMENT

Sachant qu'au sein de chacune des catégories « extensive » et « intensive », on observe des substrats d'épaisseur et de composition variables, les toitures ont été classées selon 4 classes d'épaisseur du substrat (1. moins de 8 cm, 2. 8-15 cm, 3. plus de 25 cm, 4. épaisseur variable sur la toiture, avec présence de monticules de 10 cm et plus).

En moyenne, les toitures extensives au substrat de moins de 8 cm ont un recouvrement par les plantes vasculaires de 39 % en 2014 et de 47 % en 2015 (figure 3), alors qu'avec une épaisseur de 8-15 cm, il atteint 66,6 % en moyenne en 2014 et 71 % en 2015. Le recouvrement est donc plus élevé lorsque l'épaisseur du substrat augmente. Sont néanmoins à considérer, d'une part l'effectif différent au sein des classes d'épaisseurs de substrat, d'autre part, la nature du substrat à dominance terreuse pour la classe d'épaisseur 2 et strictement de type industriel (pouzzolane) pour la classe 1.

La classe d'épaisseur 3 montre clairement un recouvrement supérieur mais puisqu'elle est strictement liée aux toitures intensives, de composition floristique drastiquement différente des toitures extensives, nous ne pouvons évaluer son effet. De plus, cette classe de substrat étant à dominance terreuse, le taux de matière organique théoriquement plus élevé peut influencer le développement de la flore vasculaire. La catégorie 4, d'épaisseur de substrat variable, présente dans les deux catégories de toiture, sur substrat type industriel (pouzzolane) est associée à des taux de recouvrement intermédiaires, relativement variables.

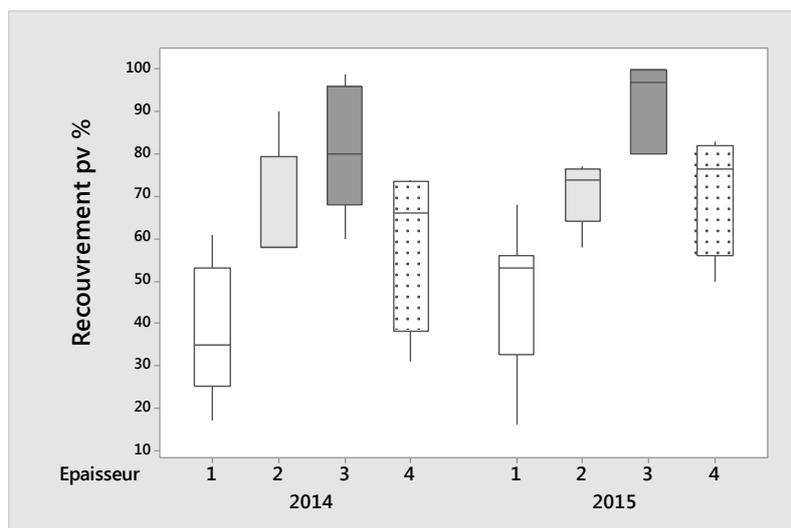


Figure 3 : recouvrement des végétaux vasculaires selon les classes d'épaisseur de substrat

Les bryophytes ont tendance à être moins recouvrantes sur les toitures présentant un substrat de plus de 25 cm (figure 4), mais ces dernières correspondant également à des substrats à dominance terreuse et à la catégorie intensive, il n'est pas possible d'évaluer l'effet réel de ce paramètre.

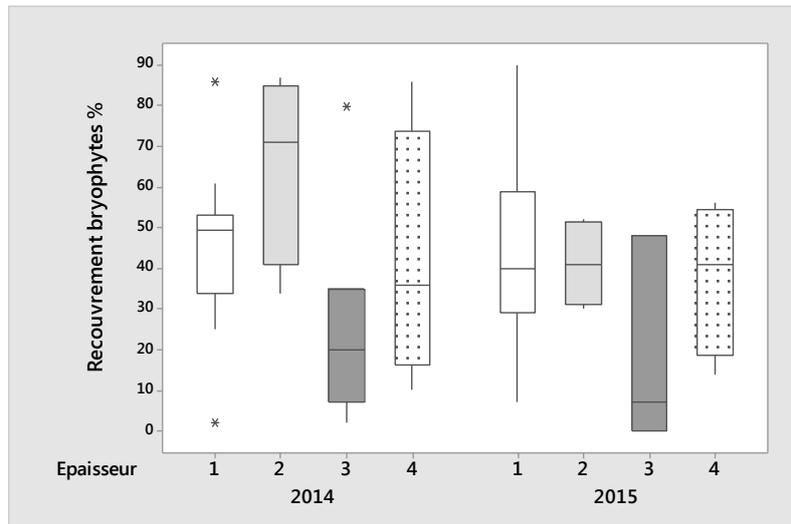


Figure 4: recouvrement des bryophytes selon les classes d'épaisseur de substrat

4.1.5 EFFET DE L'ÂGE DES TOITURES SUR LE RECOUVREMENT

Pour chacune des catégories de toitures (intensive, extensive), le recouvrement moyen par les végétaux vasculaires sur les toitures de plus de 10 ans est légèrement supérieur (10 à 13 %). Pour les bryophytes, l'âge des toitures ne semble pas influencer le taux de recouvrement. Dans les deux cas, l'effet « âge » sur le recouvrement n'est pas significatif, que ce soit pour les bryophytes ou les végétaux vasculaires (tests t ; $p > 0,1$).

4.2 Analyse de la flore

4.2.1 Flore vasculaire

4.2.1.1 Richesse spécifique

Au total, 298 taxons sont recensés (annexe 1) toutes origines confondues (plantée, spontanée, indéterminée) ce qui représente 21 % de la flore genevoise (par rapport au total de flore actuelle, Lambelet-Haueter et al 2006). Sur les toitures extensives, 198 taxons ont été recensés contre 213 taxons sur les toitures intensives.

En moyenne, 36 taxons vasculaires sont recensés sur les toitures de la catégorie extensive contre 42,7 sur celle de la catégorie intensive. Nos données ne montrent pas d'effet « catégorie » sur la richesse spécifique vasculaire ($T = -1,54$; $p = 0,142$). De même, nous n'obtenons pas d'effet « âge » sur la richesse spécifique vasculaire observée ($T = 0,87$; $p = 0,399$).

Parmi les toitures intensives, 2 toitures de moins de 10 ans de type « mixte », c'est-à-dire comportant une forte épaisseur de substrat, mais de type industriel (n° 33 et 33 bis) présentent la diversité la plus importante : 58 et 64 taxons avec environ 50 % de taxons d'origine spontanée. Toutefois, les 2 autres toitures de ce type, présentant des surépaisseurs de substrat (n° 11 et 62) n'accueillent pas un nombre d'espèces équivalent. D'autres facteurs comme la mise en œuvre de la végétalisation, l'entretien ou l'environnement proche peuvent expliquer cette diversité plus importante sur les toits 33 et 33 bis. Par ailleurs, au sein de cette même catégorie, les 3 toitures de type gazon ou prairie grasse (n° 8, 60, 61) présentent un nombre d'espèces parmi les plus faibles (33 et 29).

Un effort particulier a été mis sur la détermination des espèces appartenant au genre *Festuca*. Ce dernier est souvent mal connu en raison des difficultés de déterminations nécessitant la plupart du temps des coupes transversales des feuilles (figure 5). Dans les listes d'espèces prévues pour la végétalisation ce ne sont souvent pas les espèces qui sont citées, mais l'agrégat tel que par exemple *Festuca ovina* aggr. ou *F. rubra* aggr. Dans une optique de conservation et de végétalisation locale, il était donc nécessaire de d'approfondir cette question. Parmi les 7 espèces identifiées : *Festuca arundinacea*, *F. gautieri*, *F. heteromalla*, *F. marginata* ssp. *gallica*, *F. pratensis*, *F. rubra* s. str. et *F. stricta* ssp. *trachyphylla* ; 4 sont rattachées à une origine anthropique, 3 indéterminée.



Figure 5: coupe transversale de feuille de *Festuca stricta* ssp. *trachyphylla* © M. Hédont

4.2.1.2 Fréquence et dominance

Plantes vasculaires

Bien que les deux catégories de toitures présentent le même niveau de richesse spécifique, les profils de fréquence diffèrent entre les deux catégories de toitures.

Sur les toitures extensives, les 4 taxons les plus fréquents (présents sur plus de 75 % des toitures) sont :

- *Petrorhagia saxifraga*, avec un statut de menace EN à Genève, présent dans les mélanges standards utilisés pour la végétalisation des toits ;
- deux taxons d'origine spontanée : *Erigeron annuus* s. str. (néophyte invasive) et *Lactuca serriola* ;
- *Sedum album*, d'origine indéterminée, potentiellement spontanée mais présent également dans les listes de végétaux vendus pour la végétalisation des toits.

Parmi les taxons les plus abondants en termes de recouvrement sur les toitures extensives (tableau 1) figurent essentiellement des espèces présentes dans les mélanges d'origine : *Petrorhagia saxifraga*, *Sedum album*, *Sedum floriferum*, *Sedum hybridum*, *Sedum sexangulare*, sauf *Vulpia myuros* est d'origine spontanée.

Tableau 1 : les 20 taxons les plus abondants en termes de recouvrement (fréquence cumulée) sur les toitures extensives

	Origine	STATUT_ CH	STATUT_ GE	Fréquence cumulée	Occurrence toitures ext. %
<i>Petrorhagia saxifraga</i>	P	LC	EN	1,168	80
<i>Sedum sexangulare</i>	P	LC	LC	1,011	70
<i>Vulpia myuros</i>	S	NT	LC	1,010	60
<i>Sedum hybridum</i>	P			1,008	65
<i>Sedum floriferum</i>	P			1,006	45
<i>Sedum album</i>	I	LC	LC	0,994	75
<i>Silene nutans</i>	P	LC	VU	0,670	50
<i>Festuca stricta ssp trachyphylla</i>	P	---	DD	0,655	15
<i>Sedum rupestre aggr.</i>	P	LC	LC	0,592	55
<i>Festuca marginata ssp gallica</i>	I			0,540	5
<i>Plantago lanceolata</i>	I	LC	LC	0,392	35
<i>Potentilla argentea</i>	P	LC	VU	0,376	50
<i>Festuca rubra aggr</i>	P	LC	LC	0,373	35
<i>Thymus serpyllum aggr.</i>	P			0,303	15
<i>Thymus pulegioides</i>	P	LC	LC	0,288	40
<i>Sanguisorba minor ssp polygama</i>	P	LC	LC	0,283	50
<i>Echium vulgare</i>	P	LC	LC	0,270	45
<i>Salvia pratensis</i>	P	LC	LC	0,268	25
<i>Medicago lupulina</i>	I	LC	LC	0,256	60
<i>Erigeron annuus s. str.</i>	S (Ni)	---	LC	0,244	90

Sur les toitures intensives inventoriées, les taxons les plus fréquents, présents sur plus de 75 % des toitures, sont associés aux prairies grasses et d'origine spontanée (tout ou en partie) : *Taraxacum officinalis*, *Trifolium repens*, *Medicago lupulina*. Ce dernier est aussi compté parmi les espèces les plus recouvrantes après *Lolium perenne* (tableau 2).

Tableau 2 : les 20 taxons les plus abondants en termes de recouvrement sur les toitures intensives

	Origine	STATUT_ CH	STATUT_ GE	FREQ cumulée	Occurrence toitures ext. %
<i>Lolium perenne</i>	P	LC	LC	2,117	60
<i>Medicago lupulina</i>	I	LC	LC	1,344	80
<i>Equisetum arvense</i>	I	LC	LC	0,642	20
<i>Setaria viridis</i>	S	LC	LC	0,596	10
<i>Festuca heteromala</i>	I	LC	LC	0,527	30
<i>Vicia sativa ssp nigra</i>	S	LC	LC	0,512	40
<i>Trifolium arvense</i>	S	LC	NT	0,504	30
<i>Vulpia myuros</i>	S	NT	LC	0,433	30
<i>Pennisetum alopecuroides</i>	P	---	NE	0,412	10
<i>Sedum floriferum</i>	P			0,389	20
<i>Bromus sterilis</i>	S	LC	LC	0,346	40
<i>Allium schoenoprasum</i>	I	LC	NE	0,308	30
<i>Potentilla reptans</i>	S	LC	LC	0,302	40
<i>Calystegia sepium</i>	S	LC	LC	0,283	20
<i>Spirae x vanhouttei</i>	P			0,271	20
<i>Hieracium pilosella</i>	P	LC	LC	0,262	30
<i>Poa trivialis s.str.</i>	I	LC	LC	0,252	30
<i>Dianthus carthusianorum</i>	P	LC	NT	0,235	30
<i>Helianthemum nummularium sst</i>	P	LC	CR	0,22	10
<i>Festuca rubra aggr</i>	P	LC	LC	0,211	30

4.2.1.3 Conservation

Les inventaires ont permis de recenser 35 espèces menacées : 8 espèces menacées au niveau national (Moser et al 2002) et 33 espèces menacées au niveau cantonal (Lambelet-Haueter et al 2006), principalement d'origine spontanée (tableau 3).

Parmi les espèces menacées sur le canton de Genève (figure 6), 11 sont prioritaires, dont 3 avec une priorité très élevée : *Aira caryophyllea* (figure 7), *Galium parisiense*, toutes deux retrouvées sur la même toiture extensive (n°64), de plus de 10 ans et *Geranium sanguineum*, trouvé sur une toiture extensive (n°2), de moins de 10 ans. Au niveau suisse, 1 espèce est en danger, *Althaea hirsuta* (néophyte européenne).

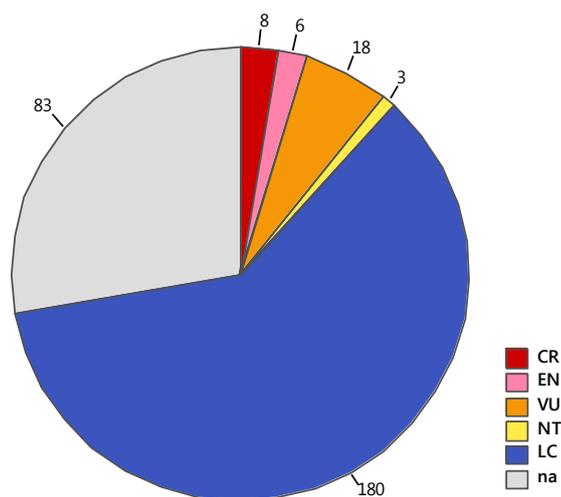


Figure 6 : répartition des espèces vasculaires inventoriées selon leur statut de menace cantonal (GE)



Figure 7 : *Aira caryophyllea* @ botarela.fr

Tableau 3 : taxons vasculaires menacés au niveau national et/ou cantonal (LC : non menacé, NT : quasi menacé, VU : vulnérable, EN : en danger, CR : en danger critique d'extinction, NE : non évalué)

Taxons	Groupe écologique	Origine	STATUT_LR CH	STATUT_LR GE	Priorité genève	Responsabilité Genève	FREQ cumulée TV extensives	Occurrence TV ext %	FREQ cumulée TV intensives	Occurrence TV int %	Néophytes Ge ou Indigènes
<i>Acinos arvensis</i>	S	I	LC	VU			0.001	5	0.001	10	I
<i>Aira caryophyllea</i>	R	S	VU	CR	1		0.001	5	0	0	I
<i>Althaea hirsuta</i>	R	S	[EN]	VU	2		0.012	5	0	0	N
<i>Bromus tectorum</i>	R	S	LC	VU			0.001	5	0	0	N
<i>Calamintha menthifolia</i>	S	S	LC	VU			0.003	15	0	0	N
<i>Calluna vulgaris</i>	F	P	LC	EN			0.000	0	0.161	10	I
<i>Carum carvi</i>	G	S	LC	EN			0	0	0.001	10	I
<i>Cerastium glutinosum</i>	R	S	VU	VU			0.001	5	0	0	N
<i>Cerastium pumilum</i>	R	S	NT	VU			0	0	0.026	10	I
<i>Digitaria ischaenum</i>	R	S	LC	VU			0.001	5	0	0	I
<i>Euphorbia virgata</i>	R,N	S	NT	VU			0.001	5	0	0	N
<i>Gallium parisiense</i>	R	S	EN	CR	1		0.019	5	0	0	I
<i>Geranium sanguineum</i>	F	S	LC	VU	1		0.001	5	0	0	I
<i>Globularia bisnagarica</i>	S	S	LC	EN	5		0.001	5	0	0	I
<i>Gypsophila repens</i>	M	P	LC	CR	4		0.005	25	0	0	N
<i>Helianthemum nummularium sst</i>	S	P	LC	CR	2		0.010	5	0.220	10	I
<i>Koeleria pyramidata</i>	S	P	LC	EN			0.011	5	0	0	I
<i>Medicago arabica</i>	R	S	[CR]	LC			0	0	0.025	20	N
<i>Medicago minima</i>	S	S	LC	VU			0.001	5.000	0	0	I
<i>Orchis morio</i>	S	S	NT	VU			0	0	0.001	10	I
<i>Petrorhagia saxifraga</i>	S	P	LC	EN	5		1.168	80	0.021	20	I
<i>Populus nigra sl</i>	na	S	LC	VU			0.007	10	0	0	I
<i>Potentilla argentea</i>	S	P	LC	VU			0.376	50	0	0	I
<i>Potentilla intermedia</i>	R	S	VU	CR			0.001	5	0	0	N
<i>Rorippa palustris</i>	H	S	LC	VU			0.001	5	0	0	I
<i>Sagina apetala ssp erecta</i>	R	S	VU	LC			0	0	0.001	10	I
<i>Sanguisorba officinalis</i>	H	S	LC	VU			0.001	5	0	0	I
<i>Saponaria ocymoides</i>	S	I	LC	VU			0.012	15	0.001	10	I
<i>Silene nutans</i>	S	P	LC	VU			0.670	50	0.007	20	I
<i>Spiranthes spiralis</i>	S	S	NT	CR			0.001	5	0	0	I
<i>Teucrium botrys</i>	S	S	NT	CR	2		0.025	20	0.080	10	I
<i>Thymus praecox s. str.</i>	S	P	LC	CR	4	2	0	0	0.001	10	I
<i>Trifolium aureum</i>	S	S	NT	VU			0.001	5	0	0	I
<i>Trifolium hybridum sp. elegans</i>	R,N	S	{VU}	NE			0	0	0.001	10	N
<i>Valeriana dioica</i>	H	S	LC	EN	5		0	0	0.001	10	I

Valeurs de conservation des toitures extensives

Sur les toitures extensives, 29 taxons menacés sur le canton de Genève (15 % du recensement sur toitures extensives) ont été recensés et 16 (8 % du recensement sur toitures extensives) à l'échelle du territoire suisse (tableau 4).

Tableau 4 : répartition des taxons menacés sur les toitures extensives d'après leur statut

	Liste rouge CH (nb)	Liste rouge Ge (nb)
CR	0	7
EN	2	3
VU	3	16
NT	11	3
Total nb	16	29
Total %	8	15

Valeurs de conservation des toitures intensives

Les toitures intensives abritent moins de taxons menacés que les toitures extensives. Au total, 14 taxons menacés sur le canton Genève (7 % du recensement sur toitures intensives) ont été identifiés et 11 au niveau suisse (5 % du recensement sur toitures intensives) (tableau 5). Sur l'ensemble des toitures, aucune espèce ne possède le degré de menace CR au niveau suisse.

Tableau 5 : répartition des taxons menacés sur les toitures intensives d'après leur statut

	Liste rouge CH (nb)	Liste rouge Ge (nb)
CR	0	3
EN	0	4
VU	1	5
NT	10	2
Total nb	11	14
Total (%)	5	7

4.2.1.4 Néophytes Invasives

Les 7 espèces végétales vasculaires considérées invasives (Info Flora 2014) sont listées dans le tableau 6 ci-dessous.

Les 2 espèces les plus fréquentes, *Erigeron annuus* et *Sedum spurium*, sont présentes sur les 2 catégories de toiture. Les autres espèces ont été identifiées uniquement sur 1 ou 2 toiture(s) de la catégorie intensive ; à noter que *Sedum spurium* et *Prunus laurocerasus* sont des espèces plantées lors de la végétalisation des toitures.

Tableau 6 : liste des espèces vasculaires invasives identifiées sur les toitures

Taxon	Famille	Type	Statut	Toiture extensive		Toiture intensive	
				Fréquence cumulée	Occurrence (% des sites)	Fréquence cumulée	Occurrence (% des sites)
<i>Erigeron annuus s.str.</i>	Asteraceae	Herbacé	Black List	0.24	90	0.12	60
<i>Sedum spurium</i>	Crassulaceae	Herbacé	Watch List	0.18	65	0.03	30
<i>Ailanthus altissima</i>	Simaroubaceae	Ligneux	Black List	0	0	0.03	20
<i>Prunus laurocerasus</i>	Rosaceae	Ligneux	Black List	0	0	0.05	20
<i>Rhus thyphina</i>	Anacardiaceae	Ligneux	Black List	0	0	<0,01	20
<i>Senecio inaequidens</i>	Asteraceae	Herbacé	Black List	0	0	<0,01	10
<i>Solidago canadensis</i>	Asteraceae	Herbacé	Black List	0	0	<0,01	10
<i>Solidago gigantea</i>	Asteraceae	Herbacé	Black List	0	0	<0,01	10

4.2.1.5 Analyses des taxons

Analyse des taxons selon leur origine

Environ 50-55 % des taxons présents sur les toitures extensives ou intensives sont d'origine spontanée, 30-35 % sont implantés et 15 % sont d'origine indéterminée (figures 8-9). Les espèces spontanées sont pour la plupart du temps peu fréquentes sur l'ensemble des toitures inventoriées (5-25 %).

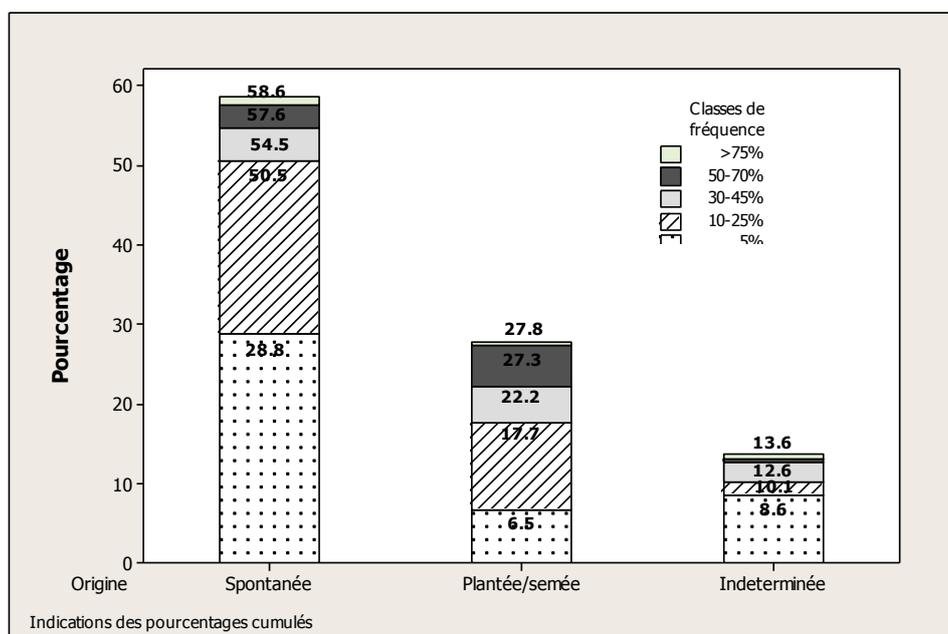


Figure 8 : dénombrement des taxons sur les toitures extensives selon l'origine

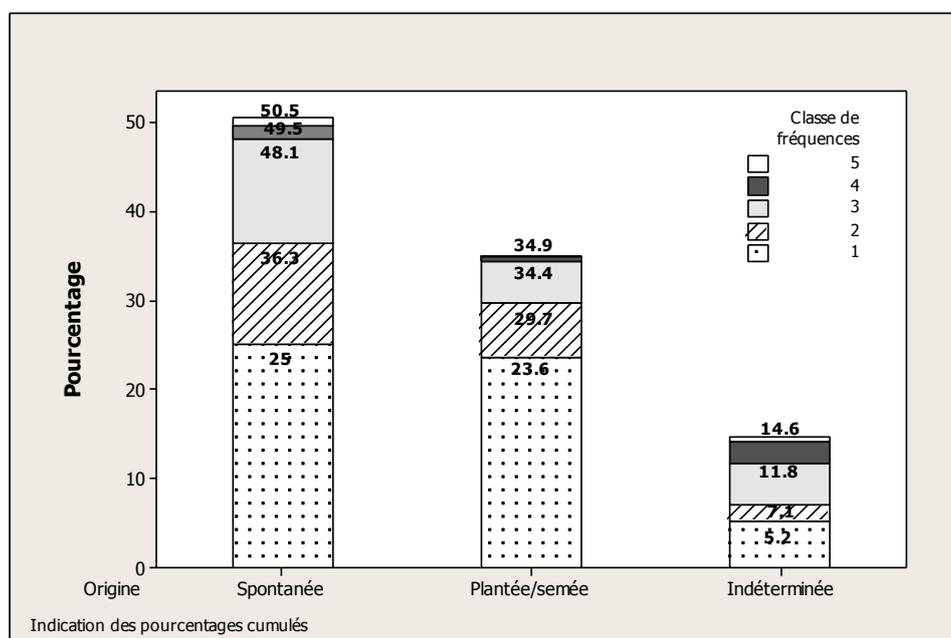


Figure 9 : dénombrement des taxons sur les toitures intensives selon l'origine (classe de fréquence : 1 =5 % ; 2 = 10-25 % ; 3 = 20-45 % ; 4 = 50 – 70 % ; 5 > 75 %)

Analyse des taxons selon les groupes écologiques

Sur les toitures extensives, 8 groupes écologiques sont représentés, alors que sur les toitures intensives seul le groupe des plantes de montagne fait défaut. Dans les deux catégories, les plantes rudérales dominent (30-35 %), toutes origines confondues (Lauber & Wagner 2012) (figures 10-11).

Les taxons issus de la végétalisation sont principalement issus du groupe des plantes de prairies maigres (12,6 %) pour les toitures extensives et des plantes cultivées (15,5 %) pour les intensives. Les taxons supposés d'origine spontanée sont en majorité rudéraux (27-31%) pour les deux catégories de toitures. Il s'agit en effet d'une flore des lieux incultes, chemins ou fossés que l'on retrouve plus largement en milieu urbain. Sur les toitures intensives dont le substrat est composé de terre végétale, on retrouve spécifiquement les espèces spontanées des parcs et jardins (liseron, lierre, véronique de Perse, pâturins commun et des prés...).

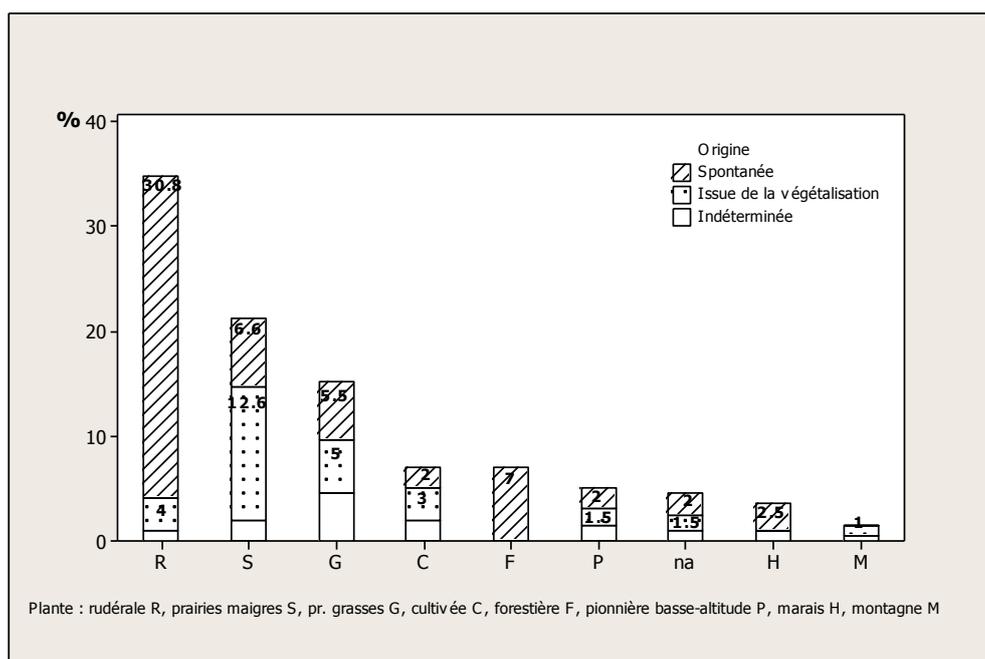


Figure 10 : groupe écologique et origine des taxons recensés sur toitures extensives

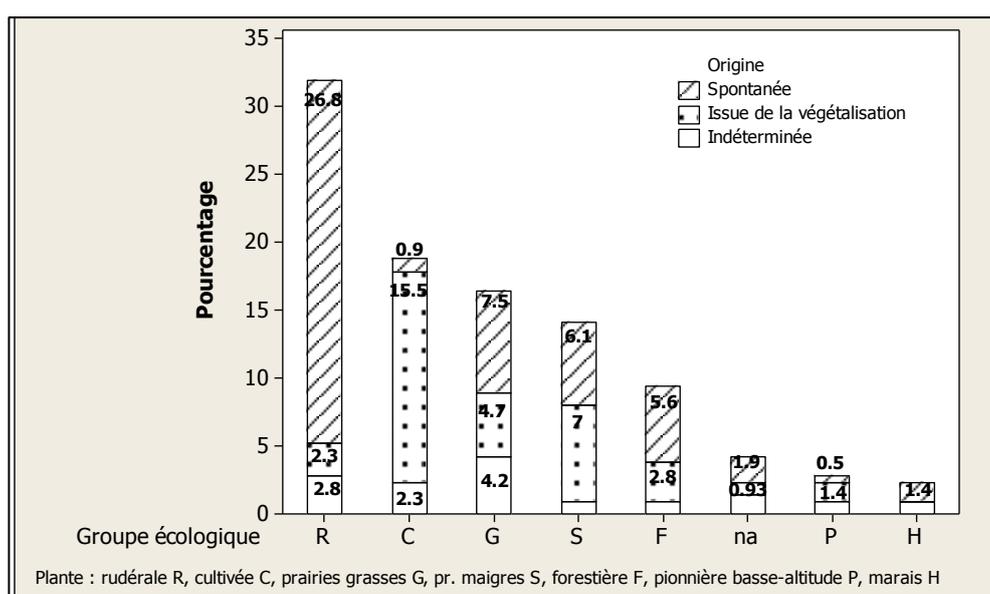


Figure 11 : groupe écologique et origine des taxons recensés sur toitures intensives

Analyse des taxons par famille

Les taxons recensés sont issus de 40 familles sur les toitures extensives et de 54 familles pour les toitures intensives.

Les taxons recensés sur les toitures extensives et intensives, analysés séparément, sont issus principalement des mêmes familles : poacées (≈ 30 taxons), astéracées (≈ 25), fabacées (15-20) et caryophyllacées (15-20).

Pour les deux catégories de toitures, les taxons issus de la végétalisation appartiennent principalement aux familles des poacées, crassulacées, caryophyllacées et fabacées alors que les taxons spontanés appartiennent surtout aux astéracées, fabacées et poacées (figures 12-13). Mais en termes de recouvrement des plantes issues de la végétalisation ce sont les crassulacées qui dominent pour les toitures extensives (80 %), suivi de poacées et des caryophyllacées. Pour les toitures intensives, ce sont les poacées qui dominent comme pour le nombre de taxons.

Les familles de taxons spontanés dominant en termes de recouvrement sont identiques pour les 2 catégories de toitures : astéracées, fabacées et poacées.

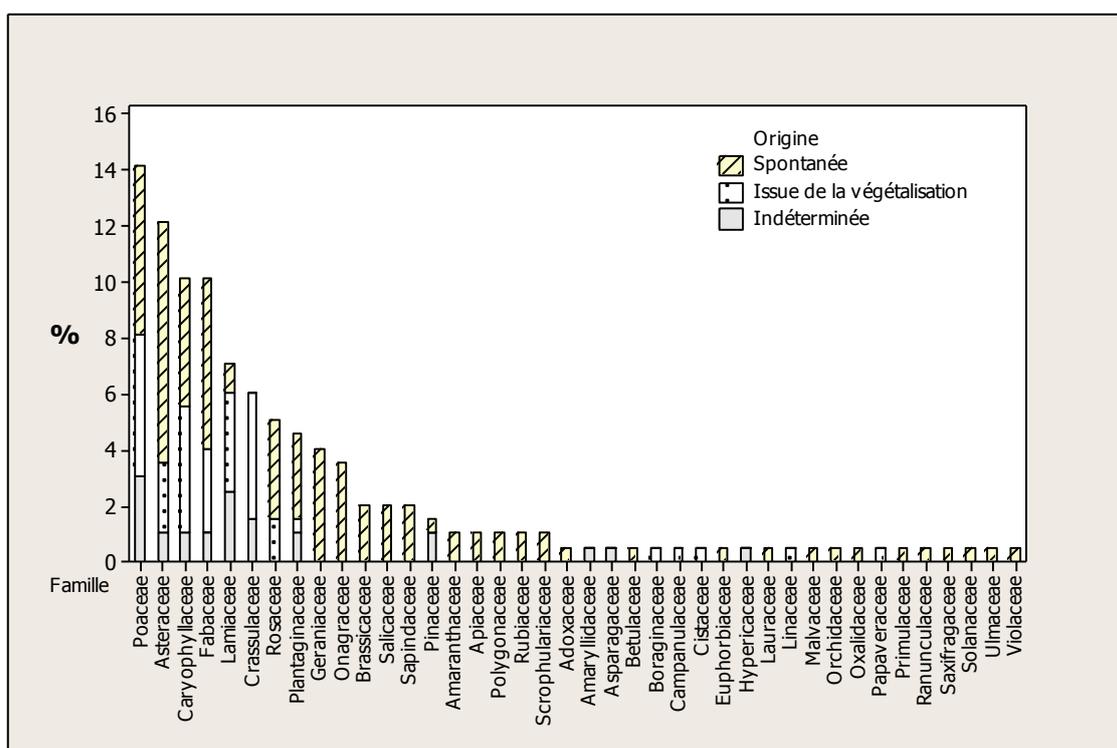


Figure 12 : répartition par famille des taxons recensés sur toitures extensives

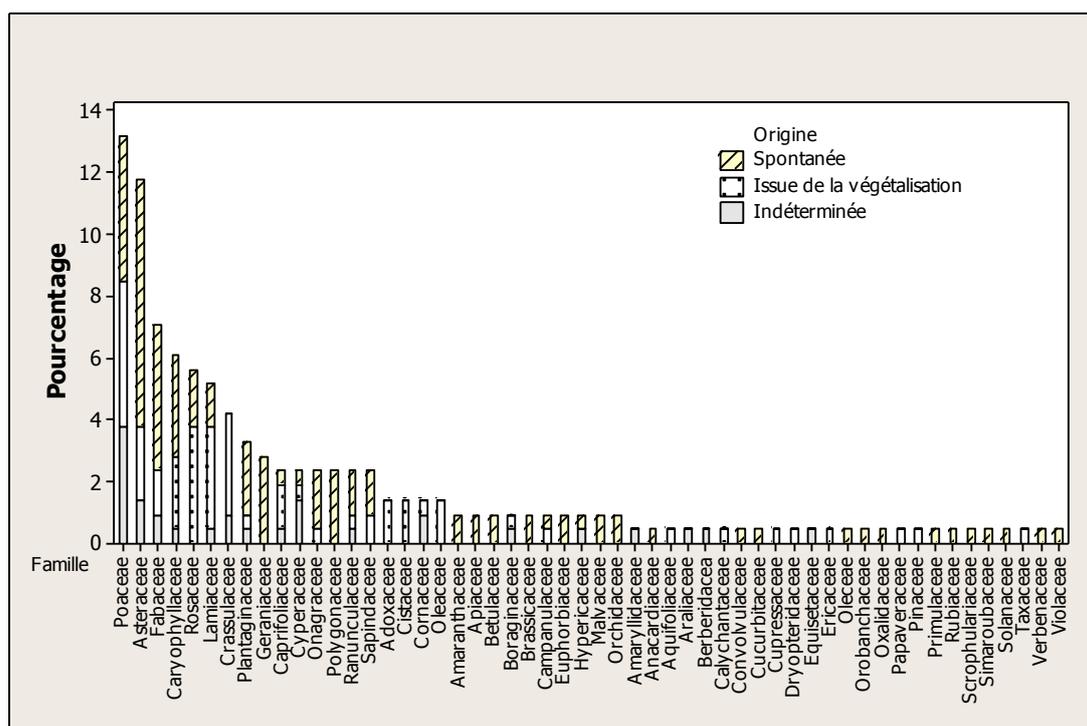


Figure 13 : répartition par famille des taxons recensés sur les toitures intensives

Analyse des taxons selon leur mode de dispersion

Parmi l'ensemble des taxons recensés, 42 % sont pollinisés par les insectes. Seulement 5 % des taxons sont à multiplication strictement végétative (tableau 7). Ainsi, la diversité floristique de toitures est étroitement liée à la biodiversité entomologique. Cette observation est à considérer en vue de la mise en place de mesures favorables aux insectes pollinisateurs.

La dispersion des graines se fait principalement par le vent (anémochorie) et les animaux (zoochorie) (tableau 8). On observe la même tendance pour les taxons spontanés se dispersant sur les toitures.

Tableau 7 : analyse des taxons selon le mode de reproduction (Landolt 2010)

	ensemble des taxons (298) %	taxons spontanés (167) %
strictement autogames	8	14
uniquement par les insectes	42	33
autogames + insectes	20	23
seulement par le vent	17	14
autogames + vent	4	5
vent + insectes	3	3
multiplication strictement végétative	5	4

Tableau 8 : analyse des taxons selon le mode de dissémination des graines (Landolt 2010)

	autochorie		anemochorie		anthropochorie		zoochorie		hydrochorie	
	total	spontané	total	spontané	total	spontané	total	spontané	total	spontané
autochorie	6	5	0	0	1	0	10	10	0	0
anemochorie	0	0	82	49	20	5	67	38	2	0
anthropochorie	1	0	20	5	1	0	3	6	0	0
zoochorie	10	10	67	38	3	6	77	47	1	1
hydrochorie	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
total	17	15	169	92	25	11	158	102	3	1

4.2.2 Bryophytes

4.2.2.1 Richesse spécifique

Au total, 38 taxons ont été identifiés sur les toitures (annexe 2), représentant 10 % de la bryoflore de Genève (Burgisser & Cailliau 2012). Sur les 20 toitures extensives inventoriées, 33 bryophytes sont recensées appartenant toutes à l'embranchement des mousses. Sur les 8 toitures intensives, 12 espèces sont inventoriées dont 1 hépatique, *Marchantia polymorpha*. Parmi elles, 5 espèces ont été trouvées uniquement sur ce type de toiture. Elles semblent plus liées au hasard de l'échantillonnage des toitures qu'à des conditions écologiques particulières liées aux catégories de toitures (strate arbustive, substrat humifère sur toitures intensive). A l'image du recouvrement, nous observons un nombre d'espèces significativement plus important sur les toitures de la catégorie extensive ($T = 9,19$; $p < 0,001$), mais rappelons que les toitures extensives ont bénéficié d'une pression d'inventaire plus forte (figure 14). En moyenne, 8,7 espèces sont présentes sur les toitures extensives contre 2,2 espèces sur les intensives. Par ailleurs, l'effet de l'âge sur les toitures extensives est significatif. Les toitures extensives de plus de 10 ans comptabilisent en moyenne 10 espèces de bryophytes contre 7,5 pour les celles de moins de 10 ans ($T = -2,35$, $p = 0,035$).

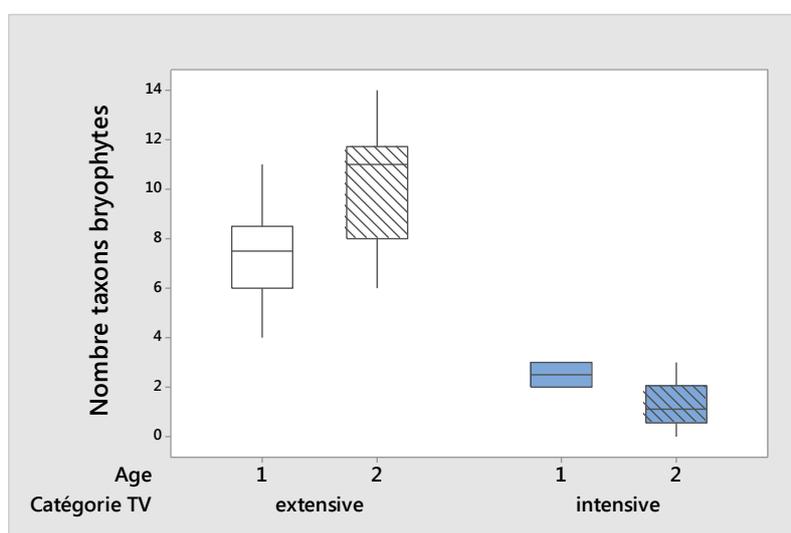


Figure 14 : variabilité de la richesse spécifique bryophytiques

4.2.2.2 Fréquence

Parmi les espèces apparaissant sur plus d'un tiers de l'ensemble des toitures extensives (tableau 9), toutes possèdent un statut non menacé au niveau suisse et genevois, à l'exception de *Bryum creberrimum*, nouvelle pour le canton, ayant été relevée sur 11 des 18 toitures extensives. On relève également la présence indésirable de *Campylopus introflexus*, néophyte invasive. Il n'est pas surprenant de trouver, *Hypnum*

cupressiforme et *Brachythecium rutabulum*, principalement associées aux forêts, mais présentes dans de nombreux autres milieux, comptant parmi les bryophytes les plus fréquentes en Suisse (NISM, 2015).

Tableau 9 : bryophytes les plus fréquentes sur les toitures extensives (Ext. 1 : toitures extensives < 10 ans ; Ext. 2 : toitures extensives > 10 ans ; Ext : Ext.1 + Ext.2)

	Fréq. Ext1 %	Fréq. Ext2 %	Fréq. Ext %
<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid. subsp. <i>purpureus</i>	100	87.5	94.4
<i>Tortella inclinata</i> (Hedw. f.) Limpr.	60	75	66.7
<i>Bryum creberrimum</i> Taylor	60	75	66.7
<i>Brachythecium rutabulum</i> (Hedw.) Schimp.	60	62.5	61.1
<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	80	37.5	61.1
<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw.	40	87.5	61.1
<i>Bryum capillare</i> Hedw.	70	37.5	55.6
<i>Campylopus introflexus</i> (Hedw.) Brid.	40	62.5	50.0
<i>Barbula unguiculata</i> Hedw.	60	12.5	38.9
<i>Syntrichia ruralis</i> (Hedw.) Web. & Mohr	20	62.5	38.9

Sur les toitures intensives, 3 espèces portant le statut non menacé apparaissent sur plus d'un tiers d'entre elles (tableau 10). Seule *Calliergonella cuspidata*, ayant été trouvée sur les deux catégories de toitures, ne figure pas parmi les espèces fréquentes sur les toitures extensives.

Tableau 10 : bryophytes les plus fréquentes sur les toitures intensives

	Fréq sur toitures intensives .%
<i>Brachythecium rutabulum</i> (Hedw.) Schimp.	55.6
<i>Calliergonella cuspidata</i> (Hedw.) Loeske	33.3
<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid. subsp. <i>purpureus</i>	33.3

4.2.2.3 Conservation

Cinq espèces menacées à Genève (Burgisser & Cailliau 2012) sont identifiées dont une, *Pseudocrossidium revolutum*, en danger critique d'extinction (CR) au niveau suisse (Schnyder et al 2004) et deux espèces régionalement éteintes (RE) à Genève, *Weissia longifolia* et *Aulacomnium palustre*. La majorité sont présentes sur les toitures extensives de plus de 10 ans (tableau 11).

Tableau 11: occurrence des bryophytes menacées ou potentiellement menacées sur les toitures

	Statut LR Ge	Statut LR CH	Occurrence toit. Ext. <10ans	Occurrence toit. Ext >10ans	Occurrence toit. Int. <10ans	Occurrence toit. Int >10ans
<i>Aulacomnium palustre</i> (Hedw.) Schwägr.	RE	LC		1		
<i>Plagiopus oederianus</i> (Sw.) H.A.Crum & L.E.Anderson	CR	LC		1		
<i>Pseudocrossidium revolutum</i> (Brid.) R.H.Zander	EN	CR		1		
<i>Racomitrium canescens</i> (Hedw.) Brid. subsp. <i>canescens</i>	EN	LC		1	1	
<i>Brachythecium albicans</i> (Hedw.) Schimp.	NT	LC		3		
<i>Weissia longifolia</i> Mitt.	RE	NT			1	
Total occurrence				7	2	

Quatre espèces et une sous-espèce sont nouvelles pour le canton de Genève (tableau 12). Ces dernières ne portent pas de statut de menace au niveau suisse et sont toutes présentes sur des toitures extensives. L'une d'elles, *Polytrichum strictum* est illustrée ci-dessous (figure 15).

Tableau 12 : occurrence des bryophytes nouvelles sur le canton de Genève sur les toitures

	Statut LR Ge	Statut LR CH	Occurrence toit. Ext. < 10 ans	Occurrence toit. Ext. > 10 ans
<i>Bryum caespiticium subsp. badium</i> (Brid.) Lindb.	nouveau	DD	2	
<i>Bryum creberrimum</i> Taylor	nouveau	NT	5	6
<i>Bryum klinggraeffii</i> Schimp.	nouveau	LC	2	
<i>Mnium spinosum</i> (Voit) Schwägr.	nouveau	LC		1
<i>Polytrichum strictum</i> Brid.	nouveau	NT	2	2
Total occurrence			11	9



Figure 15 : *Polytrichum strictum* © J. Steffen

4.2.2.4 Néophytes invasives

Campylopus introflexus, néophyte invasive, est présente sur la moitié des toits extensifs, plus particulièrement sur les toitures de plus de 10 ans (tableau 9). L'espèce n'a pas été trouvée sur toiture intensive. Jusqu'à maintenant, elle n'avait été identifiée que sur 2 sites au Moulin Vert à Genève, où dans l'un d'eux la mousse a été retirée, l'autre fait l'objet d'un suivi (Burgisser & Cailliau 2012).

4.2.2.5 Valeurs indicatives

Les valeurs indicatives (Landolt et al 2010, modifiées in Swissbryophytes 2015) de l'ensemble des taxons (figure 16) reflètent des conditions écologiques variables. Les espèces présentent des affinités pour une température associée à l'étage montagnard principalement¹, un degré d'ensoleillement essentiellement semi-ombragé à ensoleillé, un degré d'humidité plutôt variable à tendance moyenne, un pH variable, principalement proche de la neutralité et un taux de nutriments très variable. Ces espèces sont principalement pérennes, ce qui correspond au type biologique habituel pour les mousses.

Même si les toitures offrent des conditions plutôt xéro-thermophiles, à l'échelle des mousses, le moindre élément structural tel que la présence de panneaux solaires ou d'une strate herbacée ou arbustive prend toute son importance et influence les conditions microclimatiques. Le mauvais écoulement hydrique de certaines toitures entraînant la stagnation de l'eau est également très influent. Ces structures peuvent ainsi offrir les conditions écologiques requises à un cortège d'espèces aux exigences écologiques divergentes. Deux espèces caractéristiques des bas-marais et tourbières, *Aulacomium palustre*, éteinte à Genève et *Polytrichum strictum*, nouvelle pour le canton, ont même été retrouvées sur les toits. Trois espèces acidophiles sont recensées, *Polytrichum strictum*, *Campylopus introflexus* et *Racomitrium canescens*. Sachant que le substrat employé sur les toitures est plutôt neutro-basique, on peut expliquer leur présence par l'influence d'autres paramètres comme l'eau de pluie ou plus probablement, par le peu de concurrence des trachéophytes sur les bryophytes (toitures extensives), permettant aux espèces d'étendre leur niche écologique.

¹ Ce résultat surprenant est à considérer avec prudence. Ces valeurs sont données à titre indicatif et en cours d'adaptation.

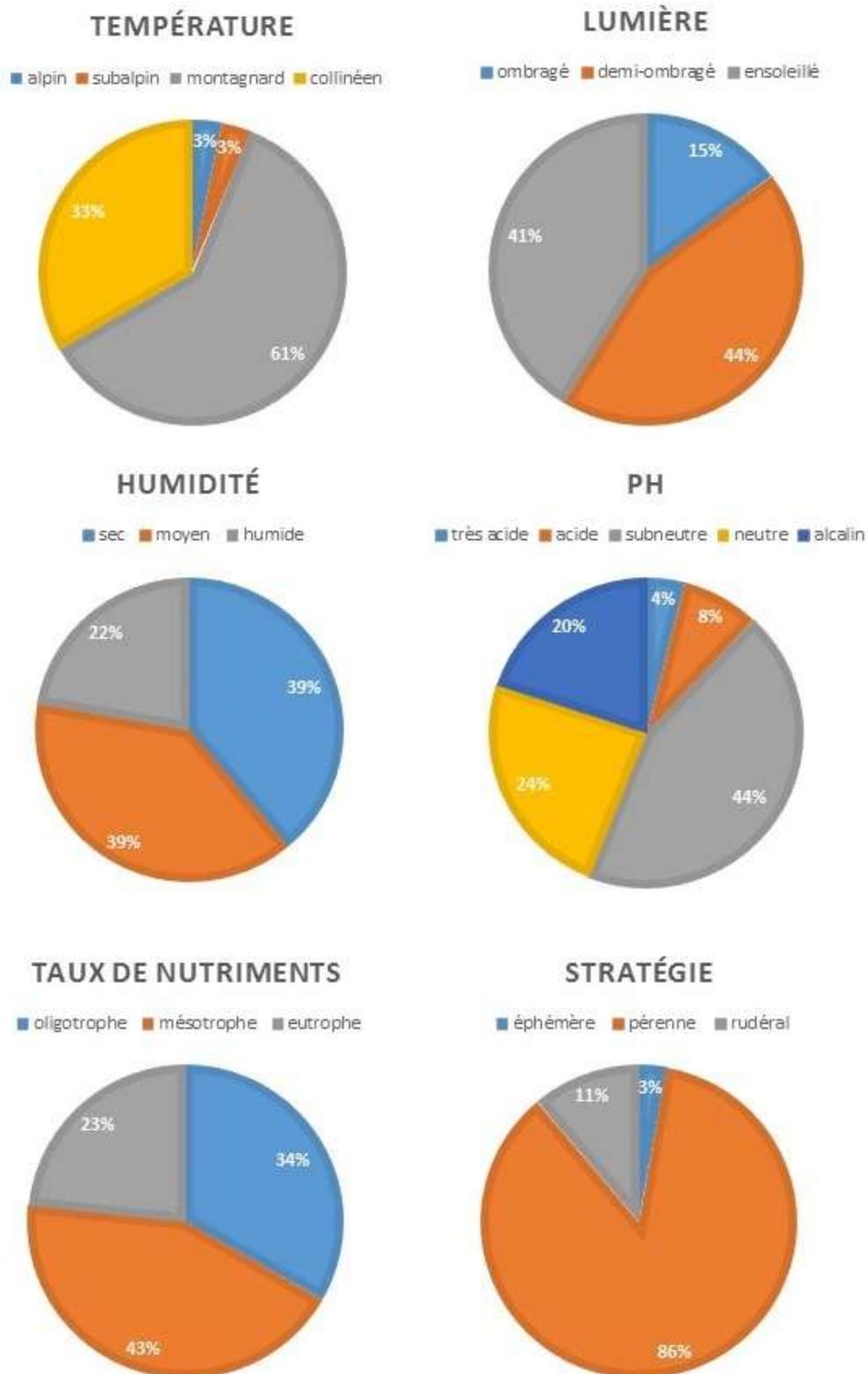


Figure 16: valeurs indicatives de l'ensemble des bryophytes recensées

5 Synthèse et recommandations

Cette analyse de la végétation, réalisée sur 30 toitures urbaines du canton de Genève, dresse un état des lieux de la composition et de la structure de la flore vasculaire et bryophytique.

Le recouvrement des toitures extensives par les végétaux vasculaires (en moyenne 50 %) n'atteint généralement pas les recommandations de l'Association Suisse de Verdissement des Edifices (ASVE, 1998/2000) qui préconise un minimum de 75 % de recouvrement uniforme de la surface après 2 périodes de végétation, sauf si on considère le recouvrement par les mousses. Toutefois, ceci ne peut être perçu comme une mauvaise qualité puisque la baisse de recouvrement de la végétation vasculaire permet l'expression des bryophytes.

Le recouvrement relativement important des bryophytes (en moyenne 48 % sur les toitures extensives, 26 % sur les toitures intensives) sur les toitures est un élément positif à favoriser au même titre que la végétation vasculaire. Il est primordial de le spécifier auprès des personnes en charge de l'entretien afin d'enrayer au plus vite ces pratiques destructrices. De plus, il est important de maintenir des toitures non végétalisées sur le long terme car elles contribuent grandement à la conservation des bryophytes.

D'un point de vue qualitatif, on observe 21 % de la flore vasculaire et 10 % de la bryoflore genevoises sur les toitures. Ces inventaires révèlent la contribution des toitures à la biodiversité régionale et leur intérêt pour la conservation en tant que refuge important en milieu urbain. En particulier, avec l'identification de 3 espèces herbacées prioritaires au niveau cantonal, *Aira caryophyllea*, *Galium parisiense* et *Geranium sanguineum* et de 1 espèce en danger au niveau national, *Althaea hirsuta*. Pour les bryophytes, 1 espèce en danger d'extinction au niveau national, *Pseudocrossidium revolutum* et 4 espèces et 1 sous-espèce nouvellement identifiées sur le canton *Bryum creberrimum*, *B. klinggraeffii*, *Mnium spinosum* et *Polytrichum strictum*. et *Bryum caespiticium ssp. badium*.

L'intégration de la gestion des espèces invasives dans les contrats de maintenance des toits devrait permettre d'y limiter leur développement. Cette finalité nécessite une meilleure connaissance des espèces à éliminer afin de mettre en œuvre un entretien adapté au maintien de la diversité floristique (flore protégée, flore envahissante ou invasive). L'installation de communautés indigènes spécifiques pourrait augmenter la valeur de conservation des toits du canton en favorisant un écosystème fonctionnel.

Concernant les différences entre les toitures intensives et extensives, les toitures intensives présentent un taux de recouvrement et une richesse spécifique plus élevée en espèces vasculaires. Les toitures extensives accueillent davantage d'espèces menacées et moins de néophytes invasives. La flore spontanée constitue dans les deux cas environ la moitié des taxons recensés. Pour les bryophytes, les toitures extensives sont favorables en termes de recouvrement, de richesse spécifique et de taxons menacés, sauf en ce qui concerne la propagation de néophytes. Les toitures de plus de 10 ans sont globalement favorables au recouvrement et à la diversité de ces deux groupes végétaux (tableau 13).

La distinction entre les deux catégories de toitures étant conditionnée par l'épaisseur de substrat et en second lieu par sa nature, ce travail constitue une première évaluation de l'influence de ces facteurs sur la végétation des toitures végétalisées. L'étude de ceux-ci sera approfondie avec d'autres facteurs potentiellement influant comme le niveau hydrique dans une analyse globale de l'ensemble des résultats des différents volets de ce projet.

Tableau 13 : résumé des facteurs observés sur les deux catégories de toitures

Taux de recouvrement	Plantes vasculaires	Bryophytes
selon la catégorie toiture	supérieur sur la cat. intensive	supérieur sur la cat. extensive
selon l'âge des toitures	tendance supérieurs sur les toitures > 10 ans	pas d'effet
selon l'épaisseur substrat	tendance positive	tendance négative
Richesse spécifique		
selon la catégorie des toitures	tendance supérieure sur la cat. intensive	tendance supérieure sur la cat. extensive
selon l'âge des toitures	pas d'effet	tendance supérieure sur la cat. extensive > 10 ans
Proportion d'espèces menacées		
selon la catégorie des toitures	tendance supérieure sur la cat. extensive	tendance supérieure sur la cat. extensive
selon l'âge des toitures	-	tendance supérieur sur les ext. > 10 ans
Proportion de néophytes invasives		
selon la catégorie des toitures	tendance supérieure sur les intensives	tendance supérieure sur les extensives
selon l'âge des toitures	-	tendance supérieure sur les > 10 ans

Bibliographie

- Association suisse des spécialistes du verdissement des édifices (ASVE) (éd.) 1998/2000. Directives pour la végétalisation extensive des toitures. Partie 1 : capacité hydrique et degré de recouvrement de la végétation, partie 2 : attribution d'un label et écobilan.
- Bergamini A., Pauli D., Peintinger M., Schmid B. 2001. *Relationships between productivity, number of shoots and number of species in bryophytes and vascular plants*. Journal of ecology, 89, 920-929.
- Braun-Blanquet J. 1928. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Biologische Studienbücher, 7, Berlin.
- Burgisser L., Cailliau A. 2012. Les mousses : Liste Rouge, inventaire et initiation aux bryophytes du canton de Genève. Conservatoire et Jardin botanique de la ville de Genève. Hors-série n° 14.
- Daget P. et Poissonnet J. 1971. *Une méthode d'analyse phytosociologique des prairies*. Ann. Agron., 22 (1), 5-41.
- Ingerpuu N., Iiira J., Pärtel M. 2005. *Vascular plants facilitate bryophytes in a grassland experiment*. Plant ecology, 180, 69-75.
- Lambelet-Haueter C., Schneider C., Mayor R. 2006. *Inventaire des plantes vasculaires du canton de Genève avec Liste Rouge*. Conservatoire et Jardin botanique de la ville de Genève. Hors-série n° 10.
- Landolt E. 2010. *Flora indicativa : ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen*. Bern : Haupt.
- Lauber W., Wagner G. 2012. *Flora Helvetica*. Bern : Haupt.
- Moser D., Gygax A., Bäumlér B., Wyler N., Palese R. 2002. *Liste Rouge des fougères et plantes à fleurs menacées de Suisse*. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne.
- Schnyder N., Bergamini A., Hofmann H., Müller N., Schubiger-Bossard C., Urmi E. 2004. Liste Rouge des espèces menacées en Suisse. OFEFP, FUB & NISM.

Sites internet

- Anthios
<http://www.anthios.fr>, consulté le 19.2.2016
- Botarela
<http://botarela.fr>, consulté le 18.2.2016.
- Info Flora. *Liste Noire (état août 2014)*.
<https://www.infoflora.ch>, consulté le 22.2.2016.
- Nationales Inventar der Schweizer Moosflora NISM
<http://www.nism.uzh.ch>, consulté le 24.2.2015
- Swissbryophytes
<http://www.swissbryophytes.ch>, consulté le 24.2.2016

Annexe 1 : Liste des plantes vasculaires recensées
(en rouge, les néophytes envahissantes)

Taxon	Famille	Type plante	Origine supposée	STATUT_LR CH	STATUT_LR GE	Priorité Ge	Responsabilité Ge	Fréquence cumulée tv extensives	Occurrence % tv ext	Fréquence cumulée tv intensives	Occurrence % tv int
<i>Abelia x grandiflora</i>	Caprifoliaceae	L	P	na	na	-	-	0	0	0.050	10
<i>Acer campestre</i>	Sapindaceae	L	S	na	na	-	-	0.002	10	0.001	20
<i>Acer davidii</i>	Sapindaceae	L	P	na	na	-	-	0.000	0	0.001	10
<i>Acer palmatum</i>	Sapindaceae	L	P	na	na	-	-	0.000	0	0.001	10
<i>Acer platanoïdes</i>	Sapindaceae	L	S	LC	LC	-	-	0.010	20	0	0
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Sapindaceae	L	S	LC	LC	-	-	0.002	10	0.001	10
<i>Acer sp.</i>	Sapindaceae	L	S	na	na	-	-	0.014	50	0.002	20
<i>Achillea millefolium</i>	Asteraceae	H	P	LC	LC	-	-	0.174	35	0.001	10
<i>Acinos arvensis</i>	Lamiaceae	H	I	LC	VU	-	-	0.001	5	0.001	10
<i>Agrostis capillaris</i>	Poaceae	H	I	LC	LC	-	-	0.001	5	0	0
<i>Ailanthus altissima</i>	Simaroubaceae	L	S	NT	LC	-	-	0.000	0	0.032	20
<i>Aira caryophylla</i>	Poaceae	H	S	VU	CR	1	-	0.001	5	0	0
<i>Ajuga genevensis</i>	Lamiaceae	H	I	LC	LC	-	-	0.001	5	0	0
<i>Ajuga reptans</i>	Lamiaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.000	0	0.002	10
<i>Allium schoenoprassum</i>	Amaryllidaceae	H	I	LC	NE	-	-	0.003	15	0.308	30
<i>Alopecurus pratensis</i>	Poaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0	0
<i>Althaea hirsuta</i>	Malvaceae	H	S	EN	VU	2	-	0.012	5	0	0
<i>Amaranthus hypochondriacus</i>	Amaranthaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.002	10	0.001	10
<i>Amelanchier lamarckii</i>	Rosaceae	L	P	na	na	-	-	0.000	0	0.001	10
<i>Anacamptis pyramidalis</i>	Orchidaceae	H	S	NT	LC	-	-	0.000	0	0.001	10
<i>Anagallis arvensis</i>	Primulaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0.002	20
<i>Anthemis tinctoria</i>	Asteraceae	H	P	NT	NE	-	-	0.001	5	0	0
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Poaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.001	5	0.001	10
<i>Anthyllis vulneraria sl</i>	Fabaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.007	10	0	0
<i>Anthyllis vulneraria ssp polyphylla</i>	Fabaceae	H	P	na	na	-	-	0.039	5	0	0
<i>Anthyllis vulneraria ssp carpatica</i>	Fabaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.001	5	0	0
<i>Arabidopsis thaliana</i>	Brassicaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0	0
<i>Arenaria leptoclados</i>	Caryophyllaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.002	10	0	0
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	Caryophyllaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.087	55	0.006	10
<i>Arrhenatherum elatius</i>	Poaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.000	0	0.021	20
<i>Aucuba japonica</i>	Cornaceae	L	P	na	na	-	-	0.000	0	0.001	10
<i>Avenella flexuosa</i>	Poaceae	H	S	na	na	-	-	0.000	0	0.102	20
<i>Bellis perennis</i>	Asteraceae	H	S	LC	LC	-	-	0.000	0	0.013	30
<i>Betula pendula</i>	Betulaceae	L	S	na	na	-	-	0.000	0	0.001	10
<i>Bromus carinatus</i>	Poaceae	H	S	---	NE	-	-	0.000	0	0.001	10

Taxon	Famille	Type plante	Origine supposée	STATUT_LR CH	STATUT_LR GE	Priorité Ge	Responsabilité Ge	Fréquence cumulée tv extensives	Occurrence % tv ext	Fréquence cumulée tv intensives	Occurrence % tv int
<i>Bromus erectus</i>	Poaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.001	5	0.001	10
<i>Bromus hordeaceus</i>	Poaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.000	0	0.011	10
<i>Bromus racemosus aggr B.commutat</i>	Poaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.000	0	0.001	10
<i>Bromus sterilis</i>	Poaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.047	20	0.346	40
<i>Bromus tectorum</i>	Poaceae	H	S	LC	VU	-	-	0.001	5	0	0
<i>Bryonia dioica</i>	Cucurbitaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.000	0	0.017	10
<i>Calamintha menthifolia</i>	Lamiaceae	H	S	LC	VU	-	-	0.003	15	0	0
<i>Calluna vulgaris</i>	Ericaceae	L	P	LC	EN	-	-	0.000	0	0.161	10
<i>Calystegia sepium</i>	Convolvulaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.000	0	0.283	20
<i>Campanula rapunculoides</i>	Campanulaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.000	0	0.001	10
<i>Campanula rotundifolia</i>	Campanulaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.002	10	0.002	20
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Brassicaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.000	0	0.010	10
<i>Cardamine hirsuta</i>	Brassicaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.035	15	0.042	30
<i>Carex divulsa</i>	Cyperaceae	H	S	NT	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Carex hirta</i>	Cyperaceae	H	I	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Carex pendula</i>	Cyperaceae	H	P	LC	LC	-	-	0	0	0.076	10
<i>Carex sp</i>	Cyperaceae	H	I	na	na	-	-	0	0	0.158	10
<i>Carex spicata</i>	Cyperaceae	H	I	LC	LC	-	-	0	0	0.009	20
<i>Carpinus betulus</i>	Betulaceae	L	S	LC	LC	-	-	0.002	10	0.001	10
<i>Carum carvi</i>	Apiaceae	H	S	LC	EN	-	-	0	0	0.001	10
<i>Catapodium rigidum</i>	Poaceae	H	S	NT	LC	-	-	0.001	5	0	0
<i>Centaurea jacea</i>	Asteraceae	H	P	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Cerastium fontanum ssp vulgare</i>	Caryophyllaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.004	20	0.004	40
<i>Cerastium glomeratum</i>	Caryophyllaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.041	20	0.002	20
<i>Cerastium glutinosum</i>	Caryophyllaceae	H	S	VU	VU	-	-	0.001	5	0	0
<i>Cerastium pumilum</i>	Caryophyllaceae	H	S	NT	VU	-	-	0	0	0.026	10
<i>Cerastium semidecandrum</i>	Caryophyllaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.031	10	0	0
<i>Cerastium tomentosum</i>	Caryophyllaceae	H	S	DD	NE	-	-	0.001	5	0	0
<i>Chaenorrhinum minus</i>	Plantaginaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0	0
<i>Chasmanthium latifolium</i>	Poaceae	H	P	na	na	-	-	0	0	0.135	20
<i>Chenopodium album</i>	Amaranthaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.005	25	0.001	10
<i>Chimonanthus praecox</i>	Calychantaceae	L	P	na	na	-	-	0	0	0.001	10
<i>Cirsium arvense</i>	Asteraceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.034	20
<i>Cirsium vulgare</i>	Asteraceae	H	S	LC	LC	-	-	0.002	10	0.001	10
<i>Cistus laurifolius</i>	Cistaceae	L	P	na	na	-	-	0	0	0.050	10

Taxon	Famille	Type plante	Origine supposée	STATUT_LR CH	STATUT_LR GE	Priorité Ge	Responsabilité Ge	Fréquence cumulée tv extensives	Occurrence % tv ext	Fréquence cumulée tv intensives	Occurrence % tv int
<i>Clematis cultivars</i>	Ranunculaceae	H	P	na	na	-	-	0	0	0.001	10
<i>Clematis montana</i>	Ranunculaceae	H	I	na	na	-	-	0	0	0.049	20
<i>Conyza canadensis</i>	Asteraceae	H	S	LC	LC	-	-	0.083	35	0.001	10
<i>Cornus sanguinea</i>	Cornaceae	L	I	LC	LC	-	-	0	0	0.175	60
<i>Cornus sp.</i>	Cornaceae	L	I	na	na	-	-	0	0	0.001	10
<i>Cotoneaster lacteus</i>	Rosaceae	L	P	na	na	-	-	0	0	0.002	20
<i>Crepis capillaris</i>	Asteraceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0.050	10
<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0	0
<i>Dactylis glomerata</i>	Poaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.001	5	0.040	10
<i>Daucus carota</i>	Apiaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.008	15	0.023	30
<i>Dianthus armeria</i>	Caryophyllaceae	H	P	NT	LC	-	-	0.001	5	0.001	10
<i>Dianthus carthusianorum</i>	Caryophyllaceae	H	P	LC	NT	-	-	0.051	65	0.235	30
<i>Dianthus carthusianorum ssp. vaginatus</i>	Caryophyllaceae	H	P	na	na	-	-	0.002	5	0	0
<i>Dianthus deltoides</i>	Caryophyllaceae	H	P	NT	NE	-	-	0.002	10	0.001	10
<i>Dianthus sylvestris</i>	Caryophyllaceae	H	P	LC	NE	-	-	0.045	20	0	0
<i>Digitaria ischaenum</i>	Poaceae	H	S	LC	VU	-	-	0.001	5	0	0
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Poaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0.004	40
<i>Dryopteris filix-mas</i>	Dryopteridaceae	H	P	LC	LC	-	-	0	0	0.050	10
<i>Duchesnea indica</i>	Rosaceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Echium vulgare</i>	Boraginaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.270	45	0.034	40
<i>Elymus repens</i>	Poaceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.041	10
<i>Epilobium dodonaei</i>	Onagraceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0	0
<i>Epilobium hirsutum</i>	Onagraceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0	0
<i>Epilobium parviflorum</i>	Onagraceae	H	S	LC	LC	-	-	0.005	25	0.003	30
<i>Epilobium roseum</i>	Onagraceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.069	20
<i>Epilobium sp.</i>	Onagraceae	H	S	na	na	-	-	0.002	10	0.002	20
<i>Epilobium tetragonum</i>	Onagraceae	H	S	LC	LC	-	-	0.002	10	0.011	20
<i>Equisetum arvense</i>	Equisetaceae	H	I	LC	LC	-	-	0	0	0.642	20
<i>Erigeron acer sstr.</i>	Asteraceae	H	S	LC	LC	-	-	0.030	15	0	0
<i>Erigeron annuus s.str.</i>	Asteraceae	H	S	---	LC	-	-	0.244	90	0.122	60
<i>Erodium ciconium</i>	Geraniaceae	H	S	na	na	-	-	0.004	25	0	0
<i>Erophila verna</i>	Brassicaceae	H	S	na	na	-	-	0.035	15	0	0
<i>Euphorbia helioscopia</i>	Euphorbiaceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Euphorbia peplus</i>	Euphorbiaceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Euphorbia virgata</i>	Euphorbiaceae	H	S	NT	VU	-	-	0.001	5	0	0

Taxon	Famille	Type plante	Origine supposée	STATUT_LR_CH	STATUT_LR_GE	Priorité Ge	Responsabilité Ge	Fréquence cumulée tv extensives	Occurrence % tv ext	Fréquence cumulée tv intensives	Occurrence % tv int
<i>Festuca arundinacea</i>	Poaceae	H	I	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Festuca gautieri</i>	Poaceae	H	P	na	na	-	-	0.129	10	0	0
<i>Festuca heteromala</i>	Poaceae	H	I	LC	LC	-	-	0.001	5	0.527	30
<i>Festuca marginata ssp gallica</i>	Poaceae	H	I	na	na	-	-	0.540	5	0.018	30
<i>Festuca pratensis</i>	Poaceae	H	P	LC	LC	-	-	0	0	0.030	10
<i>Festuca rubra aggr</i>	Poaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.373	35	0.211	30
<i>Festuca rubra sstr</i>	Poaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.002	10	0	0
<i>Festuca stricta ssp trachyphylla</i>	Poaceae	H	P	---	DD	-	-	0.655	15	0	0
<i>Forsythia x intermedia</i>	Oleaceae	L	P	na	na	-	-	0	0	0.050	10
<i>Fragaria vesca</i>	Rosaceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Fraxinus exelsior</i>	Oleaceae	L	S	LC	LC	-	-	0	0	0.002	20
<i>Galinsoga ciliata</i>	Asteraceae	H	S	LC	LC	-	-	0.004	20	0	0
<i>Gallium parisiense</i>	Rubiaceae	H	S	EN	CR	1	-	0.019	5	0	0
<i>Gallium verum sst</i>	Rubiaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.003	15	0	0
<i>Gaura lindheimeri</i>	Onagraceae	H	P	na	na	-	-	0	0	0.020	10
<i>Genista pilosa</i>	Fabaceae	L	P	na	na	-	-	0	0	0.020	10
<i>Geranium columbinum</i>	Geraniaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0.078	20
<i>Geranium dissectum</i>	Geraniaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.002	10	0.109	20
<i>Geranium pusillum</i>	Geraniaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.006	5	0	0
<i>Geranium pyrenaicum</i>	Geraniaceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.021	20
<i>Geranium robertianum s.str.</i>	Geraniaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0.011	20
<i>Geranium robertianum sl</i>	Geraniaceae	H	S	na	na	-	-	0	0	0.001	10
<i>Geranium robertianum ssp purpureum</i>	Geraniaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0	0
<i>Geranium rotundifolium</i>	Geraniaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.022	25	0.012	30
<i>Geranium sanguineum</i>	Geraniaceae	H	S	LC	VU	1	-	0.001	5	0	0
<i>Globularia bisnagarica</i>	Plantaginaceae	H	S	LC	EN	5	-	0.001	5	0	0
<i>Globularia nudicaulis</i>	Plantaginaceae	H	I	na	na	-	-	0.001	5	0	0
<i>Gypsophila paniculata</i>	Caryophyllaceae	H	S	NT	NE	-	-	0.001	5	0	0
<i>Gypsophila repens</i>	Caryophyllaceae	H	P	LC	CR	4	-	0.005	25	0	0
<i>Hedera helix</i>	Araliaceae	L	I	LC	LC	-	-	0	0	0.070	30
<i>Helianthemum "Lawrensons's Pink"</i>	Cistaceae	L	P	na	na	-	-	0	0	0.050	10
<i>Helianthemum nummularium sst</i>	Cistaceae	L	P	LC	CR	2	-	0.010	5	0.220	10
<i>Helianthus annuus</i>	Asteraceae	H	S	LC	NE	-	-	0.001	5	0	0
<i>Hieracium cymosum</i>	Asteraceae	H	P	na	na	-	-	0.017	10	0.001	10
<i>Hieracium pilosella</i>	Asteraceae	H	P	LC	LC	-	-	0.104	60	0.262	30

Taxon	Famille	Type plante	Origine supposée	STATUT_LR CH	STATUT_LR GE	Priorité Ge	Responsabilité Ge	Fréquence cumulée tv extensives	Occurrence % tv ext	Fréquence cumulée tv intensives	Occurrence % tv int
<i>Holcus lanatus</i>	Poaceae	H	I	LC	LC	-	-	0.010	30	0.005	50
<i>Hypericum humifusum</i>	Hypericaceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Hypericum perforatum</i>	Hypericaceae	H	I	LC	LC	-	-	0.027	35	0.077	30
<i>Hypochaeris radicata</i>	Asteraceae	H	S	LC	LC	-	-	0.024	50	0.102	40
<i>Ilex crenata</i>	Aquifoliaceae	L	P	na	na	-	-	0	0	0.001	10
<i>Juniperus horizontalis</i>	Cupressaceae	L	P	na	na	-	-	0	0	0.001	10
<i>Knautia arvensis</i>	Caprifoliaceae	H	I	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Koeleria pyramidata</i>	Poaceae	H	P	LC	EN	-	-	0.011	5	0	0
<i>Lactusa serriola</i>	Asteraceae	H	S	LC	LC	-	-	0.026	80	0.037	40
<i>Laurus nobilis</i>	Lauraceae	L	S	NT	NE	-	-	0.001	5	0	0
<i>Lavandula angustifolia</i>	Lamiaceae	L	P	na	na	-	-	0	0	0.101	30
<i>Leontodon hispidus</i>	Asteraceae	H	I	LC	LC	-	-	0.007	5	0	0
<i>Leontodon automnalis</i>	Asteraceae	H	I	LC	LC	-	-	0.001	5	0.002	20
<i>Leucanthemum vulgare</i>	Asteraceae	H	P	LC	DD	-	-	0.005	25	0.001	10
<i>Linaria vulgaris</i>	Plantaginaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.046	55	0.033	40
<i>Linum perenne</i>	Linaceae	H	P	---	NE	-	-	0.011	5	0	0
<i>Lolium multiflorum</i>	Poaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.002	10	0	0
<i>Lolium perenne</i>	Poaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.001	5	2.117	60
<i>Lonicera pileata</i>	Caprifoliaceae	L	P	NT	NE	-	-	0	0	0.001	10
<i>Lonicera tatarica</i>	Caprifoliaceae	L	P	na	na	-	-	0	0	0.001	10
<i>Lotus corniculatus</i>	Fabaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.052	10	0.060	10
<i>Mahonia aquifolium</i>	Berberidacea	L	I	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Malva neglecta</i>	Malvaceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.002	10
<i>Malva sylvestris</i>	Malvaceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.002	10
<i>Medicago arabica</i>	Fabaceae	H	S	CR	LC	-	-	0	0	0.025	20
<i>Medicago lupulina</i>	Fabaceae	H	I	LC	LC	-	-	0.256	60	1.344	80
<i>Medicago minima</i>	Fabaceae	H	S	LC	VU	-	-	0.001	###	0	0
<i>Medicago sativa</i>	Fabaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.011	5	0	0
<i>Melilotus officinalis</i>	Fabaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.002	10	0	0
<i>Muscari armeniacum</i>	Asparagaceae	H	I	na	na	-	-	0.001	5	0	0
<i>Myosotis arvensis</i>	Boraginaceae	H	I	LC	LC	-	-	0	0	0.003	30
<i>Oenothera biennis cf</i>	Onagraceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0	0
<i>Oenothera parviflora</i>	Onagraceae	H	S	NT	NE	-	-	0.001	5	0	0
<i>Onobrychis viciifolia</i>	Fabaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.002	10	0	0
<i>Ononis spinosa</i>	Fabaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0	0

Taxon	Famille	Type plante	Origine supposée	STATUT_LR CH	STATUT_LR GE	Priorité Ge	Responsabilité Ge	Fréquence cumulée tv extensives	Occurrence % tv ext	Fréquence cumulée tv intensives	Occurrence % tv int
<i>Orchis morio</i>	Orchidaceae	H	S	NT	VU	-	-	0	0	0.001	10
<i>Origanum vulgare</i>	Lamiaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.028	45	0.012	40
<i>Orobanche hederæ</i>	Orobanchaceae	H	S	na	na	-	-	0	0	0.001	10
<i>Osmanthus sp.</i>	Oleaceae	L	P	na	na	-	-	0	0	0.001	10
<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0.003	20
<i>Panicum capillare</i>	Poaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0.001	10
<i>Papaver rhoeas</i>	Papaveraceae	H	P	LC	LC	-	-	0.003	15	0.001	10
<i>Pennisetum alopecuroides</i>	Poaceae	H	P	---	NE	-	-	0	0	0.412	10
<i>Petrorhagia prolifera</i>	Caryophyllaceae	H	I	LC	LC	-	-	0.022	5	0	0
<i>Petrorhagia saxifraga</i>	Caryophyllaceae	H	P	LC	EN	5	-	1.168	80	0.021	20
<i>Picris hieracioides</i>	Asteraceae	H	S	LC	LC	-	-	0.017	35	0.168	50
<i>Pimpinella saxifraga</i>	Apiaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0	0
<i>Pinus mugo</i>	Pinaceae	L	P	na	na	-	-	0	0	0.001	10
<i>Pinus nigra</i>	Pinaceae	L	I	NT	NE	-	-	0.001	5	0	0
<i>Pinus sp cf</i>	Pinaceae	L	I	na	na	-	-	0.003	15	0	0
<i>Pinus sylvestris</i>	Pinaceae	L	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0	0
<i>Plantago lanceolata</i>	Plantaginaceae	H	I	LC	LC	-	-	0.392	35	0.147	60
<i>Plantago media</i>	Plantaginaceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Poa angustifolia</i>	Poaceae	H	I	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Poa annua</i>	Poaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.002	10	0.029	40
<i>Poa compressa</i>	Poaceae	H	I	LC	LC	-	-	0.019	5	0.003	30
<i>Poa pratensis</i>	Poaceae	H	I	LC	LC	-	-	0.001	5	0.053	50
<i>Poa trivialis s.str.</i>	Poaceae	H	I	LC	LC	-	-	0	0	0.252	30
<i>Polygonum persicaria</i>	Polygonaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.002	10	0	0
<i>Polygonum sp</i>	Polygonaceae	H	S	na	na	-	-	0	0	0.051	20
<i>Populus alba</i>	Salicaceae	L	S	LC	LC	-	-	0.004	20	0	0
<i>Populus nigra sl</i>	Salicaceae	L	S	LC	VU	-	-	0.007	10	0	0
<i>Potentilla argentea</i>	Rosaceae	H	P	LC	VU	-	-	0.376	50	0	0
<i>Potentilla fruticosa</i>	Rosaceae	L	P	na	na	-	-	0	0	0.050	10
<i>Potentilla cf inclinata</i>	Rosaceae	H	S	EN	NE	-	-	0.001	5	0	0
<i>Potentilla intermedia</i>	Rosaceae	H	S	VU	CR	-	-	0.001	5	0	0
<i>Potentilla recta</i>	Rosaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.002	10	0	0
<i>Potentilla reptans</i>	Rosaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0.302	40
<i>Prunella vulgaris</i>	Lamiaceae	H	I	LC	LC	-	-	0.016	30	0.115	60
<i>Prunus laurocerasus</i>	Rosaceae	L	P	na	na	-	-	0	0	0.051	20

Taxon	Famille	Type plante	Origine supposée	STATUT_LR CH	STATUT_LR GE	Priorité Ge	Responsabilité Ge	Fréquence cumulée tv extensives	Occurrence % tv ext	Fréquence cumulée tv intensives	Occurrence % tv int
<i>Ranunculus acris ssp friesianus</i>	Ranunculaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0.001	10
<i>Ranunculus bulbosus</i>	Ranunculaceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.041	20
<i>Ranunculus muricatus</i>	Ranunculaceae	H	S	---	NE	-	-	0	0	0.001	10
<i>Rhus thyphina</i>	Anacardiaceae	L	S	na	na	-	-	0	0	0.002	20
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Fabaceae	L	S	LC	LC	-	-	0.003	15	0	0
<i>Rorippa palustris</i>	Brassicaceae	H	S	LC	VU	-	-	0.001	5	0	0
<i>Rosa canina</i>	Rosaceae	L	P	LC	LC	-	-	0	0	0.030	30
<i>Rubus fruticosus aggr.</i>	Rosaceae	L	S	na	na	-	-	0.001	5	0.051	30
<i>Rubus sp.</i>	Rosaceae	L	S	na	na	-	-	0.001	5	0	0
<i>Rumex acetosa</i>	Polygonaceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Rumex acetosella sl</i>	Polygonaceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.002	20
<i>Rumex crispus</i>	Polygonaceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Rumex obtusifolius</i>	Polygonaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0.003	30
<i>Sagina apetala ssp erecta</i>	Caryophyllaceae	H	S	VU	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Sagina apetala sstr</i>	Caryophyllaceae	H	S	NT	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Salix caprea</i>	Salicaceae	L	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0	0
<i>Salix sp</i>	Salicaceae	L	S	na	na	-	-	0.001	5	0	0
<i>Salvia pratensis</i>	Lamiaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.268	25	0.003	30
<i>Sambucus sp.</i>	Adoxaceae	L	S	LC	LC	-	-	0.003	15	0	0
<i>Sanguisorba minor sl</i>	Rosaceae	H	P	na	na	-	-	0.002	10	0.008	20
<i>Sanguisorba minor ssp polygama</i>	Rosaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.283	50	0	0
<i>Sanguisorba officinalis</i>	Rosaceae	H	S	LC	VU	-	-	0.001	5	0	0
<i>Saponaria ocymoides</i>	Caryophyllaceae	H	I	LC	VU	-	-	0.012	15	0.001	10
<i>Satureja hortensis</i>	Lamiaceae	H	I	NT	NE	-	-	0.001	5	0	0
<i>Saxifraga tridactylites</i>	Saxifragaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.094	30	0	0
<i>Securigera varia</i>	Fabaceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Sedum acre</i>	Crassulaceae	H	I	LC	LC	-	-	0.204	45	0.001	10
<i>Sedum album</i>	Crassulaceae	H	I	LC	LC	-	-	0.994	75	0.032	30
<i>Sedum dasyphyllum</i>	Crassulaceae	H	I	LC	LC	-	-	0.010	5	0	0
<i>Sedum floriferum</i>	Crassulaceae	H	P	na	na	-	-	1.006	45	0.389	20
<i>Sedum hispanicum</i>	Crassulaceae	H	P	LC	NE	-	-	0.197	30	0.011	10
<i>Sedum hybridum</i>	Crassulaceae	H	P	na	na	-	-	1.008	65	0.001	10
<i>Sedum kamtschaticum</i>	Crassulaceae	H	P	na	na	-	-	0.004	20	0	0
<i>Sedum montanum</i>	Crassulaceae	H	P	na	na	-	-	0.007	40	0.001	10
<i>Sedum rupestre (S. reflexum)</i>	Crassulaceae	H	P	na	na	-	-	0.009	45	0.012	20

Taxon	Famille	Type plante	Origine supposée	STATUT_LR CH	STATUT_LR GE	Priorité Ge	Responsabilité Ge	Fréquence cumulée tv extensives	Occurrence % tv ext	Fréquence cumulée tv intensives	Occurrence % tv int
<i>Sedum rupestre aggr.</i>	Crassulaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.592	55	0	0
<i>Sedum sexangulare</i>	Crassulaceae	H	P	LC	LC	-	-	1.011	70	0.012	20
<i>Sedum spurium</i>	Crassulaceae	H	P	na	na	-	-	0.181	65	0.027	30
<i>Senecio inaequidens</i>	Asteraceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Senecio vulgaris</i>	Asteraceae	H	S	LC	LC	-	-	0.005	25	0.003	40
<i>Sesleria autumnalis</i>	Poaceae	H	P	na	na	-	-	0	0	0.001	10
<i>Setaria pumila</i>	Asteraceae	H	S	LC	LC	-	-	0.006	30	0.002	20
<i>Setaria verticillata</i>	Asteraceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0	0
<i>Setaria viridis</i>	Asteraceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0.596	10
<i>Sherardia arvensis</i>	Rubiaceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.170	10
<i>Silene nutans</i>	Caryophyllaceae	H	P	LC	VU	-	-	0.670	50	0.007	20
<i>Silene vulgaris sstr</i>	Caryophyllaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.052	15	0	0
<i>Solanum nigrum</i>	Solanaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.005	30	0.001	10
<i>Solidago canadensis</i>	Asteraceae	H	I	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Solidago gigantea</i>	Asteraceae	H	I	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Sonchus asper</i>	Asteraceae	H	S	LC	LC	-	-	0.024	70	0.136	60
<i>Sonchus oleraceus</i>	Asteraceae	H	S	LC	LC	-	-	0.029	20	0.003	40
<i>Spirae japonica</i>	Rosaceae	L	P	na	na	-	-	0	0	0.001	10
<i>Spirae x vanhouttei</i>	Rosaceae	L	P	na	na	-	-	0	0	0.271	20
<i>Spiranthes spiralis</i>	Orchidaceae	H	S	NT	CR	-	-	0.001	5	0	0
<i>Stachys officinalis</i>	Lamiaceae	H	I	LC	LC	-	-	0.011	5	0	0
<i>Stachys recta sstr</i>	Lamiaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.002	10	0	0
<i>Stellaria media</i>	Caryophyllaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.004	20	0.018	20
<i>Syringa vulgaris</i>	Oleaceae	L	P	NT	NE	-	-	0	0	0.001	10
<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	H	S	LC	LC	-	-	0.023	65	0.152	90
<i>Taxus baccata</i>	Taxaceae	L	P	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Teucrium botrys</i>	Lamiaceae	H	S	NT	CR	2	-	0.025	20	0.080	10
<i>Teucrium chamaedrys</i>	Lamiaceae	H	P	LC	NT	-	-	0.004	20	0	0
<i>Thymus praecox s. str.</i>	Lamiaceae	H	P	LC	CR	4	2	0	0	0.001	10
<i>Thymus pulegioides</i>	Lamiaceae	H	P	LC	LC	-	-	0.288	40	0.080	20
<i>Thymus serpyllum aggr.</i>	Lamiaceae	H	P	na	na	-	-	0.303	15	0.055	10
<i>Thymus vulgaris</i>	Lamiaceae	H	P	---	NE	-	-	0.081	20	0.050	10
<i>Tragopogon pratensis ssp orientalis</i>	Asteraceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.003	30
<i>Trifolium arvense</i>	Fabaceae	H	S	LC	NT	-	-	0.171	10	0.504	30

Taxon	Famille	Type plante	Origine supposée	STATUT_LR CH	STATUT_LR GE	Priorité Ge	Responsabilité Ge	Fréquence cumulée tv extensives	Occurrence % tv ext	Fréquence cumulée tv intensives	Occurrence % tv int
<i>Trifolium aureum</i>	Fabaceae	H	S	NT	VU	-	-	0.001	5	0	0
<i>Trifolium dubium</i>	Fabaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.060	35	0.073	40
<i>Trifolium hybridum sp. elegans</i>	Fabaceae	H	S	VU	NE	-	-	0	0	0.001	10
<i>Trifolium hybridum sstr</i>	Fabaceae	H	P	LC	NE	-	-	0.041	5	0.006	10
<i>Trifolium pratense sstr</i>	Fabaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.040	20	0.012	30
<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.009	20	0.114	90
<i>Triticum aestivum</i>	Poaceae	H	S	LC	NE	-	-	0.001	5	0	0
<i>Ulmus glabra</i>	Ulmaceae	L	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0	0
<i>Valeriana dioica</i>	Caprifoliaceae	H	S	LC	EN	5	-	0	0	0.001	10
<i>Verbascum thapsus</i>	Scrophulariaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.002	10	0.006	10
<i>Verbena officinalis</i>	Verbenaceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Veronica arvensis</i>	Plantaginaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.012	35	0.004	40
<i>Veronica chamaedrys</i>	Plantaginaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0.001	10
<i>Veronica officinalis</i>	Plantaginaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.001	5	0	0
<i>Veronica persica</i>	Plantaginaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.012	10	0.054	40
<i>Veronica serpyllifolia sstr</i>	Plantaginaceae	H	S	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Viburnum opulus</i>	Adoxaceae	L	P	LC	LC	-	-	0	0	0.001	10
<i>Viburnum plicatum</i>	Adoxaceae	L	P	na	na	-	-	0	0	0.001	10
<i>Viburnum rhytidophyllum</i>	Adoxaceae	L	P	na	na	-	-	0	0	0.001	10
<i>Vicia hirsuta</i>	Fabaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.121	30	0.110	30
<i>Vicia sativa</i>	Fabaceae	H	I	LC	NE	-	-	0.001	5	0.028	30
<i>Vicia sativa ssp nigra</i>	Fabaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.007	10	0.512	40
<i>Vicia tetrasperma</i>	Fabaceae	H	S	NT	LC	-	-	0.001	5	0.001	10
<i>Viola arvensis</i>	Violaceae	H	S	LC	LC	-	-	0.008	10	0	0
<i>Viola tricolor</i>	Violaceae	H	S	na	na	-	-	0	0	0.028	20
<i>Vulpia myuros</i>	Poaceae	H	S	NT	LC	-	-	1.010	60	0.433	30

Annexe 2 : Liste des bryophytes recensées

Taxons	Liste rouge CH	Liste rouge GE
<i>Amblystegium serpens</i> (Hedw.) Schimp.	LC	LC
<i>Aulacomnium palustre</i> (Hedw.) Schwägr.	LC	RE
<i>Barbula convoluta</i> Hedw.	LC	LC
<i>Barbula unguiculata</i> Hedw.	LC	LC
<i>Brachythecium albicans</i> (Hedw.) Schimp.	LC	NT
<i>Brachythecium rutabulum</i> (Hedw.) Schimp.	LC	LC
<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	NE	LC
<i>Bryum caespiticium</i> Hedw. subsp. <i>caespiticium</i>	DD	LC
<i>Bryum caespiticium</i> subsp. <i>badium</i> (Brid.) Lindb.	DD	nouveau
<i>Bryum capillare</i> Hedw.	LC	LC
<i>Bryum creberrimum</i> Taylor	NT	nouveau
<i>Bryum klinggraeffii</i> Schimp.	LC	nouveau
<i>Calliergonella cuspidata</i> (Hedw.) Loeske	LC	LC
<i>Campylopus introflexus</i> (Hedw.) Brid.	LC	LC
<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid. subsp. <i>purpureus</i>	LC	LC
<i>Climacium dendroides</i> (Hedw.) F.Weber & D.Mohr	LC	LC
<i>Cratoneuron filicinum</i> (Hedw.) Spruce	LC	LC
<i>Eurhynchium striatum</i> (Hedw.) Schimp.	NE	LC
<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.	LC	LC
<i>Grimmia pulvinata</i> (Hedw.) Sm.	LC	LC
<i>Homalothecium lutescens</i> (Hedw.) H.Rob.	LC	LC
<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw.	NE	LC
<i>Leptobryum pyriforme</i> (Hedw.) Wilson	LC	DD
<i>Marchantia polymorpha</i> L.	LC	LC
<i>Mnium spinosum</i> (Voit) Schwägr.	LC	nouveau
<i>Orthotrichum diaphanum</i> Brid.	LC	LC
<i>Oxyrrhynchium hians</i> (Hedw.) Loeske	LC	LC
<i>Plagiomnium undulatum</i> (Hedw.) T.J.Kop.	LC	LC
<i>Plagiopus oederianus</i> (Sw.) H.A.Crum & L.E.Anderson	NT	CR
<i>Polytrichum strictum</i> Brid.	NT	nouveau
<i>Pseudocrossidium revolutum</i> (Brid.) R.H.Zander	CR	EN
<i>Pseudoscleropodium purum</i> (Hedw.) M.Fleisch.	LC	LC
<i>Racomitrium canescens</i> (Hedw.) Brid. subsp. <i>canescens</i>	LC	EN
<i>Syntrichia ruralis</i> (Hedw.) Web. & Mohr	LC	LC
<i>Tortella inclinata</i> (Hedw. f.) Limpr.	LC	LC
<i>Tortella tortuosa</i> (Hedw.) Limpr.	LC	LC
<i>Trichostomum crispulum</i> Bruch	LC	LC
<i>Weissia longifolia</i> Mitt.	NT	RE