

Agronomie

environnement & sociétés



**Démarches cliniques
en agronomie
et outils pour les agriculteurs
Et leurs conseillers**

Agronomie, Environnement & Sociétés

Revue éditée par l'Association française d'agronomie (Afa)

Siège : 16 rue Claude Bernard, 75231 Paris Cedex 05.
Secrétariat : 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 2.
Contact : afa@inrae.fr, T : (00-33)4 99 61 26 42, F : (00-33)4 99 61 29 45
Site Internet : <http://www.agronomie.asso.fr>

Objectif

AE&S est une revue en ligne à comité de lecture et en accès libre destinée à alimenter les débats sur des thèmes clefs pour l'agriculture et l'agronomie, qui publie différents types d'articles (scientifiques sur des états des connaissances, des lieux, des études de cas, etc.) mais aussi des contributions plus en prise avec un contexte immédiat (débats, entretiens, témoignages, points de vue, controverses) ainsi que des actualités sur la discipline agronomique.

ISSN 1775-4240

Contenu sous licence Creative commons



Les articles sont publiés sous la *licence Creative Commons 2.0*. La citation ou la reproduction de tout article doit mentionner son titre, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue AE&S et de son URL, ainsi que la date de publication.

Directeur de la publication

Antoine MESSÉAN, président de l'Afa, Ingénieur de recherches, Inra

Rédacteur en chef

Olivier RÉCHAUCHÈRE, chargé d'études Direction de l'Expertise, Prospective & Etudes, Inra

Membres du bureau éditorial

Christine RAWSKI, Rédactrice en chef Cahiers Agricultures, Cirad
Guy TRÉBUIL, chercheur Cirad
Philippe PRÉVOST, Chargé des coopérations numériques à Agreenium
Danielle LANQUETUIT, consultante Triog et webmaster Afa

Comité de rédaction

- Marc BENOÎT, directeur de recherches Inra
- Héloïse BOURREAU, ingénieure à la Bergerie de Villarceaux
- Camille DUMAT, enseignante chercheuse à l'ENSAT/INPT
- Thierry DORÉ, professeur d'agronomie AgroParisTech
- Yves FRANCOIS, agriculteur
- Jean-Jacques GAILLETON, inspecteur d'agronomie de l'enseignement technique agricole
- Laure HOSSARD, ingénieure de recherche Inra Sad
- Marie-Hélène JEUFFROY, directrice de recherche Inra et agricultrice
- Aude JOMIER, enseignante d'agronomie au lycée agricole de Montpellier
- Christine LECLERCQ, professeure d'agronomie Institut Lassalle-Beauvais
- Francis MACARY, ingénieur de recherches Irstea
- Antoine MESSEAN, Ingénieur de recherches, Inra
- Adeline MICHEL, Ingénieure du service agronomie du Centre d'économie rurale de la Manche
- Marc MIQUEL, consultant
- Bertrand OMON, Chambre d'agriculture de l'Eure
- Thierry PAPILLON, enseignant au lycée agricole de Laval
- Philippe POINTEREAU, directeur du pôle agro-environnement à Solagro
- Philippe PRÉVOST, Chargé des coopérations numériques à Agreenium
- Bruno RAPIDEL, Cirad
- Jean-Marie SERONIE, consultant

Secrétaire de rédaction

Philippe PREVOST

Assistante éditoriale

Danielle LANQUETUIT

Conditions d'abonnement

Les numéros d'AE&S sont principalement diffusés en ligne. La diffusion papier n'est réalisée qu'en direction des adhérents de l'Afa ayant acquitté un supplément

(voir conditions à <http://www.agronomie.asso.fr/espace-adherent/devenir-adherent/>)

Périodicité

Semestrielle, numéros paraissant en juin et décembre

Archivage

Tous les numéros sont accessibles à l'adresse <http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/>

Soutien à la revue

- En adhérant à l'Afa via le site Internet de l'association (<http://www.agronomie.asso.fr/espace-adherent/devenir-adherent/>). Les adhérents peuvent être invités pour la relecture d'articles.
- En informant votre entourage au sujet de la revue AE&S, en disséminant son URL auprès de vos collègues et étudiants.
- En contactant la bibliothèque de votre institution pour vous assurer que la revue AE&S y est connue.
- Si vous avez produit un texte intéressant traitant de l'agronomie, en le soumettant à la revue. En pensant aussi à la revue AE&S pour la publication d'un numéro spécial suite à une conférence agronomique dans laquelle vous êtes impliqué.

Instructions aux auteurs

Si vous êtes intéressé(e) par la soumission d'un manuscrit à la revue AE&S, les recommandations aux auteurs sont disponibles à l'adresse suivante :

<http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/pour-les-auteurs/>

À propos de l'Afa

L'Afa a été créée pour faire en sorte que se constitue en France une véritable communauté scientifique et technique autour de cette discipline, par-delà la diversité des métiers et appartenances professionnelles des agronomes ou personnes s'intéressant à l'agronomie. Pour l'Afa, le terme agronomie désigne une discipline scientifique et technologique dont le champ est bien délimité, comme l'illustre cette définition courante : « *Etude scientifique des relations entre les plantes cultivées, le milieu [envisagé sous ses aspects physiques, chimiques et biologiques] et les techniques agricoles* ». Ainsi considérée, l'agronomie est l'une des disciplines concourant à l'étude des questions en rapport avec l'agriculture (dont l'ensemble correspond à l'agronomie au sens large). Plus qu'une société savante, l'Afa veut être avant tout un carrefour interprofessionnel, lieu d'échanges et de débats. Elle se donne deux finalités principales : (i) développer le recours aux concepts, méthodes et techniques de l'agronomie pour appréhender et résoudre les problèmes d'alimentation, d'environnement et de développement durable, aux différentes échelles où ils se posent, de la parcelle à la planète ; (ii) contribuer à ce que l'agronomie évolue en prenant en compte les nouveaux enjeux sociétaux, en intégrant les acquis scientifiques et technologiques, et en s'adaptant à l'évolution des métiers d'agronomes.

Lisez et faites lire AE&S !

Sommaire

P-7- Avant-propos

A. MESSÉAN (Président de l'Afa) et O. RÉCHAUCHÈRE (Rédacteur en chef)

P-9- Éditorial

P. PRÉVOST, H. BOIZARD, F. KOCKMANN, B. OMON et T. PAPILLON (coordonnateurs du numéro)

Mise en perspective des démarches cliniques en agronomie

P15- La démarche clinique en agronomie : sa mise en pratique entre conseiller et agriculteur

F. KOCKMANN, A. POUZET, B. OMON, L. PAVARANO et M. CERF

P27- Vers un diagnostic agronomique stratégique intégrant les enjeux environnementaux : mener l'enquête pour piloter le système de culture sur le temps long

M. CERF, V. PARNAUDEAU et R. REAU

P39- IDEA4 : une méthode de diagnostic pour une évaluation clinique de la durabilité en agriculture

F. ZAHM, J.M. BARBIER, S. COHEN, H. BOUREAU, S. GIRARD, D. CARAYON, A. ALONSO UGAGLIA, B. DEL'HOMME, M. GAFSI, P. GASSELIN, L. GUICHARD, C. LOYCE, V. MANNEVILLE et B. REDLINGSHÖFER

Les outils de diagnostic de la qualité des sols : du profil cultural aux méthodes et outils actuels

P55- Les méthodes visuelles d'évaluation de la structure du sol au service d'une démarche clinique en agronomie

H. BOIZARD, J. PEIGNE, J.F. VIAN, A. DUPARQUE, V. TOMIS, A. JOHANNES, P. METAIS, M.C. SASAL, P. BOIVIN et J. ROGER-ESTRADE

P77- Apprentissage et pratique du test bêche VESS par application mobile

A. JOHANNES, K. GONDRET, A. MATTER et P. BOIVIN

P81- Evaluer visuellement la structure à l'échelle de l'échantillon : méthode et exemple d'application

A. JOHANNES et P. BOIVIN

P87- Des méthodes bêches dérivées de la méthode du profil cultural

J. PEIGNE, S. CADOUX, P. METAIS et J.F. VIAN

P95- L'utilisation de la méthode du profil cultural en Argentine : quel apport à la connaissance du fonctionnement des systèmes de culture ?

J.J. DE BATTISTA, M.C. SASAL

P99- La complémentarité de deux méthodes : le Profil Pénétrométrique Interpolé du SOL (PPIS) et le profil cultural en contexte de chantiers lourds

O. SUC et O. ANCELIN

P101- Témoignages sur l'utilisation et la complémentarité des méthodes visuelles d'évaluation de la structure du sol dans le cadre du projet Sol-D'Phy

V. TOMIS et A. DUPARQUE

La démarche clinique au service de l'évolution d'une technique culturale : la gestion des adventices

P105- La gestion durable de la flore adventice des cultures (B. CHAUVEL, H. DARMENCY et C. MUNIER-JOLAIN et A. RODRIGUEZ, coordonnateurs, Ed. QUAE, 2019)

P. PREVOST

P111- Du champ virtuel au champ réel – Ou comment utiliser un modèle de simulation pour diagnostiquer des stratégies durables de gestion des adventices et reconcevoir des systèmes de culture

N. COLBACH, S. CORDEAU, W. QUEYREL, T. MAILLOT, J. VILLERD, D. MOREAU

P131- utilisation du modèle FLORSYS comme outil d'aide à la conception de systèmes de culture innovants performants pour la gestion durable des adventices : exemple d'un groupe DEPHY Ferme de l'Eure

N. CAVAN, B. OMON, N. COLBACH, F. ANGEVIN

P145- Agriculteurs et conseillers, réunis autour d'une source karstique, actionnent l'agronomie avec pragmatisme

A. HERMANT, A. FAIVRE, V. LE MOING, C. DIVO, V. LAVILLE

P153- Le stock de semences adventices peut-il être utilisé dans les études de terrain sur l'effet des systèmes de culture

I. MAHE, D. DERROUCH, E. VIEREN, B. CHAUVEL

D'autres expériences de terrain illustrant des démarches cliniques en agronomie

P163- Les essais systèmes, support pour accompagner le changement des pratiques

P. HUET et L. GUILLOMO

P169- La végétation des bordures de parcelles agricoles, des espaces importants pour le contrôle biologique

A. POLLIER, A. BISCHOFF, M. PLANTAGENEST, Y. TRICAULT

P175- Vers une gestion adaptée des prairies multi-espèces et une maximisation du pâturage dans les systèmes herbagers du sud-ouest de la France

X. BARAT

Varia

P187- Indésirables, tolérées, revendiquées : à chacun ses plantes messicoles. Perceptions des acteurs du monde agricole vis-à-vis des plantes des moissons

R. GARRETA, B. MORISSON, J. CAMBACEDES et A. RODRIGUEZ

Notes de lecture

P195- Les typologies agronomiques des sols, indispensables pour valoriser les référentiels régionaux en pédologie

F. KOCKMANN

P199- Agroecosystem diversity: reconciling contemporary agriculture and environmental quality

J. BOIFFI



Le stock de semences peut-il être utilisé dans les études de terrain sur l'effet des systèmes de culture sur la flore adventice ?

I. MAHE¹, D. DERROUCH², E. VIEREN², B. CHAUVEL²

¹GIS GC HP2E, INRA Transfert, 28 rue du Docteur Finlay, 75015 Paris, France

²Agroécologie, AgroSup Dijon, INRAE, Univ. Bourgogne, Univ. Bourgogne Franche-Comté 21000 Dijon, France

Auteur correspondant :

bruno.chauvel@inra.fr

Résumé

Prévoir l'évolution des communautés adventices est une préoccupation majeure lors de la mise en place de nouveaux systèmes de culture. Néanmoins, il se pose la problématique de la méthodologie à utiliser pour étudier de tels systèmes. Le stock de semences du sol des parcelles cultivées représente en théorie la flore potentielle et semble s'imposer comme la façon la plus fiable de caractériser les communautés de mauvaises herbes. Toutefois, cette méthode est lourde à mettre en place. Dans cette étude, la flore adventice d'une centaine de parcelles conduites en semis direct sous couvert a été étudiée au travers de deux méthodes : un relevé de flore réalisé au printemps et un échantillon du stock semencier à partir de carottes de terre prélevées durant l'hiver. Les résultats des deux méthodes ont été comparés et la méthode des relevés de flore est apparue comme étant la plus appropriée pour obtenir une caractérisation suffisante de la flore adventice sur des dispositifs de suivi de courte durée. En fonction des objectifs du dispositif expérimental et des moyens humains disponibles, l'étude du stock de semences devient un indicateur pertinent si l'échantillonnage est suffisant, notamment sur des dispositifs de longue durée sur domaines expérimentaux.

Mots-clés : flore potentielle, flore levée, méthode d'échantillonnage, semis direct sous couvert, mauvaise herbe, adventice

Abstract: Can weed seedbank be used for field studies on cropping systems effects?

Monitoring changes in weed community composition is a major concern when implementing new cropping systems. However, there are questions about the methodology to be used for this type of work. The study of the seedbank, which represents

theoretically the potential flora, seems to be the most obvious method to characterize weed communities. However,

this method is time-consuming. In this study, two methodologies, one flora survey carried out in spring and one seedbank survey from soil samples collected in winter, were used. Results of both methods were compared and the flora survey appears to be the most appropriate method for a good characterization of the flora for short term experiments. Depending of the objectives of the experimental set-up and the available human resources, the study of seedbank may be more suitable for long term studies carried out in experimental farms, when the sampling effort is high.

Keywords: potential flora, emerged flora, sampling methods, direct seeding under cover, weed species

Introduction

Dans le contexte social actuel très sensibilisé à la protection de l'environnement, les stratégies de gestion des communautés de mauvaises herbes seront amenées à évoluer au cours des prochaines années avec notamment une réduction du rôle des herbicides de synthèse. Ces molécules, utilisées depuis près de 70 ans (Chauvel *et al.*, 2012), ont permis une gestion efficace à la fois préventive et curative des différentes espèces adventices. Toutefois, de nombreux cas de résistance à certains herbicides ont été observés, amenant de ce fait des réflexions sur leur utilisation et plus globalement sur les stratégies de gestion de la flore et le recours à des pratiques alternatives ou complémentaires (Chauvel *et al.*, 2009). Les problèmes de pollution des ressources en eau (Basilico *et al.*, 2013) inquiètent et sont à l'origine du retrait de nombreuses molécules herbicides.

La flore adventice des systèmes cultivés est majoritairement composée d'espèces thérophytes ou géophytes dont le cycle de développement est lié à une période de réserve dans le sol sous forme de semences, de bulbes ou de rhizomes. Ce stock de propagules a été le centre d'intérêt de nombreuses études depuis des dizaines d'années (Brenchley & Warington, 1930 ; Kropac, 1966 ; Barralis, 1973 ; Roberts & Chancellor, 1986). Le nombre d'espèces ainsi que leur abondance varient de façon considérable en fonction des parcelles (Roberts et Chancellor, 1986). L'utilisation intensive des herbicides a entraîné une forte réduction de la quantité des semences dans les sols (Roberts, 1968). Depuis une quinzaine d'années, la tendance globale à la réduction de l'intensivité des pratiques et de l'utilisation des herbicides de synthèse semble se traduire aujourd'hui par une ré-augmentation des stocks semenciers d'adventices dans les sols cultivés (Andreasen *et al.*, 2008).

L'enjeu pour l'agriculture aujourd'hui est donc de produire des ressources alimentaires en quantité suffisante pour une population croissante mais aussi et surtout de manière durable, associé à une fourniture d'un panel de services écosystémiques (Tilman *et al.*, 2002). Différents systèmes agricoles se sont développés pour répondre à ces nouveaux défis, on peut citer notamment les systèmes en semis direct sous couvert (appelé SDSC dans le reste du document) qui regroupent un ensemble de pratiques culturelles répondant à trois principes : une réduction quasi-totale du travail du sol, une couverture du sol plus ou moins permanente par des plantes vivantes ou du mulch, et une diversification aussi large que possible de la rotation (FAO, 2018).

D'un point de vue agronomique, mieux connaître et déterminer avec précision les adventices présentes dans une parcelle (densité, diversité spécifique) est un des enjeux importants de la transition agroécologique afin de limiter les effets négatifs des pratiques de gestion et d'augmenter l'efficacité des régulations biologiques. D'un point de vue écologique, le stock de semences peut être considéré comme une source importante de diversité avec notamment la potentielle conservation d'espèces rares (Cavers, 1995) et peut donc être utilisé comme un outil de restauration des espèces (Saatkamp *et al.*, 2014). De plus, les semences constituent la base des réseaux trophiques d'une grande diversité d'animaux, des invertébrés aux petits mammifères en passant par les oiseaux granivores (Marshall *et al.*, 2003).

La dynamique de la flore adventice dans les parcelles à très faible intensité de travail du sol est encore mal connue car les semences sont réparties dans les horizons superficiels et non plus dans les horizons de sol travaillés (Swanton *et al.*, 1999 ; Cardina *et al.*, 2002). D'un côté, les semences adventices sont potentiellement plus exposées aux agressions extérieures, prédation et stress abiotiques notamment, ce qui pourrait contribuer à une gestion facilitée de la flore. D'un autre côté, le potentiel de germination-levée est aussi maximisé pour un grand nombre d'espèces, du fait de l'absence d'enfouissement des semences en profondeur. Deux approches peuvent être utilisées afin d'étudier la composition floristique de parcelles : s'intéresser à la flore levée à travers des relevés de flore ou s'intéresser au stock semencier du sol, qui représente en théorie la flore potentielle de la parcelle. Afin de les comparer, la flore adventice de 90 parcelles en semis direct

sous couvert a été caractérisée à la fois par des relevés de flore (appelés relevés dans la suite de l'article) et des échantillons de stock semencier (appelé ESS dans la suite de l'article). L'étude des communautés adventices à travers un relevé et un échantillon de stock semencier conduit-elle au même résultat ? Plus généralement, quelle serait l'approche la plus adaptée à l'évaluation de la densité et de la diversité spécifique de la flore adventice sur des réseaux de parcelles en SDSC ?

Matériel et méthodes

La comparaison des deux méthodes de caractérisation de la flore adventice a été réalisée en profitant d'un travail de thèse portant sur l'évolution des communautés adventices dans les systèmes en semis direct sous couvert. Le réseau de 90 parcelles en SDSC s'étend sur l'ensemble de la région Bourgogne Franche-Comté, ainsi que sur la Haute Marne (figure 1). Il a été choisi d'étudier un nombre élevé de parcelles afin de mieux approcher la diversité des systèmes et des stratégies agronomiques mises en place par les agriculteurs. Pour l'année culturale 2017-2018, 68 parcelles étaient semées en blé tendre et 22 en soja.

Sur chaque parcelle, la zone étudiée (2 000 m²) a été localisée par les agriculteurs comme étant la plus représentative de leurs pratiques et de leurs problèmes malherbologiques. La zone se situe au minimum à 20 m des bordures afin de limiter les effets qui y sont liés ainsi que ceux d'éventuelles structures paysagères.

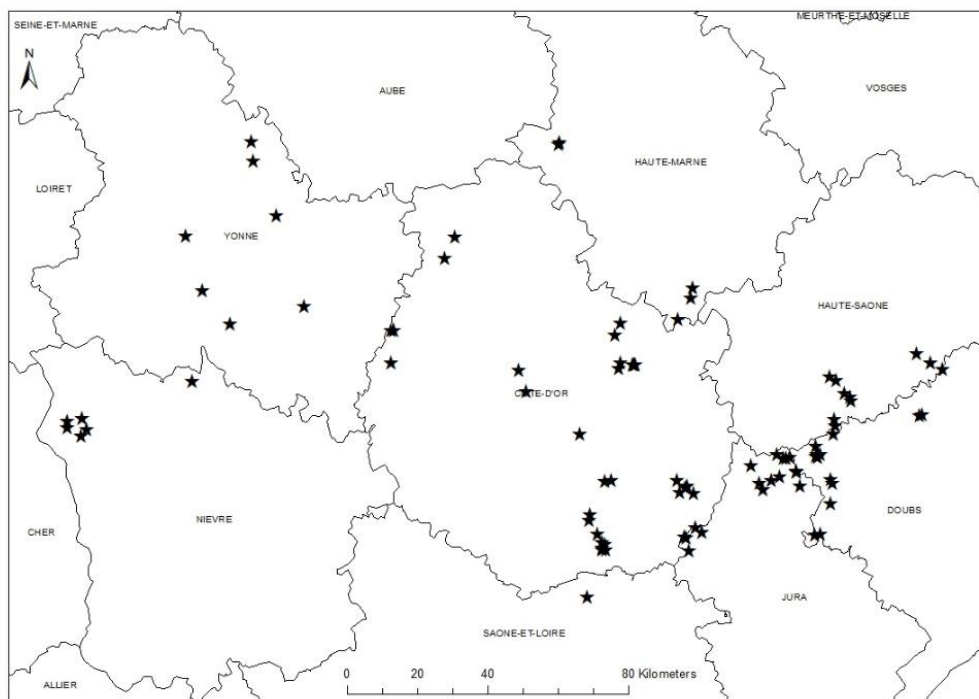


Figure 1 : Répartition spatiale des 90 parcelles étudiées

Caractérisation de la flore par des relevés de la flore levée

Le relevé utilisé pour cette comparaison a été effectué en début du cycle de culture, période majoritairement étudiée pour décrire la flore adventice. Les relevés dans les parcelles

de blé tendre ont été effectués en mars 2018 et en mai 2018 pour les parcelles de soja. Chaque relevé a été réalisé par deux personnes selon un parcours en 'W' sur la zone déterminée (durée comprise entre 35 et 40 min/parcelle). Les

plantes présentes dans les 2 000 m² (adventices, couverts, repousses) ont été identifiées. L'abondance a été estimée visuellement à l'aide de la méthode Barralis modifiée (Cellier *et al.*, 2017) et une classe de densité a été attribuée à chaque espèce (tableau I). La valeur d'abondance minimale de chaque classe a été retenue pour les analyses.

Classe	Abondance
+	≤ 1 individu sur les 2 000m ²
1	≤ 1 plante/m ²
2	1-3 plantes/m ²
3-	4-10 plantes/m ²
3+	11-20 plantes/m ²
4	21-50 plantes/m ²
5	≥ 50 plantes/m ²

Tableau I : Échelle utilisée pour estimer l'abondance des espèces adventices d'après Barralis (1976)

Caractérisation de la flore par le stock de semences

Dans un objectif de s'affranchir au maximum des effets 'parcelle' et 'agriculteur' et afin d'avoir des résultats qui soient généralisables, il a été choisi d'étudier un nombre élevé de parcelles. Ceci a conduit à adapter le protocole 'stock de semences' (ESS) par rapport aux préconisations habituelles (Dessaint *et al.*, 1996) et, en particulier, à réduire le nombre d'échantillons prélevés par parcelle afin de pouvoir balayer un grand nombre de situations différentes, correspondants à l'ensemble du réseau étudié. L'ESS a été réalisé au mois de décembre 2018 dans la zone de 2000 m² sur chacune des parcelles à partir de 14 prélèvements à la tarière de 3 cm de diamètre sur 10 cm de profondeur. Les 14 carottes ont ensuite été rassemblées et mélangées par parcelle, puis stockées dans une chambre froide pendant un mois avant d'être analysées. La surface inventoriée représente potentiellement 100 cm² mais environ 40% de ce prélèvement a été utilisé pour réaliser des analyses de sol, le reste étant utilisé pour l'étude du stock de semences. Le poids frais des échantillons de terre pour l'étude de stock varie de 400 à 1 500g de terre. La méthode de germination après concentration des échantillons a été choisie pour estimer le stock semencier. Chaque échantillon a été soigneusement homogénéisé et lavé sous jet d'eau à travers différents tamis (mailles de 5 mm et 0,2 mm) pour ne conserver que les éléments susceptibles de contenir des semences adventices. Les résidus situés entre les deux tamis ont ensuite été étalés en couche fine (<0,5 mm) sur un voile tergal placé sur des terrines (40 cm * 50 cm) de sable maintenues humides par une coupelle d'eau.

Les échantillons ont été placés dans une serre en conditions de lumière naturelle avec une alternance de température 20°C/15°C. Les échantillons ont été brumisés une fois par jour pour éviter tout dessèchement et le risque d'induction de dormance secondaire. Les plantules ont été régulièrement identifiées, comptées et retirées. Les plantules qui n'ont pu être déterminées à un stade jeune ont été replantées en pots individuels pour une identification ultérieure. Cette première période de germination a duré 10 semaines (du 15/01/2019 au 27/03/2019), jusqu'à l'arrêt de nouvelles émergences. Les échantillons ont ensuite été soumis à différentes stimulations

afin de maximiser les levées. Ils ont tout d'abord été séchés à l'air libre pendant une semaine puis stockés en chambre froide (4°C) pendant trois semaines. Une seconde phase de germination de 11 semaines (du 25/04/2019 au 12/07/2019) a alors suivi en chambre climatique (alternance 18°C/10°C et photopériode 14h/10h). Les échantillons ont été placés dans des boîtes transparentes sur un papier filtre posé sur une couche de billes de verre en présence d'une solution d'acide gibbéréllique (GA₃) à 500 mg/l qui stimule la levée de dormance des semences. Pour la présentation des données, le nombre total de semences (somme de la première et de la seconde phase de germination) a été ramené au poids de terre de 1 kg.

Identification des plantes au champ et des plantules dans les échantillons de terre

L'identification de certaines plantules n'a été réalisée qu'au genre, lorsque les critères observés ne permettaient pas une identification plus précise (*Amaranthus* sp., *Atriplex* sp., *Bromus* sp., *Centaureum* sp., *Cerastium* sp., *Crepis* sp., *Epilobium* sp., *Erigeron* sp., *Hypericum* sp., *Matricaria* sp., *Oxalis* sp., *Panicum* sp., *Poa* sp., *Raphanus* sp., *Sinapis* sp., *Torilis* sp., *Tragopogon* sp., *Trifolium* sp., *Triticum* sp., *Vicia* sp.). Pour plus de simplicité dans la suite de l'article, le terme diversité spécifique sera utilisé, même si certains taxons ne sont déterminés qu'au niveau du genre et peuvent recouvrir deux ou trois espèces.

Le terme « adventice » utilisé dans cet article englobe également les espèces provenant des couverts végétaux et des repousses de cultures. Les noms latins des espèces citées suivent les dernières modifications de la classification phylogénétique des Angiospermes (APG IV ; Chase *et al.*, 2016).

Résultats

Richesse spécifique parcellaire

L'étude du stock semencier et de la flore levée ont montré une grande diversité entre les parcelles en termes de richesse spécifique. L'estimation du stock semencier a mis en avant 103 taxons au total, avec une moyenne de 7,9 taxons par parcelle. La méthode du relevé a, quant-à-elle, identifié 142 taxons au total avec une moyenne de 13,5 par parcelle (figure 2). Le relevé a donc permis de mettre en avant un plus grand nombre d'espèces que l'ESS. Ce type de caractérisation de la flore apparaît alors plus approprié qu'un échantillon de sol de cette taille pour détecter un maximum d'espèces dans une parcelle. La figure 3 montre que pour 67% des parcelles, la diversité spécifique estimée par la flore levée est plus importante que celle estimée par l'ESS. De plus, la forte dispersion des données observée pour les relevés indique que pour de nombreuses parcelles, les deux méthodes d'étude de la flore adventice fournissent des résultats très différents. Ainsi en moyenne par parcelle, seulement 13% des espèces sont communes entre les deux échantillonnages, 29% sont spécifiques au stock et 58% spécifiques à la flore.

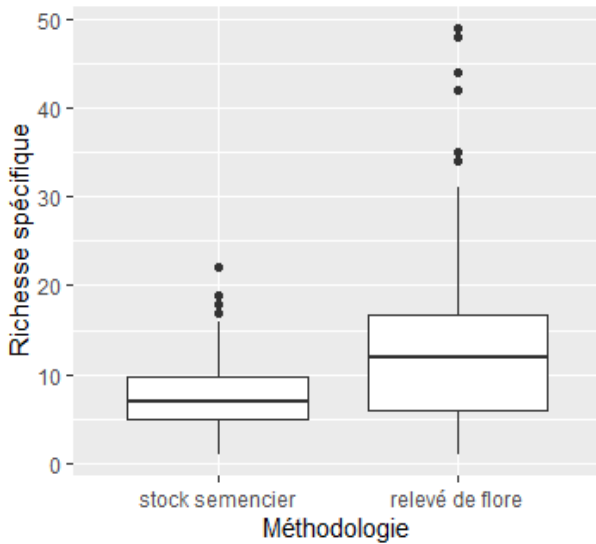


Figure 2 : Richesse spécifique par parcelle en fonction de la méthode d'estimation

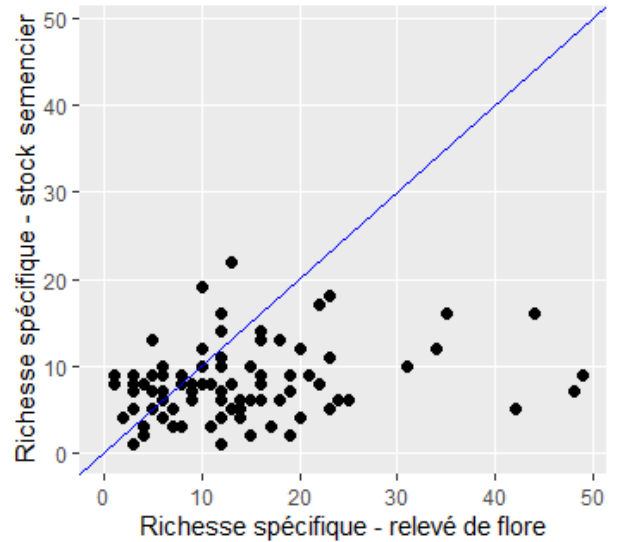


Figure 3 : Comparaison de la richesse spécifique par parcelle estimée par le stock semencier et par le relevé

Fréquence d'observation des espèces dans les parcelles

Sur les 167 espèces identifiées au total, seulement 78 ont été identifiées par les deux approches. Vingt-cinq espèces ont été uniquement observées dans les carottes de sol et 64 espèces uniquement dans le relevé de flore (tableau II).

Les espèces absentes des relevés correspondent globalement à des espèces très peu fréquentes dans l'ESS (observées dans moins de 3% des parcelles sauf pour *Geranium pusillum* observé dans 10% des parcelles). Les carottes de sol n'ont permis de mettre en avant aucune espèce arbustive et très peu d'espèces vivaces. Pour environ la moitié des espèces absentes des carottes, elles sont peu fréquentes dans les relevés (observées dans moins de 4% des parcelles). Mais

à l'inverse, d'autres espèces observées dans de nombreuses parcelles avec le relevé, n'ont jamais été identifiées dans l'ESS. Pour certaines espèces, en particulier *Taraxacum officinale* et *Cirsium arvense*, cela s'explique par leur faible voire très faible densité dans les relevés de flore des parcelles (un seul individu observé sur les 2 000m² ou moins d'un individu au mètre carré). Il paraît alors logique de ne pas les retrouver dans les ESS au vu de l'effort d'échantillonnage. Il est au contraire plus surprenant de ne pas avoir observé certaines espèces présentes, certes dans peu de parcelles mais en très forte densité, comme c'est le cas pour *Anthriscus caucalis* (11-20 plantes/m² observées dans une parcelle) ou encore *Bromus* sp. (présent globalement en faible densité sauf pour trois parcelles où 3 à 50 plantes/m² ont été observées).

Espèce	Code EPPO	Super Ordre	Cycle	ESS	Relevé de flore
Présentes uniquement dans les relevés de flore					
<i>Taraxacum officinale</i>	TAROF	Eudicot.	Vivace	-	41
<i>Bromus sp.</i>	BROSPP	Monocot.	Annuel	-	29
<i>Cirsium arvense</i>	CIRAR	Eudicot.	Vivace	-	20
<i>Vicia sp.</i>	VICSPP	Eudicot.	-	-	19
<i>Medicago sativa</i>	MEDSA	Eudicot.	Vivace	-	17
<i>Crepis sp.</i>	CVSPP	Eudicot.	-	-	16
<i>Hedera helix</i>	HEEHE	Eudicot.	Vivace	-	12
<i>Veronica hederifolia</i>	VERHE	Eudicot.	Annuel	-	11
<i>Festuca rubra</i>	FESRU	Monocot.	Vivace	-	10
<i>Galium mollugo</i>	GALMO	Eudicot.	Vivace	-	10
<i>Barbarea intermedia</i>	BARIN	Eudicot.	Annuel	-	8
<i>Carpinus betulus</i>	CIPBE	Eudicot.	Vivace	-	8
<i>Cirsium vulgare</i>	CIRVU	Eudicot.	Vivace	-	8
<i>Geum urbanum</i>	GEUUR	Eudicot.	Vivace	-	7
<i>Plantago lanceolata</i>	PLALA	Eudicot.	Vivace	-	7
+ 49 autres espèces				-	≤7
Présentes dans les deux méthodes					
<i>Alopecurus myosuroides</i>	ALOMY	Monocot.	Annuel	27	55
<i>Galium aparine</i>	GALAP	Eudicot.	Annuel	2	50
<i>Chenopodium album</i>	CHEAL	Eudicot.	Annuel	47	12
<i>Juncus bufonius</i>	IUNBU	Monocot.	Annuel	45	14
<i>Lolium sp.</i>	LOLSPP	Monocot.	-	1	37
<i>Sonchus asper</i>	SONAS	Eudicot.	Annuel	36	25
<i>Geranium dissectum</i>	GERDI	Eudicot.	Annuel	9	33
<i>Senecio vulgaris</i>	SENVU	Eudicot.	Annuel	2	32
<i>Lysimachia arvensis</i>	ANGAR	Eudicot.	Annuel	30	9
<i>Matricaria sp.</i>	MATSPP	Eudicot.	Annuel	29	27
<i>Viola arvensis</i>	VIOAR	Eudicot.	Annuel	21	28
<i>Trifolium sp.</i>	TRFSPP	Eudicot.	-	15	27
<i>Epilobium sp.</i>	EPISPP	Eudicot.	Vivace	17	25
<i>Plantago major</i>	PLAMA	Eudicot.	Vivace	24	7
<i>Geranium columbinum</i>	GERCO	Eudicot.	Annuel	2	27
+ 63 autres espèces				≤21	≤24
Présentes uniquement dans l'ESS					
<i>Geranium pusillum</i>	GERPU	Eudicot.	Annuel	9	-
<i>Lythrum hyssopifolia</i>	LYTHY	Eudicot.	Annuel	3	-
<i>Veronica serpyllifolia</i>	VERSE	Eudicot.	Vivace	3	-
<i>Galinsoga quadriradiata</i>	GASCI	Eudicot.	Annuel	2	-
<i>Persicaria hydropiper</i>	POLHY	Eudicot.	Vivace	2	-
<i>Sagina procumbens</i>	SAIPR	Eudicot.	Vivace	2	-
+ 19 autres espèces				≤2	-

Tableau II : Nombre de parcelles dans lesquelles les principales espèces ont été observées (Eudicot : eudicotylédones ; Monocot. : monocotylédones ; - : variables dans le taxon)

Abondance des espèces

Le rang attribué à chaque espèce en fonction de son abondance varie avec la méthode utilisée (tableau III). L'espèce observée avec la plus grande densité dans les carottes de sol est *Juncus bufonius*. Cette espèce ne se place pourtant qu'au

34e rang des espèces les plus abondantes avec le relevé de flore. On peut aussi citer le cas de *Lythrum hyssopifolia*, la 17e espèce la plus abondante dans les prélèvements de sol, qui est absente des relevés de flore. Inversement, l'espèce majoritaire dans la flore levée au champ, *Alopecurus myosuroides*, n'est située qu'au 8e rang par les ESS.

Espèces les plus abondantes dans les prélèvements de sol	Code EPPO	Densité moyenne (minimum-maximum) dans les ESS (par kg de terre)	Rang dans l'ESS (sur 86 espèces)	Rang avec le relevé de flore (sur 144 espèces)
<i>Juncus bufonius</i>	IUNBU	20,6 (0-361)	1	34
<i>Chenopodium album</i>	CHEAL	2,7 (0-29)	2	31
<i>Lysimachia arvensis</i>	ANGAR	2,4 (0-31)	3	47
<i>Sonchus asper</i>	SONAS	2,0 (0-51)	4	4
<i>Cardamine hirsuta</i>	CARHI	1,8 (0-80)	5	38
<i>Matricaria</i> sp.	MATSPP	1,5 (0-20)	6	24
<i>Plantago major</i>	PLAMA	1,4 (0-45)	7	58
<i>Alopecurus myosuroides</i>	ALOMY	1,4 (0-19)	8	1
<i>Lipandra polysperma</i>	CHEPO	1,4 (0-55)	9	69
<i>Gnaphalium uliginosum</i>	GNAUL	1,3 (0-30)	10	90
<i>Aethusa cynapium</i>	AETCY	1,2 (0-33)	11	28
<i>Echinochloa crus-galli</i>	ECHCG	1,0 (0-26)	12	13
<i>Erigeron</i> sp.	ERISPP	0,9 (0-24)	13	56
<i>Poa</i> sp.	POASPP	0,9 (0-45)	14	26
<i>Stellaria media</i>	STEME	0,7 (0-32)	15	55
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	CAPBP	0,7 (0-13)	16	42
<i>Lythrum hyssopifolia</i>	LYTHY	0,7 (0-57)	17	-
<i>Rumex obtusifolius</i>	RUMOB	0,6 (0-32)	18	40
<i>Veronica persica</i>	VERPE	0,6 (0-27)	19	19
<i>Kickxia spuria</i>	KICSP	0,6 (0-8)	20	53
<i>Viola arvensis</i>	VIOAR	0,5 (0-5)	21	18
<i>Solanum nigrum</i>	SOLNI	0,5 (0-17)	22	51
<i>Geranium pusillum</i>	GERPU	0,4 (0-18)	23	-
<i>Lapsana communis</i>	LAPCO	0,4 (0-22)	24	21
<i>Geranium dissectum</i>	GERDI	0,4 (0-10)	25	16
<i>Fallopia convolvulus</i>	POLCO	0,4 (0-8)	26	33

Tableau III : Densité des espèces les plus abondantes identifiées par les prélèvements de sol et relation avec le rang d'abondance d'après le relevé de flore

Discussion et conclusion

La caractérisation des effets des systèmes de culture sur la composition de la flore adventice fait depuis de nombreuses années l'objet d'articles avec des questionnements très divers concernant l'effet simple ou combiné de pratiques culturales (Riemens *et al.*, 2007) ou de modifications des systèmes de culture (Lopez *et al.*, 1988 ; Swanton *et al.*, 2002). Suivant les auteurs, le stock de semences et/ou des relevés sont effectués pour caractériser la flore adventice (Sosnoskie *et al.*, 2006).

L'objectif de ce travail exploratoire était de comparer l'information obtenue par les deux méthodes sur un réseau d'une centaine de parcelles d'agriculteurs. Du fait du rôle central du stock dans la dynamique de la flore adventice et des particularités du SDSC qui amènent à une concentration des semences dans les horizons de surface, la comparaison des deux méthodes semblait intéressante à réaliser.

Dans les conditions expérimentales décrites, nos résultats montrent que l'étude de la flore adventice via un relevé ou un stock semencier ne conduit pas aux mêmes résultats, à la fois en termes d'espèces détectées et d'abondance de celles-ci. D'une manière générale, dans nos conditions d'étude (à savoir un protocole réduit pour être techniquement réalisable sur les 90 parcelles du réseau), il apparaît que ces prélèvements de sol sont moins performants pour détecter un maximum d'espèces et qu'un certain nombre d'espèces pourtant fréquentes et abondantes dans le relevé de flore n'a pas été retrouvé dans les ESS. Mais l'inverse est également vrai, certaines espèces abondantes dans certaines parcelles dans les prélèvements de sol n'ont pas été observées avec le relevé de flore ou en très faible densité. Les deux méthodes semblent donc se compléter en termes de détection des espèces. Sans que ces résultats soient totalement surprenants au regard de la bibliographie (Zanin *et al.*, 1989), les différences observées sont importantes. Plusieurs hypothèses peuvent être posées pour les expliquer :

La première concerne le protocole utilisé pour estimer le stock semencier dans les parcelles. Tout d'abord, le faible nombre de prélèvements réalisés, c'est-à-dire 14 carottes par parcelle, ne représente qu'une très faible surface échantillonnée (moins de 100 cm²), comparée au parcours en W qui est réalisé sur 2 000 m² lors du relevé de flore. D'autant plus que les semences adventices ne sont pas distribuées de manière homogène dans les parcelles cultivées, mais de manière agrégée (Bigwood & Inouye, 1988). La réduction du nombre d'échantillons de sol afin de pouvoir couvrir les 90 parcelles étudiées a trop fortement dégradé le jeu de données obtenu. Ainsi, certaines espèces n'ont donc pas été détectées par l'étude du stock de semences, car non prélevées dans les échantillons de sol. Si certaines espèces peuvent apparaître sur-représentées, il est possible que le prélèvement ait été réalisé dans une zone où des semences se sont accumulées. Plusieurs auteurs (Goyeau & Fablet, 1982 ; Chauvel *et al.*, 1989) se sont penchés sur cette problématique d'échantillonnage et même s'ils ne s'accordent pas sur un même nombre idéal de carottes par parcelle, celui-ci doit être élevé pour avoir une vision représentative de la flore présente. Dessaint *et al.* (1996) recommandent un prélèvement de plus de 90 carottes lorsque la densité de semences est inférieure à 500/m².

Dans le cadre du SDSC, on peut s'interroger sur la méthode des carottages par rapport à des prélèvements moins profonds mais sur une plus grande surface. En effet, l'absence de travail du sol conduit à une concentration des semences dans les premiers centimètres de terre. De plus, le sol étant généralement couvert de débris organiques issus des résidus de la culture précédente ou des couverts végétaux qui contiennent potentiellement des semences, un prélèvement par carottage est plus difficile et n'est sans doute pas adapté à l'échantillonnage des semences en surface du sol. Des méthodes d'aspiration des surfaces échantillonnées (Kiehl *et al.*, 2010) pourraient être utilisées pour compléter l'échantillonnage.

Ensuite, la méthode d'estimation du stock semencier via un lavage des échantillons puis une mise en germination sous serre, n'a peut-être pas permis de détecter certaines espèces, ayant des conditions de germination particulières, qui n'étaient pas réunies dans la serre ou dans la chambre climatique, par exemple. Il est peu probable que des semences aient été perdues lors du processus de lavage des échantillons, car des semences de très petite taille comme *Juncus bufonius* (0,30 - 0,55 mm de long ; Cope & Stace, 1978) ont été retrouvées en grande quantité dans les échantillons de sol.

Une dernière explication est en lien avec les objectifs des deux approches utilisées. La réalisation d'un ESS fournit une information sur les adventices qui sont présentes dans le sol et qui pourront potentiellement émerger dans la parcelle dans les prochaines années. Le relevé de flore permet, quant-à-lui, d'obtenir une image instantanée (donc partielle) de la flore adventice qui a levé. Les relevés de flore ayant été effectués au début des cycles des cultures (mars pour le blé tendre et mai pour le soja), certaines espèces à germination plus tardives (estivales) n'apparaissent pas sur ces relevés de flore. C'est par exemple le cas pour *Ambrosia artemisiifolia*, *Veronica serpyllifolia* ou encore *Sonchus oleraceus*. Dans le cadre de la thèse, deux autres relevés de flore sur les parcelles sont venus compléter le relevé effectué en début de cycle de cul-

ture, afin d'obtenir une vision globale de la flore adventice levée. Ces relevés supplémentaires ont permis d'augmenter le nombre d'espèces observées, mais certaines espèces restent néanmoins uniquement repérées avec l'ESS (*Lythrum hyssopifolia* et *Sagina procumbens* par exemple). Une autre source de différences peut provenir de la méthode de relevé de flore choisie : le parcours en W. Cette méthode peut parfois sous-estimer certaines plantes de petite taille (Chauvel *et al.*, 2019), ce qui pourrait expliquer les résultats observés avec *Juncus bufonius* par exemple.

Au vu de ces résultats et de la charge de travail que requiert l'ESS par rapport à un relevé, il apparaît que le stock de semences est moins adapté pour étudier la densité et la diversité de la flore des parcelles cultivées en SDSC pour des suivis à court terme. En particulier, lorsque le nombre de parcelles suivies est élevé, la réduction de l'effort d'échantillonnage qui en découle conduit à une vision trop partielle de la flore adventice présente sous forme de semences dans le sol. Néanmoins, le stock semencier peut s'avérer un indicateur intéressant s'il est réalisé sur plusieurs années dans une parcelle (dispositifs de longue durée des domaines expérimentaux), en maximisant l'effort d'échantillonnage (Dessaint *et al.*, 1996), afin d'avoir une image de l'évolution de la flore adventice sur le long terme. Par ailleurs, il peut être utilisé à d'autres fins que l'étude de la flore adventice et notamment dans le cadre de la mise en évidence des régulations agroécologiques, où le stock semencier peut servir de marqueur de l'activité d'insectes prédateurs de semences (Bohan *et al.*, 2011).

Remerciements

Nous remercions les financeurs du projet : le GIS Grande Culture à Hautes Performances Économiques et Environnementales (GC HP2E), le programme H2020 IWMPRAISE et la région Bourgogne-Franche-Comté pour avoir rendu ce travail possible. Les agriculteurs des réseaux d'agriculteurs APAD Centre-Est, GIEE Du Sol Eau Soleil, GIEE Magellan, GIEE club Agro Ecos, Chambre d'agriculture de Côte-d'Or et de Haute Marne sont également remerciés pour leur accueil et leur participation.

Bibliographie

Andreasen C. & Stryhn H., 2008 - Increasing weed flora in Danish arable fields and its importance for biodiversity. *Weed Research* 48, 1-9.

Barralis G., 1973 - Survie des semences de mauvaises herbes dans les terres cultivées. *Phytoma*, juillet - août 1973, 250, 25-30.

Barralis G., 1976 - Méthode d'étude des groupements adventices des cultures annuelles : application à la Côte d'Or. *Ve Colloque International sur l'Écologie et la Biologie des Mauvaises herbes*, Dijon (France), 59-68.

Basilico L., Staub P-F., Perceval O., 2013 - La contamination chimique des milieux aquatiques : Outils et méthodes pour le diagnostic et l'action Synthèse du séminaire Surveiller, évaluer et réduire les contaminations chimiques des milieux

aquatiques des 17 et 18 juin 2013, p.39. (<https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/Brochure-Contaminants-V5.pdf>)

Bigwood D.W., Inouye, D.W., 1988 - Spatial pattern analysis of seed banks : an improved method and optimized sampling. *Ecological Society of America*, 69, 497–507.

Bohan D.A., Boursault A., Brooks D.R., Petit S., 2011 - National-scale regulation of the weed seedbank by carabid predators. *Journal of Applied Ecology*, 48, 888–898.

Brenchley W.E., Warrington K., 1930 - The weed seed population of arable soil: i.numerical estimation of viable seeds and observations on their natural dormancy. *Journal of Ecology*, 18(2), 235-272.

Cardina J., Herms C.P., Doohan D.J., 2002 - Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. *Weed Science*, 50, 4, 448–460.

Cavers P., 1995 – Seed banks: Memory in soil. *Canadian Journal of Soil Science*, 75(2), 11–13.

Cellier V., Aubertot J.N., Cordeau S., Fontaine L., Froger M., et al., 2017 - Développements méthodologiques pour une CARactérisation SIMplifiée des pressions biotiques et des Régulations biologiques - CASIMIR. *Innovations Agronomiques*, INRA, pp.41-54.

Chase M.W., Christenhusz M.J.M., Fay M.F., Byng J.W., Judd W.S., Soltis D.E., Mabberley D.J., Sennikov A.N., Soltis P.S., Stevens P.F., 2016 - An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1–20.

Chauvel B., Gasquez J., Darmency H., 1989 - Changes of weed seed bank parameters according to species, time and environment. *Weed Research*, 29, 213–219.

Chauvel B., Guillemin J-P, Colbach N., 2009 - Evolution of a herbicide-resistant population of *Alopecurus myosuroides* Huds. in a long-term cropping system experiment. *Crop Protection*, 28, 343–349.

Chauvel B., Guillemin J-P, Gasquez J., Gauvrit C., 2012 - History of chemical weeding from 1944 to 2011 in France: changes and evolution of herbicide molecules. *Crop Protection*, 42, 320-326.

Chauvel B., Derrouch, D., Felten E., Vieren E., Dessaint F., 2019 - Étude des communautés adventices et semis direct sous couvert – méthodologies et premiers résultats. In : CoSAC, un projet pour la Conception de Stratégies durables de gestion des Adventices dans un contexte de Changement (climat, pratiques agricoles, biodiversité), Séminaire final, Paris, FRA (31/01/2019-01/02/2019), 74-76.

Cope T.A., Stace C.A., 1978 - Variation in the *Juncus bufonius* L. aggregate in Western Europe. *Watsonia*, 12, 113–128.

Dessaint F., Barralis G., Caixinhas M.L., Mayor J.P., Recasens J., Zanin G., 1996 - Precision of soil seedbank sampling: how many soil cores? *Weed Research*, 36, 143–151.

FAO, 2008 - Investing in sustainable agricultural intensification. The role of conservation agriculture. A Framework for

Action. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome. P. 24. <http://agrobiodiversityplatform.org/blog/wp-content/uploads/2009/06/framework-for-action-080827-amir-kassam.pdf>

Goyeau H., Fablet G., 1982 - Etude du stock semencier de mauvaises herbes dans le sol : le problème de l'échantillonnage. *Agronomie*, 2, 545–552.

Kiehl K., Kirmer, A., Donath T.W., Rasran L., Hölzel N., 2010 - Species introduction in restoration projects - Evaluation of different techniques for the establishment of semi-natural grasslands in Central and Northwestern Europe. *Basic Applied Ecology*, 11, 285–299.

Kropac Z., 1966 - Estimation of weed seeds in arable soil. *Pedobiologia*, 6, 105–128.

Lopez C., Abramovsky P., Verdier J.L., Marmarot J. 1988 - Estimation du stock semencier dans le cadre d'un essai étudiant l'influence de systèmes culturaux sur l'évolution de la flore adventice. *Weed Research*, 28(4), 215–221.

Marshall E., Brown V., Boatman N., Lutman P.J.W., Squire G.R., Ward L.K., 2003 - The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields, *Weed Research*, 43, 77–89.

Riemens M.M., Van Der Weide R.Y., Bleeker P.O., Lotz L.A.P., 2007 - Effect of stale seedbed preparations and subsequent weed control in lettuce (cv. Iceboll) on weed densities. *Weed Research*, 47, 149–156.

Roberts H.A., 1968 - The changing population of viable weed seeds in an arable soil. *Weed Research*, 8(3), 253-256.

Roberts H.A., Chancellor R.J., 1986 - Seed banks of some arable soils in the English Midlands. *Weed Research*, 26, 251–257.

Saatkamp A., Poschlod P., Venable D.L., 2014 - The functional role of soil seed banks in natural communities. Seeds: the ecology of regeneration in plant communities, pp.263–295.

Sosnoskie L.M., Herms C.P., Cardina J. 2006 - Weed seedbank community composition in a 35-yr-old tillage and rotation experiment. *Weed Science*, 54, 263–273.

Swanton C.J., Ball-Coelho B.R., Shrestha A., Roy R.C., Knezevic S.Z., 1999 - Influence of tillage type on vertical weed seedbank distribution in a sandy soil. *Canadian Journal of Plant Science*, 80, 455–457.

Swanton C.J., Shrestha A., Clements D.R., Barbara D. Booth B. D., 2002 - Evaluation of alternative weed management systems in a modified no-tillage corn–soybean–winter wheat rotation: weed densities, crop yield, and economics. *Weed Science*, 50(4), 504-511.

Tilman, D., Cassman K.G., Matson P.A., Naylor R., Polasky et S., 2002 - Agricultural Sustainability and Intensive Production Practices. *Nature*, 418, 671.

Zanin, G., Berti, A., Zuin, M. C., 1989 - Estimation du stock semencier d'un sol labouré ou en semis direct. *Weed Research*, 29(6), 407–417.