



Non désherbage sur espaces sablés

Comparaison de différents itinéraires techniques d'enherbement

Résultats des expérimentations 2009-2011

Auteurs Jonathan Streit, Damien Provendier
Plante & Cité, 2013

Plante & Cité
Ingénierie de la nature **en ville**
Center for landscape and urban horticulture

écophyto2018

Réduire et améliorer l'utilisation des phytos :
moins, c'est mieux

Etude qui s'inscrit dans les objectifs du plan :

Sommaire

| | |
|--|----|
| INTRODUCTION | 3 |
| HYPOTHESES ET OBJECTIFS | 3 |
| Matériels et méthodes | 5 |
| RESULTATS..... | 11 |
| Taux de recouvrement moyen et évolution dans le temps pour les différentes modalités | 11 |
| Effet des variables expérimentales sur le recouvrement | 11 |
| Principales espèces contribuant au recouvrement..... | 13 |
| Influence des variables expérimentales sur la composition spécifiques..... | 15 |
| Effet des variables expérimentales sur la richesse spécifique..... | 17 |
| DISCUSSION | 19 |
| Limites et perspectives..... | 22 |
| Bibliographie | 23 |

INTRODUCTION

Les espaces sablés en ville font l'objet d'un nouveau type de gestion dans certaines villes : le non désherbage (Guérin, 2008). Cette gestion qui permet de réduire considérablement la quantité d'intrants et les coûts d'entretien liés à ces espaces répond aux récentes contraintes environnementales et réglementaires mais son application reste compliquée au vue des demandes sociétales liées à la perception des espaces verts.

Il a été montré que le non désherbage de ces espaces était associé par le public à une zone laissée à l'abandon (Guérin, 2008). En effet, souvent, un sablé non désherbé donne l'impression de friche à connotation visuelle très négative vu le faible recouvrement de végétation. Par ailleurs, sur les zones non fauchées, la végétation fait effet « tapis » pouvant conserver en son sein de nombreux déchets d'origine anthropique. Ainsi, recouvrement et hauteur de végétation apparaissent comme étant les meilleurs indicateurs objectifs d'esthétisme de ces espaces. De plus, dans l'optique internationale de conservation de la biodiversité, la richesse spécifique est le troisième critère retenu ici pour la caractérisation d'une surface sablée.

En 2008, après avoir effectué un état des lieux des pratiques et des caractéristiques de ces espaces montrant l'influence de la nature physico-chimique du substrat et du type d'ensemencement sur le recouvrement et la diversité spécifique (Guérin et al, 2009), l'association Plante & Cité a lancé une expérimentation en septembre 2009. Cette expérimentation a pour but d'aider à la prise de décision pour déterminer, sur surface sablée, les conditions d'apport de substrat et d'ensemencement éventuel permettant de minimiser l'impact visuel négatif en cas de non désherbage.

L'expérimentation a été suivie pendant deux ans afin d'observer l'installation progressive des végétaux, leurs différents stades de développement, les principales espèces se développant et leur recouvrement. Les analyses ont permis de caractériser les différences de recouvrement et de richesse spécifique résultant des différents substrats et mélanges testés. Le présent travail a donc pour objectif la caractérisation écologique et visuelle de plusieurs modalités d'enherbement.

HYPOTHESES ET OBJECTIFS

Hypothèses :

- Effectuer un semis avec ajout initial de substrat a un effet sur le taux de recouvrement et la richesse spécifique ;
- Le temps un effet sur le taux de recouvrement, la richesse spécifique et la composition spécifique ;
- Certaines espèces présentent un intérêt pour l'enherbement des aires sablées, que ce soit en termes de recouvrement ou de richesse spécifique ;
- Selon le site enherbé, les caractéristiques de la couverture végétale (richesse spécifique, recouvrement et composition spécifique) vont être différentes.

Objectifs :

- Comparer des techniques d'enherbement des surfaces sablées, en termes de recouvrement et de richesse spécifique ;
- Mettre en évidence l'évolution de l'enherbement dans le temps dans ces premiers stades de succession;
- Identifier des espèces pouvant être semées sur des surfaces contraignantes telles que les sols sablés ;
- Evaluer l'intérêt des pratiques de semis ou d'ajout de compost

Matériels et méthodes

Description de l'expérimentation

L'essai est un dispositif en bloc à 6 modalités complètement randomisées (fig.1). Il a été mis en place en automne 2009 sur deux sites, un dans la ville de Nantes et le second à Rennes. Le site de Nantes comprend 3 blocs (répétitions), le site de Rennes 2 blocs.

Trois types d'enherbement sont testés sur deux types de substrat : un semis mélange fleuri (MF), un semis mélange pelouse (MP) (cf. tableau 1 et 2)) et un témoin non semés. Le choix des espèces semées est basé sur les travaux de Guérin (2008), ainsi que sur les avis de gestionnaires et de botanistes.

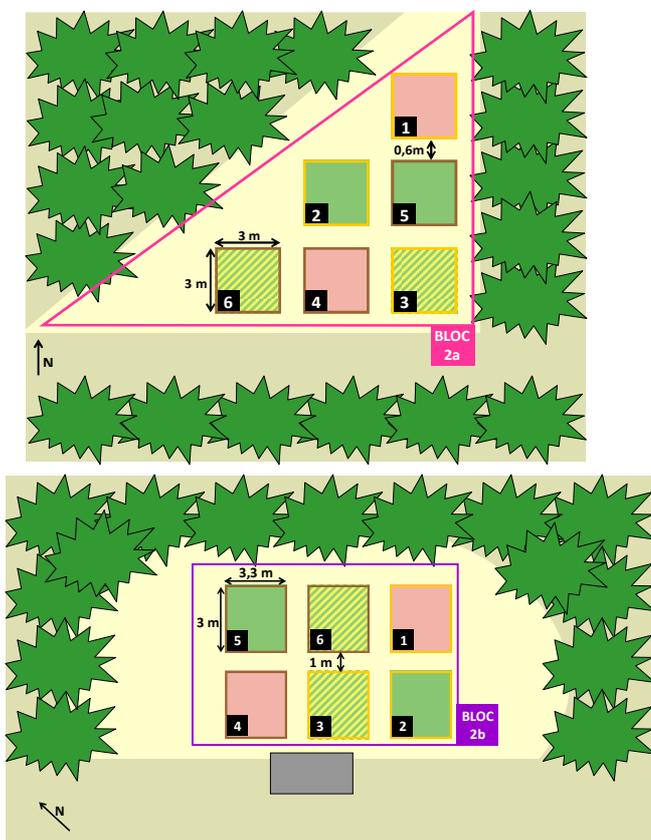
Ces 3 modalités sont testées sur 2 types de substrat : sur sablé (S) et sur sablé enrichi avec du compost (SC) (2 cm incorporés dans les cinq premiers centimètres de sablé). Pour les modalités (sablé et sablé+compost), le sablé utilisé est en sable de carrière stabilisé mécaniquement. Le compost Rennais est un compost de déchets verts et celui utilisé sur le site de Nantes est un compost commercial.

Les modalités nantaises font 10m² (2x5m) et sont alignées le long du trottoir (fig.1). Les modalités Rennaises sont disposées en « rectangle » ou en « triangle » (fig.2), celles du bloc 2a ayant une surface de 9.9m² (3x3.3m) et celles du bloc 2b une surface de 9m² (3x3m) (voir fig.2). Chacune des modalités sur les deux sites sont séparées entre elles par une zone tampon d'un mètre de large. A Nantes, le site est une aire de liaison piétonne peu fréquentée en bordure d'un stade où persiste le long du grillage séparateur un fossé non fauché. L'ombrage y est inférieur à 5% sur les trois blocs. A Rennes, le premier des deux blocs est placé sur une aire de liaison piétonne, l'ombrage y est compris entre 5% et 50% du fait de la proximité d'un alignement d'arbres. Le second bloc se trouve sur une aire récréative et est resté inaccessible au public lors de la première année. L'ombrage y est inférieur à 5% (cf. photos 1, 2 et 3).

Lors de la mise en place de l'essai à Nantes, une erreur de semis a été faite entre 2 modalités : les modalités sablé avec mélange fleuri et sablé+compost et mélange pelouse du bloc B (SMF1b et SCMP1b). Ces modalités ont été retirées pour les analyses statistiques.

Figure 1 (droite) : Essai de Nantes (Guérin, 2009)

Figure 2 (gauche) : Essai de Rennes (Guérin, 2009)



Dispositif expérimental

Dimension modalité : 2,2*5 m = 11 m²
 Dimension zone tampon : 2*1,25 m

Modalité testée :

| | |
|---|----------------------------------|
| 1 | sablé * mélange fleuri |
| 2 | sablé * mélange pelouse |
| 3 | sablé * sans semis |
| 4 | sablé+compost * mélange fleuri |
| 5 | sablé+ compost * mélange pelouse |
| 6 | sablé+compost * sans semis |

Légende

- Sablé
- Sablé+compost
- Sans semis
- Mélange fleuri
- Mélange pelouse extensive
- Zone tampon
- Stade
- Ancien Sablé
- Route
- Arbre

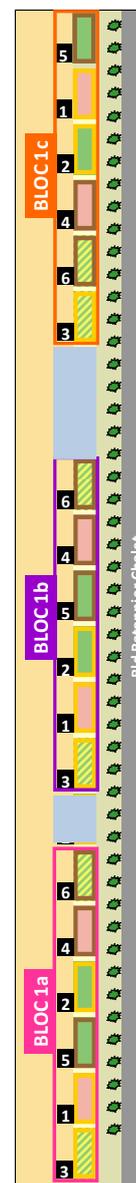


Tableau 1 : Composition du mélange fleurie Mélange fleurie :

- Densité de semis : 10 g/m² (soit la densité de semis d'une prairie fleurie)

| Espèce | Pourcentage (%) |
|---|------------------------|
| <i>Achillea millefolium</i> L. | 4 |
| <i>Agrostis capillaris</i> L. | 3 |
| <i>Anagallis arvensis</i> L. | 5 |
| <i>Bellis perennis</i> L. | 4 |
| <i>Convolvulus arvensis</i> L. | 5 |
| <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. | 4 |
| <i>Matricaria discoidea</i> DC. | 5 |
| <i>Plantago coronopus</i> L. | 5 |
| <i>Poa annua</i> L. | 25 |
| <i>Polygonum aviculare</i> L. | 8 |
| <i>Prunella vulgaris</i> L. | 6 |
| <i>Trifolium repens</i> L. | 10 |
| <i>Trifolium subterraneum</i> L. | 2 |
| <i>Lotus corniculatus</i> L. | 2 |
| <i>Ornithopus perpusillus</i> L. | 2 |
| <i>Festuca rubra</i> subsp. <i>fallax</i> (Thuill.) Nyman | 5 |
| <i>Poa pratensis</i> L. | 2 |
| <i>Sanguisorba minor</i> Scop. | 3 |

Tableau 2 : Composition du mélange pelouse classique Mélange pelouse:

- Densité de semis : 30 g/m² (soit la densité de semis d'un gazon)

| Espèce | Pourcentage (%) |
|---|------------------------|
| <i>Lolium perenne</i> L. | 20 |
| <i>Koeleria macrantha</i> (Ledeb.) Schult. | 30 |
| <i>Festuca rubra</i> subsp. <i>fallax</i> (Thuill.) Nyman | 25 |
| <i>Festuca trichophylla</i> subsp. <i>trichophylla</i> | 25 |



Photo 1 : Site de Nantes le 07/10/2009, après la réalisation du 1^{er} semis



Photo 2 : Sites de Nantes le 11/06/2010



Photo 3 : Site de Nantes le 03/05/2011

Conditions climatiques

Les conditions climatiques au cours de l'expérimentation ont été prise en compte par des diagrammes présentant les écarts à la moyenne pour chaque mois, et les précipitations et les températures relevés entre janvier 2010 et septembre 2011 à Rennes et Nantes ont été utilisées. La moyenne de référence est calculée sur la période de 1981 à 2010.

Campagnes de relevés- Variables mesurées

Les facteurs principaux liés à l'esthétique des zones sablées sont l'abondance de la végétation (Guérin, 2008).

Quatre campagnes de relevés ont été effectuées avec l'aide des botanistes respectifs des services espaces verts de Nantes et Rennes, M. Ferard et M. Aubin. Pour chaque modalité, le recouvrement total a été estimé en pourcentage et le recouvrement de chaque espèce présente a été estimé selon les indices de Braun-Blanquet (i : individu ; r : esp. Rare ; + : peu abondant ; 1 : <5 % ; 2 : 5-25 % ; 3 : 25-50 % ; 4 : 50-75 % ; 5 : 75-100 %).

La hauteur n'a pas pu être mesurée correctement car les sites continuaient à être entretenus et ont été tondu à des fréquences et des périodes différentes par les services espaces verts.

Les premiers relevés de terrain ont eu lieu les 10 et 11 Juin 2010 pour Nantes et le 14 juin 2010 pour Rennes, soit huit mois après la mise en place des essais.

Les trois autres campagnes de relevés ont eu lieu en 2011, le 3 mai, le 7 juillet et le 3 octobre pour le site de Nantes et le 4 mai, le 5 juillet et le 5 octobre pour le site de Rennes.

Analyses statistiques

A chaque objectif technique a été défini une question statistique à laquelle nous avons tenté de répondre en appliquant deux types de test statistique : des ANOVA et des AFC.

ANOVA - Effet des variables sur le recouvrement et la richesse spécifique

Des analyses de variance à mesures répétées (méthode ANOVA) ont été effectuée sur les variables mesurées 'recouvrement' et 'richesse spécifique' en intégrant les différents facteurs du plan d'expérience (mélange, substrat, bloc, date (mesure répétée)) ainsi que les interactions. Les analyses de variance à mesures répétées ont été effectuées selon le modèle, $Y=X_1+X_2+X_3+X_4+X_1*X_2+...+X_3*X_4+X_1*X_2*X_4+...+X_2*X_3*X_4$, ce qui correspond à un modèle avec des interactions inter-facteurs de niveau 2 et intra-facteurs de niveau 4 pour les mesures répétées (correspondant aux 4 dates). Y correspond soit au « recouvrement » soit à la « richesse spécifique » ; X1, X2 et X3 sont les facteurs Substrats, Mélange et Bloc et la variable dépendante, X4, est la date de relevé. Les postulats ont été vérifiés à chaque fois, grâce au test de Shapiro-Wilk pour la normalité des distributions et au test de Bartlett pour l'homogénéité des variances.

Pour les ANOVA, la variable 'recouvrement' estimée suivant les indices de Braun Blanquet a été transformée en variable semi quantitative suivant la correspondance suivante :

i = 0.1% ; r = 0.2% ; 1 = 2.5% ; 2=15% ; 3=37.5% ; 4=62.5% ; 5=87.5%.

AFC - Influence des variables expérimentales sur la composition spécifiques

Des Analyses Factorielles des Correspondances (AFC) ont été effectuées pour pouvoir rendre compte de la structure globale des communautés végétales.

Les AFC ont été pratiquées avec les espèces en variables actives sur les deux sites conjointement avec en variables nominales illustratives le bloc, le substrat, le mélange, le site, la modalité ou enfin la date de relevé selon les questions posées.

Afin de limiter le bruit statistique, les espèces dont la fréquence de présence dans les relevés était inférieure à 5% ont été retirées.

Les analyses factorielles ont été réalisées sous R 2.9.1 et les ANOVA sous Statistica®. Le seuil de significativité choisi pour toutes les analyses est $p=0.05$.

Histogrammes – Principales espèces contribuant au recouvrement

Afin de mettre en évidence les espèces participant le plus à la végétalisation des aires sablées, des histogrammes ont été réalisés pour chaque modalité pour les relevés de juin 2010, mai 2011 et octobre 2011, où sont présentés les taux de recouvrement moyen de chaque espèce. Les espèces pour lesquelles un recouvrement de 5% ou plus n'a jamais été observé n'ont pas été représentées.

RESULTATS

Taux de recouvrement moyen et évolution dans le temps pour les différentes modalités

Les taux de recouvrement des modalités avec compost et mélange fleuri (SCMF) et mélange pelouse (SCMP) sont les plus élevés, les moyennes varient, respectivement, entre 82 et 86% et entre 71 et 76%, sur la période de juin 2010 à octobre 2011. La modalité « Sablé et Mélange Pelouse » (SMP) est la seule modalité où le taux de recouvrement est moins important en octobre 2011 qu'en juin 2010, passant de 66% en moyenne à 52%. Toutes les autres modalités ont vu leur taux de recouvrement moyen augmenter sur les 2 années où ont été effectués les relevés. Les modalités « Sablé sans semis » (S) et « Sablé et Mélange Fleuri (SMF) » ont enregistré un gain de recouvrement d'environ 30%, la modalité « Sablé+Compost » (SC) d'environ 10%. (Cf. figure 3)

Concernant les erreurs types, elles sont relativement importantes, ce qui traduit une certaine hétérogénéité du taux de recouvrement entre les blocs.

Effet des variables expérimentales sur le recouvrement

Les facteurs ayant un effet significatif sur le recouvrement sont les mélanges ainsi que le substrat (Cf. tableau 2). Les semis, qu'ils soient du type « Mélange Fleuri » (MF) ou « Mélange Pelouse » (MP) permettent d'obtenir une couverture végétale significativement plus importante que celle des parcelles sans semis (Cf. figure 3). L'apport de compost permet également d'améliorer le recouvrement de façon significative (Cf. figure 3). Comparés au témoin sans semis, le mélange fleuri permet un bénéfice moyen de recouvrement de 36,49%, Le mélange pelouse permet un bénéfice de 26,71%, toutes dates confondues. Il existe cependant, pour ce dernier, une hétérogénéité importante du gain entre les différentes dates de relevé.

L'ajout de compost permet également d'améliorer la couverture végétale. Dans nos essais le gain est de 22,1% (toutes modalités semis et dates confondues). Le compost apporte aussi une certaine stabilité des taux de recouvrement dans le temps, par rapport aux modalités sans ajouts de compost (Cf. figure 3).

Le troisième facteur influençant la végétalisation des parcelles est la date de relevé. Entre 2010 et 2011, et durant l'année 2011, le recouvrement évolue.

Cependant il existe un effet significatif des interactions entre la date de relevé, les mélanges et le substrat. Nous observons que les taux de recouvrement augmentent pour les modalités avec MF et sans semis quand il n'y a pas de compost, avec un ralentissement entre mai 2011 et juillet 2011 (cf. figure 3). La tendance est identique quand du compost est ajouté au sablé, néanmoins, le taux de recouvrement de la modalité SCMF marque une légère régression en juillet 2011. Pour ce qui est des modalités avec MP, les taux de recouvrement enregistrent une chute, qui est d'autant plus importante lorsqu'il n'y a pas de compost (cf. figure 3).

Enfin la dernière interaction mise en évidence par l'ANOVA sur le recouvrement est celle entre la date de relevé et les différents blocs. Cela traduit une évolution du couvert végétal différente entre les blocs, ce que confirme la figure 4. On constate que le bloc b de Rennes a un taux de

recouvrement qui diminue fortement entre juin 2010 et mai 2011, et se dissocie des autres. Cela pourrait être la conséquence de conditions édaphiques différentes pour ce bloc.

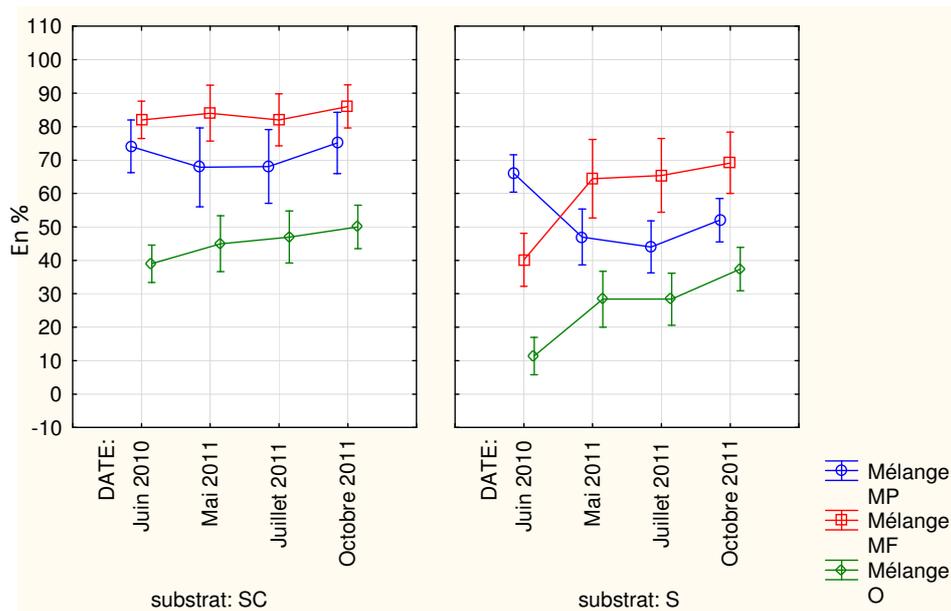


Figure 3 : Taux de recouvrement moyen pour les différents semis et les parcelles témoins en fonction des dates de relevé et du type de substrat. Les barres verticales représentent les erreurs types.

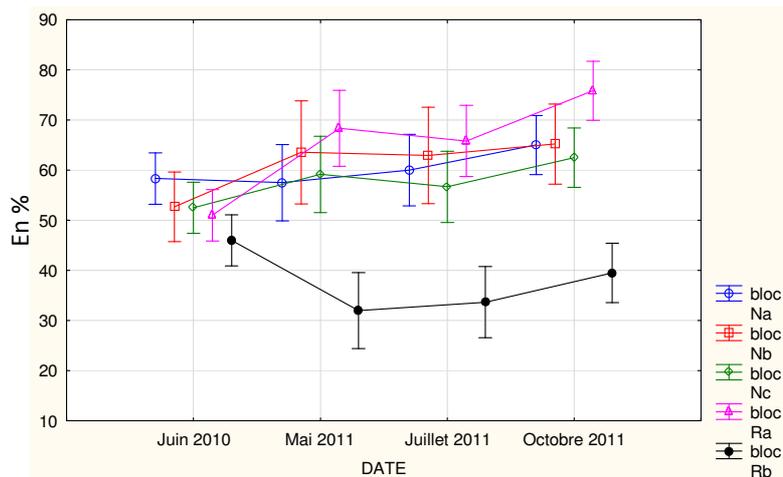


Figure 4 : Taux de recouvrement moyen pour les différents blocs en fonction des dates de relevé. Les barres verticales représentent les erreurs types

| Facteurs | P-Value |
|-----------------------|---------|
| Mélange | 0.0049 |
| Substrat | 0.0193 |
| Bloc | 0.097 |
| Date | 0.0031 |
| Mélange*Substrat | 0.9306 |
| Mélange*Bloc | 0.5888 |
| Substrat*Bloc | 0.9518 |
| Date*Mélange | 0.0013 |
| Date*Substrat | 0.3596 |
| Date*Bloc | 0.0117 |
| Date*Mélange*Substrat | 0.0191 |
| Date*Mélange*Bloc | 0.1712 |
| Date*Substrat*Bloc | 0.3751 |

Tableau 2 : Résultat de l'ANOVA à mesures répétées pour le recouvrement (en rouge facteurs significatifs $p < 0.05$)

Principales espèces contribuant au recouvrement

Les espèces participant à au moins 5 % du recouvrement varient (Cf. Figure 5,6 et 7) selon les types de semis.

Pour le mélange fleuri, les espèces participant le plus au recouvrement sont *Plantago coronopus*, *Trifolium repens* ainsi que *Poa annua* en juin 2010. Cependant, ce dernier finit par disparaître en octobre 2011. A l'inverse *Lotus corniculatus* met plus de temps à se développer, mais il atteint un recouvrement moyen important en octobre 2011. (Cf. figure 5)

Concernant le mélange pelouse, on retrouve principalement, comme espèces ayant le recouvrement moyen le plus important, *Festuca et Koeleria*, *Lolium perenne* et *Plantago lanceolata*, qui est une espèce spontanée. Néanmoins les espèces graminées voient leur taux de recouvrement moyen chuter avec le temps, tandis qu'il augmente pour des espèces dicotylédones telles que *Trifolium repens* et *Plantago lanceolata*. (Cf. figure 6)

Enfin sur les parcelles témoins les espèces ayant un bon taux de recouvrement sont *Dactylis glomerata* et *Agrostis capillaris*. (Cf. figure 7)

D'une manière générale les espèces spontanées (non semées) ont du mal à se développer sur les parcelles avec mélange fleuri, ceci est certainement lié à un phénomène de compétition entre espèces car le taux de recouvrement des espèces semées est relativement important.

Par contre, on retrouve certaines espèces avec un taux de recouvrement relativement important sur des parcelles où elles n'ont pas été semées, comme *Agrostis capillaris* sur parcelles témoins ou *Trifolium repens* sur certaines parcelles avec mélange pelouse et certaines parcelles témoins. Il semble donc que ces espèces se soient ressemées sur les modalités adjacentes malgré la zone tampon.

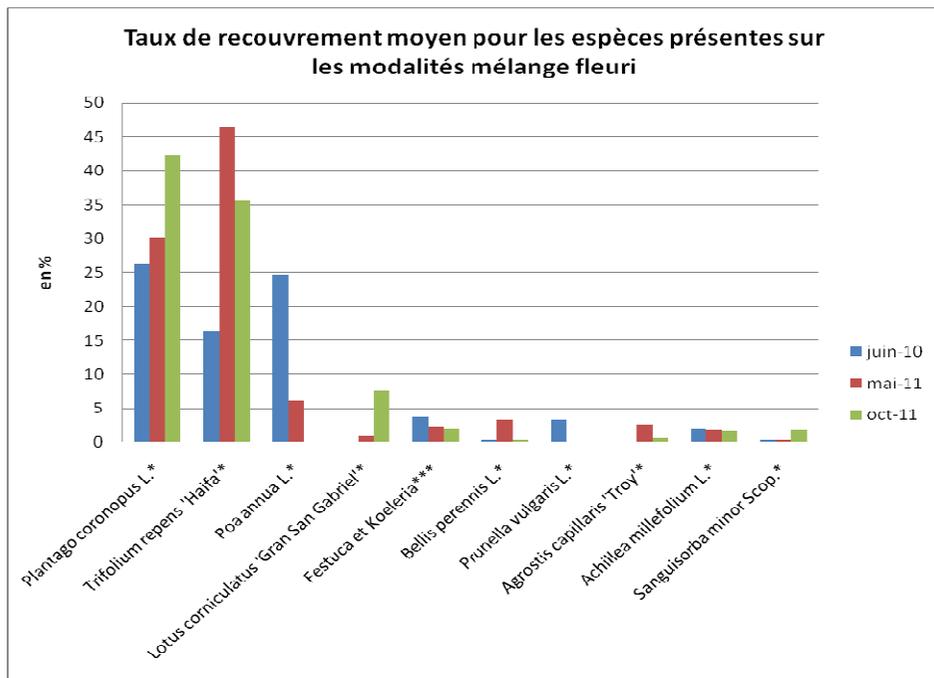


Figure 5 : Taux de recouvrement moyen des espèces atteignant au moins une fois 5% de recouvrement, en fonction des différentes dates de relevés pour le mélange fleuri

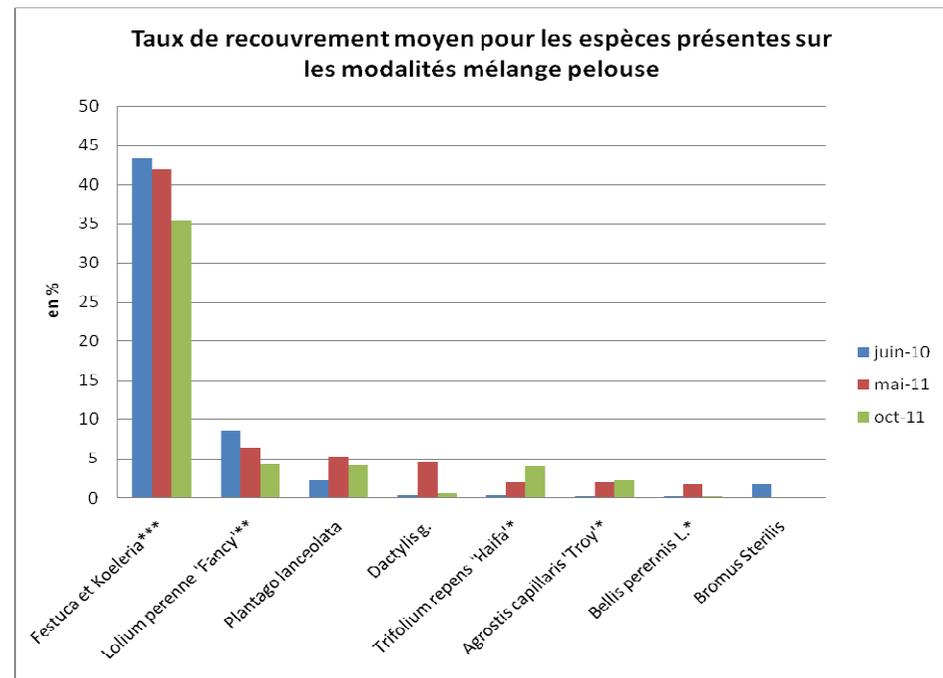


Figure 6 : Taux de recouvrement moyen des espèces atteignant au moins une fois 5% de recouvrement, en fonction des différentes dates de relevés pour le mélange pelouse

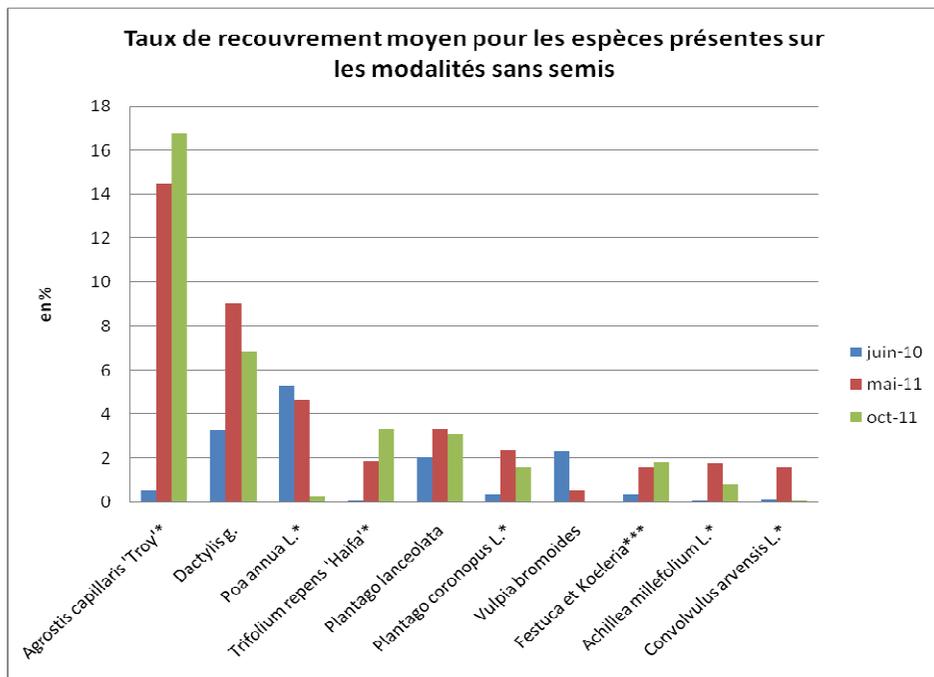


Figure 7 : Taux de recouvrement moyen des espèces atteignant au moins une fois 5% de recouvrement, en fonction des différentes dates de relevés pour les parcelles témoins

* espèces présentes dans le mélange fleuri
 ** espèces présentes dans le mélange pelouse
 *** Festuca est présente dans les deux mélanges, Koeleria seulement dans le mélange pelouse

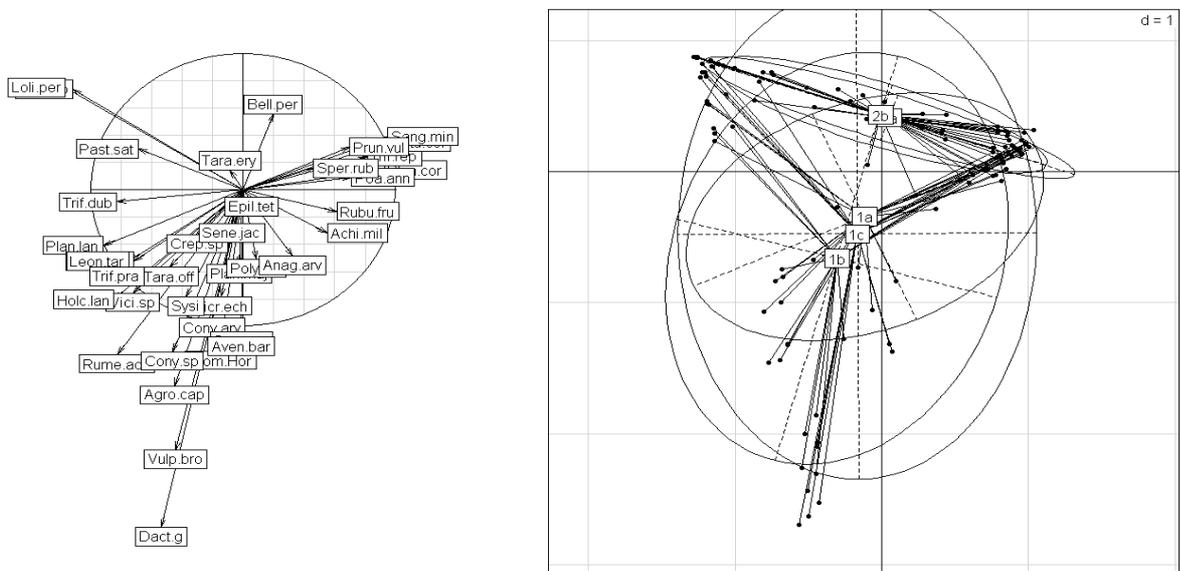


Figure 9 : Résultat de l'AFC suivant les axes 1-2, représentant les différentes espèces et leur regroupement en fonction des différents blocs

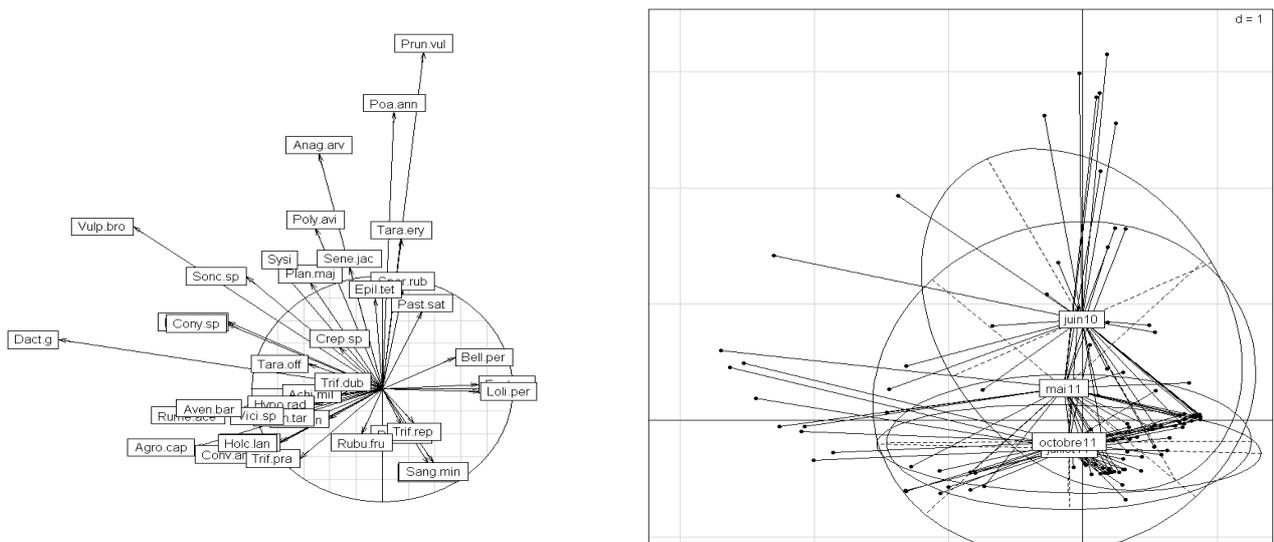


Figure 10 : Résultat de l'AFC suivant les axes 2-3, représentant les différentes espèces et leur regroupement en fonction des différentes dates de relevé

Effet des variables expérimentales sur la richesse spécifique

La richesse spécifique moyenne pour l'ensemble des dates de relevé varie entre 9.9 et 11.3 pour toutes les modalités, mis à part pour celle avec sablé+compost sans semis qui est supérieure avec 15.5 espèces répertoriées en moyenne. Les modalités sablé+compost du bloc « a » de Rennes possède la diversité spécifique inventoriée la plus importante, avec 22 espèces en juin 2010, et la modalité sablé du bloc « b » de Rennes, la diversité spécifique la plus faible avec 2 espèces seulement en mai 2011.

Lors des relevés de mai et juin 2011 nous avons observé une diminution de la richesse spécifique puis une augmentation en octobre 2011, pour les modalités sans semis et pour les modalités sans compost avec semis. La tendance est la même pour les modalités avec semis et compost, mais le nombre d'espèces commence à croître à partir de juillet 2011. Pour l'ensemble des modalités, la richesse spécifique moyenne, bien qu'elle ait augmenté lors du dernier relevé, par rapport à mai et juillet 2011, reste inférieure aux valeurs relevées en juin 2010, pour chaque modalité.

Les facteurs bloc, mélange et date ont un effet significatif sur la richesse spécifique (cf. tableau 2). D'après la figure 5, les blocs de Nantes (1a, 1b et 1c) ont tendance à avoir un nombre d'espèces présentes plus important que ceux de Rennes (2a et 2b), plus spécifiquement du bloc 2b. Cela indiquerait que le site a une influence forte sur la richesse spécifique, mais que l'environnement est tout aussi important.

Concernant les semis, ils ne semblent pas avoir d'effet sur la diversité spécifique pour les blocs de Nantes, sauf pour le mélange pelouse du bloc « b », ce qui peut être lié à la suppression de la modalité mélange pelouse avec compost. Une différence plus conséquente est visible pour les blocs de Rennes, notamment pour les modalités sans semis du bloc « a » qui ont une richesse spécifique supérieure aux autres modalités.

La richesse spécifique est dans l'ensemble assez similaire, qu'il y ait semis ou non. Il y a cependant une différence assez importante pour les modalités sans semis du bloc a de Nantes (2a), peut être liée aux conditions édaphiques qui semblent moins contraignantes pour ce bloc et au fait que son environnement immédiat soit de type sous-bois, contrairement aux autres blocs.

Le facteur mélange est aussi significatif en interaction avec le facteur date (cf. figure 6). A l'instar du recouvrement, la richesse spécifique diminue également entre juin 2010 et juillet 2011 et cela pour l'ensemble des différentes modalités. Entre juillet 2011 et octobre 2011, la richesse spécifique augmente, mais celle-ci reste tout de même inférieure aux valeurs trouvées lors du premier relevé.

Les résultats de l'ANOVA montrent deux autres interactions. Celle du facteur substrat avec le facteur mélange et celle du facteur substrat avec le facteur bloc.

Dans le premier cas, présenté par la figure 5, un effet important du compost apparaît pour les parcelles sans semis, avec une richesse spécifique beaucoup plus importante. Pour MP et MF, il ne semble pas y avoir de différence significative, bien que sans compost le nombre d'espèces présentes semble légèrement plus élevé.

Dans le deuxième cas, figure 6, nous observons ce qui a été décrit précédemment, c'est-à-dire que la richesse spécifique est moins importante à Rennes qu'à Nantes. C'est particulièrement le cas pour le bloc 2b, de plus les blocs 1b et 2a présentent une plus grande hétérogénéité de recouvrement.

Tableau 3 : Résultat de l'ANOVA à mesures répétées pour la richesse spécifique (en rouge facteurs significatifs, $p < 0.05$)

| Facteurs | Degré de liberté | P-Value |
|-----------------------|------------------|---------|
| Mélange | 2 | 0.0031 |
| Substrat | 1 | 0.1214 |
| Bloc | 4 | 0.0001 |
| Date | 3 | 0.0000 |
| Mélange*Substrat | 2 | 0.0007 |
| Mélange*Bloc | 8 | 0.0077 |
| Substrat*Bloc | 4 | 0.0131 |
| Date*Mélange | 6 | 0.0427 |
| Date*Substrat | 3 | 0.5895 |
| Date*Bloc | 12 | 0.0699 |
| Date*Mélange*Substrat | 6 | 0.4509 |
| Date*Mélange*Bloc | 24 | 0.2421 |
| Date*Substrat*Bloc | 12 | 0.1281 |

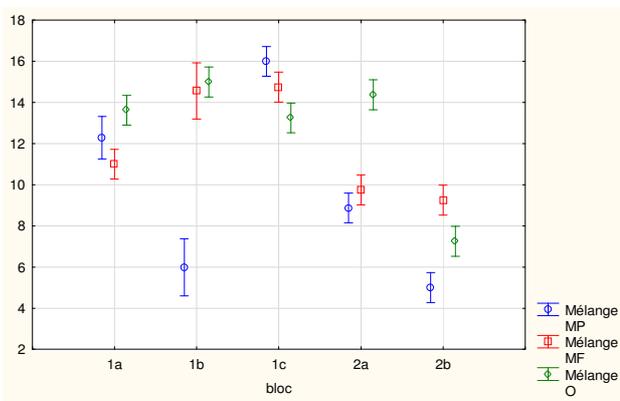


Figure 11 : Richesse spécifique moyenne pour les différents mélanges en fonction des blocs. Les barres verticales représentent les erreurs types

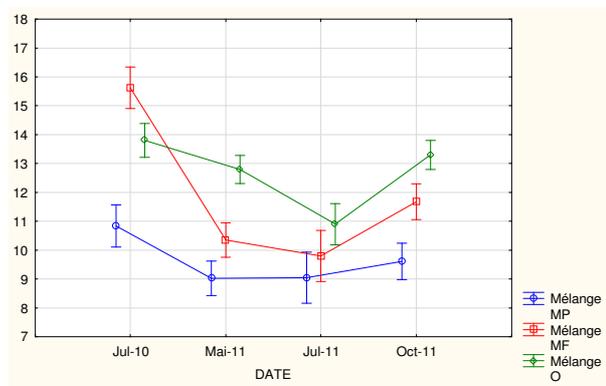


Figure 12 : Richesse spécifique moyenne pour les différents mélanges en fonction des dates de relevé. Les barres verticales représentent les erreurs types

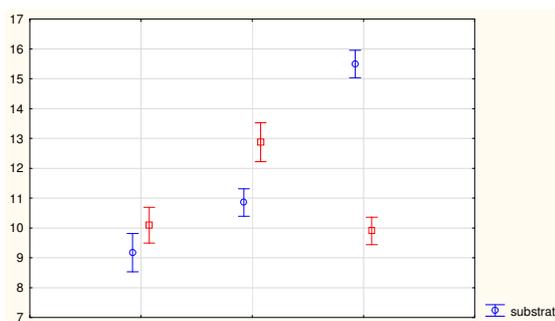


Figure 13 : Richesse spécifique moyenne pour les différents types de substrat en fonction des mélanges. Les barres verticales représentent les erreurs types

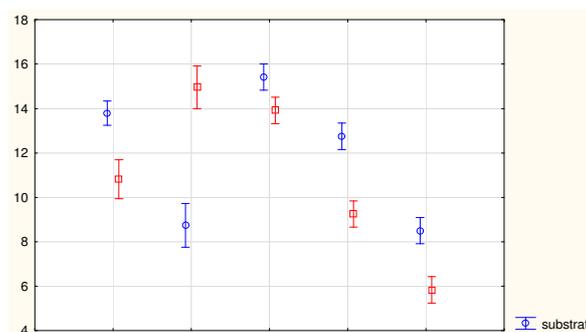


Figure 14 : Richesse spécifique moyenne pour les différents types de substrat en fonction des blocs. Les barres verticales représentent les erreurs types

DISCUSSION

L'ajout de matière organique et le semis : des facteurs favorisant l'enherbement rapide des aires sablées

Le substrat a un effet positif sur le taux de recouvrement, il l'améliore de façon significative et offre l'avantage de rendre la végétation plus résistante aux conditions sèches des surfaces sablées. Ces deux aspects sont certainement liés au fait que le compost est une source de nutriment pour les plantes et qu'il possède une meilleure capacité de rétention d'eau. Il est aussi possible que le compost permette un enracinement plus profond de la végétation, ce qui engendre généralement une résistance accrue de celle-ci à la sécheresse.

Les semis sont également une solution pour l'obtention d'un recouvrement supérieur aux parcelles sans semis, qu'il s'agisse d'un semis de type graminée ou de dicotylédones « fleuries ». Cependant, il semble que deux années après sa mise en place, le mélange « fleuri » soit plus avantageux en terme de recouvrement. Ce mélange est composé en partie d'espèces que l'on retrouve spontanément sur ce type de surface (Guérin, 2008). La richesse spécifique, quant à elle, diminue lorsqu'un semis est effectué, ce qui peut s'expliquer par le fait d'une compétition interspécifique plus importante : le sol nu est rapidement colonisé par les végétaux semés, laissant peu de place pour la végétation spontanée.

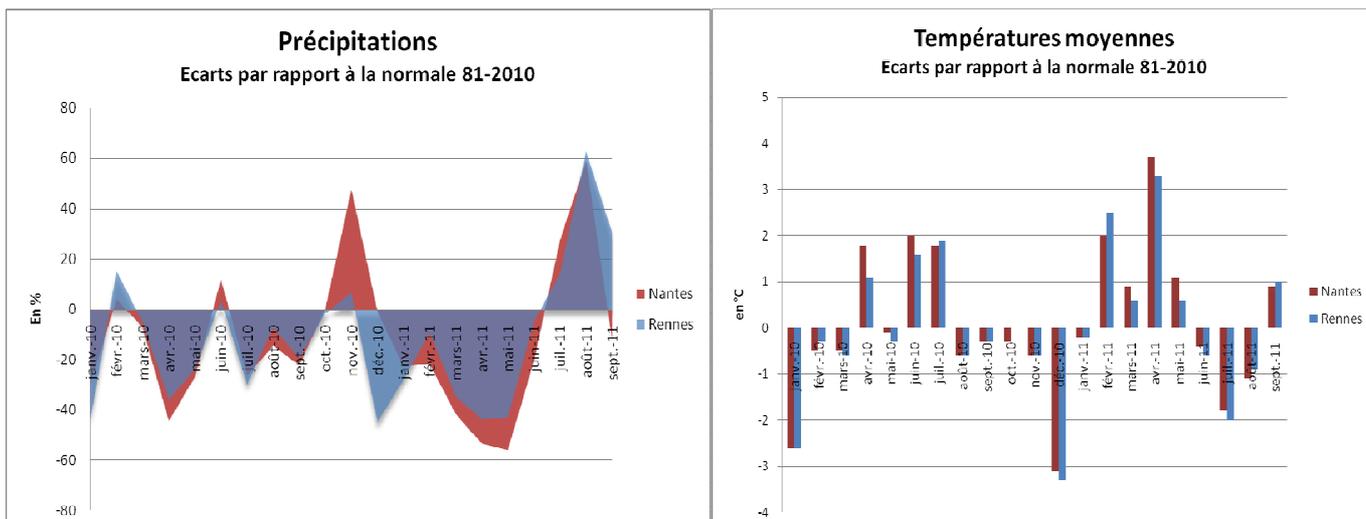
Si les objectifs des gestionnaires d'espaces verts sont d'obtenir un recouvrement rapide, ils seraient tentés de généraliser les itinéraires techniques avec ajout de substrat et semis, pour l'enherbement des aires sablées. Cependant les aspects financier et logistique n'ont pas été pris en compte dans cette expérimentation et ils peuvent être un critère déterminant pour le choix d'un itinéraire technique. De plus en aidant au démarrage de la végétation, on risque d'avoir des végétaux plus vigoureux qui pourront exiger plus d'effort d'entretien par la suite.

Dans ce contexte, l'enherbement spontané sans semis et ajout de compost peut être une alternative, car l'expérimentation prouve qu'en 2 ans l'enherbement spontané a commencé à s'installer et que la dynamique devrait amener à un couvert complet en 4 à 5 ans.

Evolution de l'enherbement dans le temps

Sur 2 ans, le recouvrement a augmenté et la richesse spécifique a diminué, indépendamment de l'itinéraire technique employé.

A un niveau plus fin, les variations constatées lors des différentes campagnes de relevés doit aussi être analysées au regard des conditions climatiques. En effet, Nantes et Rennes ont enregistré un manque de précipitations assez important entre mars 2010 et juin 2011 et des températures relativement importantes entre février 2011 et mai 2011, comparé aux conditions météorologiques normales (cf. figure 15 et 16).



<http://www.meteo-bretagne.fr/statistiques-climatologiques-annee-Nantes>

Dans ces conditions sèches de reprises de la végétation (printemps de la deuxième année), le mélange pelouse a été plus sensible à la sécheresse que le mélange fleuri. Ces conditions météo expliqueraient aussi pourquoi les taux de recouvrement des modalités avec compost sont restés plus importants du fait d'une meilleure réserve en eau (structure du substrat).

Espèces intéressantes pour l'enherbement des aires sablées

En juin 2010, 60% des espèces semées avec le mélange fleuri sont présentes mais cette proportion chute aux alentours de 40% pour les relevés de 2011. Quelques espèces n'ont donc jamais germé et d'autres ne se sont pas installées de façon pérenne. Parmi les espèces qui n'atteignent jamais 5% de recouvrement, se retrouve *Anagallis arvensis*, *Matricaria recutita*, *Trifolium subterraneum* et *Polygonum aviculare*. Il ne semble donc pas intéressant de les semer, bien que leur absence de germination puisse s'expliquer par d'autres facteurs (capacité germinative des semences par exemples). *Agrostis capillaris* s'est bien développée dans les modalités spontanées et moins bien dans les modalités où elle avait été semée, cela peut éventuellement s'expliquer par la compétition avec les autres espèces ou à cause du cultivar semée inadapté.

Parmi les espèces semées du mélange fleuri *Trifolium repens* et *Plantago lanceolata* se sont bien développées. Parmi les graminées, *Festuca rubra* est l'espèce qui s'est le mieux développée au bout de 2 ans (avec cependant un doute lié à une difficulté de différenciation avec *Koeleria*), *Poa annua* est une annuelle intéressante pour favoriser le recouvrement dès la première année.

On peut noter que certaines espèces, même si elles apportent peu en terme de recouvrement, vont avoir d'autres traits bénéfiques comme par exemple les espèces entomogames en terme de biodiversité ou les légumineuses pour l'apport azoté (ex : *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens*).

Lors du choix des espèces pour composer un mélange à semer, on peut retenir que la diversité servira la durabilité : privilégier les associations d'espèces complémentaires permet de garantir des fonctions et des traits complémentaires qui permettront d'éviter les échecs. Par exemple une espèce telle que *Poa annua*, espèce annuelle qui va s'installer rapidement mais pourra laisser progressivement la place à des espèces plus compétitives telles que *Trifolium repens*, qui va mettre plus de temps à s'installer mais de manière plus durable. L'association d'espèces permet d'obtenir rapidement un couvert végétal durable. Il faut également tenir compte des capacités de résilience des espèces à des paramètres tels que le piétinement, l'ombrage ou le stress hydrique. Ces aspects mériteraient des compléments d'étude.

Variation intra-site et inter-site

Cette expérimentation a mis en évidence que le recouvrement des blocs pouvait évoluer différemment, et cela, même s'ils font partie d'un même site. Ce résultat peut être la conséquence de conditions édaphiques différentes, plus ou moins favorables au développement de la végétation. Le piétinement ou encore le taux d'ensoleillement de la zone, sont également des facteurs qui peuvent expliquer ce phénomène.

Dans l'expérimentation, la richesse et la composition spécifique sont également être influencées par le site et le bloc). La végétalisation spontanée est dépendante des semences disponibles sur le site, soit dans la banque de graine du sol (à priori faible dans ces conditions) soit pour une plus large part par des graines ayant des capacités de dispersion (cas des espèces anémochores - transportées par le vent- en particulier). Le recouvrement et la composition de la végétation sera donc dépendante de l'occupation du sol et de la composition floristiques dans le voisinage du site. Il serait important de préciser ces facteurs pouvant limiter cette végétalisation spontanée en particulier dans le cas de quartiers d'immeubles très minéraux où ces espaces sablés seraient fortement isolés.

Limites et perspectives

Quelques biais liés au contexte urbain et aux relevés botaniques

Malgré les espaces « tampons » conservés entre modalités, il existe un phénomène de contamination entre modalités (effet lisière) par dissémination spontanée des semences, du fait de surfaces restreintes et voisines. D'autres essais dans d'autres villes et/ou sites, avec des zones 'tampons' suffisantes ou en isolant chacune des modalités, permettraient de confirmer les résultats obtenus.

Les relevés de terrain de 2011 ont montré qu'il existe une forte variabilité saisonnière pour la richesse spécifique et le recouvrement. Cependant, aucune campagne de terrain n'a été faite entre juin 2010 et mai 2011, ce qui aurait fourni des informations plus précises sur l'évolution de la végétation. Des relevés en automne 2010 et en début de printemps 2010 auraient permis de savoir si les variations de recouvrement sont la conséquence de perturbations ponctuelles (sécheresse ou froid) ou au contraire résultent de tendances plus générales.

Concernant les mélanges testés pour l'enherbement des aires sablées, nous avons eu des difficultés à identifier les graminées du mélange pelouse. Les espèces *Festuca* et *Koeleria* ont dû être regroupées dans une classe qui ne permet donc pas de les distinguer. La richesse spécifique est sous-estimée et cela a également un impact sur la composition spécifique, qu'il est difficile d'estimer.

Travailler avec les semenciers pour adapter l'offre et la demande

La fourniture d'espèces adaptées à ces conditions agronomiques particulières reste une difficulté majeure. Cependant de nouvelles variétés à moindre développement ont été développées par les semenciers et elles peuvent offrir une alternative intéressante pour la végétalisation des aires sablées. Il est aussi important de souligner que le *Plantago coronopus* semé est une variété horticole, plus développée que celle que l'on retrouve naturellement dans ce type de milieu et que *Convolvulus arvensis* n'est pas forcément une espèce bien perçue par les gestionnaires d'espaces verts car elle est souvent considérée comme envahissante. De plus, le *Trifolium repens* utilisé dans le mélange fleuri est une variété fourragère, qui n'est pas la mieux adaptée pour un usage en espaces verts, du fait de sa croissance importante. Enfin certaines espèces rentrant dans la composition du mélange fleuri sont difficiles à se procurer auprès des semenciers.

Afin d'affiner les mélanges semés, il serait bénéfique de les faire évoluer grâce aux retours d'expériences et de travailler avec les semenciers obtenteurs pour développer des variétés plus résistantes à la sécheresse et adaptées aux contraintes agronomiques (milieu, gestion) des aires sablées. Des végétaux d'origine locale sélectionnés parmi le cortège floristique spontanée et multipliés par les semenciers sont aussi une perspective intéressante pour sélectionner des espèces et des phénotypes adaptés aux conditions édaphiques spécifiques aux aires sablées.

Vers un observatoire professionnel de la flore urbaine

Les résultats de cette étude peuvent être mis en perspective avec les résultats de l'étude Acceptaflore (cf site Plante & Cité). En effet, au centre de la question de l'entretien se situe la

problématique de la perception par les usagers. Il semble qu'en donnant du sens aux nouveaux modes d'entretien les usagers soient plutôt ouverts pour accepter plus de végétation spontanée en ville. Les changements en termes de gestion doivent être accompagnés de formation (en interne) et de sensibilisation sur l'image que la ville souhaite donner à sa relation avec la nature, nature incluant ici tous les parcs et jardins, les interstices de trottoirs, les friches...La mise en place par Plante & Cité (en partenariat avec Tela Botanica et le MNHN) d'un observatoire professionnel de la flore spontanée (Programme Florilèges, www.florileges.info) pour les agents des collectivités devrait permettre de relever une quantité d'informations importante sur ces nouveaux espaces de nature colonisés par la flore spontanée ou par le semis suite à l'arrêt du désherbage.

Un guide opérationnel pour l'enherbement des aires sablées

Afin de pouvoir présenter les résultats issus de cette étude sous une forme plus opérationnelle, un guide d'enherbement a été développé à partir des essais et des retours des gestionnaires. Dans tous les cas, il est conseillé dans un premier temps d'observer le sablé et ses potentialités. Cette expérimentation a permis de réaliser un guide technique pour l'enherbement des aires sablées téléchargeable sur les sites internet www.plante-et-cite.fr et www.ecophytozna-pro.fr (Streit et Provendier, 2013).

Remerciements

Merci aux villes de Nantes et Rennes pour leur aimable et apprécié concours à cette expérimentation depuis la mise en place des sablés jusqu'aux relevés floristiques.

Merci aux botanistes de ces deux villes M. Ferard et M.Aubin s'étant rendus disponibles pour nous aider dans notre tâche.

Merci à Hervé Daniel enseignant chercheur à Agrocampus Ouest centre d'Angers pour son expérience et ses nombreux conseils ainsi que sa disponibilité et à Maxime Guérin pour ses lumières sur la mise en place des essais et les études antérieures sur l'enherbement des aires sablées.

Bibliographie

Guérin M. (2008). *Les Espaces Sablés Non Désherbés en Ville : Etat des Lieux des Pratiques, Impacts des Pratiques, des Caractéristiques du Site et de l'Environnement sur la Flore Spontanée*. Ed. Plante & Cité, 126 p. En ligne sur le site : <http://www.plante-et-cite.fr>

Guérin M., Daniel H., Gutleben C. (2009). *Possibilités de restauration de végétation herbacée à partir des surfaces sablées des villes - Bilan d'expériences de gestionnaires d'espaces verts*. Ingénieries-EAT, n° spécial 2009, p. 41-53

Guérin M. (2009). *Enherbement des espaces sablés : Expérimentation de différents semis*. Ed. Plante & Cité, 7 p. En ligne sur le site : <http://www.plante-et-cite.fr>

Streit J., Provendier D. (2013) Guide technique – Enherbement des aires sablées. Ed. Plante & Cité, 26 p. En ligne sur le site : <http://www.plante-et-cite.fr>