



HAL
open science

Évaluation du stock semencier suite à l'implantation de bandes enherbées pendant 8 années.

Doriane Selb, Christophe Charles Schneider, Chantal Rabolin-Meinrad

► **To cite this version:**

Doriane Selb, Christophe Charles Schneider, Chantal Rabolin-Meinrad. Évaluation du stock semencier suite à l'implantation de bandes enherbées pendant 8 années.. Sciences de l'environnement. 2017. hal-02909474

HAL Id: hal-02909474

<https://hal.inrae.fr/hal-02909474v1>

Submitted on 30 Jul 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Licence Professionnelle Agronomie option Agriculture, Durabilité et Nouvelles Technologies

RAPPORT DE STAGE

Evaluation du stock semencier suite à l'implantation de bandes enherbées pendant 8 années



© INRA Colmar



Encadrants INRA : Chantal RABOLIN et Christophe SCHNEIDER

Doriane SELB

Année 2016/2017

Remerciements

Dans le cadre de mon stage en Licence professionnelle ADNT*, je tiens à remercier l'ensemble de l'équipe Agriculture Durable de l'INRA de Colmar pour m'avoir accueilli durant 20 semaines au sein de cet institut. Ce stage fut très enrichissant, autant professionnellement que personnellement.

Je porte mes plus sincères remerciements à Chantal Rabolin et Christophe Schneider pour leur gentillesse, leur bonne humeur et leur pédagogie ce qui m'a permis de mener mon stage dans les meilleures conditions possibles. Chaque jour auprès d'eux m'a permis d'acquérir de nouvelles connaissances, notamment au niveau botanique.

Je remercie aussi Christian Bockstaller de m'avoir fait confiance et de m'avoir accueilli, ainsi qu'à toute l'équipe pour leur sympathie : Anne Poutaraud, Olivier Théron, Julie Wohlfahrt, Marie Thiollet-Scholtus, Aimé Blatz, Rémi Koller et Nathalie Carnovale pour son aide administrative.

Enfin, je remercie mes collègues stagiaires : Clémence, Guillaume, Pierre et Baptiste pour cette très bonne ambiance dans notre bureau riche en entraides et en rires.

Lexique

Les mots en gras, italiques et soulignés sont dans ce lexique.

Allélopathie : Effet direct ou indirect d'un micro-organisme ou d'une plante sur un autre organisme par la libération de composés chimiques dans l'environnement. (Aquaportail, 2017)

Anémochorie : La dispersion par anémochorie est la dispersion des semences grâce au vent (Larousse, 2017).

Agro-écologie : L'agro-écologie vise à promouvoir des systèmes alimentaires viables respectueux des hommes et de leur environnement. Ces systèmes engagent des modes de productions agricoles et des filières valorisant les potentialités écologiques, économiques et sociales d'un territoire. Leur développement s'appuie sur des approches transdisciplinaires réunissant professionnels du monde agricole, scientifiques, acteurs des mouvements sociaux de l'agroécologie et des politiques publiques. (Aquaportail, 2017)

Agro-écosystème : Ensemble constitué d'un ou plusieurs agrosystèmes et d'un ou plusieurs écosystèmes juxtaposés et en interaction les uns avec les autres. (Larousse, 2017)

Biodiversité : La biodiversité, au sens étymologique du terme, évoque la diversité du vivant, c'est-à-dire tous les processus, les modes de vie ou les fonctions qui conduisent à maintenir un organisme à l'état de vie (Larousse, 2017).

Chamaephyte : Plante vivace rampante plus ou moins ligneuse vivant dans les régions froides et en montagne (Aquaportail, 2017).

Compétition interspécifique : Une compétition interspécifique est une concurrence entre deux espèces différentes pour la même ressource (Aquaportail, 2017).

Corridor écologique : Zone de passage fonctionnelle, pour un groupe d'espèces inféodées à un même milieu, entre plusieurs espaces naturels. Ce corridor relie donc différentes populations et favorise la dissémination et la migration des espèces, ainsi que la recolonisation des milieux perturbés (Aquaportail, 2017).

Dormance : État d'inactivité biologique, se traduisant par l'arrêt momentané du développement. (Larousse, 2017)

Erosion : Phénomène résultant de l'action de l'eau, des vents ou d'un produit chimique sur de la matière minérale ou autre, et qui provoque l'enlèvement des couches supérieures des sols (Aquaportail, 2017).

Etiollement : Un étiolement consiste en un dépérissement d'une plante dû à une carence de lumière, qui se traduit par l'allongement des nœuds et la disparition de la chlorophylle (Aquaportail, 2017).

Insectes auxiliaires : Un auxiliaire de culture est un être vivant qui détruit les ravageurs ou atténue leurs effets (Aquaportail, 2017).

Mulch : Désigne tout matériau, tel que : la paille, les résidus végétaux, les feuilles, la chaume, le sol meuble ou le film plastique, placé à la surface du sol (Aquaportail, 2017).

Nitrophile : Se dit d'une plante qui se développe sur les sols les plus riches en nitrates. (Larousse, 2017)

Oligotrophe : Organismes qui présentent une aptitude à se développer avec de faibles concentrations de composés organiques (Aquaportail, 2017).

Photopériodisme : Le photopériodisme est une succession de photopériodes, c'est-à-dire de périodes de lumière ou de clarté, et d'absence de lumière ou d'obscurité, rythmant l'activité photosynthétique des plantes, algues et coraux, et certains processus biologiques des animaux (Aquaportail, 2017).

Photosensibilité : Sensibilité des êtres vivants à l'action des rayons lumineux, ou à celle des rayonnements infrarouge et ultraviolet long. (Larousse, 2017)

Radicule : Partie de l'axe de l'embryon qui, en se développant, forme la racine du végétal (Larousse, 2017).

Refus : Le refus désigne la partie des grains retenue par un tamis (Larousse, 2017).

Rotation : Succession, au cours d'un nombre d'années donné, d'un certain nombre de cultures selon un ordre déterminé, sur une même parcelle (Larousse, 2017).

Services écosystémiques : Les services écosystémiques sont définis comme étant les biens et services que les hommes peuvent tirer des écosystèmes, directement ou indirectement, pour assurer leur bien-être (nourriture, qualité de l'eau, paysages,...) (Larousse, 2017).

Zoochorie : La dispersion par zoochorie est la dispersion des semences grâce à la faune (Larousse, 2017).

Abréviations

*Les mots suivis de * sont dans cette liste d'abréviations*

AD : Agriculture Durable

ADNT : Agriculture, Durabilité et Nouvelles Technologies

ARAA : Association pour la Relance Agronomique en Alsace

BCAE : Bonnes Conditions Agricoles et Environnementales

DUT : Diplôme Universitaire Technologique

IBIS : Intégrer la Biodiversité dans les Systèmes d'exploitation agricole

INRA : Institut National de Recherche Agronomique

LAE : Laboratoire Agronomie et Environnement

ONCFS : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage

PAC : Politique Agricole Commune

ZNT : Zone Non Traitée

Sommaire

INTRODUCTION.....	1
1. Présentation de la structure d'accueil	1
1.1. L'INRA.....	1
1.1. L'INRA de Colmar	1
1.2. L'équipe Agriculture Durable	2
2. Contexte.....	3
2.1. Introduction à l'agro-écologie et intérêts des bandes enherbées	3
2.2. Le stock semencier	4
2.3. La capacité germinative des graines	5
2.4. L'étude des micro-parcelles fleuries semi-naturelles	5
3. Mission et principe de l'étude	7
MATERIEL ET METHODES	9
1. Présentation de l'essai et étude du stock semencier en 2016.....	9
2. Evaluation du stock semencier	10
2.1. Récupération des échantillons	10
2.2. Lavage des semences.....	10
2.3. Test de germination	11
3. Test au tétrazolium	12
4. Analyse statistique.....	14
4.1. Validation du modèle.....	14
4.2. Analyse et critique du modèle	14
4.3. Tests post ANOVA, comparaison de moyennes multiples.....	15
4.4. Analyse de variance non-paramétrique : test de Kruskal-Walis.....	15
RESULTATS ET DISCUSSION	16
1. Préambule.....	16
2. Lavage de semences et test de germination.....	17
2.1. Analyse statistique.....	19
3. Repiquage des plantules	20
4. Test au tétrazolium	21
4.1. Analyse statistique.....	21
5. Synthèse des résultats	22
6. Discussion.....	22
6.1. Lavage de semences et test de germination.....	22
6.2. Test de viabilité au tétrazolium.....	24

6.3. Pourquoi le stock semencier ne reflète que partiellement la composition de la végétation ?.	25
CONCLUSION	27
Bibliographie	29
ANNEXE 1 : Liste des échantillons utilisés pour l'évaluation du stock semencier en 2017	A
ANNEXE 2 : Composition taxonomique des deux mélanges (fleuri et vert).....	B
ANNEXE 3 : Relevé du test de germination avec les boîtes de Pétri ayant eu des résultats (28/120).....	C
ANNEXE 4 : Relevé du triage de graines avec les boites de Pétri ayant eu des résultats.....	D
ANNEXE 5 : Relevé du test au tétrazolium	E
ANNEXE 6 : Stock semencier global de l'essai	F
ANNEXE 7 : Récapitulatif de l'ensemble des interventions réalisé sur l'essai	G

Table des figures

Figure 1 : Récapitulatif des interventions entre 2008 et 2016	7
Figure 2 : Plan d'expérimentation	9
Figure 3 : Pattern de coloration après un test au tétrazolium pour les dicotylédones et les monocotylédones	13
Figure 4 : Dynamique de germination des plantules.....	18
Figure 5 : Plantes germées en fonction du mélange, de la fauche et de l'horizon.....	19
Figure 6 : Différence entre une graine d' <i>Amaranthus retroflexus</i> viable (colorée) et une non viable.....	21
Figure 7 : Synthèse des résultats obtenus lors du test de germination et du test au tétrazolium ..	22

Table des tableaux

Tableau 1 : Récapitulatif du recouvrement des micro-parcelles.....	16
Tableau 2: Présence d' <i>Amaranthus retroflexus</i> entre 2009 et 2014	16
Tableau 3 : Inventaire du stock semencier de 2016	17
Tableau 4 : Nombre de plantes germées durant le test de germination.....	18
Tableau 5: Résultats des analyses statistiques	19
Tableau 6 : Récapitulatif des plantes repiquées	20

INTRODUCTION

1. Présentation de la structure d'accueil

1.1. L'INRA

L'INRA* est un établissement public à caractère scientifique et technologique fondé en 1946, sous la tutelle du Ministère de l'Education Nationale et du Ministère de l'Agriculture. Il est le premier institut de recherche agronomique en Europe et le deuxième en sciences agricoles dans le monde. Cet institut mène ses recherches aux services d'enjeux de société majeurs dans les domaines de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement. Les principaux enjeux sont donc la compétitivité, les territoires, la santé, le développement durable et la bioéconomie. Comptant 8200 agents titulaires, l'INRA possède 186 laboratoires, 48 unités expérimentales et une maison d'édition.

1.1. L'INRA de Colmar

En Alsace, la recherche agronomique a débuté en 1874 à Rouffach lorsqu'elle était encore allemande. Après la reconquête de cette région par la France suite à la première guerre mondiale en 1918, la station de recherche a été associée à l'Institut des Recherches Agronomiques et est devenu, en 1929, le Centre de Recherches Agronomiques d'Alsace. Quelques années plus tard, ce centre a été reconstruit pour créer l'INRA de Colmar. Toutefois, une partie des laboratoires restera au centre-ville de Colmar jusqu'en 1999 (Willot P.A., 2015). Ce centre de recherche se trouve au sein du Biopôle colmarien. Ce pôle regroupe divers organismes publics et privés tels que l'INRA, certaines formations de l'Université de Haute-Alsace (DUT* Génie Biologique..), le Laboratoire Vétérinaire Départemental, l'Office National des Forêts, l'Association pour la Relance Agronomique en Alsace, l'Organisation Professionnelle de l'Agriculture Biologique en Alsace, Arvalis....

Par ailleurs, cet institut se compose de quatre unités :

- L'UMR 1131 Santé de la Vigne et Qualité du Vin (SVQV) qui porte ses recherches sur la vigne.
- L'UMR 1132 Laboratoire Agronomie et Environnement (LAE Nancy-Colmar) via l'équipe Agriculture Durable de Colmar. Le LAE* associe une équipe de Nancy de

l'ENSAIA (Université de Lorraine) travaillant sur les métabolites secondaires et l'équipe AD* de Colmar.

- L'unité Service Expérimental Agronomique et Viticole (SEAV) réalise divers essais en grandes cultures et viticulture ce qui permet de donner un appui aux chercheurs.
- Le service d'appui à la recherche (SDAR) réalisant la gestion et l'administration de l'entité.

Le projet « Viticulture Durable » est la source des travaux menés sur le centre de Colmar, puisque toutes les unités de recherche présentes contribuent à son développement. « Ce projet vise à créer des variétés de vigne résistantes et des itinéraires techniques qui manifestent une faible dépendance vis-à-vis des intrants, afin de répondre aux enjeux du Grenelle de l'Environnement de réduire de moitié la consommation de produits phytosanitaires en viticulture à l'horizon 2018 » (Antoine T., 2016). L'équipe Agriculture Durable participe à ce projet en utilisant différents indicateurs d'évaluation environnementale.

1.2. L'équipe Agriculture Durable

L'équipe AD de Colmar est constituée de sept personnes ainsi que de nombreux stagiaires et doctorants. Elle a pour principale mission l'évaluation environnementale à travers différents indicateurs développés par l'équipe (INDIGO®, PhytoChoix®). Ces travaux ont commencé en 1993 grâce à P. Girardin, en collaboration avec l'Association pour la Relance Agronomique en Alsace (ARAA*), et ont été pionniers dans le domaine de l'évaluation agro-environnementale à l'aide d'indicateurs. Ces derniers ont pour objectif de guider les utilisateurs en évaluant l'impact des pratiques agricoles sur l'environnement (sol, eau, biodiversité, air, énergie, paysage...).

L'équipe AD a pour thématique actuelle l'évaluation de la **biodiversité** avec l'étude de bandes enherbées semi-naturelles pour étudier les effets des pratiques agricoles sur la diversité biologique du milieu. C'est pourquoi deux essais ont été mis en place à Colmar :

- Le premier essai permet d'observer la dynamique floristique de deux mélanges testés sur des bandes entre parcelles cultivées.
- Le deuxième essai évalue la dynamique floristique de deux mélanges soumis à différentes modalités de broyage, sous forme de micro parcelles fleuries sur une bande enherbée. C'est sur cet essai que ce rapport sera développé.

2. Contexte

2.1. Introduction à l'agro-écologie et intérêts des bandes enherbées

A la suite de la deuxième guerre mondiale, la mécanisation des travaux agricoles a permis d'augmenter les productions pour combler les pénuries alimentaires. Cette industrialisation de l'agriculture a donc augmenté la productivité en travaillant de plus grandes surfaces en moins de temps mais a aussi réduit la pénibilité des conditions de travail. L'utilisation de produits chimiques comme les pesticides et les engrais a aussi été l'un des facteurs de ces changements de pratiques. Tout cela a alors induit le terme d'agriculture intensive (Cordeau S., 2010).

Dans les années 1970, la France fait face à un excédent de productions ce qui demande une importante exportation. Par ailleurs, ce mode d'agriculture intensif crée de nombreuses craintes de par ses effets sur l'environnement (érosion des sols, pollutions créées par les pesticides...) (Robinson R. *et al*, 2002). Ce changement de pratiques a aussi entraîné une perte importante de diversité dans les communautés animales et végétales du fait de la simplification des rotations et de la suppression des haies avec l'apparition de paysages dits d'*openfield* (Le Cœur D. *et al*, 2002). Ces modifications, et notamment avec l'utilisation excessive d'engrais azotés, ont eu pour conséquences la régression d'espèces végétales oligotrophes (*Galeopsis abgustifolia*...), le maintien ou l'augmentation d'espèces nitrophiles (*Poa annua*...) et ont favorisé les espèces les plus compétitrices (Fried G., 2007).

Pour remédier à cela, de nombreux plans d'actions ont été développés (le Sommet de Rio en 1992 donne la notion de développement durable, le Grenelle de l'Environnement lance le plan Ecophyto, l'instauration de BCAE* par la Politique Agricole Commune...). L'objectif est donc de créer une agriculture durable en limitant les impacts sur l'environnement tout en maintenant une production correcte et donc un revenu agricole compétitif. Ce mode de production demande une meilleure compréhension du fonctionnement d'un agro-écosystème pour pouvoir en exploiter les ressources durablement (Cordeau S., 2010).

Depuis quelques années, le terme « agro-écologie » est apparu en lien avec la notion d'agriculture durable. L'agro-écologie favorise donc l'écologie au sein des agrosystèmes grâce aux interactions trophiques pour maximiser les services écosystémiques et réduire les impacts anthropiques (Antoine T., 2016).

Une des mesures agro-écologiques mise en place est l'introduction de bandes enherbées. En effet, dès 1991 la Directive Nitrates instaure l'implantation de bandes enherbées et l'arrêté de 2006 impose des couverts végétaux permanents pour les ZNT*. En 2010, les BCAE de la PAC*

demandent des bandes tampons de minimum 5 mètres le long des cours d'eau. Ces zones semi-naturelles permettent ainsi des travaux de reconstitution des continuités écologiques (ONCFS*, 2010).

Cet aménagement montre de nombreux intérêts environnementaux comme la limitation de l'érosion du sol, la préservation de la qualité de l'eau (zone tampon avec filtration des polluants) et la protection de la faune. Les bandes enherbées présentent des avantages importants dans le maintien voir la restauration de la biodiversité en agriculture. En effet, les espèces végétales semées peuvent favoriser le développement d'insectes auxiliaires (carabes, syrphes...) utiles à la régulation biologique des ravageurs. Elles permettent l'augmentation du nombre de lombrics qui améliorent la structure du sol. Ces bandes sont aussi un refuge pour de nombreuses espèces végétales et animales et contribuent à l'élaboration de corridors écologiques diversifiant les paysages et donnant à la faune la possibilité de se déplacer. (IBIS*, 2007).

2.2. Le stock semencier

Le stock semencier, aussi appelé banque de graines, est l'ensemble des graines viables présentes dans le sol qui sont à l'état de dormance. Il s'agit de graines non germées mais qui peuvent apparaître lorsque leur dormance est levée. Selon (Swaine M.D. *et al*, 1998) les graines composant le stock semencier se répartissent en deux groupes :

- Les graines transitoires ou éphémères qui perdent rapidement leur viabilité lorsqu'elles sont stockées formant la banque de graines transitoire.
- Les graines persistantes qui ont une longue viabilité dans le sol formant la banque de graines persistante. (Chauvelin D. *et al*, 2014)

Le stock semencier d'un sol est formé par la pluie de graines (Simpson R.L. *et al*, 1989). Cette dernière est composée des graines des plantes déjà implantées ou de plantes à dispersion zoochore ou anémochore. L'abondance du stock semencier et la relation entre ce stock et la composition floristique sont liées à plusieurs facteurs (conditions climatiques, activités humaines, type de sol...). Ainsi, dans les sols subissant de nombreuses perturbations il est possible de remarquer une similitude entre la composition du stock semencier et la composition floristique du milieu (Iowa State University, 1997). La prédation des graines par les insectes, oiseaux et micromammifères, la diminution du nombre de pollinisateurs et les compétitions interspécifiques peuvent aussi engendrer des modifications de la composition du stock semencier et donc de la composition floristique (Iowa State University, 1997).

La banque de graines d'un sol peut être évaluée selon deux analyses différentes :

- Par la germination de graines présentes dans l'échantillon qui consiste à identifier les plantules émergentes après une germination dans des conditions contrôlées.
- Par la séparation des graines du sol, appelé lavage de graines, qui consiste à extraire les graines présentes dans le sol par flottement ou par tamisage (Antoine T., 2016).

2.3. La capacité germinative des graines

La germination survient chez les graines non dormantes. Ce processus est dû à une activité métabolique dans la semence qui permet la croissance de l'embryon et la percée des enveloppes séminales par la radicule (Leblanc M.L. *et al*, 1998). Les trois principaux facteurs qui ont une influence sur la germination des graines sont la température, l'humidité et la lumière (Chadoeuf-Hannel R., 1985). En effet, la germination des semences ne se produit qu'à une certaine température et les fluctuations de température ont tendance à augmenter cette capacité germinative. De plus, les fluctuations du taux d'humidité dans le sol peuvent favoriser la germination et les nitrates combinés à une exposition à la lumière permettent d'augmenter ce taux de germination lorsque les graines sont photosensibles. La qualité de la lumière est aussi essentielle du fait de la présence dans l'embryon de phytochromes qui sont des photorécepteurs capables de percevoir la lumière rouge (650 à 750 nm) et qui permettent d'initier la germination en intervenant dans la photosensibilité des semences et dans le photopériodisme. Ces photorécepteurs peuvent se trouver sous deux formes convertibles : la forme P₆₆₀ absorbant dans le rouge clair et la forme P₇₃₀ absorbant dans le rouge sombre. Le phytochrome n'active la germination que sous la forme P₇₃₀ et le phytochrome P₆₆₀ doit se transformer en P₇₃₀ en absorbant des radiations rouge clair (Chadoeuf-Hannel R., 1985). De plus, la capacité germinative des graines peut aussi varier en fonction de la concentration en CO₂ et en O₂, de la densité du sol, de la présence d'inhibiteurs volatiles de germination et de substances allélopathiques (Leblanc M.L. *et al*, 1998).

2.4. L'étude des micro-parcelles fleuries semi-naturelles

En 2008, l'équipe Agriculture Durable de l'INRA de Colmar a mis en place une expérimentation de gestion des bandes fleuries en grande culture. L'objectif de cet essai est d'étudier l'évolution de ces bandes semi-naturelles sur plusieurs années en fonction des modalités de gestion. La durée de suivi est de 8 ans et l'expérimentation se trouve en plein

champs. Ces travaux sont donc novateurs car les seules études longues ont été menées par (Bokenstrand A. *et al*, 2004) et (Smith H. *et al*, 2010).

Deux mélanges ont été semés au début de l'essai : un mélange « vert » composé de 8 espèces et un « fleuri » composé de 15 espèces dont une commune avec le « vert ». Au total, 22 espèces ont été implantées. Le mélange « vert » a été semé sur douze microparcelles. Il se compose de fabacées et de poacées et est homologué par la PAC. Leur implantation chez les agriculteurs fait office d'un droit à subvention. Le rôle des fabacées et poacées permet à la fois d'enrichir le sol en matière organique azotée et de couvrir rapidement ce dernier ce qui limite l'érosion et la colonisation de diverses adventices (Willot P.A., 2015). Celui « fleuri », semé sur douze microparcelles également, est principalement composé de plantes à fort potentiel pollinifère et nectarifère. Ce mélange permet ainsi de favoriser la diversité florale attirant les auxiliaires culturels.

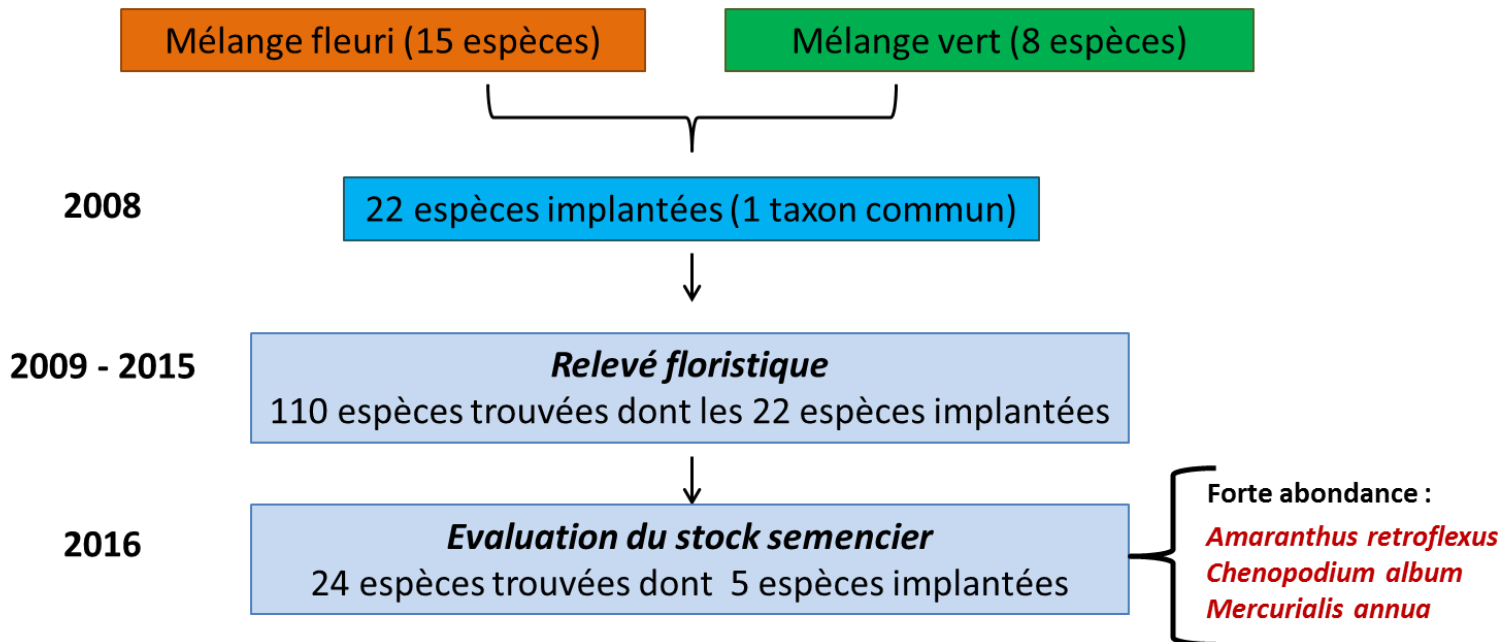
De plus, quatre modalités de broyage sont testées en fonction de la période de passage et de la fréquence (septembre, novembre, juillet-septembre, juillet-novembre). Le broyage est étudié selon ces différentes modalités pour évaluer les conséquences sur la richesse floristique et déterminer ainsi la modalité de broyage la plus adaptée en fonction des mélanges.

De 2009 à 2015, des relevés floristiques sont réalisés quatre fois par an en notant la [présence/absence] et le taux de recouvrement dans chaque microparcelle. Toutes les espèces semées ont été identifiées lors des relevés floristiques entre 2009 et 2015. En 2015, une étude globale sur la dynamique de la flore des bandes fleuries en fonction des modalités de gestion a été menée par Pierre-Alexandre WILLOT, stagiaire master dans l'équipe Agriculture Durable. Cette étude a donc permis de caractériser l'évolution de la diversité selon les mélanges et les modalités de gestion. Les relevés floristiques ont néanmoins montré que la flore spontanée a tendance à dominer la flore semée (Willot P.A., 2015).

Suite aux résultats de 2015, une évaluation du stock semencier a été réalisée en 2016 par Théophile ANTOINE, stagiaire de DUT, afin de montrer si les espèces initialement semées se sont implantées dans la banque de graines du sol. Ce travail a été réalisé par prélèvement d'un volume de sol placé en serre puis par une identification et un comptage des plantules levées. Après analyse, le stock semencier semble posséder une composition différente de la végétation observée avec une abondance importante (40% du stock) d'*Amaranthus retroflexus* qui est une plante indésirable en culture de printemps. De plus, seulement 5 espèces sur les 22 implantées se sont retrouvées dans le stock semencier en faible quantité (à l'exception de *Festuca rubra*). Cette

étude confirme d'autres études scientifiques, sur le fait qu'un stock semencier ne reflète que partiellement la composition de la végétation (Amiaud B., Touzard B., 2004).

Figure 1 : Récapitulatif des interventions entre 2008 et 2016



3. Mission et principe de l'étude

Les bandes enherbées possèdent de nombreux intérêts à court et moyen terme d'un point de vue environnemental (limite l'érosion, préserve la qualité de l'eau, maintien/restaure la biodiversité...) et d'un point de vue agronomique (favorise les auxiliaires...). Toutefois, l'intérêt à long terme d'une bande enherbée dans la modification du stock semencier est encore peu étudié. Après l'implantation des bandes semi-naturelles en 2008, des relevés floristiques ont été réalisés pour suivre la dynamique de la flore et le stock semencier a été analysé pour voir si les espèces semées se sont implantées. Il s'avère que la composition de ce stock est nettement différente de la composition floristique relevée.

Au cours de ce stage, une étude est faite pour comprendre les disparités entre la composition du **stock semencier** et celle de la **végétation relevée**. Cette étude découle donc des travaux antérieurs sur la composition floristique des bandes semi-naturelles et sur le stock semencier. Ainsi, une question majeure se pose :

Pourquoi le stock semencier ne reflète que partiellement la composition de la végétation ?

Pour pouvoir répondre à cette question, l'évaluation du stock semencier de 2016 est finalisée par des tests de germination après l'extraction de graines de certains échantillons. En effet, 16 échantillons de sol (*annexe 1*) qui avaient été placés en serre en 2016 ont été gardés pour pouvoir effectuer un lavage de graines par tamisage sous un flux d'eau. Une fois cette opération effectuée, les fractions de sol tamisées contenant les graines sont placées en chambre d'incubation pour pouvoir tester la germination. Enfin, les graines qui n'ont pas germé après cette expérience subissent un test au tétrazolium pour pouvoir étudier leur viabilité par une coloration de l'embryon.

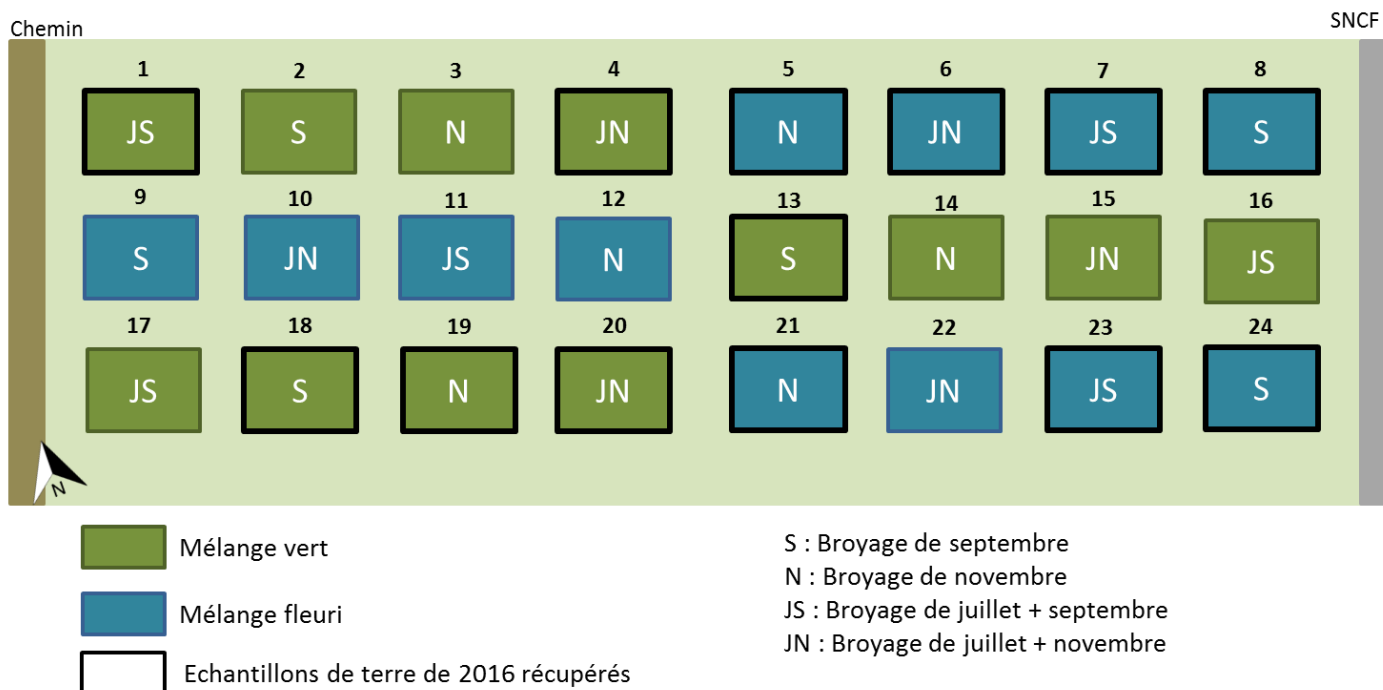
Le test au tétrazolium a été développé en Allemagne par le professeur Lakon (1928). Ce test permet de distinguer les tissus viables des tissus morts de l'embryon sur la base de leur taux de respiration lors d'un état hydraté. Le test utilise l'activité des enzymes déshydrogénases comme un indicateur du taux de respiration et donc de la viabilité des graines. Les enzymes déshydrogénases réagissent avec le substrat et libèrent des ions hydrogènes qui réduisent le tétrazolium ce qui forme du formazan (Copeland L., McDonald M., 1999). La viabilité des graines est interprétée en regardant le modèle de coloration topographique de l'embryon et l'intensité de la coloration.

MATERIEL ET METHODES

1. Présentation de l'essai et étude du stock semencier en 2016

Pour étudier l'évolution des bandes enherbées et fleuries, l'équipe AD de l'INRA de Colmar a mis en place en 2008 une expérimentation en plein champ. Cet essai (*figure 2*) est composé de 24 micro-parcelles avec 12 modalités semées en mélange « vert » et 12 en mélange fleuri. La composition taxonomique de chaque mélange est figurée en *annexe 2*. Cette étude différencie aussi quatre modalités de broyage : un broyage précoce en septembre, un broyage tardif en novembre, un double broyage en juillet et septembre et un double broyage en juillet et novembre. Chaque modalité de mélange combiné à une modalité de broyage est répétée trois fois pour permettre une expérimentation en split-plot design (Antoine T., 2016).

Figure 2 : Plan d'expérimentation



En 2016, une première étude du stock semencier a été réalisée en prélevant de la terre, en la plaçant en serre et en identifiant les plantules levées. Il y a donc eu trois carottages par micro-parcelle (A, B, C) en différenciant deux horizons (0-5 cm, 5-20 cm). Chaque échantillon de terre est identifié par le numéro de la micro-parcelle, la lettre de la répétition et l'horizon (exemple : 1 B 5-20 pour la première parcelle, la deuxième répétition et le deuxième horizon).

2. Evaluation du stock semencier

La viabilité des semences est la mesure du nombre de semences vivantes pouvant se développer en plantes viables et se reproduire dans les conditions appropriées au champ. De nombreuses méthodes différentes existent pour tester la viabilité des semences. La méthode la plus précise et fiable est le test de germination. Il existe aussi des tests biochimiques, qui sont plus rapides mais qui ne sont pas aussi précis.

Un test de germination est réalisé pour déterminer quelle proportion de semences va germer dans des conditions favorables et produira des plantules normales possédant des structures (racines, tiges...) viables et étant capables de se développer en plantes matures pour leur reproduction (Kameswara R., *et al*, 2006).

Les besoins de base pour la germination des semences sont : de l'eau, de l'oxygène, de la lumière et une température adaptée. Les semences d'espèces différentes ont des besoins différents et on ne peut établir un ensemble général de conditions pour faire germer les semences de toutes les espèces. Les semences de certaines espèces sont plus tolérantes et germent dans une large gamme de conditions, mais la germination complète ne peut être obtenue que dans les conditions optimales (Leblanc M.L., *et al*, 1998).

2.1. Récupération des échantillons

Certaines barquettes ont été gardées après l'évaluation du stock semencier de 2016. Elles ont été placées au froid (5° C) de septembre 2016 à avril 2017. Le nombre d'échantillons récupéré a été choisi pour représenter les deux mélanges (vert et fleuri) selon les quatre modalités de broyage et les deux horizons (0-5 cm et 5-20 cm). Ainsi, 16 échantillons ont été gardés pour finaliser les travaux d'évaluation du stock semencier.

2.2. Lavage des semences

Avant de tamiser les semences, les échantillons sont placés dans des seaux d'eau et le surnageant contenant certainement des graines et des résidus organiques (tiges..) sont placés dans des boîtes de Pétri pour pouvoir tester la germination. La méthode employée de lavage des semences par tamisage est décrite par (Dutoit T., Alard D., 1995) et (Bossuyt B., *et al*. 2002). Les échantillons de sol sont tamisés à l'aide de plusieurs tamis sous un flux d'eau pour faciliter l'écoulement. Quatre tamis sont utilisés (2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.2 mm) pour pouvoir éliminer le maximum de sol et de résidus afin d'observer au mieux les graines (Tsuyuzaki S., 1994). Les

refus issus de chaque tamisage sont ensuite placés dans des boîtes de Pétri pour réaliser un test de germination.

2.3. Test de germination

Avant de réaliser le test de germination, les besoins spécifiques en température et en lumière sont vérifiés pour tester la germination d'une espèce donnée (E-FLORA-Sys, 2009).

Plusieurs méthodes sont disponibles pour tester la germination, elles peuvent être utilisées pour la plupart des espèces et donnent des résultats uniformes : méthode dessus du papier, méthode entre les papiers, germination dans le sable, méthode avec agar (Kameswara R., *et al*, 2006). Au cours de cet essai, la méthode dessus du papier est utilisée.

Cette méthode est adaptée aux espèces ayant des semences de moins de 2 mm de diamètre tel que les légumineuses à petites graines. Les semences sont mises à germer sur du papier absorbant humide dans des boîtes de Pétri pour éviter la perte d'humidité. Ce test nécessite de porter une attention particulière aux possibles contaminations fongiques. En effet, ces contaminations arrivent fréquemment avec les semences et elles sont généralement associées à des semences immatures, endommagées ou vieilles. Elles peuvent également se produire au cours des prétraitements tels que l'extraction des semences ou résulter de problèmes d'hygiène dans la zone de test des semences (Kameswara R., *et al*, 2006).

Tout d'abord, le papier absorbant est coupé à la taille et à la forme de la boîte, placé à l'intérieur de celle-ci et le numéro de la modalité, la taille des mailles à laquelle les résidus sont retenus et la date du test sont marqués. Le papier est alors humidifié à l'aide d'eau distillée en évitant un surplus d'eau qui pourrait causer des dommages aux graines. Les résidus contenant les semences sont alors étalés dans la boîte de telle sorte que cela soit bien aéré pour garantir des bonnes conditions de germination.

Ensuite, les boîtes sont fermées en s'assurant qu'il n'y a pas de blocage de l'air résultant d'un excès d'humidité sur les couvercles. Ces boîtes sont alors placées dans un milieu où les conditions sont contrôlées et adaptées à la bonne germination des graines. En effet, les conditions ont été réglées à 25 °C et pour une photopériode en jours longs (16h de lumière et 8h d'obscurité). Le taux d'humidité est régulièrement vérifié pour que les papiers restent humides tout au long du test. Toutefois il est nécessaire d'éviter les dommages dus à l'imbibition en engendrant une fuite du contenu cellulaire qui permet le développement de champignons. Comme ces échantillons avaient déjà été traités à l'acide gibbéréllique en 2016, aucun traitement

n'est à effectuer pour tenter d'enlever la possible dormance des graines. A la fin du test, les échantillons sont passés à la loupe binoculaire afin de prélever les graines n'ayant pas germées. Ces dernières sont alors comptabilisées et identifiées pour subir un test au tétrazolum.

Le test de germination est donc conduit pendant une durée d'un mois et le nombre de semences qui ont germé est vérifié et noté tous les trois jours. Les plantules se développant au cours du test sont identifiées et sont classées comme normales ou anormales. Les plantules normales possèdent des structures racinaires et aériennes adéquates alors que les plantules anormales sont incapables d'un développement ultérieur et souffrent de déficiences, de détériorations ou de faiblesses dans leurs systèmes racinaires ou aériens (Malone C.R., 1967). Les plantules germées difficiles à identifier du fait de leur stade trop précoce (stade cotylédons) sont repiquées dans des pots contenant du terreau pour permettre leur développement et ainsi une meilleure identification.

Une fois le test de germination terminé, les boîtes de Pétri sont observées sous une loupe binoculaire afin de récupérer les graines qui n'ont pas germées. Les graines non germées mais qui ne présentent pas de dégâts (prédation par les micromammifères, impacts dus aux différentes manipulations...) sont comptabilisées et subissent alors un test de viabilité au tétrazolum. Toutefois, pour ne pas tester un trop grand nombre de graines seules 10 graines sont prises au hasard pour une espèce et une boîte données.

3. Test au tétrazolum

Le test au tétrazolum peut être utilisé comme une procédure de secours pour identifier des semences viables mais dormantes, qui n'ont pas germé à la fin d'un test de germination (Kameswara R., *et al*, 2006). Il a pour principe la réaction biochimique de certaines enzymes des cellules vivantes avec le sel de tétrazolum. Cette réaction consiste en la réduction du tétrazolum formant un composé rouge appelé formazan. L'activité de ces systèmes enzymatiques est fonction de la viabilité des semences. C'est pourquoi, une coloration rouge intense indique la présence de cellules vivantes de l'embryon et, au contraire, une absence de coloration ou la coloration rose pâle indiquent la mort ou une faible viabilité des cellules embryonnaires. De plus, cette coloration survient à l'intérieur des cellules et la pigmentation rouge qui se forme est insoluble, il n'y a donc pas de diffusion de la couleur aux autres cellules. Par conséquent, les zones viables qui se colorent en rouge sont délimitées des zones mortes qui gardent leur couleur. Tout cela permet donc d'appeler ce test : le test topographique du tétrazolum (Azael A., 1986).

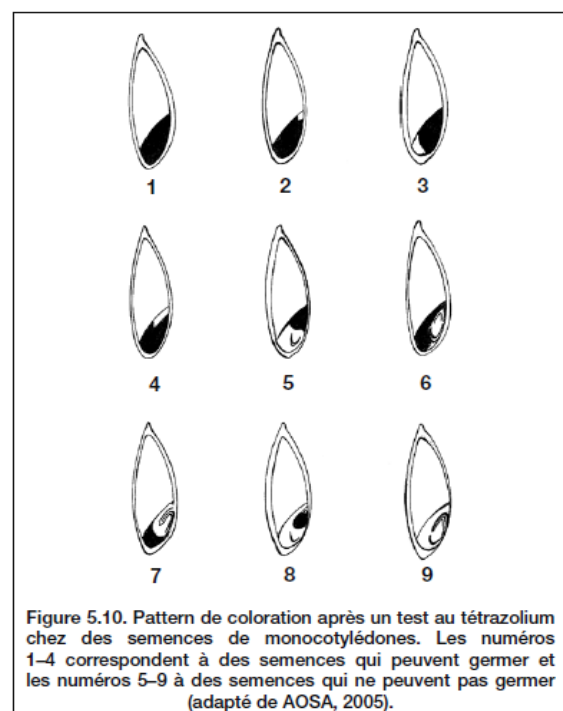
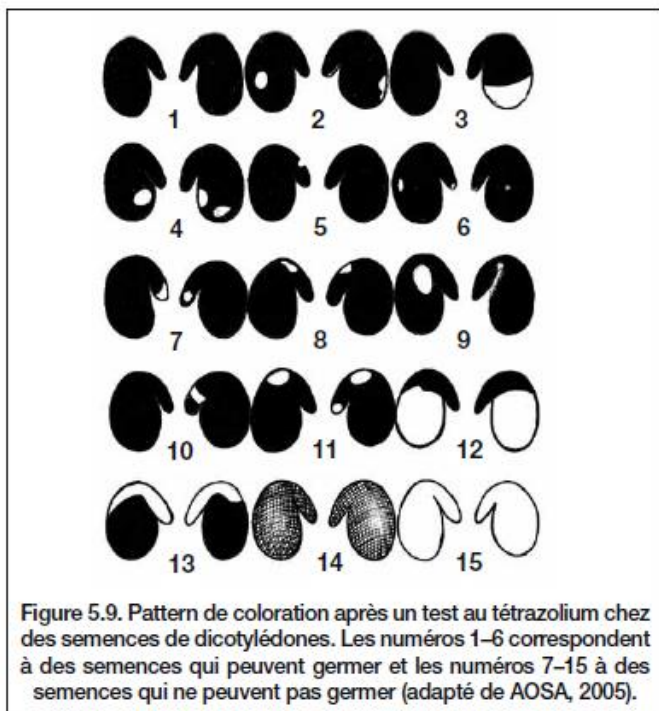
Tout d'abord, les semences sont placées dans de l'eau pendant 24 heures à température ambiante pour ramollir le tégument et faciliter la pénétration du tétrazolium. Ensuite, les semences sont ponctionnées avec une aiguille puis placées dans la solution de coloration concentrée à 1%. Le récipient est placé dans une zone obscure à température ambiante durant environ 18h (Krämer S, 2010). Les semences sont alors évaluées pour leur mode de coloration sous une loupe binoculaire à faible grossissement.

Les semences sont classées en trois catégories selon leur mode de coloration : les semences complètement colorées qui sont viables ; les semences qui ne sont pas du tout colorées qui ne sont pas viables ; les semences partiellement colorées qui produiront soit des plantules normales, soit des plantules anormales, selon l'intensité et le mode de coloration (Krämer S, 2010). La *figure 3* montre respectivement des patterns de coloration au tétrazolium chez des semences de dicotylédones et de monocotylédones.

De plus, quand des tissus ne sont pas colorés mais qu'ils sont fermes, sains et colorés graduellement, il s'agit d'une mauvaise pénétration du tétrazolium et non d'un tissu mort. Au contraire, des colorations différentes entre les tissus fermes colorés et les tissus flasques de couleur blanche indiquent que les tissus non colorés sont morts. Pour analyser la viabilité des semences il est donc nécessaire de considérer la rigidité des tissus, l'absence ou la présence de fractures, de coups, de cavités d'insectes... (Azael, A., 1986).

Figure 3 : Pattern de coloration après un test au tétrazolium pour les dicotylédones et les monocotylédones

Source : Kameswara R., et al, 2006



4. Analyse statistique

Une fois que les données du test de germination et du test au tétrazolium ont été récupérées, une analyse statistique est réalisée pour pouvoir analyser les résultats. Cette étude est faite sur le logiciel R avec le package R-commander (Rcmdr). L'analyse de variance est utilisée afin de montrer si un facteur qualitatif testé influe sur un autre facteur quantitatif mesuré. L'ensemble des tests est réalisé au risque 5%. Les modèles statistiques utilisés sont des modèles linéaires à un seul facteur. Au cours de cette étude différents facteurs sont observés : le mélange, la date de fauche, le type de fauche et l'horizon.

4.1. Validation du modèle

Avant d'analyser les résultats obtenus il est nécessaire de valider le modèle d'analyse. En effet, les différences, appelées résidus, entre les valeurs annoncées par le modèle et celles réellement observées doivent être aléatoires. La validité du modèle est donc vérifiée lorsque les résidus respectent ces trois conditions :

- La normalité des résidus est vérifiée grâce au test de Shapiro-Wilk. Lorsque la normalité n'est pas vérifiée des tests non-paramétriques sont alors réalisés (test de Kruskal-Wallis).
- L'homoscédasticité des résidus est vérifiée par un test de Bartlett.
- L'indépendance des résidus est étudiée par un test d'autocorrélation. Cela est utile pour déterminer si les résultats sont indépendants ou non en fonction de l'effet bloc.

Par ailleurs, il est nécessaire de vérifier l'existence de résidus suspects grâce au test de valeurs extrêmes de Bonferonni. Une fois identifiés, ces résidus suspects sont ôtés de l'analyse pour ne pas altérer sa qualité.

4.2. Analyse et critique du modèle

Une analyse de variance ou table d'ANOVA est réalisée pour comparer les modalités du modèle validé précédemment. Cela est nécessaire pour déceler une différence significative entre les résultats analysés. Une p-value inférieure à 0,05 valide l'hypothèse « présence de différences significatives des résultats en fonction des différentes modalités ».

Dans l'hypothèse où les résultats ne présentent pas de différences significatives, il est nécessaire d'étudier la qualité de l'expérience et de l'analyse. Le calcul du Coefficient de Variation résiduel de l'essai indique le pourcentage d'erreurs expérimentales de l'essai. C'est

pourquoi plus le coefficient est faible plus l'expérience et l'analyse sont précises et donc de bonne qualité.

4.3. Tests post ANOVA, comparaison de moyennes multiples

Un test de Student – Newman – Keuls ou SNK permet une comparaison de moyennes par modalité. Il n'est effectué que lorsque l'analyse de variance décèle des différences significatives. Ce test permet d'attribuer les modalités à des groupes homogènes désignés par des lettres et de les classer par ordre décroissant de moyennes. Les modalités appartenant à un même groupe sont considérées comme non significativement différentes. Toutefois, les modalités n'appartenant pas à un même groupe sont significativement différentes.

4.4. Analyse de variance non-paramétrique : test de Kruskal-Walis

Le test de Kruskal-Walis est un test non-paramétrique de comparaison d'au moins trois échantillons en testant l'hypothèse nulle « les différents échantillons sont issus de la même distribution ». Il réalise une comparaison des échantillons un à un pour étudier les différences significatives qui permettrait de classer les échantillons par groupe. Ce test est utilisé lorsque les données ne suivent pas une distribution suivant une loi normale en étant une alternative de l'ANOVA. Le package `pgirmess` doit être chargé en complément pour utiliser la fonction « `Kruskalmc` » permettant de comparer deux à deux les échantillons.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Préambule

Le stock semencier a été étudié en 2008 avant l'implantation des bandes semi-naturelles. Cela a permis de voir que les quatre espèces les plus abondantes dans la banque de graines étaient quatre adventices communes des cultures de printemps : *Chenopodium album*, *Mercurialis annua*, *Chenopodium hybridum* et *Amaranthus retroflexus* (dans l'ordre d'abondance) (Baecher V., 2008).

La composition de la végétation a été étudiée de 2009 à 2014 grâce à des relevés floristiques. Les espèces présentes dans le mélange « vert » ont été observées avec une forte abondance exceptée pour *Cynosurus cristatus* qui n'apparaît plus à partir de 2011. Pour le mélange fleuri, de nombreuses espèces ne sont plus présentes après 2009 mais le recouvrement des espèces restantes dans la bande fleurie reste tout de même important. Toutefois, que ce soit pour le mélange « vert » ou le mélange fleuri, il a été observé que la flore spontanée a tendance à dominer la flore semée (*tableau 1*) (Willot P.A., 2015).

Tableau 1 : Récapitulatif du recouvrement des micro-parcelles

Recouvrement des parcelles	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Espèces du mélange "vert"						
Espèces du mélange fleuri						
Autres espèces						

Recouvrement

0-25%
25-50%
50-75%
75-100%

Tableau 2: Présence d'*Amaranthus retroflexus* entre 2009 et 2014

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Nombre d' <i>Amaranthus retroflexus</i> observé	1			1		4

Enfin, le stock semencier après l'implantation des bandes semi-naturelles a été évalué en 2016 (*tableau 3*). Les trois espèces majeures de ce stock sont trois adventices : *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Mercurialis annua* (dans l'ordre d'abondance). L'espèce qui se trouve en quatrième position en termes d'abondance est *Festuca rubra* qui est une espèce du mélange vert. Ainsi, seulement 5 espèces sur les 22 semées (mélange vert et fleuri confondu) ont été observées dans le stock semencier en 2016 et la présence importante d'*Amaranthus retroflexus* est étonnante puisqu'elle n'est presque pas apparue en végétation, seulement 3 fois en 6 ans (*tableau 2*) (Antoine T., 2016).

Tableau 3 : Inventaire du stock semencier de 2016

Source : Antoine T., 2016

Nom scientifique	Nom commun	Abondance	Pourcentage
Amaranthus retroflexus L.	Amaranthe réfléchie	347	36,53%
Chenopodium album L.	Chénopode blanc	134	14,11%
Mercurialis annua L.	Mercuriale annuelle	132	13,89%
Festuca rubra L.	Fétuque rouge	131	13,79%
Papaver rhoeas L.	Coquelicot	41	4,32%
Bromus sterilis L.	Brome stéril	37	3,89%
Lolium perenne L.	Ray-gras anglais	34	3,58%
Sonchus asper (L.) Hill	Laiteron rude	34	3,58%
Daucus carota L.	Carotte sauvage	17	1,79%
Medicago lupulina L.	Luzerne lupuline	9	0,95%
Achillea millefolium L.	Aquillée millefeuille	7	0,74%
Cirsium arvense (L.) Scop.	Cirse commun	7	0,74%
Sinapis alba L.	Moutarde blanche	3	0,32%
Stellaria media (L.) Vill.	Mouron des oiseaux	3	0,32%
Centaurea jacea L.	Centaurée noire	2	0,21%
Lactuca serriola L.	Laitue scariole	2	0,21%
Veronica hederifolia L.	Véronique à feuilles de lierre	2	0,21%
Vitis sp.	Vigne	2	0,21%
Bromus hordeaceus L.	Brome mou	1	0,11%
Chenopodium hybridum L.	Chénopode hybride	1	0,11%
Epilobium cillatum Raf.	Epilobe cillée	1	0,11%
Rumex acetosa L.	Oseille commune	1	0,11%
Sonchus oleraceus L.	Laiteron maraîcher	1	0,11%
Trifolium repens L.	Trèfle blanc	1	0,11%
TOTAL		950	



2. Lavage de semences et test de germination

Le lavage de semences des 16 échantillons a été réalisé du 18/04/17 au 25/04/17 par tamisage (2mm, 1mm, 0.5mm et 0.2mm) sous un flux d'eau pour faciliter l'écoulement de la terre. Lorsque cela est possible, les refus de chaque tamis sont placés dans des boîtes de Pétri. Au total, 120 boîtes ont pu être placées en test de germination sachant que plusieurs boîtes peuvent contenir de la terre de la même modalité et issue du même tamisage.

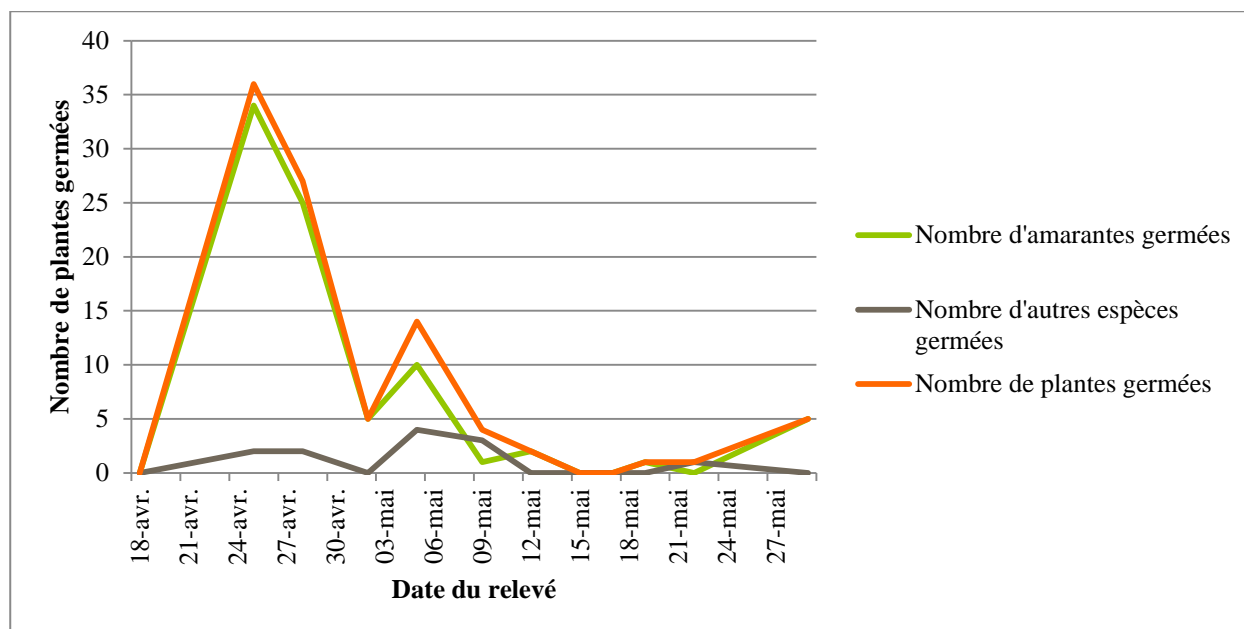
Le test de germination a été réalisé du 18/04/17 au 29/05/17 et le premier relevé de plantules germées a débuté le 25/04/17 (*annexe 3*). Les observations de plantules ont été faites tous les trois jours durant un mois. Au total, 95 plantules ont pu être dénombrées dans seulement 28 boîtes sur les 120. Les plantules levées sont normales mais ont subi un étiolement du fait des conditions de germination en boîte de Pétri.

Tableau 4 : Nombre de plantes germées durant le test de germination

	18-avr	25-avr	28-avr	02-mai	05-mai	09-mai	12-mai	15-mai	17-mai	19-mai	22-mai	25-mai	Total
Nombre d'amarantes germées	0	34	25	5	10	1	2	0	0	1	0	5	83
Nombre d'autres espèces germées	0	2	2	0	4	3	0	0	0	0	1	0	12
Total	0	36	27	5	14	4	2	0	0	1	1	5	95

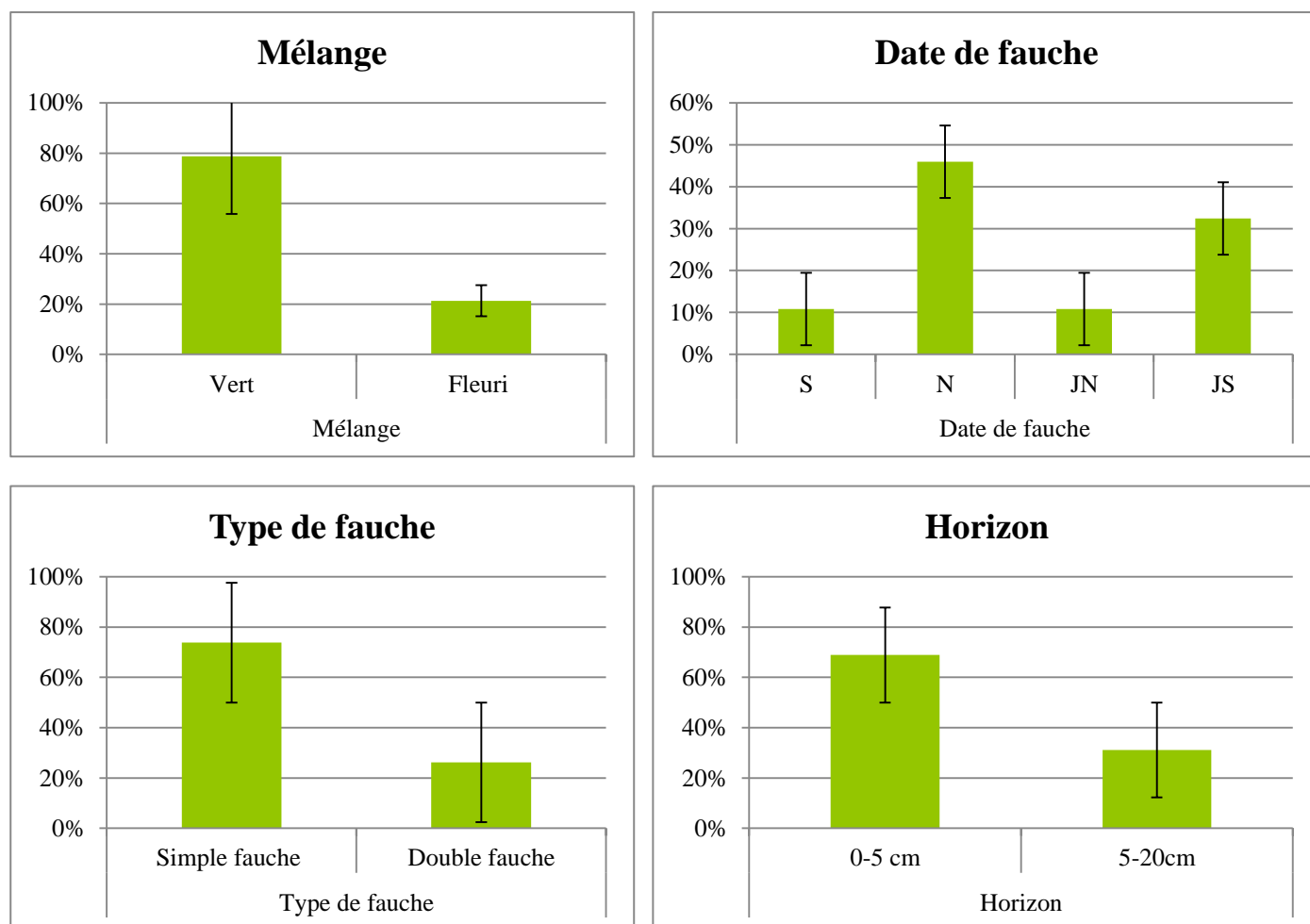
Nous pouvons observer sur le *tableau 3* que le nombre d'*Amaranthus retroflexus* germées est très important par rapport au nombre de plantes germées appartenant à des autres espèces. En effet, sur les 95 plantes germées, 83 sont des *Amaranthus retroflexus* soit 87% du total.

Figure 4 : Dynamique de germination des plantules



La *figure 4* est un graphique représentant la dynamique de germination lors du test en différenciant le nombre d'*Amaranthus retroflexus* germées des autres espèces. Nous pouvons observer un pic de germination le 25 avril lors du premier comptage puis une baisse progressive du nombre de plantes germées. Ce graphique représente aussi l'importance du taux de germination d'*Amaranthus retroflexus* par rapport au nombre total de plantes germées.

Figure 5 : Plantes germées en fonction du mélange, de la fauche et de l'horizon



La **figure 5** représente le taux de germination suivant le mélange, la date et le type de fauche ainsi que l'horizon. Nous pouvons observer une proportion de graines germées plus élevée dans le mélange vert, dans la simple fauche de novembre et dans le premier horizon.

2.1. Analyse statistique

Une analyse statistique a été effectuée sur une base de données ne comportant que les 28 boîtes ayant des résultats. Ce choix a été fait car un trop grand nombre de boîtes de Pétri n'avait pas de plantes germées et ce manque de données peut fausser l'étude.

Tableau 5: Résultats des analyses statistiques

Nombre de plantes germées	En fonction de la date de fauche	En fonction du mélange	En fonction de l'horizon	En fonction du type de fauche
Test de Shapiro-Wilk	1,98E-06	4,43E-06	1,98E-06	1,60E-07
Test de Bonferonni	"19B05 1mm" et "19B05 0,2mm"			
Test de Kruskal-Wallis	0,08	0,008	0,45	0,07

Le **tableau 4** montre les résultats obtenus pour quatre modèles statistiques à un facteur. Le nombre de plantes germées lors du test de germination a été étudié en fonction de la date de fauche, du mélange, de l'horizon et du type de fauche (simple ou double). Nous pouvons voir que toutes les p-value des tests de Shapiro-Wilk sont inférieures à 0.05. Cela montre que les modèles statistiques ne suivent pas une loi normale, seul un test non-paramétrique de Kruskal-Wallis permet d'analyser les modèles. Un test des valeurs extrêmes de Bonferonni a aussi révélé que deux boîtes de Pétri contenaient des valeurs trop importantes. Ces deux boîtes ont donc été supprimées.

Un test de Kruskal-Wallis a été réalisé pour les quatre modèles. Les p-value de la germination en fonction de la date de fauche, de l'horizon et du type de fauche sont supérieures à 0.05. Le nombre de plantes germées n'est donc pas influencé par ces trois facteurs. En revanche, la p-value obtenue en fonction du mélange est supérieure à 0.05. Le nombre de plantes germées est donc significativement différent entre les mélanges, le « vert » ayant plus de graines germées que le mélange fleuri.

3. Repiquage des plantules

Suite au test de germination les 12 plantes qui appartiennent à une autre espèce qu'*Amaranthus retroflexus* sont repiquées pour pouvoir les identifier à un stade plus avancé (tableau 4).

Tableau 6 : Récapitulatif des plantes repiquées

Modalité	Mélange	Broyage	Nombre de plantes repiquées	Date de repiquage	Identification
1 B05 2 mm	Vert	JS	2	03-mai	<i>Sonchus oleraceus</i>
4 C 05 1 mm	Vert	JN	2	03-mai	1 <i>Papaver rhoeas</i> + 1 perdue
13 C 05 0,2 mm	Vert	S	1	05-mai	Perdue
24 A 05 2 mm	Fleuri	S	1	05-mai	<i>Festuca rubra</i>
1 C 520 0,2 mm	Vert	JS	1	05-mai	Perdue
13 C 05 2 mm	Vert	S	1	09-mai	<i>Cirsium arvense</i>
7 A 05 0,2 mm	Fleuri	JS	1	22-mai	<i>Anagallis arvensis</i>
6 C 05 2 mm	Fleuri	JN	1	29-mai	Perdue
1 B 05 0,2 mm	Vert	JS	1	29-mai	Perdue
7 A 05 0,2 mm	Fleuri	JS	1	29-mai	<i>Chrysanthemum segetum</i>

Parmi ces 12 plantes, 5 n'ont pas pu être identifiées car elles n'ont pas réussi à survivre au repiquage. Nous avons donc pu relever 6 espèces dont une issue du mélange vert (*Festuca rubra*) et une issue du mélange fleuri (*Chrysanthemum segetum*). La présence de *Chrysanthemum segetum* est étonnante puisque cette espèce n'a pas été trouvée lors de l'évaluation du stock semencier de 2016 et n'a plus été relevée dans la végétation depuis 2012

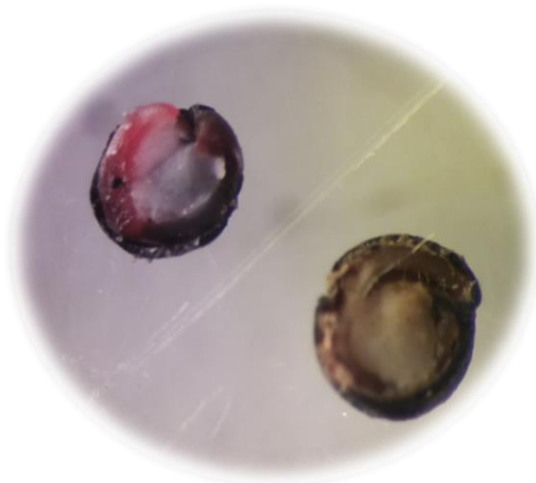
(Willot P.A., 2015). De plus, *Anagallis arvensis* n'avait non plus pas été vu dans le stock semencier en 2016 et n'a pas été relevée en végétation depuis 2014.

4. Test au tétrazolium

Une fois le test de germination réalisé, le nombre de boîtes de Pétri a d'abord été réduit en ne prenant qu'une seule boîte parmi celles où se trouvait plusieurs fois la même modalité et le même refus de tamisage. Ainsi, le nombre de boîtes est passé de 120 à 69 qui ont ensuite été observées à la loupe binoculaire pour trier les graines qui n'ont pas germées et qui n'ont pas subi de dégâts (graines vides, impacts divers..). Dans ces boîtes ont pu être dénombrées 477 graines dont 438 *Amaranthus retroflexus* et 39 graines appartenant à d'autres espèces comme *Papaver rhoeas* ou *Vitis vinifera* par exemple (**annexe 4**). Il a aussi été observé un nombre important de mues d'insectes appartenant à l'ordre des Diptères et au sous-ordre des Brachycères. Pour ne pas devoir tester un nombre trop important de graines, pour une boîte donnée seules 10 graines par espèce sont mises dans la solution de tétrazolium. Ainsi, 275 graines sont testées dont 236 *Amaranthus retroflexus* et 39 appartenant à d'autres espèces.

Sur les 275 graines testées seules 5 d'entre elles ont été colorées (**figure 6**) et sont donc considérées comme viables. Sur ces 5 graines, 3 sont des graines d'*Amaranthus retroflexus* et 2 sont des graines de *Papaver rhoeas* (**annexe 5**).

Figure 6 : Différence entre une graine d'*Amaranthus retroflexus* viable (colorée) et une non viable

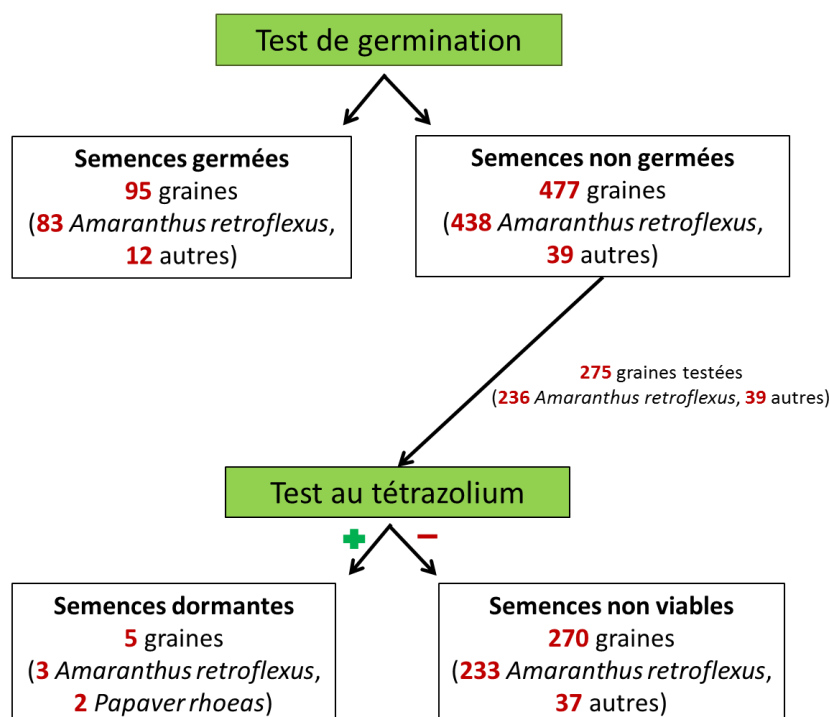


4.1. Analyse statistique

Le nombre de graines viables qui a été trouvé étant trop faible, une analyse statistique n'est pas possible.

5. Synthèse des résultats

Figure 7 : Synthèse des résultats obtenus lors du test de germination et du test au tétrazolum



Au terme de cette étude, 100 graines viables ont été trouvées (95 grâce au test de germination et 5 graines dormantes grâce au test de tétrazolum) ainsi que 270 graines non viables. En ce qui concerne la diversité des espèces, 86% des graines viables appartiennent à l'espèce *Amaranthus retroflexus*. Au total, l'évaluation du stock semencier en 2016 et 2017 a comptabilisé 1043 graines appartenant à 26 espèces différentes (*annexe 6*).

6. Discussion

6.1. Lavage de semences et test de germination

L'évaluation du stock semencier de 2016 par mise en serre d'échantillons de terre avait permis de dénombrer au total 950 plantules (Antoine T., 2016). Il est à noter que lors de cette évaluation un traitement à la gibbérelline avait été effectué pour favoriser la levée de dormance des graines. Les échantillons de terre ont été placés en chambre froide (5°C) durant l'hiver 2016/2017 ce qui induit aussi une levée de dormance (*annexe 7*).

Au cours de notre évaluation en 2017, 95 plantules ont pu être dénombrées, ce qui représente 10% du nombre de graines trouvées en 2016. Nous pouvons donc dire que finaliser l'évaluation du stock semencier par un lavage de graines et un test de germination permet de caractériser une part importante du stock semencier encore en dormance.

Par ailleurs, la *figure 5* montre un grand nombre de graines germées dans les modalités issues du mélange vert, de la simple fauche de novembre et dans le premier horizon (0-5 cm). L'accumulation de graines dans les cinq premiers centimètres du sol peut s'expliquer par le fait qu'aucun travail du sol n'a été effectué depuis l'implantation des bandes enherbées et fleuries, les semences restent donc à la surface. Pour la plupart des espèces seules les semences enfouies à moins de 6 cm sont aptes à donner un nombre important de plantules (Barralis G., 1988). La simple fauche de novembre permet aussi à de nombreuses espèces de fructifier car leur période de floraison se situe durant la saison estivale (*annexe 2*). Les simples fauches ont tendance à favoriser une biodiversité semencière par rapport aux doubles fauches. En ce qui concerne les mélanges, aucune différence significative du nombre de graines n'a été décelée en 2016 (Antoine T., 2016).

Toutefois, il est à signaler que la modalité « 19 B 05 » a permis de dénombrer 58 graines sur les 95 au total ce qui représente 61% des graines germées. Ces 58 graines appartiennent toutes à la même espèce qui est *Amaranthus retroflexus*. Ces résultats confirment les observations d'Antoine Théophile lors de l'évaluation du stock semencier où la modalité 19 obtenait le plus de graines avec un fort taux d'*Amaranthus retroflexus*. Cela reste tout de même étonnant car aucune *Amaranthus retroflexus* n'a été observée dans cette micro-parcelle 19 (Willot P.A., 2015). Nous pouvons donc émettre l'hypothèse que ces graines sont issues de plantes s'étant développées avant 2009 ce qui montre la forte viabilité dans le temps des graines de cette espèce (Leblanc M.L. et al, 1998).

Une analyse statistique a alors été faite en enlevant les valeurs extrêmes de la modalité « 19 B 05 » et cela a révélé que le nombre de plantes germées durant le test de germination est significativement différent en fonction du mélange. En effet, le mélange « vert » obtient un nombre plus important de germination que le mélange fleuri. Ce résultat est étonnant car il ne suit pas les observations faites par Antoine Théophile. Une hypothèse peut être émise qui est que la composition taxonomique des communautés végétales influence l'abondance de graines dans le stock semencier par le biais de diverses interactions comme la compétition interspécifique.

En ce qui concerne la composition taxonomique, 87% des plantules levées sont des *Amaranthus retroflexus* ce qui démontre bien que cette espèce est nettement la plus abondante dans le stock semencier.

Amaranthus retroflexus est une plante avec une stratégie de dissémination particulière, elle peut produire plus de 10000 graines par plante. Selon la stratégie de Grime cette espèce est de type R. Cette stratégie est adoptée lorsque le milieu subit de nombreuses perturbations, les individus utilisent donc les ressources pour assurer la reproduction avec un fort taux de croissance (Conservation nature, 2010). Selon la classification de Raunkiaer, *Amaranthus retroflexus* est une plante thérophyte qui survie à l'hiver sous forme de graines, la plante a donc une durée de vie courte et un développement rapide. Cette espèce a une dissémination zoochore ce qui peut expliquer son accumulation dans la bande enherbée grâce à la faune. Son stock semencier est persistant avec des graines de petites tailles (1 à 1.1 mm de diamètre) qui ont une durée de vie supérieure à 10 ans et la profondeur optimale de levée est superficielle (0.2 à 3 cm) (Leblanc M.L. et al, 1998). De plus, les semences d'*Amaranthus retroflexus* ont des difficultés à germer lorsqu'il y a un couvert végétal du fait du rôle que joue le phytochrome. En effet, le **mulch** du couvert absorbe une grande quantité de radiations rouge clair. La lumière reçue par les graines provoque un faible taux de forme active du phytochrome ce qui inhibe la germination (Leblanc M.L. et al, 1998). Les graines d'*Amaranthus retroflexus* germent aussi difficilement immédiatement après leur dissémination naturelle, une conservation dans le sol durant au moins 6 mois favorise donc leur capacité germinative (Chadoeuf-Hannel R., Barralis G., 1983).

6.2. Test de viabilité au tétrazolium

Il a été énoncé précédemment que le nombre de graines trouvées viables est extrêmement faible (5 graines viables sur les 275 testées). Parmi ces 275 graines nous avons comptabilisé 236 *Amaranthus retroflexus* (3 étaient viables) et 39 graines d'autres espèces (2 *Papaver rhoeas* étaient viables). La banque de graines du sol désigne l'ensemble des **graines viables** présentes dans le sol (Douh C. et al, 2014), les 270 graines non viables ne sont donc pas comptabilisées dans le stock semencier. La faible proportion de graine viable trouvée montre que l'évaluation du stock semencier par mise en serre d'échantillons de terre puis par lavage de graines et test de germination est une opération fastidieuse mais qui permet d'être le plus exhaustif possible. En effet, il y a eu de nombreuses inductions de germination depuis 2016 (mise en serre, traitement à la gibbérelline, mise au froid puis mise en chambre d'incubation) avec des conditions en température et en lumière contrôlées. Tous ces éléments ont donc permis d'avoir des résultats fiables. L'évaluation du stock semencier en 2016 et 2017 a donc permis de dénombrer 1043 graines viables et 270 graines non viables.

Divers conditions peuvent influencer sur la capacité germinative des graines et donc leur viabilité. Il a été noté qu'une part importante des graines observées présentent des dégâts conséquents ce qui pourrait être dû à la faune granivore par exemple. De plus, les trois principaux facteurs qui ont une influence sur la germination des graines sont la température, l'humidité et la lumière (Chadoeuf-Hannel R., 1985). Lorsque ces conditions ne sont pas respectées, les semences restent alors à l'état de dormance. Or la faculté germinative des semences enfouies diminue avec la durée de l'enfouissement dans le sol (Barralis G. *et al*, 1988). Le sol renferme donc de nombreuses graines perdant leur viabilité du fait de mauvaises conditions de germination.

Il existe deux grandes catégories de graines :

- Les graines transitoires ou éphémères car elles ne supportent pas la dessiccation et perdent rapidement leur viabilité lorsqu'elles sont stockées à cause d'une teneur en eau élevée.
- Les graines persistantes qui ont une longue viabilité dans le sol (Swaine M.D. *et al*, 1998).

Amaranthus retroflexus n'a presque pas été observée en végétation durant 6 années mais nous avons pu relever de nombreuses semences viables. Nous pouvons donc affirmer que cette espèce produit des graines persistantes. Le fait qu'une espèce produise des graines transitoires ou des graines persistantes influe sur la composition taxonomique de la végétation et celle du stock semencier. La végétation et la banque de graines possèdent donc un fonctionnement propre comme les graines d'espèces différentes n'ont pas la même persistance dans le sol (Barralis G., 1996).

6.3. Pourquoi le stock semencier ne reflète que partiellement la composition de la végétation ?

Le stock semencier est majoritairement composé par des **espèces chamaephytes annuelles** produisant des semences légères, **zoochores** et formant un stock semencier très persistant (cas d'*Amaranthus retroflexus*, de *Chenopodium album* et de *Mercurialis annua*). La végétation en place est quant à elle caractérisée par des **espèces compétitives, bi-annuelles ou pérennes**. Ces espèces se régénèrent en produisant des semences de masse moyenne (PMG d'1.56 g pour *Medicago lupulina* par exemple), disséminées par les activités humaines et

constituant un stock semencier qui ne persiste pas. Il peut aussi s'agir d'espèces à régénération végétative (Gaujour E., 2010).

La différence de composition entre le stock semencier et la végétation observée peut être due à la faible proportion d'espèces pérennes dans le stock semencier. Ces espèces produisent peu de graines puisqu'elles alternent entre une régénération végétative et une régénération par semences qui forment un stock semencier éphémère (Gaujour E., 2010).

L'alternance de perturbations et de compétitions interspécifiques générée par le broyage et le couvert végétal ne permet pas aux espèces annuelles de se maintenir dans cet habitat car il y est difficile de produire des semences. L'effet de la compétition exercée par le couvert est marqué en bandes enherbées. Elles restent implantées plusieurs années et certaines graminées semées sont très couvrantes et tapissent le sol (par exemple *Festuca rubra* L. qui est une espèce du mélange vert) ce qui exerce une compétition plus importante. De plus, comme les bandes enherbées sont implantées depuis plusieurs années, le sol a tendance à être tassé. Ce tassement peut donc diminuer le contact entre le sol et la graine et gêner l'implantation des espèces. Dans les bandes enherbées, la majorité des semences restent à la surface. L'aptitude des semences à lever à la surface est donc l'un des facteurs qui sélectionne le plus les espèces dans les bandes enherbées (Cordeau S., 2010).

La bande enherbée subit beaucoup moins de perturbations anthropiques qu'un champ après son implantation. C'est pourquoi après l'apparition de la flore du stock semencier, seules les espèces pouvant supporter les compétitions interspécifiques, finir leur cycle avant le broyage ou éviter le broyage peuvent s'implanter (Cordeau S., 2010). Ainsi, la stratégie d'établissement, la position des organes de survie (type biologique de Raunkiaer) et la classification botanique (mono vs. dicotylédones) sont les principales caractéristiques des espèces favorisées : **stratégie de Grime de type C ou CS, un cycle pluriannuel et appartenant souvent au groupe des monocotylédones (exemple : *Festuca rubra*)** (Cordeau S., 2010).

De plus, la prédation des graines est aussi un facteur à prendre en compte dans la composition du stock semencier et la dynamique floristique. La destruction des graines par la prédation est supérieure lorsqu'un couvert pérenne est installé. C'est pourquoi, dans un couvert seulement 1 à 30 % des graines produites se retrouvent dans le stock semencier ou sont capables de germer et cela est dû en partie par la prédation des animaux et des insectes mais aussi par le parasitisme (Surault F., 2012).

CONCLUSION

L'équipe Agriculture Durable de l'INRA de Colmar a mis en place en 2008 une expérimentation de gestion de bandes enherbées et fleuries en grande culture. L'objectif est d'étudier l'évolution de ces bandes sur plusieurs années en fonction des modalités de gestion. Deux mélanges différents ont été testés : un mélange « vert » et un mélange fleuri ainsi que quatre modalités de broyage (une en juillet-septembre, une en juillet- novembre, une en septembre et une en novembre). De 2009 à 2015 des relevés floristiques ont été effectués et il s'avère que **la flore spontanée a tendance à dominer la flore semée** (Willot P.A., 2015). En 2016, une évaluation du stock semencier a été réalisée. Cette étude a montré une forte abondance d'*Amaranthus retroflexus*, de *Chenopodium album* et de *Mercurialis annua* qui sont trois adventices communes des cultures de printemps et seules 5 espèces sur les 22 semées ont été observées dans le stock semencier après 8 années. **La composition taxonomique du stock semencier s'est donc révélée être différente de la composition de la végétation observée.** A la vue de ces différents résultats s'en est découlé une étude ayant pour principale question :

Pourquoi le stock semencier ne reflète que partiellement la composition de la végétation ?

Au cours de ce stage, 16 échantillons (*annexe 1*) de terre ont été récupérés de l'analyse du stock semencier de 2016. Ces derniers subissent un lavage de graines par tamisage sous un flux d'eau et les refus de chaque tamis sont placés en chambre d'incubation pour subir un test de germination. Une fois ce test réalisé, les graines qui n'ont pas germées sont extraites des échantillons de terre pour tester leur viabilité au tétrazolium. Cette solution permet de distinguer les graines dormantes des graines non viables en colorant en rouge l'embryon sain. Ainsi, ces différents procédés permettent de finaliser l'évaluation du stock semencier de 2016 (*annexe 6*) en distinguant les semences germées et dormantes (viables) des semences non viables.

Le test de germination a permis de dénombrer 95 plantules dont 87% appartenant à l'espèce *Amaranthus retroflexus* alors qu'elle n'a presque pas été présente en végétation. Les analyses statistiques ont révélé que le nombre de plantes germées lors de ce test est seulement influencé par le mélange (« vert » ou fleuri). Le mélange « vert » présente donc un nombre plus important de graines germées que le mélange fleuri. Ces résultats montrent d'une part que la stratégie de dissémination d'une espèce est un facteur important dans la composition du stock semencier et d'autre part que la composition taxonomique des communautés végétales influe sur la présence ou non d'une espèce à cause des diverses compétitions interspécifiques. En ce qui concerne le test au tétrazolium, seules 5 grains sur 275 ont été considérées comme viables mais

dormantes. Ce test de viabilité montre bien que toutes les inductions de germination (*annexe 7*) qui ont été faites précédemment (mise en serre, traitement à la gibbérelline, mise au froid...) ont permis d'être le plus exhaustif possible dans l'analyse du stock semencier.

La composition du stock semencier est donc différente de celle de la végétation observée en bandes enherbées à cause de différents phénomènes tels que la compétition, la prédation ou encore le manque de conditions optimales pour la germination. Les caractéristiques biologiques des espèces (stratégie de Grime, classification de Raunkiaer...) sont aussi des facteurs importants à prendre en compte dans la composition des communautés végétales (Cordeau S., 2010).

Toutefois, la végétation et la banque de graines sont interdépendantes par leurs échanges constants à travers la pluie de graines et la germination (Surault, 2012). Dans les sols subissant plus de perturbations, il est possible que la composition du stock semencier et la composition floristique du milieu aient plus de similarités (Iowa State University, 1997). Les perturbations du milieu par l'Homme jouent donc un rôle important sur le lien entre le stock semencier et la végétation. Ces actions peuvent être indirectes par la modification de la biodiversité par exemple (changement des communautés végétales et animales) ou directes en réalisant des interventions ayant un impact sur le stock semencier. Nous pouvons citer en exemple le faux-semis qui est un travail superficiel du sol et qui a pour objectif de diminuer le stock semencier en stimulant la levée des adventices.

Les perspectives de cette étude sont diverses. Il est possible d'analyser plus précisément l'effet de la prédation des graines par les micromammifères et des compétitions interspécifiques sur la composition de la végétation et du stock semencier. La prédation influe fortement sur la composition du stock semencier et notamment grâce aux carabes. Un seul insecte peut consommer jusqu'à 24 graines par jour et plus il y a de carabes dans une parcelle moins le stock semencier augmente d'une année sur l'autre (Waligora C., 2016). Il est également intéressant de déterminer l'indice de pollinisation des espèces végétales afin d'appréhender l'intérêt de la biodiversité des bandes enherbées pour les pollinisateurs, autant pour les hyménoptères que pour les lépidoptères. L'étude de la biodiversité sur ces bandes semi-naturelles permet aussi de se questionner sur les autres services rendus par cette diversité biologique. Par exemple, de nombreuses espèces sont des auxiliaires de culture en permettant la régulation de ravageurs comme les carabes se nourrissant de limaces, ou les syrphes prédateurs à pucerons. Ainsi, l'étude des services écosystémiques est un enjeu majeur pour développer une agriculture durable.

Bibliographie

AMIAUD B., TOUZARD B. The relationships between soil seed bank, aboveground vegetation and disturbances in old embanked marshlands of Western France [Revue] *Flora*, n° 199, pages 25-35, 2004.

ANTOINE T. “Evaluation du stock semencier de bandes fleuries semi-naturelles en fonction des pratiques de gestion.” INRA Colmar, 2016.

AQUAPORTAIL. [En ligne] [Consulté le 18 juillet 2017]. Disponible sur : <http://www.aquaportail.com/>

AZAEL A. *Manuel D'analyse de Semences*. IICA, 1986.

BAECHER V., “Amélioration de la biodiversité dans un système de grandes cultures.” INRA Colmar, 2008.

BARRALIS, G., R. CHADOEUF-HANNEL, and J.P. LONGCHAMP. “Longévité des semences de mauvaises herbes annuelles dans un sol cultivé.” *Weed Research* 28 (1988): 407–18.

BARRALIS G., DESSAINT F., CHADOEUF R. “Relation flore potentielle-flore réelle de sols agricoles de côte d’Or.” *Agronomie*, no. 16 (1996): 453–63.

BOKENSTRAND A., LAGERLOF J. et TORSTENSSON P. R. Establishment of vegetation in broadened field boundaries in agricultural landscapes [Revue] *Agriculture, Ecosystems and environment*, n°101, pages 21-29, 2004.

BOSSUYT B., HEYN M., *et al.* “Seed bank and vegetation composition of forest stands of varying age in central belgium : consequences for regeneration of ancient forest vegetation.” *Plant Ecology*, no. 162 (2002): 33–48.

CHADOEUF-HANNEL, R., G. BARRALIS. “Evolution de l’aptitude à germer d’*Amaranthus Retroflexus* récoltées dans différentes conditions au cours de leur conservation.” *Weed Research*, 1983 : 109-117.

CHADOEUF-HANNEL R. “La dormance chez les semences de mauvaises herbes.” *Agronomie* 5, no. 8 (1985): 761–72.

CHARBERIE O., ALARD D., TOUZARD B. “Diversité de la végétation et du réservoir de graines du sol dans une pelouse calcicole du nord-ouest de la France.” *Can. J. Bot.*, no. 80 (2002): 827–40.

CHAUVELIN D., KASSO D., *et al.* “Explorer la banque de graines du sol pour mieux comprendre la régénération des forêts tropicales africaines.” *BASE* 18, no. 4 (2014).

- CONSERVATION NATURE. “Les stratégies démographiques,” 2010 [Consulté le 3 juillet 2017]. Disponible sur : <http://www.conservation-nature.fr/article1.php?id=388>.
- COPELAND L., M. MCDONALD. Principles of seed science and technology. Kluwer academic publishers, 1999.
- CORDEAU, S. “Conséquences de la mise en place des bandes enherbées sur l’évolution de la flore adventice.” Université de Bourgogne, 2010.
- DEBAEKE, P. “Dynamique de Quelques Dicotylédones Adventices En Culture de Céréale.” *Weed Research* 28 (1988): 251–63.
- DELESCAILLE, L.-M, TAUPINART E., JACQUEMART A.-L. “L’apport de la banque de graines du sol dans la restauration des pelouses calcicoles.” *Parcs et Réserves* 61, no. 3 (October 2016): 4–12.
- DOUH, C., K. DAÏNOU, J.N LOUMET, and et al. “Explorer la banque de graines du sol pour mieux comprendre la dynamique de régénération des forêts tropicales africaines.” BASE, 2014.
- DUTOIT T., ALARD D. “Permanent seed banks in chalk grassland under various management regimes: their role in the restoration of species-rich plant communities.” *Biodiversity and Conservation* 4 (1995): 939–50.
- DUTOIT T., GERBAUD E., *et al.* “Dynamique d’une communauté d’adventices dans un champs de céréales créé après le labour d’une prairie semi-naturelle : rôles de la banque de graines permanente.” *Ecoscience* 10, no. 2 (2003): 225–35.
- FRIED, G. “Variations Spatiales et Temporelles Des Communautés Adventices Des Cultures Annuelles En France.” Université de Bourgogne, 2007.
- GAUJOUR, E. “Evaluation Des Sources D’espèces et Des Déterminants de La Diversité Végétale Des Parcelles Agricoles.” Institut National Polytechnique de Lorraine, 2010.
- IBIS. “Les bandes enherbées”. 2007
- IOWA STATE UNIVERSITY, College of agriculture and life science. The soil seed bank [En ligne] Jdekker 1997 [Consulté le 20 mai 2017]. Disponible sur : <http://agron-www.agron.iastate.edu/~weeds/ag317/bioeco/lifecycle/seedbank.html>
- KAMESWARA R., HANSON J. *et al.* “Manuel de Manipulation Des Semences Dans Les Banques de Gènes.” *Manuels Pour Les Banques de Gènes*, no. 8 (2006).
- KRAMER, S. “Relationship between Tetrazolium and Germination Tests.” juin 2010 [consulté le 20 mai 2017]. Diponible sur :

https://www.seedtest.org/upload/cms/user/Relationshipbetweentetrazoliumandgerminationtests_StefanieKramer.pdf.

LEBLANC, M.L., CLOUTIER D.C., *et al.* “Facteurs Impliqués Dans La Levée Des Mauvaises Herbes Au Champ.” *Phytoprotection* 79, no. 3 (1998): 111–27.

LAROUSSE. [En ligne] [Consulté le 18 juillet 2017]. Disponible sur : <http://www.larousse.fr/>

LONGCHAMP J.P., CHADOEUF R., BARRALIS G. “Evolution de La Capacité de Germination Des Semences de Mauvaises Herbes Enfouies Dans Le Sol.” *Agronomie* 4, no. 7 (1984): 671–82.

MALONE C.R. “A rapid method for enumeration of viable weeds in soil.” (1967) *Weeds*, 15 (4), 381-382.

ONCFS. “La Réglementation Favorable Aux Bandes Enherbées.” *Agrifaune*, 2010.

ROBINSON R., SUTHERLAND W. “Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *Journal of Applied Ecology*” (2002): 157-176.

SIMPSON R.L., LECK M.A., PARKER V.T., 1989. Seed banks: general concepts and methodological issues. In: Leck M.A., Parker V.T. & Simpson R.L., eds. *Ecology of soil seed banks*. San Diego, CA, USA: Academic Press, 3-8.

SMITH H., FEBER R.E., MORECROFT M.D., *et al.* Short-term successional change does not predict long-term conservation value of managed arable field margins. [Revue] *Biological Conservation*, n°143, pages 813-822, 2010.

SURAUULT, F., R. VERON, B. JULIER, and C. HUYGHE. “Evolution Du Stock Semencier D’un Sol Sous Un Couvert de Fétuque Élevée.” *Fourrages*, no. 210 (2012): 167–75.

SWAINE M.D., WHITMORE T.C., 1998. On the definition of ecological species groups in tropical rainforest. *Vegetation*, 75, 81-86.

TSUYUZAKI, S. “Rapid Seed Extraction from Soil by Flotation Method.” *Weed Research* 34 (1994): 433–36.

UNIVERSITE DE LORRAINE, INRA LAE. *E-FLORA-Sys*, 2009. [Consulté le 15 avril 2017].
Disponible sur : <http://eflorasys.univ-lorraine.fr/>.

WALIGORA, C. “Et Si Les Carabes Pouvaient Contrôler Le Salissement ?” *TCS*, Mai 2016.

WILLOT, P-A. “Dynamique de Bandes Enherbées et Fleuries En Fonction Des Pratiques de Gestion.” *INRA Colmar*, 2015.

ANNEXE 1 : Liste des échantillons utilisés pour l'évaluation du stock semencier en 2017

Barquette	Mélange	Broyage	Horizon
1 B 0-5	Vert	JS	0-5
1 C 5-20	Vert	JS	5-20
13 C 0-5	Vert	S	0-5
18 A 5-20	Vert	JN	5-20
19 B 0-5	Vert	N	0-5
19 B 5-20	Vert	N	5-20
20 B 5-20	Vert	JN	5-20
21 A 0-5	Fleuri	N	0-5
23 B 5-20	Fleuri	JS	5-20
24 A 0-5	Fleuri	S	0-5
4 C 0-5	Vert	JN	0-5
5 B 5-20	Fleuri	N	5-20
6 C 0-5	Fleuri	JN	0-5
6 C 5-20	Fleuri	JN	5-20
7 A 0-5	Fleuri	JS	0-5
8 B 5-20	Fleuri	S	5-20

ANNEXE 2 : Composition taxonomique des deux mélanges (fleuri et vert)

MELANGE FLEURI				
Nom scientifique	Nom commun	Floraison	Biologie de l'espèce	Proportion semée
<i>Achillea millefolium L.</i>	Achillée millefeuille	Juin-octobre	Vivace à stolons	3%
<i>Agrostema githago L.</i>	Nielle des blés	Avril-juin	Annuelle	10%
<i>Aquilegia vulgaris L.</i>	Ancolie vulgaire	Mai-juillet	Vivace	2%
<i>Bellis perennis L.</i>	Pâquerette	Février-Novembre	Vivace	1%
<i>Calendula officinalis L.</i>	Souci officinal	Mai-septembre	Annuelle	9%
<i>Centaurea cyanus L.</i>	Centaurée bleuet	Juin-septembre	Annuelle/bisannuelle	12%
<i>Chrysanthemum segetum L.</i>	Marguerite dorée	Avril-octobre	Annuelle	7%
<i>Daucus carota L.</i>	Carotte sauvage	Juin-septembre	Annuelle/bisannuelle	5%
<i>Leucanthemum vulgare Lam.</i>	Marguerite commune	Mai-septembre	Vivace à stolons	5%
<i>Lotus corniculatus L.</i>	Lotier corniculé	Mai-septembre	Vivace	6%
<i>Matricaria chamomilla L.</i>	Camomille	Mai-Août	Annuelle	3%
<i>Medicago lupulina L.</i>	Luzerne lupuline	Avril-Octobre	Annuelle/Bisannuelle	6%
<i>Onobrychis viciifolia Scop.</i>	Sainfoin	Mai-août	Vivace	22%
<i>Ranunculus acris L.</i>	Renoncule âcre	Mai-août	Vivace	2%
<i>Trifolium incarnatum L.</i>	Trèfle incarnat	Avril-juillet	Annuelle	7%

MELANGE VERT				
Nom scientifique	Nom commun	Floraison	Biologie de l'espèce	Proportion semée
<i>Centaurea nigra L.</i>	Centaurée noire	Juillet-septembre	Vivace	5%
<i>Cynosurus cristatus L.</i>	Crételle	Juin-juillet	Vivace	10%
<i>Festuca pratensis Huds.</i>	Fétuque des prés	Mai-juillet	Annuelle à stolons	20%
<i>Festuca rubra L.</i>	Fétuque rouge	Mai-juillet	Vivace souche rampante	25%
<i>Lotus corniculatus L.</i>	Lotier corniculé	Mai-septembre	Vivace	10%
<i>Medicago sativa L.</i>	Luzerne cultivée	Juin-août	Vivace	10%
<i>Poa pratensis</i>	Pâturin des prés	Mai-juillet	Vivace à stolons	10%
<i>Trifolium pratense L.</i>	Trèfle violet	Mai-septembre	Vivace	10%

Espèces relevées dans le stock semencier de 2016

ANNEXE 3 : Relevé du test de germination avec les boîtes de Pétri ayant eu des résultats (28/120)

Modalité	Fauche	25-avr	28-avr	02-mai	05-mai	09-mai	12-mai	19-mai	22-mai	29-mai	Total
13 C 05 2 mm	S					1					1
13 C 05 0,2 mm 1	S				1						1
6 C 05 2 mm 1	JN								1		1
19 B 05 2 mm	N	3	1							1	5
19 B 05 1 mm 1	N	12	4				1				17
19 B 05 1 mm 2	N	4	2								6
19 B 05 0,2 mm 1	N		4				1				5
19 B 05 0,2 mm 2	N	5		1	8					3	17
19 B 05 0,2 mm 3	N		7	1							8
1 B 05 2 mm	JS	2									2
1 B 05 1 mm 1	JS		1								1
1 B 05 0,2 mm 3	JS				1	1					2
7 A 05 1 mm	JS			1							1
7 A 05 0,2 mm 3	JS				1	1					2
7 A 05 0,2 mm 4	JS			1							1
4 C 05 1 mm 1	JN		2								2
6 C 520 1 mm 2	JN		1								1
8 B 520 1 mm	S		1								1
5 B 520 0,2 mm 2	N		1								1
21 A 05 1 mm	N		1	1							2
21 A 05 0,2 mm 2	N		1								1
19 B 520 1 mm	N	5									5
19 B 520 0,5 mm	N	4				1		1			6
19 B 520 0,2 mm 1	N	1	1								2
23 B 520 1 mm	JS									1	1
24 A 05 2 mm	S				1						1
1 C 520 0,2 mm 1	JS				1						1
1 C 520 0,2 mm 2	JS				1						1
Total		36	27	5	14	4	2	1	1	5	95
Dont <i>Amaranthus retroflexus</i>		34	25	5	10	1	2	1	0	5	83

 Modalité issue du mélange fleuri

 Modalité issue du mélange vert

 Plante appartenant à une autre espèce qu'*Amaranthus retroflexus*

ANNEXE 4 : Relevé du triage de graines avec les boîtes de Pétri ayant eu des résultats

Modalité	Nombre de graines							Total autres espèces	Total
	<i>Amaranthus retroflexus</i>	<i>Mercurialis annua</i>	<i>Silene vulgaris</i>	<i>Polygonum</i>	<i>Papaver rhoeas</i>	<i>Vitis vinifera</i>	Autres		
13 C 05 Avant tamis	32						9	9	41
13 C 05 1 mm	3								3
13 C 05 0,2 mm	5				1			1	6
6 C 05 Avant tamis	1								1
6 C 05 2 mm	1					1		1	2
6 C 05 1 mm	2								2
19 B 05 Avant tamis	25								25
19 B 05 2 mm	5								5
19 B 05 1 mm	26								26
1 B 05 Avant tamis	22								22
1 B 05 2 mm	1					2		2	3
1 B 05 1 mm	4								4
1 B 05 0,5 mm	40		2	1	10			13	53
1 B 05 0,2 mm	5								5
7 A 05 Avant tamis	17								17
7 A 05 1 mm	1								1
7 A 05 0,5 mm	14								14
7 A 05 0,2 mm	4								4
18 A 520 2 mm	1								1
18 A 520 1 mm	5	1						1	6
18 A 520 0,5 mm	2								2
4 C 05 0,2 mm	1								1
6 C 520 2 mm	1					1		1	2
6 C 520 1 mm	1						1	1	2
6 C 520 0,5 mm	6								6
6 C 520 0,2 mm	1								1
8 B 520 2 mm	1								1
8 B 520 1 mm	1								1
8 B 520 0,2 mm	0						1	1	1
5 B 520 1 mm	10						1	1	11
5 B 520 0,5 mm	24								24
5 B 520 0,2 mm	2				2	1		3	5
20 B 520 2 mm	3								3
20 B 520 1 mm	8								8
20 B 520 0,5 mm	1								1
21 A 05 2 mm	2					1		1	3
21 A 05 1 mm	3								3
21 A 05 0,5 mm	2								2
21 A 05 0,2 mm	7						1	1	8
19 B 520 Avant tamis	24					2		2	26
19 B 520 1 mm	1								1
19 B 520 0,5 mm	30								30
23 B 520 2 mm	2					1		1	3
23 B 520 1 mm	1								1
24 A 05 Avant tamis	9								9
24 A 05 1 mm	18								18
24 A 05 0,5 mm	1								1
1 C 520 2 mm	9								9
1 C 520 1 mm	30								30
1 C 520 0,5 mm	21								21
1 C 520 0,2 mm	2								2
Total	438	1	2	1	13	9	13	39	477

 Plante appartenant à une autre espèce qu'*Amaranthus retroflexus*

ANNEXE 5 : Relevé du test au tétrazolium

Modalité	Date eau	Date tétra	Graines/boîte	Viable	Non viable
13 C 05 Avant tamis	26-juin	28-juin	10 Amarantes + 9 Autres	0	19
13 C 05 1 mm	19-juin	21-juin	3 Amarantes	0	3
13 C 05 0,2 mm	19-juin	21-juin	5 Amarantes + 1 Coquelicot	1 Coquelicot	5
6 C 05 Avant tamis	19-juin	21-juin	1 Amarante	0	1
6 C 05 2 mm	26-juin	28-juin	1 Amarante + 1 Vigne	0	2
6 C 05 1 mm	19-juin	21-juin	2 Amarantes	0	2
19 B 05 Avant tamis	19-juin	21-juin	10 Amarantes	0	10
19 B 05 2 mm	21-juin	22-juin	5 Amarantes	0	5
19 B 05 1 mm	19-juin	21-juin	10 Amarantes	2 Amarantes	8
1 B 05 Avant tamis	19-juin	21-juin	10 Amarantes	0	10
1 B 05 2 mm	26-juin	28-juin	1 Amarante + 2 Vignes	0	3
1 B 05 1 mm	19-juin	21-juin	4 Amarantes	0	4
1 B 05 0,5 mm	26-juin	28-juin	10 Amarantes + 10 Coquelicots + 2 Silènes + 1 Renouée	0	23
1 B 05 0,2 mm	19-juin	21-juin	5 Amarantes	0	5
7 A 05 Avant tamis	19-juin	21-juin	10 Amarantes	0	10
7 A 05 1 mm	19-juin	21-juin	1 Amarante	0	1
7 A 05 0,5 mm	21-juin	22-juin	10 Amarantes	0	10
7 A 05 0,2 mm	21-juin	22-juin	4 Amarantes	0	4
18 A 520 2 mm	19-juin	21-juin	1 Amarante	0	1
18 A 520 1 mm	26-juin	28-juin	5 Amarantes + 1 Mercuriale	0	6
18 A 520 0,5 mm	21-juin	22-juin	2 Amarantes	0	2
4 C 05 0,2 mm	21-juin	22-juin	1 Amarante	0	1
6 C 520 2 mm	26-juin	28-juin	1 Amarante + 1 Vigne	0	2
6 C 520 1 mm	26-juin	28-juin	1 Amarante + 1 Autre	0	2
6 C 520 0,5 mm	21-juin	22-juin	6 Amarantes	0	6
6 C 520 0,2 mm	19-juin	21-juin	1 Amarante	0	1
8 B 520 2 mm	21-juin	22-juin	1 Amarante	0	1
8 B 520 1 mm	19-juin	21-juin	1 Amarante	0	1
8 B 520 0,2 mm	26-juin	28-juin	1 Autre	0	1
5 B 520 1 mm	26-juin	28-juin	10 Amarantes + 1 Autre	0	11
5 B 520 0,5 mm	21-juin	22-juin	2 Amarantes	0	2
5 B 520 0,2 mm	26-juin	28-juin	2 Amarantes + 1 Vigne + 2 Coquelicots	1 Coquelicot	4
20 B 520 2 mm	21-juin	22-juin	3 Amarantes	0	3
20 B 520 1 mm	21-juin	22-juin	8 Amarantes	0	8
20 B 520 0,5 mm	21-juin	22-juin	1 Amarante	0	0
21 A 05 2 mm	26-juin	28-juin	2 Amarante + 1 Vigne	0	3
21 A 05 1 mm	19-juin	21-juin	3 Amarantes	0	3
21 A 05 0,5 mm	21-juin	22-juin	2 Amarantes	0	2
21 A 05 0,2 mm	26-juin	28-juin	7 Amarantes + 1 Autre	1 Amarante	7
19 B 520 Avant tamis	26-juin	28-juin	10 Amarantes + 2 Vignes	0	12
19 B 520 1 mm	19-juin	21-juin	1 Autre	0	1
19 B 520 0,5 mm	19-juin	21-juin	10 Autres	0	10
23 B 520 2 mm	26-juin	28-juin	2A + 1 Vignes	0	3
23 B 520 1 mm	21-juin	22-juin	1 Autre	0	1
24 A 05 Avant tamis	19-juin	21-juin	9 Autres	0	9
24 A 05 1 mm	21-juin	22-juin	10 Amarantes	0	10
24 A 05 0,5 mm	21-juin	22-juin	1 Amarante	0	1
1 C 520 2 mm	19-juin	21-juin	9 Amarantes	0	9
1 C 520 1 mm	19-juin	21-juin	10 Amarantes	0	10
1 C 520 0,5 mm	21-juin	22-juin	10 Amarantes	0	10
1 C 520 0,2 mm	21-juin	22-juin	E 2 Amarantes	0	2
Total			275	5	270

ANNEXE 6 : Stock semencier global de l'essai

Nom scientifique	Nom commun	Abondance 2016	Abondance 2017	Abondance totale	Pourcentage
<i>Amaranthus retroflexus L.</i>	Amarante réfléchie	347	86	433	41,51%
<i>Chenopodium album L.</i>	Chénopode blanc	134		134	12,85%
<i>Mercurialis annua L.</i>	Mercuriale annuelle	132		132	12,66%
<i>Festuca rubra L.</i>	Fétuque rouge	131	1	132	12,66%
<i>Papaver rhoeas L.</i>	Coquelicot	41	1	42	4,03%
<i>Bromus sterilis L.</i>	Brome stérile	37		37	3,55%
<i>Lolium perenne L.</i>	Ray-grass anglais	34		34	3,26%
<i>Sonchus asper (L.) Hill</i>	Laiteron rude	34		34	3,26%
<i>Daucus carota</i>	Carotte sauvage	17		17	1,63%
<i>Medicago lupulina L.</i>	Luzerne lupuline	9		9	0,86%
<i>Achillea millefolium L.</i>	Achillée millefeuille	7		7	0,67%
<i>Cirsium arvense (L.) Scop</i>	Cirse commun	7	1	8	0,77%
<i>Sinapis alba L.</i>	Moutarde blanche	3		3	0,29%
<i>Stellaria media (L.) Vill</i>	Mouron des oiseaux	3		3	0,29%
<i>Centaurea nigra L.</i>	Centaurée noire	2		2	0,19%
<i>Lactuca serriola L.</i>	Laitue scariole	2		2	0,19%
<i>Veronica hederifolia L.</i>	Véronique à feuilles de lierre	2		2	0,19%
<i>Vitis sp.</i>	Vigne	2		2	0,19%
<i>Bromus hordeaceus L.</i>	Brome mou	1		1	0,10%
<i>Chenopodium hybridum L.</i>	Chénopode hybride	1		1	0,10%
<i>Epilobium cillatum Raf.</i>	Epilobe cillée	1		1	0,10%
<i>Rumex acetosa L.</i>	Oseille commune	1		1	0,10%
<i>Sonchus oleraceus L.</i>	Laiteron maraîcher	1	2	3	0,29%
<i>Trifolium repens L.</i>	Trèfle blanc	1		1	0,10%
<i>Anagallis arvensis</i>	Mouron rouge		1	1	0,10%
<i>Chrysanthemum segetum</i>	Marguerite dorée		1	1	0,10%
Total		950	93	1043	

En rouge, les espèces présentes dans les mélanges semés

ANNEXE 7 : Récapitulatif de l'ensemble des interventions réalisé sur l'essai

