

Zeitschrift: Saussurea : journal de la Société botanique de Genève
Herausgeber: Société botanique de Genève
Band: 45 (2016)

Artikel: Végétalisation de milieux terrestres dégradés à partir d'espèces herbacées locales : recueil de bonnes pratiques : mise en place et suivi de placettes expérimentales
Autor: Pénault-Ravaillé, Millo
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1098986>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 17.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Végétalisation de milieux terrestres dégradés à partir d'espèces herbacées locales

Recueil de bonnes pratiques – Mise en place et suivi de placettes expérimentales

par Millo Pénault-Ravaillé ¹

¹ F 74170 Saint Gervais les Bains
penault.milo@hotmail.fr

Résumé

Pénault-Ravaillé M. (2016). Végétalisation de milieux terrestres dégradés à partir d'espèces herbacées locales. *Saussurea*, 45, p. 145-164.

Des placettes expérimentales, en milieu d'alpages (Haute-Savoie) et de carrières en exploitation (Salève) ont été suivies pour vérifier la pertinence de méthodes de revégétalisation. Des mélanges de graines locales et des plantes prélevées dans des zones avoisinantes ont été utilisés. L'apport de graines ou de plantes se justifie au sein de milieux fortement dégradés (carrières du Salève), alors que la recolonisation à partir de graines ou de plantules persistant dans un sol faiblement perturbé (alpages) est prépondérante par rapport à la dispersion artificielle de mélanges de graines. Un suivi sur plusieurs années serait nécessaire pour confirmer les conclusions de ce travail (bachelor à l'Hépia Lullier).

Abstract

Pénault-Ravaillé M. (2016). Revegetation of degraded land environments from local herbaceous species. *Saussurea*, 45, p. 145-164.

Experimental plots, in alpine pastures (Haute-Savoie) and working quarries (Salève) were followed to determine the relevance of revegetation methods. Mixtures of local seeds and plants collected in the surrounding areas were used. The use of seeds or plants is justified in highly degraded areas (Salève quarries), while a recolonisation using seeds or seedlings is preferred when the ground is lightly disturbed (mountain pastures) when compared to sowing artificial mixtures of seeds. Continuous monitoring over several years will be necessary to confirm the findings of this study (bachelor degree at the Hepia, Lullier).

Mots-clés

Restauration
génie végétal
espèces herbacées locales
écosystèmes dégradés
carrières de roche massive
alpage

Keywords

Restoration
plant engineering
local herbaceous species
degraded ecosystems
massive rock quarries
alpine pastures

Introduction

Le génie végétal, soit « l'ensemble de techniques de construction fondé sur l'observation et l'imitation des modèles naturels [...] » (BONIN *et al.*, 2013), est une approche où les végétaux constituent des matériaux de construction à part entière (SCHIECHTL & STERN, 1992). Il répond principalement à des besoins de lutte contre l'érosion, de renaturation de sites dégradés, de lutte contre les espèces invasives et de protection contre les risques naturels (BONIN *et al.*, 2013). L'utilisation de matériel végétal implique cependant un certain nombre de précautions pour limiter les risques de perturbation (pollution génétique, banalisation de la flore ...) de la biodiversité locale. Il est important de considérer les cycles naturels, l'évolution des écosystèmes et l'origine géographique des espèces utilisées pour assurer le succès d'un aménagement (CONCHOU *et al.*, 1999). Le choix des modalités techniques en restauration repose alors sur les fondements théoriques de l'écologie et de la biologie, et nécessite par ailleurs une base empirique, construite sur des expérimentations.

La restauration des milieux terrestres dégradés à partir de matériel végétal local est une pratique récente en cours de développement (SCOTTON, 2013). Les praticiens ont besoin de guides techniques pour choisir des modalités d'aménagement adaptées aux réalités écologiques et socio-économiques d'un site. En effet, la littérature propose peu d'outils exhaustifs, regroupant toutes les informations utiles aux gestionnaires du territoire.

Le présent article traite les résultats d'un suivi de la végétation de placettes expérimentales, végétalisées selon différentes modalités techniques. Ces dernières ont été mises en place au sein de sites, localisés dans les Alpes du Nord Occidental, suite à la concertation de différents acteurs mobilisés pour développer une filière de semences locales associées à des régions précises et pour tester des techniques basées sur l'utilisation de matériel végétal prélevé directement sur site ou à proximité.

Sites expérimentaux

Les sites expérimentaux étudiés présentent des contextes socio-économiques et environnementaux différents :

- le site A1 est localisé au sein de l'alpage de Séraussaix, en zone de montagne, sur une prairie colonisée par les ligneux, récemment débroussaillée ;
- le site A2, situé au CFPNE (Centre de Formation Professionnelle Nature et Environnement) de Lullier, vise à tester les mêmes techniques qu'à l'alpage de Séraussaix, mais en plaine, sur un sol anthropique, avec un stock de graines riche en adventices ;
- les sites B1 et B2 se situent aux carrières du Salève, sur des substrats bruts.

Alpage de Séraussaix

L'alpage école de Séraussaix est localisé dans les préalpes du Chablais, sur la commune de Morzine, à 1650 m d'altitude. A titre de compensation écologique de l'aménagement d'une piste de VTT, une surface de 3 ha a été ensemencée le 27 octobre 2014, suite à un défrichage du terrain. Sur 10'425 m² de cette surface, un site expérimental a été mis en place. Il a été ensemencé hydrauliquement à une densité de 3 g/m², utilisant deux types de mélanges grainiers du projet « Semences du Mont-Blanc » choisis respectivement selon les formations végétales en place dans les environs. Etant donné le manque de disponibilité de graines d'écotype montagnard dans le marché local, les semences utilisées proviennent du plateau suisse. Par ailleurs, 24 placettes de 100 m² ont été délimitées au sein de ces surfaces. 16 (2x8) de ces placettes ont été réensemencées manuellement de manière à atteindre une densité de 5 et 7 g/m² (tableau 1). Le suivi de ce site vise à évaluer l'influence du grammage choisi pour un ensemencement sur la végétation.

CFPNE de Lullier

Les mélanges grainiers testés à l'Alpage de Séraussaix (MG1 et MG2), ont également été semés en plaine

	Site A1																							
	Secteur A1.1												Secteur A1.2											
Type de mélange	Mélange MG1 : pâturage à tendance maigre, composition s'apparentant au <i>Croco albiflori-Genistetum sagittalis</i>												Mélange MG2 : pâturage à tendance humide, composition s'apparentant au <i>Crepido aureae-Cynosuretum</i>											
Surface concernée	Sol pouvant s'assécher, pauvre en nutriments												Sol bien pourvu en eau, riche en nutriments											
Technique utilisée	Ensemencement hydraulique												Ensemencement hydraulique											
Densité	3 g/m ²				5 g/m ²				7 g/m ²				3 g/m ²				5 g/m ²				7 g/m ²			
Placette (100 m ²)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Surface	400 m ²				400 m ²				400 m ²				400 m ²				400 m ²				400 m ²			
Sous-total	1'200 m ²												1'200 m ²											
Total	2'400 m ²																							

Tableau 1. Caractéristiques des placettes expérimentales de l'alpage de Séraussaix.

(Source : d'après les informations de FROSSARD et PRUNIER, 2014)

manuellement au CFPNE de Lullier le 22 Avril 2015, par le groupe de recherche en écologie végétale appliquée de l'inTNE (Institute terre nature environment), selon les mêmes densités qu'à Séraussaix (3 -5 -7 g/m²) (tableau 2). Un essai a été effectué sous serre dans des bacs de 0,1 m², avec 3 réplicats par grammage. Un autre essai est situé en plein air, au sein de placettes de 27 m² (3,8x7 m) sur un substrat meuble remanié. Ces placettes sont divisées en 3 sous-parties de 9 m² afin d'avoir plusieurs réplicats. Ces essais en plaine visent à étudier le taux de reprise des espèces du mélange, dans des conditions plus favorables qu'en montagne à la croissance des végétaux (en plaine). Ces conditions induisent cependant une compétitivité plus forte des espèces spontanées, souvent indésirables au sein de sols remaniés.

Carrières du Salève

Au sein des carrières du Salève, des placettes de suivi ont été installées sur certains secteurs pour comparer différentes techniques de végétalisation et

anticiper la remise en état du site après exploitation. La stipe calamagrostide, *Achnatherum calamagrostis* (L.) P. Beauv., espèce structurante des éboulis calcaires thermophiles, a principalement été utilisée. Son important développement racinaire contribue à stabiliser le sol et son développement en touffe, supporté par des gaines solides, apporte des conditions favorables au développement d'autres espèces. Elle contribue à amorcer la dynamique d'évolution vers des formations végétales herbacées (BONIN *et al.* 2013).

Site B1

Sur un premier site, au 29 avril 2015, 105 mottes de stipes calamagrostides prélevées au sein des carrières ont été plantées à une densité de 0,8 pce/m², sur un talus remblayé à partir de matériaux inertes sur une surface de 130 m². Ce site a préalablement été ensemencé en 2014 à partir d'un mélange grainier standard de plaine non adapté aux conditions écologiques locales. Les espèces du mélange se sont développées et forment un couvert

	Site A2																	
	Secteur A2.1									Secteur A2.2								
Type de mélange	Mélange MG1 : pâturage à tendance maigre, composition s'apparentant au <i>Croco albiflori-Genistetum</i>									Mélange MG2 : pâturage à tendance humide, composition s'apparentant au <i>Crepido aureae-Cynosuretum</i>								
Surface concernée	Sol meuble remanié																	
Technique utilisée	Ensemencement manuel									Ensemencement manuel								
Densité	3 g/m ²			5 g/m ²			7 g/m ²			3 g/m ²			5 g/m ²			7 g/m ²		
Placette (9 m ²)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Surface	27 m ²			27 m ²			27 m ²			27 m ²			27 m ²			27 m ²		
Sous-total	81 m ²									81 m ²								
Total	162 m ²																	

Tableau 2. Caractéristiques des placettes expérimentales au CFPNE de Lullier.

	Site B1	Site B2														
	Secteur B1.1	Secteur B2.1					Secteur B2.2									
Type de matériel	Mottes de stipe calamagrostide	Inflorescences de stipe calamagrostide					Mélange MG4* : substrats bruts calcaires thermophiles									
Surface concernée	Remblai de matériaux inertes – Moraine compacte	Substrat brut, composé de cailloux inférieur à 10 cm														
Technique utilisée	Plantation en mottes, prélèvement sur site	Paillage d'inflorescences, prélèvement sur site (Herbes à semence) + Géotextile tissé					Ensemencement hydraulique + Géotextile tissé									
Densité	0,8 pce/m ²	250 pce/m ²					4 g/m ²									
Placette (13 m ²)	☉	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Surface	130 m ²	65 m ²					130 m ²									
Total	325 m ²															

* 3 espèces récoltées (au Salève¹ et à Cruseilles²) par Hepia (*Achnatherum calamagrostis*¹, *Leontodon hyoseroides*¹ et *Epilobium rosmarinifolium*²), non disponibles dans le commerce, restant des graines fournies par OHS, originaires de la région des Alpes du Nord et Plateau de la Suisse Romande.

Tableau 3. Caractéristiques des placettes expérimentales des carrières du Salève.

(Source : PRUNIER *et al.*, 2014)

végétal. La provenance du sol, ainsi que sa banque de graines, étant inconnues et un ensemencement non adapté ayant été réalisé, le suivi de l'évolution de la végétation n'est pas pertinent sur le site dans le cadre de cette étude. Il se concentrera sur l'évaluation du succès de reprise des mottes de stipe calamagrostide.

Site B2

Le deuxième site est localisé au sein d'un milieu d'éboulis s'apparentant à l'*Achnatheretum calamagrostis* (Jenny-Lips, 1939), mis à nu en 2014 suite à un glissement du sol en place, sur un secteur de 4'300 m². Le 30 avril 2015, une surface de 65 m² a été recouverte d'inflorescences de stipe, prélevées au sein des carrières et protégées par un géotextile tissé. Le reste de la surface a été ensemencé hydrauliquement à partir d'un mélange spécialement mis en place pour la végétalisation du site (Mélange MG4). Un total de 15 placettes de 13 m² (5 sur la surface paillée, 5 en amont de la surface ensemencée et 5 à l'aval), a été mis en place sur ce site (tableau 3).

Méthodologie

L'objectif du suivi est d'évaluer la pertinence qualitative et quantitative des mélanges tests et des techniques de végétalisation utilisées. Ces techniques sont employées sur des milieux terrestres dégradés soumis à des stress et perturbations écologiques et se basent sur l'utilisation de matériel végétal local sous trois formes et à différentes densités :

à Séraussaix et au CFPNE :

- lot de graines, 2 mélanges (MG1 et MG2) composés à partir d'espèces récoltées dans la région, mises en cultures et réensemencées à 3, 5 et 7 g/m² ;

au Salève :

- plantes entières (mottes), prélevées sur site et

replantées à 0,8 pce/m² ;

- inflorescences, prélevées sur site et redéposées à 250 pce/m² ;
- lot de graines, venant d'un semencier local (OHS), hormis 3 espèces, dont les graines ont été récoltées sur site et dans les environs, ensemencé à 4 g/m².

L'étude des sites expérimentaux vise à répondre aux questions suivantes :

- (Pour les ensemencements) Quelles espèces du mélange se sont développées ? Quelle surface occupent-elles ? Quelle est la part d'individus spontanés ?
- Quelle surface occupent les autres espèces spontanées, non issues des aménagements (adventices et espèces typiques des milieux de référence) ?
- Existe-t-il des différences significatives du taux de recouvrement de la végétation au sein des placettes ? Ces différences sont-elles expliquées par les essais expérimentaux ou par des facteurs écologiques ?
- Quel cortège de végétation est le plus adapté aux facteurs (écologiques ou techniques) identifiés ?

Cette étude permettra à terme de présenter les différentes modalités d'aménagement, ainsi que les avantages et inconvénients de chacune. Lorsque les retours d'expérience seront suffisants, il conviendra de choisir quelle(s) variante(s) est/sont la/les plus adaptée(s) au contexte local pour la restauration des carrières du Salève, de nouvelles prairies à Séraussaix et d'autres sites au contexte climatique et pédologique similaire.

Le suivi se concentre sur l'analyse de la végétation après renaturation et sur les composantes abiotiques pouvant influencer le développement des plantes. Ces variables sont analysées soit à l'échelle de la région, d'un site, soit d'un secteur aux conditions écologiques homogènes ou soit des placettes (tableau 4).

Echelle d'analyse	Variable mesurée		Méthode de mesure	But recherché
Région	Station	Facteurs météorologiques	Récolte de données météorologiques	Evaluation des potentielles influences stationnelles sur la reprise, le recouvrement et la composition spécifique de la végétation
Site		Caractéristiques de l'environnement	Observations de terrain, recherche d'informations	
Secteur homogène		Situation topographique et organisation spatiale	Estimation de l'exposition, la position des placettes, la microtopographie et la pente	
		Caractéristiques du sol	Analyses de sol en laboratoire	
		Potentiel hydrique du sol	Analyses tensiométriques	
Placette	Végétation	Caractéristiques de l'écosystème de référence	Mesure de la hauteur optimale et maximale de la végétation herbacée et descriptif général, points quadrats et relevé floristique	Comparaison des résultats obtenus au sein des placettes par rapport à un état de référence
		Physionomie de la végétation	Mesure de la hauteur optimale et maximale de la végétation herbacée et descriptif général	Evaluation du taux de reprise et de recouvrement des espèces utilisées au sein du mélange et des espèces spontanées
		Composition spécifique et taux de recouvrement	Relevé floristique et points contact	

Tableau 4. Mesure de la hauteur optimale et maximale de la végétation herbacée.

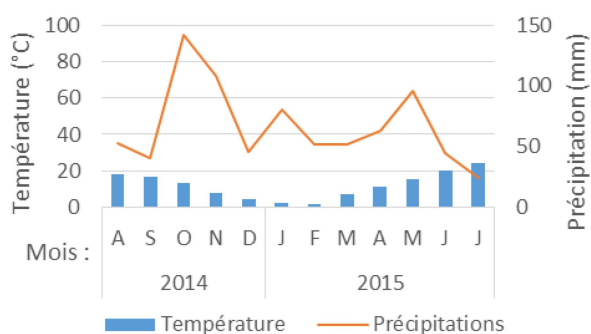


Figure 1. Diagramme climatique des précipitations et températures mensuelles enregistrées à la station de Genève-Cointrin (à 412 m d'altitude). (Source : Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse, 03/06/2015)

Résultats de l'étude

Facteurs météorologiques

Dans la région du Plateau occidental suisse, le mois de juin 2015 a été le 4ème mois le plus chaud connu depuis le début des mesures en 1864. Un excédent thermique de 2,2 °C par rapport aux moyennes de 1981 à 2010 a été enregistré. Les précipitations mensuelles étaient en moyenne de 44,9 mm soit 47 mm de moins que celles relevées entre 1981 et 2010. L'excédent thermique du mois de juillet 2015, sur la même période de référence, est de 4,2 °C. Quant aux précipitations, elles sont inférieures de 54 mm (MétéoSuisse, 2015, site internet). Le diagramme climatique de la région genevoise marque clairement une période de sécheresse en juillet 2015 (fig. 1).

Alpage de Séraussaix – Site A.1

Le site A1, d'une superficie de 10'425 m², est divisé en 2 secteurs : le secteur A1.1 en haut de pente, ensemencé par le mélange MG1, et le secteur A1.2, en contrebas, ensemencé par le mélange MG2. Chaque secteur est occupé par 12 placettes de 100 m² ensemencées selon 3 densités différentes (3, 5 et 7 g/m²).

Caractéristiques de l'environnement

Localisé en zone de montagne à 1650 m, le site est bordé par des boisements d'épicéas (*Picea abies* (L.) H. Karst.), en mosaïque avec la prairie, par endroit.

Une piste de VTT traverse le site, délimitant les 2 secteurs. Des fossés de drainage au sein de la prairie, contribuent à la formation d'îlots de communautés végétales méso-hygrophiles à hygrophiles. Ces zones ne sont pas intégrées dans les placettes, car elles ne sont pas favorables au développement d'une prairie à vocation fourragère.

Situation topographique

Le secteur A.1.1 est localisé en haut de pente, la partie supérieure a une pente moyenne de 30 % sur les 71 premiers mètres, puis de 37 % jusqu'à la piste de VTT. Le secteur A.1.2 est situé à l'aval de la piste, dans une zone moins pentue, avec une pente de 29 %. L'ensemble du site est exposé sud, il est ensoleillé la majeure partie de la journée.

Caractéristiques du sol

Au sein des 2 secteurs, la texture du sol est relativement similaire. On observe une dominance nette des limons (en moyenne de 49 %), une proportion légèrement inférieure d'argiles (en moyenne 32 %) et peu de sables (en moyenne 19 %) (tableau 5). D'après le triangle des textures de Tavernier et Maréchal (DE FORGES *et al.*, 2008), le sol du site A1 est « limoneux fin ». Le pH est relativement similaire entre les 2 secteurs. D'une moyenne de 4,65, il caractérise un sol acide. Par ailleurs, la différence entre la concentration en nutriments et la proportion de matière organique des 2 analyses est significative.

Potentiel hydrique du sol

L'ensemble des watermarks du secteur A.1 indique la même tendance : une première période de sécheresse au début du mois de juin 2015 est marquée par un pic à 100 centibars des valeurs de la force de succion. Par la suite, une sécheresse plus importante a débuté au début du mois de juillet 2015. On observe une nette augmentation des valeurs, jusqu'à un plafonnement à 250 centibars pendant plus d'une dizaine de jours. Les données de la partie haute du site A.1.2 ne suivent pas cette tendance et chutent à 0, probablement à cause d'un dysfonctionnement de la machine.

Caractéristiques de l'écosystème de référence

Les secteurs A.1.1 et A.1.2 ne présentent pas les mêmes niveaux trophiques et hydriques, leur écosystème

	Texture (%)					Concentration en nutriments (mg/kg)				pH	M.O. (%)
	Sables		Limons		Argiles	P	K	Mg	Ca		
	Fins	Grossiers	Fins	Grossiers							
Secteur A1.1	7,8	10,5	39,7	10,9	31	3	59	17	47	4,5	6,1
Secteur A1.2	7,0	12,5	37,3	10,1	33,1	4	128	48	260	4,8	8,2

pH : potentiel hydrogène M.O. : matière organique

Tableau 5. Résultats des analyses de sol du Site A.1.

(Source : laboratoire d'analyse des sols du centre de Lullier, 31/07/2015)

de référence n'est pas le même.

Dans le versant, la végétation en place est maigre, on la rattache au *Croco albiflori-Genistetum sagittalis*. La prairie de référence, étudiée à proximité du site, est dominée par la fétuque noirâtre (*Festuca nigrescens* Lam.) et l'agrostide capillaire (*Agrostis capillaris* L.), recouvrant en moyenne 10,7 % et 10,9 % de la surface. Le nard raide (*Nardus stricta* L.) et le dactyle aggloméré (*Dactylis glomerata* L.), sont également fréquents, ils occupent en moyenne 5,7 % et 5,5 % de la prairie. Par ailleurs, on observe d'autres espèces typiques de l'association comme le genêt ailé (*Genista sagittalis* L.) et le millepertuis maculé (*Hypericum maculatum* Crantz s.l.). Leur recouvrement moyen est de 2,9 % et 2,6 %. Ce type de prairie n'est pas le plus attractif pour le bétail. On le retrouve préférentiellement dans les zones de replat, où la végétation est plus luxuriante. La composition du mélange ensemencé dans le secteur A.1.1. ne vise donc pas exactement le *Croco albiflori-Genistetum sagittalis* en place dans les environs, mais une variante, plus riche en graminées appétentes telles que la crénelle des prés (*Cynosurus cristatus* L.) et la flouve odorante (*Anthoxanthum odoratum* L.).

Dans les zones de replat, la végétation est plus luxuriante, elle s'apparente au *Crepido aureae-Cynosuretum* (Knapp & Dietl, 1972). La prairie de ce type, utilisée comme référence, est également dominée par la fétuque noirâtre, l'agrostide capillaire et le nard raide, recouvrant en

moyenne 8,7 %, 10,7 % et 10,4 % de la surface (tableau 6). Elle est par ailleurs composée d'espèces permettant de caractériser l'unité végétale, telles que le plantain lancéolé (*Plantago lanceolata* L.) et la crénelle des prés (*Cynosurus cristatus* L.), d'un recouvrement moyen de 6,5 % et 2,9%, en association avec la crépide orangée (*Crepis aurea* (L.) Cass.), occupant en moyenne 1,2 % de la prairie. Cette association constitue l'objectif de référence des ensemencements effectués dans le secteur A.1.2.

Physionomie de la végétation

La végétation développée suite au débroussaillage et à l'ensemencement est très hétérogène (fig. 2). Des zones de terre nue colonisées par des jeunes pousses se répartissent en mosaïque, avec des îlots de prairie déjà bien développés, d'une hauteur maximale moyenne de 1,27 m. Par ailleurs, des petits massifs d'espèces végétales de lisière et de forêt telles que le framboisier (*Rubus idaeus* L.), la violette de Rivinus (*Viola riviniana* Rchb.) ou le fraisier sauvage (*Fragaria vesca* L.), subsistent ponctuellement. Dans le secteur A.1.2, des zones engorgées favorisent le développement de petites zones humides et sont principalement colonisées par la laïche bleuâtre (*Carex panicea* L.), la laïche flasque (*Carex flacca* Schreb.), le jonc diffus (*Juncus effusus* L.) et le silène fleur de coucou (*Silene flos-cuculi* (L.) Clairv.).

Composition spécifique et taux de recouvrement

Au sein du site A.1, la distinction entre les individus issus des ensemencements et les individus de la même espèce mais qui se développent spontanément, est complexe. Ainsi, seules les jeunes pousses peu développées au sein des taches de terre nue ont été considérées comme issues du mélange grainier. Les individus déjà fleuris et/ou avec un développement racinaire important ont été considérés comme spontanés. Une grande partie d'entre eux provient des rémanents de la végétation présente avant les travaux et forme les îlots de prairie (Prunier, comm. pers. 2015).

Au sein du secteur A.1.1, un total de 84 espèces a été recensé. Parmi celles-ci, 18 espèces sur les 19 qui figurent dans la liste du mélange MG1 se sont développées. En revanche, seulement 13 d'entre elles ont été observées dans les zones de terre nue. On estime alors que 68 % des espèces ensemencées se sont développées. Ces dernières recouvrent en moyenne 7,4 % des surfaces ouvertes et l'agrostide capillaire domine la plupart du temps (avec un recouvrement moyen de 3,5 %) (tableau 7). Les individus spontanés figurant dans la liste d'espèces du mélange MG1 occupent en moyenne 18,5 % des surfaces ouvertes, 50,5 % des îlots de prairie et 40,8 % de l'ensemble des placettes. Ils représentent 82 % des individus développés au sein du secteur (fig. 3). Par ailleurs, les espèces spontanées, non issues du mélange, occupent une surface plus importante, en moyenne 18,5 % dans les zones de terre nue, 35,6 % au sein des fragments de prairies et 37,6 % sur l'ensemble des placettes (figures 4 et 5). Les

	Taux de recouvrement (%)	
	Réf. A.1.1	Réf. A.1.2
<i>Agrostis capillaris</i> L.	10,9	10,7
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	2,9	2,7
<i>Cynosurus cristatus</i> L.	0,1	2,9
<i>Dactylis glomerata</i> L.	5,5*	2
<i>Festuca nigrescens</i> Lam.	17,7	8,7
<i>Festuca rubra</i> L.	0	0,8
<i>Phleum pratense</i> L.	1	0
<i>Lotus corniculatus</i> L.	2,9	2,4
<i>Trifolium pratense</i> L.	0	2,9
<i>Campanula rotundifolia</i> L.	0,5	0
<i>Carum carvi</i> L.	2,2	1
<i>Centaurea jacea</i> L.	0,2	0,3
<i>Hypochaeris radicata</i> L.	0,2	0
<i>Leontodon autumnalis</i> L.	0,9	1,4
<i>Leontodon hispidus</i> L.	0	0,2
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	0,9	1,3
<i>Plantago lanceolata</i> L.	2,6	6,5
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeusch.	2,6	4,3
<i>Tragopogon pratensis</i> L. s.l.	0	0,3
Sol nu	4,5	0

* espèce non utilisée dans le mélange grainier

Tableau 6. Taux de recouvrement des espèces utilisées pour la végétalisation du site A.1 et proportion de sol nu au sein des écosystèmes de référence en été 2015.



Figure 2. Evolution temporelle de la végétation au sein du site A.1 entre novembre 2015 et juillet 2015. (Source : photos à gauche : Bovy 11/11/2014 - photos au centre : Pénault 18/06/2015 - photos à droite : Pénault 21/07/2015)

plus courantes sont l'alchémille vulgaire (*Alchemilla vulgaris* agr. sensu Heitz) et le nard raide (*Nardus stricta* L.). Les adventices occupent une surface inférieure à 3,3 % sur l'ensemble du secteur.

Au sein du secteur A.1.2, 76 espèces ont été recensées. Sur l'ensemble des placettes, 18 sur 21 d'entre elles figurent dans la liste du mélange grainier MG2, mais 15 seulement figurent dans les zones de terre nue. On estime alors que 71 % des espèces ensemencées se sont développées. Elles recouvrent 28,9 % des surfaces ouvertes. Les dominantes sont l'agrostide capillaire (*Agrostis capillaris* L.), la phléole des prés (*Phleum pratense* L.), la fétuque rouge (*Festuca rubra* L.), le trèfle des prés (*Trifolium pratense* L.) et le dactyle aggloméré (*Dactylis glomerata* L.) (tableau 8). Les individus spontanés figurant dans la liste d'espèces du mélange MG2 occupent en moyenne 3,6 % des surfaces ouvertes, 22,3 % des îlots de prairie et 8,3 % de l'ensemble du

secteur. Ils représentent 27 % des individus développés (figures 3, 4 et 5). Les autres espèces spontanées ont un recouvrement moyen de 22,9 % dans les zones de terre nue, de 62,2 % dans les îlots et de 30,7 % sur l'ensemble des placettes. Les adventices occupent moins de 5,9 % de la surface.

Par ailleurs, une analyse de variances (ANOVA) permet de tester les influences de 3 facteurs, - le type de mélange grainier, la densité de semis et l'altitude des placettes - sur le taux de recouvrement des différents

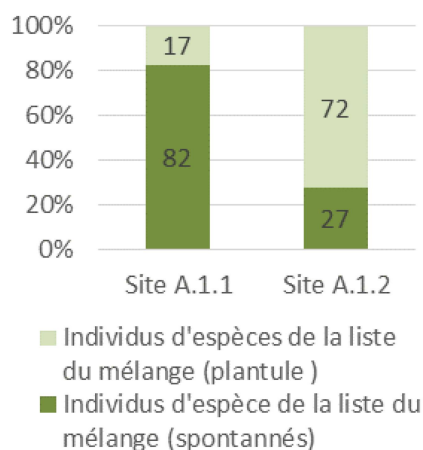


Figure 3. Part d'individus spontanés au sein des espèces de la liste des mélanges grainiers MG1 et MG2.

	Taux de recouvrement (%)	
	A.1.1	A.1.2
<i>Agrostis capillaris</i> L.	3.5	3.1
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	1.2	0.1
<i>Cynosurus cristatus</i> L.	0	0.4
<i>Dactylis glomerata</i> L.	X	2.9
<i>Festuca nigrescens</i> Lam.	1	X
<i>Festuca rubra</i> L.	X	4.1
<i>Phleum pratense</i> L.	X	12.5
<i>Lotus corniculatus</i> L.	0.3	1.2
<i>Trifolium pratense</i> L.	0.2	2.5
<i>Carum carvi</i> L.	0	0.1
<i>Centaurea jacea</i> L.	0.3	0.4
<i>Hypochaeris radicata</i> L.	0.3	0
<i>Leontodon autumnalis</i> L.	0.3	0.4
<i>Leontodon hispidus</i> L.	0.2	0.1
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	0.3	0.8
<i>Plantago lanceolata</i> L.	0.5	1.1
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeusch.	1	X

X : espèce non utilisée dans le mélange grainier

Tableau 7. Taux de recouvrement moyen des espèces du mélange dans les zones ouvertes du site A1 en été 2015.

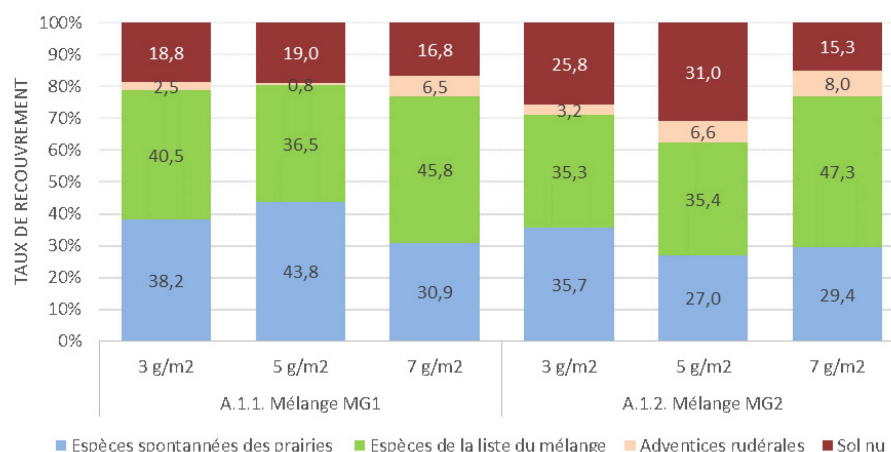


Figure 4. Taux de recouvrement des différents types d'espèces et proportions de sol nu, sur l'ensemble des placettes, en été 2015.

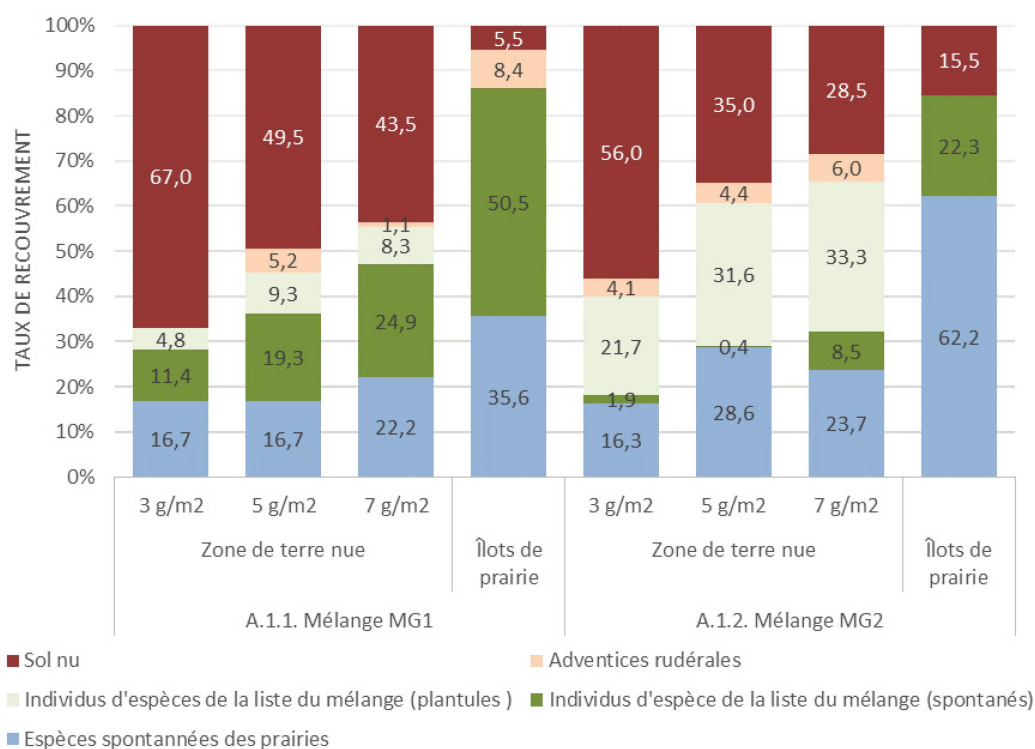


Figure 5. Taux de recouvrement des différents types d'espèces et proportions de sol nu, au sein des zones de terre nue et des îlots de prairie des placettes du site A.1, en été 2015 (données issues de transects ciblés sur les zones de terre nue et les îlots de prairie).

types d'espèces (tableau 8).

Les résultats indiquent que le taux de recouvrement des individus issus des semences est plus important dans le secteur A.1.2, tandis que celui des individus spontanés d'espèces de la liste du mélange domine le secteur A.1.1. La pente aurait une influence sur le taux de recouvrement des individus issus des semences : il est de moins en moins important dans les parties les plus hautes du site. Par ailleurs, le taux de recouvrement des individus spontanés d'espèces de la liste du mélange augmente au sein des placettes ensemencées selon une densité de 7 g/m².

En outre, une analyse de redondance permet de

préciser certaines relations entre la localisation des placettes dans la pente, les densités d'ensemencement et la fréquence de chaque espèce (figure 6).

Les résultats de ces analyses montrent que dans les deux secteurs, la topographie influence majoritairement la distribution et le recouvrement de la végétation. La densité des semences et les proportions de sol nu ne sont que secondaires.

Dans le secteur A.1.1, il est difficile de distinguer des cortèges de végétation homogène. En revanche, il est possible de voir que les espèces du mélange sont plus réactives que les espèces spontanées. Elles sont majoritairement disposées dans les valeurs négatives de

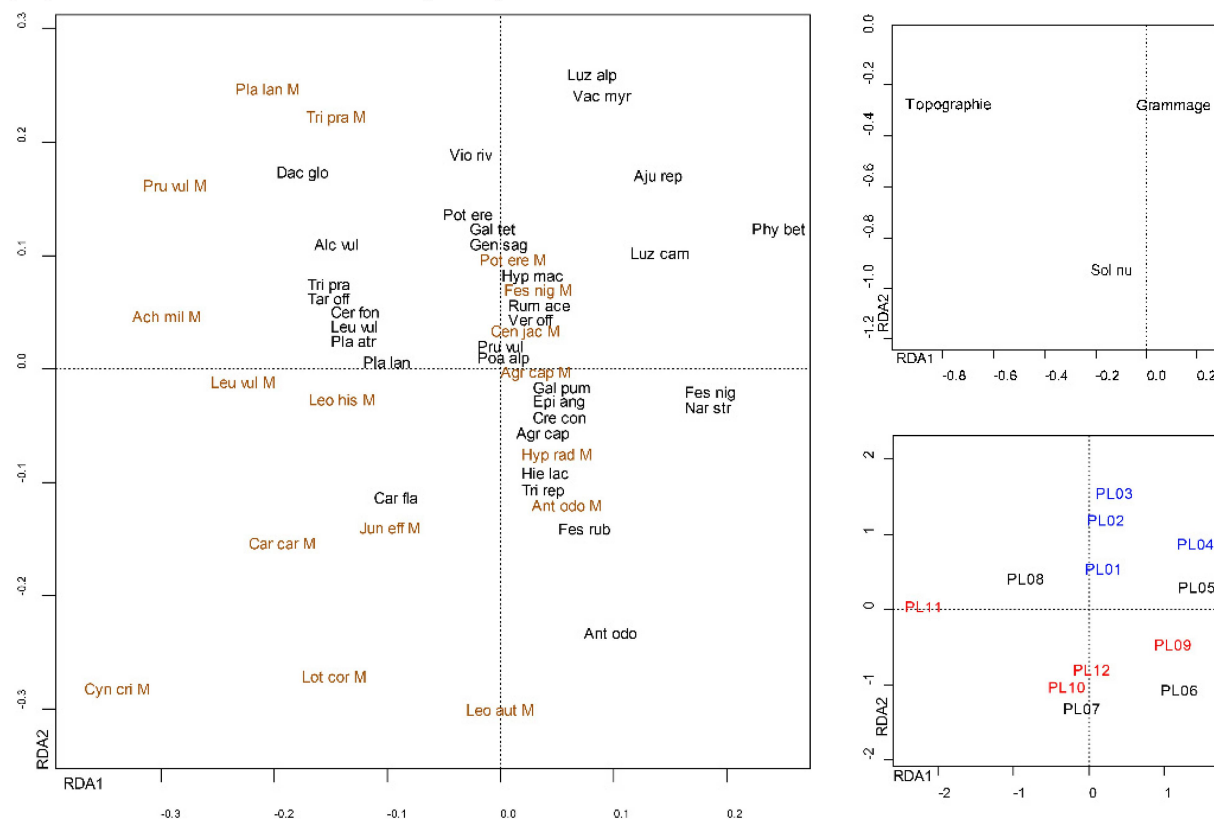
Facteur	DL	Valeur de F				
	M	M	SM	S	R	Sol nu
Mélange	1	19,7***	13,49***	0,95 NS	0,13 NS	3 NS
Grammage	2	2,08 NS	4,82**	0,34 NS	0,90 NS	3 NS
Altitude	7	5,60***	2,33 NS	1,09 NS	1,90 NS	1,48 NS
Type de modèle		ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA
R2 (%)		62,86	53,62	7,49	53,20	31,18
Transformation		Racine ²	Log+1	Aucune	Log +1	Aucune
Valeur de P : * [0.05 ; 0.1] ** [0.01 ; 0.05] *** [0 ; 0.01] NS. Non significatif						
DL : Degré de liberté M : Individu d'espèces de la liste du mélange (plantule) SM : Individu d'espèces de la liste du mélange (spontané) S : Espèce spontanée R : Espèce rudérale						

Tableau 8. Résultat des analyses de variances sur les données des zones de terre nue du site A.1.

l'axe 1, qui est expliqué par la position des placettes dans la pente et qui représente 40 % de la variance (figure 6). Il est possible de conclure que le taux de reprise du mélange a été plus efficace en bas de pente. La marguerite, (*Leucanthemum vulgare* Lam.) et l'achillée millefeuille (*Achillea millefolium* L.), semblent être les espèces les plus dépendantes de ce facteur. Les différences de densité d'ensemencement au sein des placettes influent moins sur les espèces du mélange. On note cependant que parmi les espèces du mélange, la fétuque noirâtre (*Festuca nigrescens* Lam.), l'agrostide capillaire (*Agrostis capillaris* L.) et dans une moindre mesure, le liondent d'automne (*Leontodon autumnalis* L.) sont davantage présents en cas de grammage élevé. Par ailleurs, les proportions de terre fine ont un effet plus significatif :

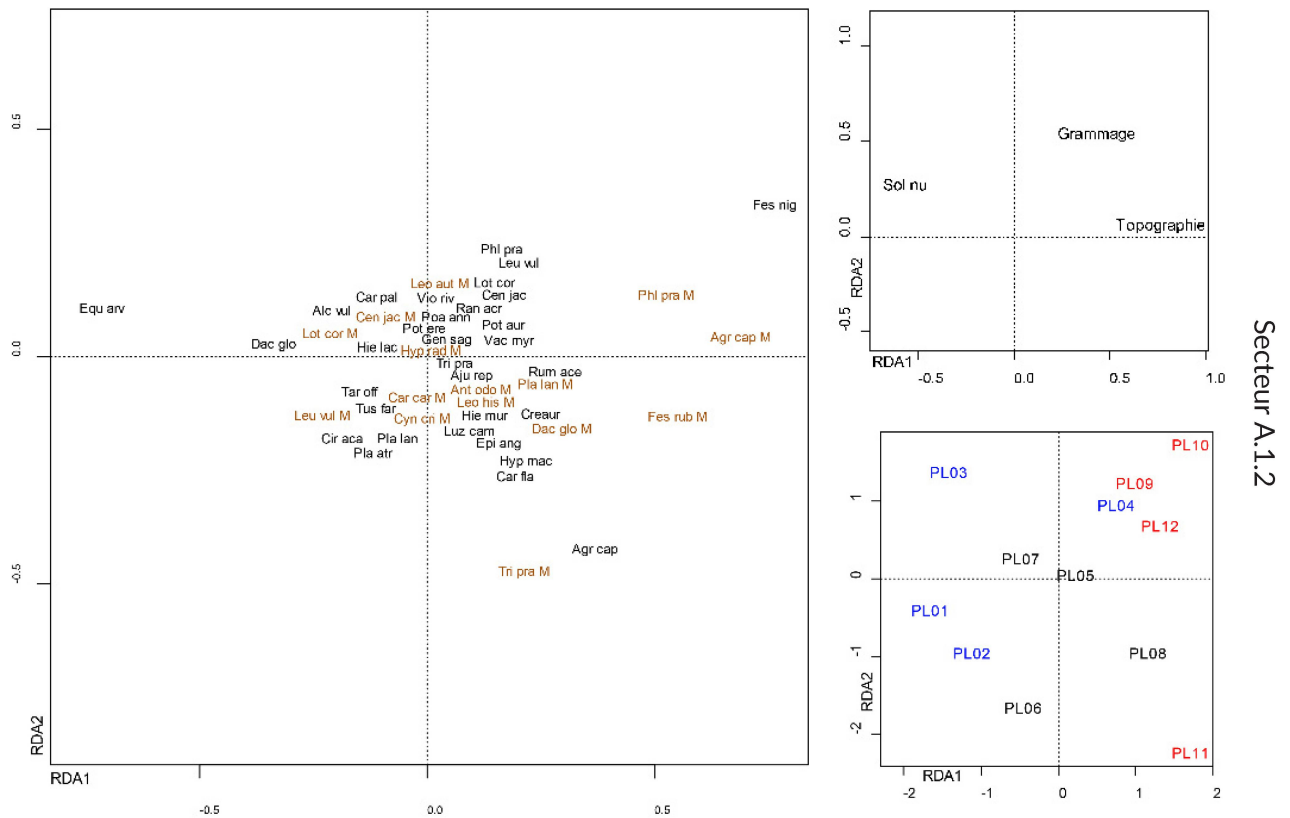
elles sont principalement expliquées par l'axe 2 qui ne représente que 30 % de la variance. Le liondent d'automne et le lotier corniculé (*Lotus corniculatus* L.) semblent être les espèces les plus influencées par ce facteur : elles occupent préférentiellement les zones ouvertes. Parmi les espèces spontanées, le sol nu va de pair avec l'agrostide capillaire, tandis qu'un grammage élevé va de pair avec la fétuque rouge (*Festuca rubra* L.).

Au sein du secteur A.1.2, la plupart des espèces identifiées sont concentrées à la valeur 0 des axes, ce qui traduit la faible influence des facteurs identifiés sur une grande majorité des espèces. On observe en revanche quelques espèces qui se détachent clairement du cortège central. Les individus issus des semences d'agrostide



Valeur d'inertie : RDA1 : 0,8171 soit 40 % de la variance RDA2 : 0,7266 soit 30 % de la variance Valeur de P : 0,15.

Analyse exceptionnellement basée sur la présence-absence des espèces pour pallier une distorsion provoquée par la surdominance de quelques espèces



Valeur d'inertie : RDA1 : 4,170 soit 60 % de la variance RDA2 : 1,646 soit 23 % de la variance Valeur de P : 0,04

Figure 6. Analyse de redondance sur 2 facteurs explicatifs et le cortège floristique du site A.2 (source : RDA réalisée par Béguin, 02/08/2015)

capillaire, de phléole des prés (*Phleum pratense* L.) et de fétuque rouge, sont visiblement favorisés en bas de pente. La fétuque noirâtre, non issue du mélange, suit la même tendance. Par ailleurs, le trèfle des champs et le liondent d'automne, issus du mélange, sont associés aux hautes densités d'ensemencement. Les individus spontanés, de phléole des prés, de marguerite et d'agrostide capillaire suivent la même tendance. Cette dernière espèce est également favorisée en bas de pente. La prêle des champs (*Equisetum arvense* L.) est associée avec la présence de sol nu.

CFPNE de Lullier – Site A.2

Le site A2, d'une superficie de 160 m², est divisé en 2 secteurs : A.2.1 et A.2.2, végétalisés selon les mêmes modalités que le site A.1. Chaque secteur comprend 9 placettes de 9 m².

Caractéristiques de l'environnement

La situation de plaine du site A.2, à une altitude de 442 m, offre des conditions climatiques plus clémentes qu'à Séraussaix. En revanche, l'environnement du site est totalement anthropique : il est occupé par les cultures et les infrastructures du CFPNE. Du fait de sa petite taille, sa topographie plane et régulière, ainsi que l'homogénéité de la nature du sol, les conditions pédologiques et climatiques sont relativement uniformes au sein du site.

Situation topographique

La topographie du site A2 est plane et régulière sur l'ensemble. On observe en revanche des micro-concavités sur la partie ouest des placettes, pouvant avoir une légère influence sur le flux de nutriments ainsi que sur la végétation.

Caractéristiques du sol

Le sol du site s'apparente à un anthroposol calcaire reconstitué, avec des horizons semblables à ceux d'un calcosol. Il a été mis en place il y a environ 40 ans, pour les activités horticoles du CFPNE sur une profondeur de plus de 60 cm. La texture du sol du site A2 est équilibrée avec une proportion de limons de 37,1 %, 36,2 % de sables et 26,7 % d'argiles (tableau 9). D'après le triangle des textures de Tavernier et Maréchal, ce sol est « argilo limoneux » (DE FORGES *et al.*, 2008). Le pH est basique (8) et la proportion de matière organique est faible (4%). Par ailleurs, le sol est très riche en nutriments.

Potentiel hydrique du sol

Les watermarks n'ayant pas été disposés sur ce site, aucune analyse tensiométrique n'a été réalisée. Il est tout de même possible de supposer que les périodes de sécheresse identifiées au sein des sites A.1, B.1 et B.2 ont également affecté le site A.2.

	Texture (%)					EG (%)	Concentration en nutriments (mg/kg)				pH	M.O. (%)
	Sables		Limons		Argiles		P	K	Mg	Ca		
	Fins	Grossiers	Fins	Grossiers								
Site A2	20,0	16,2	23,3	13,8	26,7	9,5	7,6	84,6	7,0	159	8,0	4,0

EG : éléments grossiers (> 2 mm) M.O. : matière organique pH : potentiel hydrogène

Tableau 9. Résultats des analyses de sol du site A.2.

(Source : laboratoire d'analyse des sols du centre de Lullier 31/07/2015)

Caractéristiques de l'écosystème de référence

Bien que les mélanges grainiers semés visent la mise en place de communautés végétales bien ciblées (décrites dans le chapitre traitant le site A1), les résultats en plaine ne seront sûrement pas les mêmes. On ne peut pas attendre le développement d'un *Croco albiflori-Genistetum sagittalis* ou d'un *Crepidio aureae-Cynosuretum* dans le contexte pédologique et climatique du CFPNE. Il n'y a alors pas d'écosystème de référence pour ces tests. Ces derniers visent uniquement à évaluer le succès de reprise des espèces du mélange et à étudier leur efficacité à concurrencer les adventices.

Physionomie de la végétation

On observe que la végétation est plus luxuriante à l'ouest des placettes, avec une hauteur maximale moyenne de 0,75 m et une hauteur optimale de 0,49 m. Ces dernières sont respectivement de 0,50 et 0,23 m à l'est, où la végétation est plus rase. Les semences se développent sous le couvert principal, dominé par des espèces rudérales (figure 7).

Contribution spécifique et taux de recouvrement

Sur l'ensemble du site, 58 espèces ont été recensées. Au sein du secteur A.2.1, 7 espèces sur 19 se développent, soit 36 % de celles qui ont été ensemencées. Elles recouvrent 19,6 % de la surface (tableau 10). Le secteur A.2.2 est occupé par 12 des 21 espèces du mélange MG2, soit 57 % de la liste. Elles occupent 20,9 % du secteur. Les fétuques, *Festuca rubra* L et *Festuca nigrescens* Lam.

sont les espèces du mélange occupant la plus grande surface, avec un taux de recouvrement moyen de 11,7 % et 11,9 % ; le plantain lancéolé (*Plantago lanceolata* L.), s'est aussi bien développé et occupe en moyenne 4,4 % de la surface du site.

Les neuf autres espèces issues du mélange grainier, présentes au sein du site, ne s'expriment que ponctuellement. Les espèces rudérales dominent majoritairement le site : elles occupent en moyenne 68,9 % du couvert. Les principales sont le laitron rude (*Sonchus asper* Hill), la galinsoga ciliée (*Galinsoga ciliata* (Raf.) S. F. Blake) et la renouée des oiseaux (*Polygonum aviculare* L.) (figure 8). Quelques espèces spontanées, typiques des prairies, telles que le trèfle rampant (*Trifolium repens* L.), le grand plantain (*Plantago major* L.) la luzerne lupuline (*Medicago lupulina* L.) et le pissenlit officinal (*Taraxacum officinale* aggr.) se sont implantées au milieu des adventices et occupent en moyenne 2,9 % du couvert.

Une analyse de variances (ANOVA) du taux de recouvrement des types d'espèces (du mélange, spontanées et rudérales) et 3 facteurs explicatifs potentiels (type de mélange grainier, densité de semis et localisation des placettes sur l'axe est-ouest) a permis de valider statistiquement certaines relations (tableau 11). Les résultats indiquent que les modalités techniques employées (différence de mélange grainier et de densité), ne traduisent pas de différence significative sur le taux de recouvrement des espèces issues du mélange entre les placettes. En revanche, la densité d'ensemencement semble influencer le taux de recouvrement des espèces rudérales qui serait significativement plus faible à une densité de 7 g/m². Par ailleurs, le taux de recouvrement



Figure 7. Evolution temporelle de la végétation au sein du site A.2 de juin à juillet 2015

(Source : photo de gauche : Pénault 17/06/15 – photo de droite : Pénault 14/07/15)

	Taux de recouvrement (%)	
	A.2.1	A.2.2
<i>Cynosurus cristatus</i> L.	0	0,5
<i>Dactylis glomerata</i> L.	X	0,5
<i>Festuca rubra</i> L.	X	11,7
<i>Festuca nigrescens</i> Lam.	11,9	X
<i>Lotus corniculatus</i> L.	0,5	0
<i>Trifolium pratense</i> L.	X	1,1
<i>Centaurea jacea</i> L.	0,5	0,5
<i>Hypochaeris radicata</i> L.	0,5	0,5
<i>Leontodon autumnalis</i> L.	0,5	1,7
<i>Leontodon hispidus</i> L.	0	0,5
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	0	0
<i>Plantago lanceolata</i> L.	4,27	4,5

X : espèce non utilisée dans le mélange grainier

Tableau 10. Taux de recouvrement moyen des espèces du mélange au sein du secteur A.2 en été 2015

des espèces du mélange est plus important sur la partie ouest du site alors que celui des espèces spontanées est plus important sur la partie est. Le recouvrement observé en sol nu n'est en revanche pas affecté par les facteurs retenus.

Les analyses de redondance sur la localisation des placettes par rapport à l'axe ouest-est, les densités d'ensemencement et le taux de recouvrement de chaque espèce précisent les relations mises en valeur par l'analyse de variance (figure 9). Il ressort de ces analyses que dans les 2 secteurs, l'axe 1, expliqué par la position ouest-est, représente plus de 50 % de la variance et constitue le facteur déterminant de l'organisation des cortèges de végétation. La renoncule rampante (*Ranunculus repens* L.), le réséda jaune (*Reseda lutea* L.), le grand plantain (*Plantago major* L.) et le pâturin annuel (*Poa annua* L.), sont nettement plus abondants en position

est. À l'inverse, le laiteron rude (*Sonchus asper* Hill) et le pourpier potager (*Portulaca oleracea* L.) sont concentrés dans les secteurs ouest. Par ailleurs, les densités de semis expliquent l'axe 2, qui représente plus de 30 % de la variance. L'axe 3 n'en représente que 15 % et est principalement expliqué par les proportions de terre nue. Ces 2 facteurs influent moins sur la distribution et le recouvrement de la végétation.

Dans le secteur A.2.1, les espèces ensemencées répondent diversement à la densité du semis : la fétuque noirâtre (*Festuca nigrescens* Lam.), la marguerite (*Leucanthemum vulgare* Lam), le cumin des prés (*Carum carvi* L.) et le lotier corniculé (*Lotus corniculatus* L.) ne sont que peu affectés par une densité de semis plus élevée. C'est le cas en revanche pour le plantain lancéolé (*Plantago lanceolata* L.) et le liondent hispide (*Leontodon hispidus* L.).

Dans le secteur A.2.2, le plantain lancéolé répond également mieux à une densité de semis plus élevée. Dans une moindre mesure, le liondent hispide, le dactyle aggloméré (*Dactylis glomerata* L.) et la fétuque rouge (*Festuca rubra* L.) y répondent également. Les autres espèces ne forment pas d'autres cortèges distincts.

Par ailleurs, les espèces du mélange répondent moins aux facteurs identifiés : elles restent concentrées vers la valeur 0 des axes (figure 9).

Carrières du Salève – Site B1

Le site B1, d'une superficie de 130 m², a été végétalisé par la plantation de 105 mottes de stipe calamagrostide.

Caractéristiques de l'environnement

L'environnement du site est totalement anthropique, il est cerné entre les infrastructures dédiées au tri et au transport des matériaux extraits au sein des carrières. Le

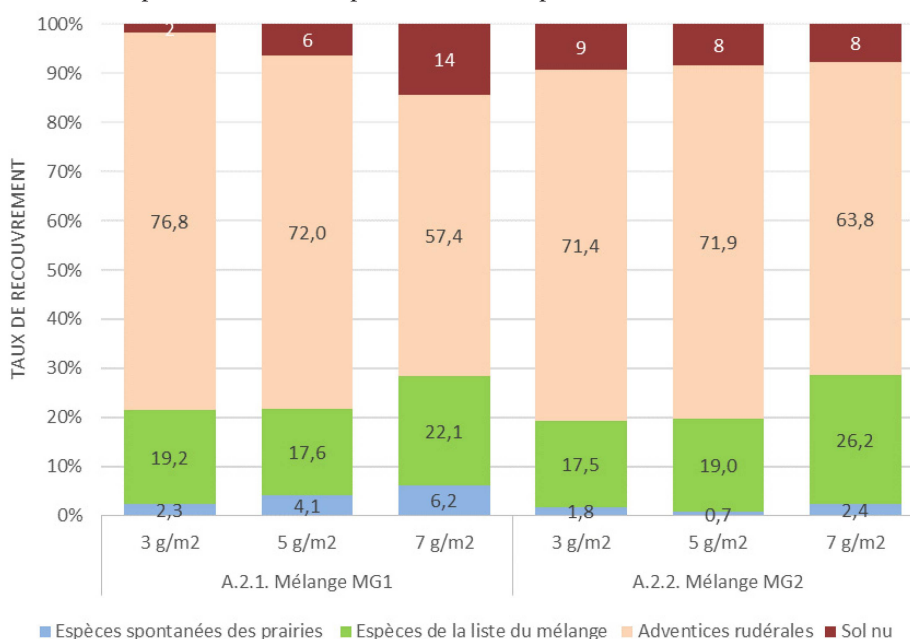


Figure 8. Taux de recouvrement des différents types d'espèces, et proportion de sol nu, au sein du site A.2 en été 2015

Facteur	DL	Valeur de F			
	M	M	S	R	Sol nu
Mélange	1	0,34 NS	0,37 NS	0	0,15 NS
Grammage	2	2,76 NS	2,75 NS	5.26 **	1,52 NS
Localisation O-E	2	3.47 *	3.73*	0.93 NS	0,20 NS
Type de modèle		ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA
R ² (%)		51,59	51,59	50,76	23,00
Transformation		Aucune	Log	Aucune	Aucune
Valeur de P : * [0.05 ; 0.1] ** [0.01 ; 0.05] *** [0 ; 0.01] NS. Non significatif					

DL : Degré de liberté M : Individu d'espèces de la liste du mélange
S : Espèce spontanée R : Espèce rudérale O-E : ouest-est

Tableau 11. Résultat des analyses de variance sur les données du site A.2

terrain, remanié, présente un substrat brut et grossier sur l'ensemble des zones environnantes.

Situation topographique

Le site végétalisé est un talus, d'une pente régulière de 72 %. En amont, une petite butte de 0,80 m de haut surplombe la zone. En aval, le talus est interrompu par un léger replat, soutenu par un mur en pierre.

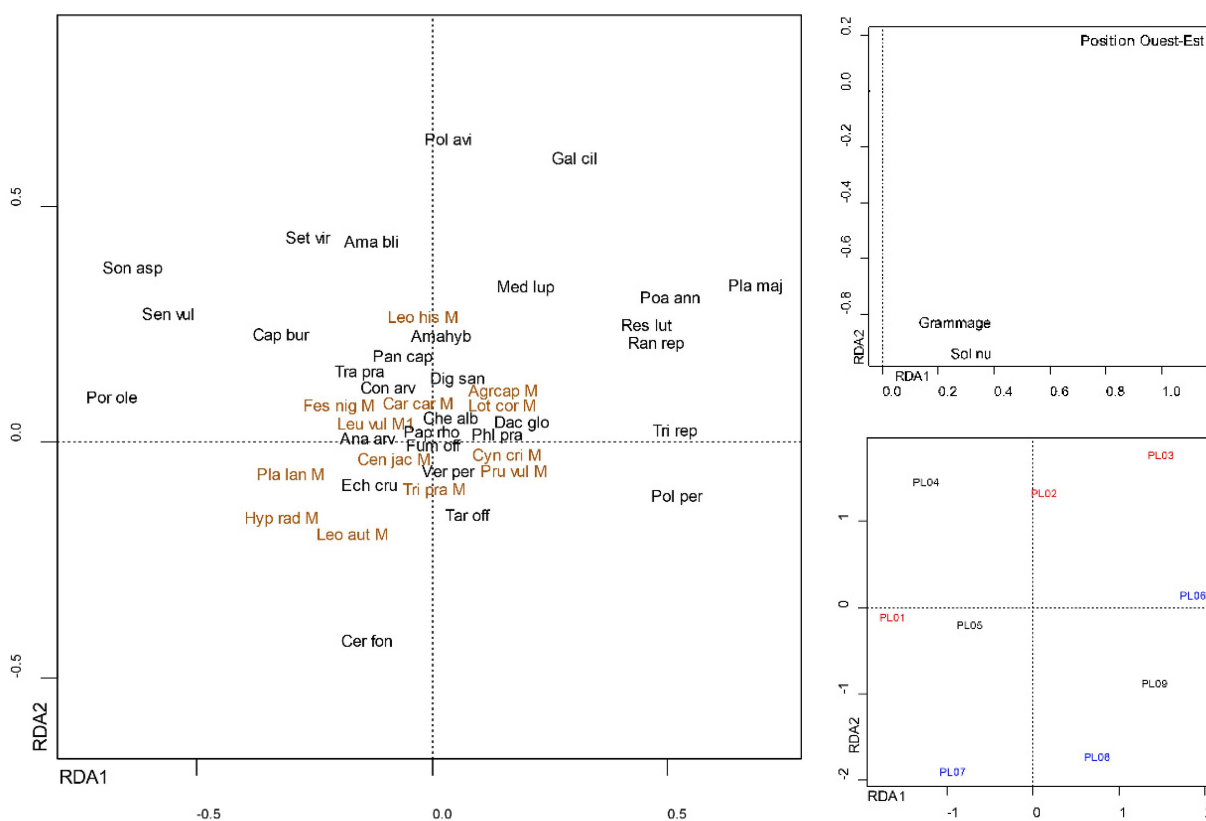
Caractéristiques du sol

Le sol du site B1 est composé en moyenne de 57,7 %, de sables, de 20,1 % de limons et 13,2 % d'argiles, il est constitué de « loam sablonneux », selon le triangle des textures de Tavernier et Maréchal (tableau 12). Le pH, d'une valeur de 8,1, est basique. La proportion de

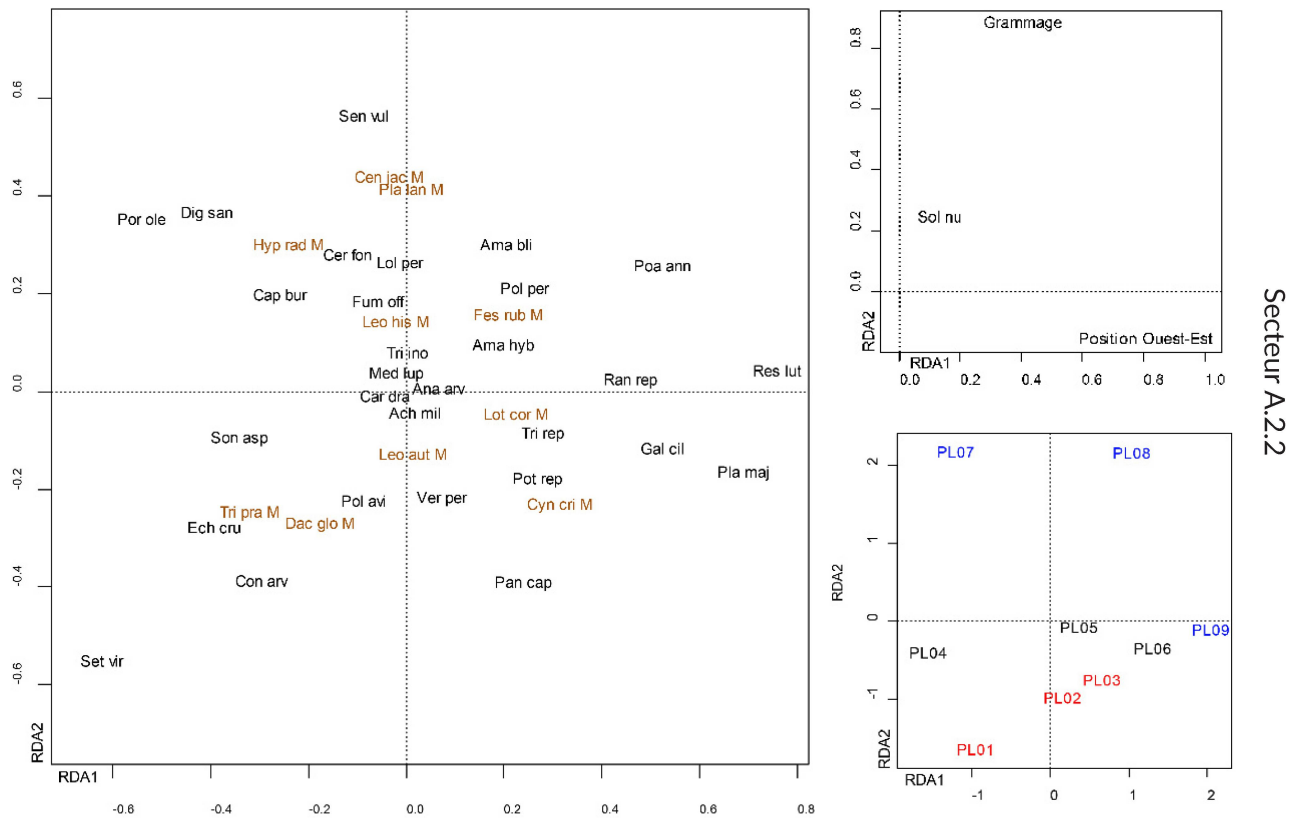
matière organique est très faible (1,4 %) et la teneur en nutriment semble similaire à celle relevée au sein du site B.2. La teneur en potassium est en revanche largement inférieure au sein du site B.1. (tableau 13).

Potentiel hydrique du sol

Les watermarks du site B.1 et du site B.2, ont enregistré les mêmes tendances. Les données indiquent une répétition de petites périodes de sécheresse de quelques jours au mois de mai et de juin, avec un potentiel hydrique montant jusqu'à 150 centibars, puis une période beaucoup plus importante à partir du 23 juin jusqu'aux derniers enregistrements récoltés, plafonnant à 250 centibars.



Valeur d'inertie : RDA1 : 6,549 soit 52 % de la variance RDA2 : 3,969 soit 31 % de la variance Valeur de P : 0,01



Valeur d'inertie : RDA1 : 6,077 soit 50 % de la variance RDA2 : 4,069 soit 33 % de la variance Valeur de P : 0,005

Con arv : 3 premières lettres du genre suivies des 3 premières lettres de l'espèce. Préfixe M : espèce du mélange.

PL01 : placette et son numéro. Position ouest-est : – petites valeurs : Ouest – grandes valeurs : Est

Figure 9. Analyse de redondance sur 2 facteurs explicatifs et le cortège floristique du site A.2.

(Source : RDA réalisée par Béguin 02/08/2015)

Caractéristiques de l'écosystème de référence

L'écosystème de référence du site serait le *Stipetum calamagrostis*, mais l'ensemencement réalisé en 2014 biaise les résultats de l'état initial après travaux. En effet, le ray gras anglais, (*Lolium perenne* L.), espèce normalement absente dans ce type de milieu, figure dans la liste du mélange et domine le site (Figure 10).

Physionomie de la végétation

Les mottes de stipe sont réparties en lignes sur l'ensemble du site, elles sont dominées par le ray gras anglais, recouvrant l'ensemble du secteur.

Taux de reprise des mottes

La végétalisation par plantation de mottes présente des résultats positifs : 65 % des mottes développent ou ont développé des inflorescences, 18 % ont séché mais

redéveloppent des jeunes feuilles et 17 % des mottes sont sèches et sans nouvelles feuilles. L'ensemble des parties vertes recouvre 4,5 m², soit 3,5 % de la surface du site. Un total de 316 inflorescences se sont développées, soit une moyenne de 3 par motte.

Carrières du Salève – Site B.2

Le site B2, d'une superficie de 4'300 m², a été végétalisé par paillage d'inflorescence sur 80 m² et par semis hydraulique sur le reste de la surface, à partir du mélange MG4.

Caractéristiques de l'environnement

Le secteur est cerné par une zone d'éboulis à l'ouest, une zone de remblai colonisée par le tussilage (*Tussilago farfara* L.) s'apparentant au *Poo-Tussilaginetum* au sud, une forêt climacique de chênes de type *Quercion pubescenti-petraeae* à l'est et des groupements de débris

	Texture (%)					EG (%)	Concentration en nutriments (mg/kg)				pH	M.O. (%)
	Sables		Limons		Argiles		P	K	Mg	Ca		
	Fins	Grossiers	Fins	Grossiers								
Site B1	14,9	42,8	20,1	9,0	13,2	88,3	<0,7	12,2	3	186	8,1	1,4

M.O. : matière organique pH : potentiel hydrogène EG : éléments grossiers (> 2 mm)

Tableau 12. Résultats des analyses de sol du site B.1.

(source : laboratoire d'analyse des sols du centre de Lullier 31/07/15)



Figure 10. Etat de la végétation du site B.1, 2 mois après travaux.



Figure 11 : Etat de la végétation du site B.2, 2 mois après travaux.

rocheux calcaires fins appartenant à l'*Achnatheretum calamagrostis* à l'est et au nord. Cette dernière association constitue l'écosystème de référence.

Situation topographique

En amont, la pente démarre en lisière entre la chênaie et l'*Achnatheretum calamagrostis* et rejoint en aval la zone d'éboulis. L'ensemble du site est escarpé, avec une pente de 73 % sur les 33 premiers mètres, de 78 % sur les 32 mètres suivants, puis de 46 % sur les 35 derniers mètres. La zone est exposée nord-est.

Caractéristiques du sol

D'après le triangle des textures de Tavernier et Maréchal, le sol du site B2 est « sablo-limoneux » avec une proportion de sables de 65,9 %, 25,2 % de limons et 8,8 % d'argiles (tableau 13). Le pH, d'une valeur de 8, est basique. La proportion de matière organique est très faible au sein du site (1,65 %) et semble être plus importante au sein de l'écosystème de référence (2 %). Hormis une teneur en potassium plus importante au sein du site B2, la teneur en nutriments est relativement similaire entre les prélèvements.

Potentiel hydrique du sol

Les données enregistrées sont similaires à celles relevées au sein du site B.1.

Caractéristiques de l'écosystème de référence

L'*Achnatheretum calamagrostis* de référence est localisé en pied de falaise sur les secteurs pentus. Son substrat est brut, composé principalement de cailloux, d'une taille inférieure à 10 cm de diamètre. Dans ces conditions, la rétention en eau est très faible. Des relevés linéaires réalisés en 2013 sur ce secteur relèvent la présence de 15 à 21 espèces qui recouvrent moins de 50 % de la surface (PRUNIER & GREULICH, 2013) (tableau 14). Deux néophytes se sont développées (la lavande vraie (*Lavandula angustifolia* Mill.) et le buddléia de David (*Buddleja davidii* Franch.) et représentent 4 % des espèces présentes. L'espèce structurante est la stipe calamagrostide. Son taux de recouvrement est de 35 % à 52 %. Les zones de terre nue dominent sur 61,3 % et 43,1 % de la surface.

Physionomie de la végétation

La végétation du site est presque absente (figure 11). On observe en amont quelques rejets de végétaux antérieurement présents et des jeunes pousses issues du mélange grainier.

Contribution spécifique et taux de recouvrement

La végétation du site recouvre moins de 1 % de la surface. La méthode des points contact n'a pas permis de représenter le peu d'individus présents. De ce fait, toutes les plantules ont été dénombrées sur l'ensemble des placettes du site (Tableau 15).

	Texture (%)					EG (%)	Concentration en nutriments (mg/kg)				pH	M.O. (%)
	Sables		Limons		Argiles		P	K	Mg	Ca		
	Fins	Grossiers	Fins	Grossiers								
Site B2 hp*	15,4	47,4	18,6	9,0	9,6	88,3	1	68,1	3,0	186	8,1	1,7
Site B2 bp*	13,1	56,0	15,6	7,3	8,0	81,7	<0,7	60,8	3,7	182	8,0	1,6
Réf*	13,8	55,0	14,5	7,6	9,0	87,2	<0,7	12,8	2,8	186	8,0	2,0

M.O. : matière organique pH : potentiel hydrogène EG : éléments grossiers (> 2 mm) hp : haut de pente bp : bas de pente Réf : écosystème de référence

Tableau 13. Résultats des analyses de sol du site B.2.

(source : laboratoire d'analyse des sols du centre de Lullier 31/07/15)

	Taux de recouvrement (%)	
	Transect 1	Transect 2
<i>Achnatherum calamagrostis</i> (L.) P. Beauv	34,0	52,0
<i>Sanguisorba minor</i> Scop. s.str	0,9	0
<i>Campanula rotundifolia</i> L.	1,9	2,9
<i>Acer opalus</i> Mill.	0,9	1,0
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	0	1,0
Sol nu	61,3	43,1

Tableau 14. Taux de recouvrement des espèces et proportion de sol nu, occupant l'écosystème de référence en 2013. (source : PRUNIER & GREULICH, 2013)

Au sein du secteur B.2.1, 4 pousses de stipe calamagrostide se développent, une autre pousse semble provenir d'une ancienne souche. Un pied de petite pimprenelle, *Sanguisorba minor* Scop. s.str., s'est développé. Il pourrait provenir du semis hydraulique effectué à proximité.

Au sein du secteur B.2.2, 6 espèces sur 18 se sont développées, soit 33 % des espèces du mélange. La stipe calamagrostide, le brome dressé (*Bromus erectus* Huds. s. l.) et la fétuque lisse (*Festuca laevigata* Gaudin s.l.) sont les espèces les plus développées, avec respectivement 9, 16 et 6 individus. Cinq autres individus de stipe calamagrostide provenant de souches sèches se sont développés. Ces individus ne proviennent pas du sol actuel, mais de l'*Achnatherum calamagrostis* en place avant le glissement de terrain.

Les données relevées lors de l'étude, peu de temps après les ensemencements, sont trop maigres pour pouvoir effectuer des analyses statistiques et observer des tendances.

Analyse des données

Sur l'ensemble des sites étudiés, les conditions météorologiques ont été relativement semblables : une période de sécheresse intense a débuté fin juin - début juillet. La végétation a été soumise à un stress de longue durée, pouvant être limitant pour le développement des espèces ensemencées. En revanche, les individus spontanés, déjà en place dans le sol, et les adventices qui

	Nombre d'individus	
	B.2.1	B.2.2
<i>Achnatherum calamagrostis</i> (L.) P. Beauv	4	9
<i>Bromus erectus</i> Huds. S.l.	0	16
<i>Festuca laevigata</i> Gaudin s.l.	0	6
<i>Sesleria caerulea</i> (L.) Ard.	0	2
<i>Dianthus sylvestris</i> Wulfen	0	1
<i>Sanguisorba minor</i> Scop. S.str.	1*	5
<i>Plantago lanceolata</i> L.	0	7

* espèce non utilisée pour l'aménagement

Tableau 15. Nombre d'individus d'espèces du mélange au sein du secteur B.2 en été 2015.

se sont développées avant la canicule, ont probablement mieux résisté aux conditions difficiles. Ils sont en revanche quasiment absents dans les sites B.2.1 et B.2.2 où le substrat est brut et où seuls les végétaux utilisés pour les aménagements (adaptés aux conditions locales) ont réussi à se développer.

Alpage de Séraussaix - site A.1

Bien que les conditions écologiques soient plus difficiles en montagne qu'en plaine, le site A1 présente des conditions favorables au développement d'une prairie. Le sol en place avant les aménagements contenait des fragments d'appareil racinaire et/ou aérien de plantes qui se sont développées au sein de l'ancien pâturage boisé. Le site est à présent majoritairement occupé par des îlots d'espèces relictuelles ; celles inféodées aux prairies sont les plus favorisées par la réouverture du milieu. Une grande part de ces espèces spontanées figure dans la liste du mélange grainier, ce qui confirme la pertinence du choix des espèces composant les semences. Les individus issus des ensemencements se sont développés beaucoup plus lentement et occupent les zones de sol nu non concurrencées par les individus spontanés. Le secteur A.1.2, situé dans une légère zone de replat à l'aval du secteur A.1.1 a été enrichi par ruissellement et lixiviation et présente des conditions favorables à la croissance des végétaux. La reprise des semences a été efficace dans ce secteur. En revanche, le succès des ensemencements dans le secteur A.1.1 est moins satisfaisant, probablement à cause des conditions stationnelles moins favorables. On peut également supposer qu'une partie des graines a été déplacée en aval, par ruissellement, lors de pluies importantes (PRUNIER, comm. pers. 2015). La topographie et les variations écologiques qu'elle induit ont donc une forte influence sur le recouvrement et la répartition de la végétation, les analyses statistiques démontrent que ces tendances sont également valables au sein même des secteurs. En revanche, les densités d'ensemencement ne présentent que peu d'influence, seules quelques espèces issues des semences semblent réagir aux hautes densités. Certaines espèces spontanées suivent les mêmes tendances. Il est cependant difficile de conclure que certaines espèces spontanées ont été favorisées par les ensemencements, peut-être que les individus identifiés ont été confondus avec des individus issus des semences. Le maintien des suivis sur les années suivantes sera nécessaire pour comprendre cette tendance. Par ailleurs, la part d'espèces rudérales est très faible, le terrain n'a pas trop été perturbé et la végétation prairiale est rapidement dominante. En outre, il est possible de conclure à partir de la composition spécifique du site, semblable à celle de l'écosystème de référence, que le milieu évolue vers la trajectoire souhaitée. Le succès de l'aménagement est assuré principalement par les individus spontanés.

CFPNE de Lullier - Site A.2

Au sein de ce site, les conditions écologiques de plaine

sont favorables à la croissance des végétaux. En revanche, l'origine anthropique du sol sur lequel la végétation se développe est moins favorable au développement d'une prairie. Les pratiques antérieures, principalement horticoles, ont favorisé le développement des adventices rudérales. Ces espèces, déjà en place sous forme de graines avant les aménagements, se sont développées tôt dans la saison et ont rapidement formé un couvert, dominant l'ensemble du secteur. La physionomie générale du site est donc plus semblable à un terrain en friche qu'à une prairie. Les espèces du mélange, bien que plus discrètes, ont tout de même réussi à se développer et devraient progressivement dominer et concurrencer les adventices au fil des années. Les espèces spontanées sont presque absentes, elles n'étaient probablement pas en place avant les aménagements. De plus, aucune prairie naturelle n'occupe les environs sur un rayon de 250 m, ce qui rend la dissémination de ces espèces difficile. Par ailleurs, les différences de densité influent peu sur la distribution et le recouvrement de la végétation : seules quelques espèces du mélange recouvrent mieux les zones densément semées et les adventices sont moins présentes au sein des placettes ensemencées à 7g/m². Cette dernière tendance est difficilement explicable par les techniques testées. En effet, les adventices ne sont pas encore concurrencées par les espèces issues du mélange grainier. Seul le maintien du suivi de la végétation du site pourra permettre de valider ou infirmer cette tendance. D'autre part, la localisation des placettes sur l'axe Ouest-Est semble influencer sur le taux de recouvrement des espèces du mélange et des espèces spontanées ainsi que sur des cortèges de végétation d'espèces rudérales. Étant donné que les techniques testées sont les mêmes le long de cet axe, ces variations seraient plutôt expliquées par des facteurs écologiques que par les essais expérimentaux. Les micro-concavités de la partie Ouest du secteur, où la végétation est plus luxuriante, sont susceptibles d'expliquer ces tendances.

Carrières du Salève

Les conditions écologiques des sites aux carrières du Salève sont peu favorables au développement spontané de végétaux. De par son caractère pionnier, le sol est très pauvre en matière organique et en nutriments. De

plus, il n'était pas occupé par la végétation avant les aménagements. La végétation identifiée lors de l'étude résulte presque uniquement des travaux de végétalisation.

Carrières du Salève – Site B.1

Le site B1 a été colonisé par les semences Millet. Les espèces composant le mélange ne sont pas toutes adaptées aux conditions écologiques locales, mais arrivent à se maintenir grâce aux engrais utilisés lors de l'ensemencement hydraulique. Lorsque les engrais n'auront plus d'effet fertilisant sur le sol, la survie de ces espèces est compromise à long terme. Seule la stipe calamagrostide est susceptible de perdurer dans le temps : elle occupe déjà spontanément une grande partie des surfaces au substrat brut au sein des carrières et les mottes plantées au sein du site ont un taux de reprise satisfaisant.

Carrières du Salève – Site B.2

Les aménagements au sein du site, récents de 3 mois, ne présentent pas encore de résultats satisfaisants : la végétation, encore jeune, commence à peine à se développer et la période de sécheresse a probablement ralenti sa croissance. Il est malgré tout possible de noter que, hormis quelques souches de stipe calamagrostide, les quelques individus développés semblent être tous issus des aménagements. Par ailleurs, le taux de recouvrement de la végétation est moins important qu'au sein du site B1, la technique de plantation de mottes montre donc des résultats satisfaisants plus rapidement.

Conclusion

Le suivi des essais expérimentaux, quelques mois après les aménagements, a permis d'observer des premières tendances sur le comportement de la végétation (tableau 16) :

- sur des sols évolués, les espèces issues des aménagements se développent plus lentement que les espèces spontanées et que les adventices. Cette tendance s'inverse sur des sols pionniers au substrat brut ;

Site	Secteur	Technique testée	Date des travaux	Conditions Climatiques	Conditions pédologiques	Taux de recouvrement (%)		
						M	S	R
A.1	A.1.1	Semi MG1 : 3-5-7 g/m ²	27/10/2014	Difficiles*	Assez favorables*	5,6	49,3	6,15
	A.1.2	Semi MG2 : 3-5-7 g/m ²	27/10/2014		Favorables*	21,5	40,9	3,6
A.2	A.2.1	Semi MG1 : 3-5-7 g/m ²	22/04/2015	Favorables*	Assez favorables*	19,6	4,2	68,7
	A.2.2	Semi MG2 : 3-5-7 g/m ²	22/04/2015			20,9	1,6	69,1
B.1		Plantation de mottes de stipes : 0,8 pce/ m ²	29/04/2015	Favorables*	Extrêmes*	3,5	X	X
B.2	B.2.1	Paillage de stipes : 250 pce/ m ²	30/04/2015			< 1	0	0
	B.2.2	Semi MG4 : 4 g/m ²	04/05/2015			< 1	0	0

* **Extrêmes, difficiles, favorables, assez favorables** : pour le développement de végétaux

M : espèce issue des aménagements **S** : espèce spontanée **R** : espèce rudérale **X** : non évalué

Tableau 16. Synthèse des résultats du suivi des sites expérimentaux.

- les sites situés dans un environnement anthropique sont dominés par les adventices, tandis que ceux localisés dans un environnement naturel sont dominés par des espèces spontanées. Dans ce dernier cas, la végétation spontanée assure des résultats satisfaisants et conduit les aménagements dans la trajectoire visée ;
- les différents mélanges et grammages testés traduisent peu de variations dans le recouvrement et la distribution de la végétation. En revanche, les variations des facteurs écologiques, en partie provoquées par la (micro) topographie du terrain, ont un effet significatif ;
- la plantation de mottes de stipe calamagrostide présente des résultats satisfaisants plus rapidement que l'épandage d'inflorescences ou le semis hydraulique.

Ces résultats confirment que les milieux les plus perturbés sont peu colonisés spontanément par une végétation cible. Dans ce contexte, l'utilisation de techniques interventionnistes se justifie. Elle est en revanche à limiter dans des milieux plus résilients.

Afin de mieux comprendre les relations complexes entre les composantes indispensables à considérer pour choisir le type de végétalisation à entreprendre, un modèle simplifié, issu des constatations de l'étude, peut être proposé :

Degré d'intervention = résilience du site* x
importance de la dégradation x objectifs ciblés

*Résilience = conditions climatiques x conditions pédologiques x
type de végétation antérieure aux aménagements

Par ailleurs, les observations effectuées permettent d'établir certaines hypothèses, utiles pour les restaurateurs d'écosystèmes dégradés :

- sur substrat brut, la plantation de mottes est la modalité technique à envisager si un résultat rapide et efficace des aménagements est nécessaire ;
- au sein des alpages, il est plus judicieux d'ensemencer à une densité de 3 g/m² pour des raisons économiques, surtout dans les zones les plus fertiles ;
- le maintien d'îlots de propagation avant quelconques aménagements pouvant dégrader un site, permet à la végétation spontanée de recoloniser le milieu plus rapidement que la restauration par ensemencement.

Ces hypothèses pourront être précisées, complétées, validées et/ou infirmées sur le long terme, grâce aux suivis de la végétation dans les années à venir. Elles ne sont valables que dans des contextes similaires à celui des sites étudiés. Par ailleurs, au sein des alpages, de nouveaux essais avec des placettes témoins permettront de voir jusqu'à quel point les ensemencements contribuent significativement à la recolonisation du milieu. Il sera aussi possible d'apprécier les conditions dans lesquelles la végétation spontanée suffit à la restauration d'une prairie. Pour les carrières du Salève, les résultats des années à venir permettront d'évaluer, en fonction des moyens techniques employés, l'impact des aménagements sur le recouvrement de la végétation et la vitesse de colonisation.

Les retours d'expériences de travaux de végétalisation sont indispensables pour évaluer la pertinence des aménagements. Le suivi des résultats est donc une phase majeure de la restauration, trop souvent oubliée, qui peut être aussi importante que l'aménagement. Elle permet d'améliorer significativement l'état de la connaissance en génie végétal. D'autant plus lorsque les résultats peuvent être comparés d'un site à l'autre. De ce fait, continuer à favoriser la concertation entre les acteurs concernés par les techniques de végétalisation à partir de plantes locales et mettre en place une méthode commune de suivi des expérimentations permettrait de partager et enrichir les expériences. En outre, de nouveaux essais, utilisant les végétaux locaux, pourront être mis au point. Ils pourront s'appliquer à des sites similaires à ceux existant, mais aussi dans de nouvelles zones, aux contextes socio-économique et écologique différent. Ces recherches permettraient sur le long terme, d'avoir un recueil d'expériences permettant aux restaurateurs de choisir les meilleures modalités d'aménagement possibles, adaptées au contexte local des sites.

« Depuis plus de 200 ans, l'homme a pris conscience de l'importance des dégradations de l'environnement dues à ses propres activités et de la nécessité d'intervenir pour réhabiliter les terrains ainsi perturbés » (Dinger, 1997). Aujourd'hui, les connaissances techniques et scientifiques sur la restauration écologique n'ont cessé de s'améliorer grâce aux progrès en recherche appliquée. En revanche, ces avancées permettront-elles de faire face à la crise majeure de la biodiversité du XXI^{ème} siècle ?

Remerciements

Ce travail de Bachelor n'aurait pas pu aboutir sans le soutien et les conseils de nombreuses personnes au cours des différentes étapes d'organisation, de terrain et de rédaction. Ainsi, je tiens d'abord à remercier mon représentant Hepia et conseiller scientifique : Patrice Prunier.

Un grand merci également à tous les assistants, professeurs, chargés de cours, stagiaires et laborantins de Hepia : Daniel Béguin, Charlene Heiniger, Jane Orouke, Victor Bovy, Laure Figeat, Daniel Comte, Aline Chambettaz, Sylvain Mischler, Pierre-André Frossard et Ralph Thielen.

Références citées

- BONIN, L., EVETTE, A., FROSSARD, P.A., PRUNIER, P., ROMAN, D., & VALE, N. (2013). *Génie végétal en rivière de montagne : connaissances et retours d'expériences sur l'utilisation d'espèces et de techniques végétales : végétalisation de berges et ouvrages bois (Geni'Alp)*. Besançon, Interreg, 318 p.
- CONCHOU, O., FEULLAS, D., DINGER, F., CROSAZ, Y., LUMARET, R., UHRES, E., COHEZ, V., COLLILIEUX, G., MOIROUD, C., COLOMB, P., et BERTRAND, E. (1999). L'approvisionnement en espèces végétales locales dans les aménagements : quels enjeux pour la diversité végétale ? *Actes des journées techniques*, Paris, Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement, 102 p.
- DE FORGES, A. R., FELLER, C., JAMAGNE, M., & ARROUAYS, D. (2008). Perdus dans le triangle des textures. *Etudes et gestion des sols* 15 : 97-111.
- DINGER, F. (1997). *Végétalisation des espaces dégradés en altitude*. [s.l.], Cemagref, 144 p.
- PRUNIER, P., FROSSARD, P. A., FIGEAT, L., BOVY, V. (2014). Les carrières du Salève, projet de végétalisation. *Hepia*, 11 p.
- FROSSARD, P. A. et PRUNIER, P. (2014). *Semences du Mt-Blanc, restauration de milieux herbacés/alpage de Séraussaix*. Genève, Hepia, 4 p.
- PRUNIER, P. & GREULICH, F. (2013) *Etude de la végétation des carrières du Salève*. Genève, Hepia, 35 p.
- SCHIECHTL, B. & STERN, R. (1992). *Handbuch für naturnahe Erdbau : eine Anleitung für ingenieurbio-logische Bauweisen*. Wien, Oesterreichischer Agrarverlag, 153 p.
- SCOTTON, M. (2013). *General conditions for an European Native Plant Certificate*. SALVERE, 4 p.

Autres références bibliographiques utiles aux aménagistes et restaurateurs d'espaces naturels :

- ADAM, P., DEBIAIS, F., GERBER, F. & LACHAT, B. (2008). *Le génie végétal : un manuel technique au service de l'aménagement et de la restauration des milieux aquatiques*. La Documentation française, Paris, 290 p.
- ARONSON, J., FLORET, C., LE FLOC'H, E., OVALLE, C. & PONTANIER, R. (1995). Restauration et réhabilitation des écosystèmes dégradés en zones arides et semi-arides. Le vocabulaire et les concepts. *L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ?* Montrouge, J. Libbey, Eurotext, p. 11-29.
- BARRET, P. (1994). *Territoires dégradés, quelles solutions ? 33 expériences de génie écologique pour valoriser les espaces abandonnés ou menacés*. Paris, Fondation de France, 116 p.
- CHANTELOUP, L., GRANJOU, C. & GAUCHERAND, S. (2010). De la réparation à la restauration. La revégétalisation des pistes de ski à l'Alpe d'Huez. *Journal of Alpine Research* 93 (3), p. 483-506.
- CHAPUIS, J. L., DÉCAMP, H., BARNAUD, G. & BARRE, V. (2002). Programme national de recherche « Recréer la Nature » : réhabilitation, restauration et création d'écosystèmes. *Actes du colloque de Grenoble* (11-13 septembre 2001), *Rev. Ecol. TerreVie*, p. 1-261.
- CORNIER, T., HENRY, E., TOUSSAINT, B., DUHAMEL, F. & BLONDEL, C. (2011). *Guide pour l'utilisation de plantes herbacées pour la végétalisation à vocation écologique et paysagère en région Nord-Pas de Calais*. Centre Régional de Phytosociologie / Conservatoire Botanique National de Bailleul, pour Le Conseil Régional Nord-Pas de Calais et La DREAL Nord-Pas de Calais, 56 p.
- DERRON, M., FERNEX, J. & ROMETSCH, S. (2009). *Recommandations pour la production et l'utilisation de semences et de plants de fleurs sauvages indigènes - Pour l'aménagement de surfaces de compensation écologique et d'autres habitats*. 3ème Version. Changins, Commission suisse pour la conservation des plantes sauvages, 14 p.
- DINGER, F. (1995). Les techniques de réhabilitation des domaines skiables. *Ingénieries – EAT* 4, p.15-22.
- DINGER, F. (2004). De l'écologie théorique à l'ingénierie écologique. Rôle de l'ingénieur écologue au Cemagref : l'exemple des domaines skiables. *Ingénieries n° Spécial*, p. 9-16.
- DONADIEU, P. (2002). Les références en écologie de la restauration. *Revue d'écologie, suppl.* 9, p. 109-120.
- FELBER, H.U., HIRSCH, M. & WALTHER, P. (1991). *Modifications du paysage en faveur de la pratique du ski : directives pour la protection de la nature et du paysage*. Berne, Office fédéral des imprimés et du matériel, 74 p.

- FUSTEC, J., COUTARD, J.-P. & GAYRAUD, P. (2008). Valeur agronomique de mélanges et d'associations conduits en agriculture biologique. *Fourrages* 194, p. 175-188.
- LACHAT, B. (2000). Les techniques du génie végétal : une nouvelle approche pour mieux respecter nos rivières ? *Actes du séminaire transnational du 3 mars 1999 à Beckerich*. Luxembourg, Fondation Oeko-Fonds, p. 19-32.
- LE FLOC'H, E. & ARONSON, J. (1995). Ecologie de la restauration. Définition de quelques concepts de base. *Natural Science Society* 3, p. 29-35.
- MCKAY, J.K., CHRISTIAN, C.E., HARRISONS, S. & RICE, K.J. (2005). "How Local Is Local?" - A Review of Practical and Conceptual Issues in the Genetics of Restoration. *Restoration Ecology* 13, p. 432-440.
- Otto Hauenstein Semences SA (2010). *Directives pour la végétalisation en altitude*. Wädenswil, Zürcher Hochschule für angewandte Wissen schaften, 16 p.
- République et Canton de Genève [s.d.]. *Recommandations relatives à la fourniture des mélanges grainiers "Genève."* Genève, République et Canton de Genève, 12.p
- SCOTTON, M., KIRMER, A. & KRAUTZER, B. (2011). Practical handbook for seed harvest and ecological restoration of species-rich grassland. Padone, Cleup, 116 p.
- SCOTTON, M., PICCININ, L., DAINESE, M. & SANCIN, F. (2010). *Metodi di rivegetazione in ambiente alpino. Restauro ecologico per la difesa del suolo contro l'erosione*. Quaderni del Parco, n.10. Parco Naturale Paneveggio Pale di San Martino, 103 p.
- ZEH, H. (2000). *Méthode de construction du génie biologique*. Rapport d'étude n°9. (Office fédéral des eaux et de la géologie), Bienne, 60 p.
- ZEH, H. (2010). *Génie biologique et aménagement de cours d'eau : méthodes de construction*. Bienne, Office fédéral de l'environnement, 61 p.

Communications personnelles

- PRUNIER, P., mars-juillet 2015. Représentant HEPIA, conseiller scientifique et responsable de filière. Route de Presinge 150, 1254 Jussy Genève.
- BEGUIN, D., avril-août 2015. Chargé de cours HES. Route de Presinge 150, 1254 Jussy Genève.

