



Ecole supérieure d'agricultures  
55, rue Rabelais – B.P. 748  
49007 ANGERS Cedex 01  
TEL. : 02.41.23.55.55



Chambre d'agriculture des  
Pays de la Loire  
9, rue André Brouard  
49105 ANGERS Cedex 02



Centre de Recherche et  
d'Expérimentation en  
Agriculture Biologique  
LEGTA Auch-Beaulieu  
32020 AUCH Cedex 09

# Évaluer l'impact des couverts végétaux dans la maîtrise des adventices en AB



Encadrants : Vincent Houben (CA PDL), Gaëlle Forest (CA PDL), Enguerrand Burel (CREABio)



EXPÉ



Action du plan Ecophyto piloté par les ministères en charge de l'agriculture, de l'écologie, de la santé et de la recherche, avec l'appui financier de l'Office Français de la Biodiversité.

Stage Recherche & Innovation - 2020 (01/06/2020 – 28/08/2020)

**MOREAU Alexis**

Mots-clés : Adventices, couverts végétaux, agriculture biologique

**Promotion 2016**





Ecole supérieure d'agricultures  
55, rue Rabelais – B.P. 748  
49007 ANGERS Cedex 01  
TEL. : 02.41.23.55.55



Chambre d'agriculture des  
Pays de la Loire  
9, rue André Brouard  
49105 ANGERS Cedex 02



Centre de Recherche et  
d'Expérimentation en  
Agriculture Biologique  
LEGTA Auch-Beaulieu  
32020 AUCH Cedex 09

# Évaluer l'impact des couverts végétaux dans la maîtrise des adventices en AB



G. Forest (CA PDL), 2017

Encadrants : Vincent Houben (CA PDL), Gaëlle Forest (CA PDL), Enguerrand Burel (CREABio)



EXPÉ



Action du plan Ecophyto piloté par les ministères en charge de l'agriculture, de l'écologie, de la santé et de la recherche, avec l'appui financier de l'Office Français de la Biodiversité.

Stage Recherche & Innovation - 2020 (01/06/2020 – 28/08/2020)

**MOREAU Alexis**

Mots-clés : Adventices, couverts végétaux, agriculture biologique

**Promotion 2016**



# NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Auteur : Alexis MOREAU

Promotion : 2016

Signalement du rapport : « Évaluer l'impact des couverts végétaux dans la maîtrise des adventices en AB », 35 pages, 9 tableaux, 36 figures, 55 sources bibliographiques, 4 annexes.

Mots-clés : Adventices, couverts végétaux, agriculture biologique

## RÉSUMÉ D'AUTEUR

### PLAN INDICATIF

- Introduction
- Éléments de contexte
- Étude bibliographique
- Problématique et hypothèses
- Matériels et méthodes
- Résultats
- Discussion
- Conclusion

### BUTS DE L'ÉTUDE

En agriculture biologique, les couverts végétaux d'interculture sont identifiés comme un levier de gestion des adventices durant leur période d'implantation. Cependant, leurs effets à plus long terme sont peu connus. Cette étude vise donc à étudier l'effet des couverts végétaux d'interculture sur les adventices de la culture suivante.

### MATÉRIELS & METHODES

L'étude se base sur l'analyse multi-sites d'un réseau d'expérimentation en grandes cultures biologiques sur lesquels la biomasse et la densité d'adventices ont été relevées de 2014 à 2019. Des comparaisons de rangs et des analyses en composantes principales ont été utilisées pour évaluer l'effet des couverts d'interculture sur les adventices.

### RÉSULTATS

Peu de différences sont observées en termes d'adventices dans la culture suivante avec ou sans couvert d'interculture. La saisonnalité des cultures et le recours au désherbage mécanique semblent avoir un impact sur les adventices. Le niveau d'infestation par les adventices diffère selon les sites d'expérimentation.

### CONCLUSIONS

Les couverts végétaux d'interculture semblent posséder un impact limité sur les adventices de la culture suivante, des résultats similaires sont suggérés par la bibliographie. Néanmoins, leur utilisation possède bien d'autres bénéfices.



## **BIBLIOGRAPHIC NOTE**

Author: Alexis MOREAU

Promotion: 2016

Description of the report: « Evaluate the impact of cover crops in weed management in organic farming », 35 pages, 9 tables, 36 illustrations, 55 references, 4 annexes.

Keywords: Weeds, cover crops, organic farming

### **AUTHOR'S ABSTRACT**

#### INDICATIVE PLAN

- Introduction
- Context elements
- Bibliographic study
- Problematic and hypothesis
- Materials and methods
- Results
- Discussion
- Conclusion

#### AIMS OF THE STUDY

In organic farming, intercrop cover crops are identified as way to manage weeds during their presence. However, long-term effects are little known. This study aims to examine intercrop cover crops effects on weeds infestation in the following crop.

#### MATERIALS & METHODS

This study is based on a multisite analysis of a experimentation sites network. On these organic field crops sites, weed biomass and weed density have been measured from 2014 and 2019. Rank comparisons and Principal Component Analysis have been used to evaluate intercrop cover crop effect on weeds in following crops.

#### RESULTS

Non-significant differences on weed infestation in the following crop are observed with or without intercrop cover crops. Crop seasonality and mechanical weeding seems to have an impact on weeds. Moreover, weed infestation differs between the different experimentation sites.

#### CONCLUSIONS

Intercrop cover crops seems to have a limited impact on weed infestation in the following crop. Same results are shown by the bibliographic references. Nevertheless, intercrop cover crop can be used for multiple other benefits.



## Remerciements

Dans un premier temps, je tiens à remercier Vincent Houben, Gaëlle Forest et Enguerrand Burel, mes maîtres de stage, pour leur encadrement et pour les conseils qu'ils ont pu m'apporter au cours de ce stage. Ils ont participé à faire de ce stage une expérience enrichissante pour moi qui m'a permis de découvrir la recherche agronomique et le fonctionnement d'une Chambre d'agriculture.

Merci également à Céline Bourlet pour ses conseils.

Je remercie les participants au comité de pilotage de mon stage, Marion Casagrande, Florian Celette et Anne-Laure Toupet. Leurs conseils ont permis de me guider dans la mise en place de la méthodologie.

Merci aussi à Calypso Picaud pour son accompagnement dans le traitement statistique des données.

Merci à l'ensemble des responsables de sites d'expérimentation – Florian Boulisset, Delphine Bouttet, Jean Champion, Aurélien Dupont, Margaux Thirard, Thierry Quirin et Catherine Vacher – pour le temps qu'ils m'ont accordé en me transmettant les informations dont ils disposaient.

Merci aux salariés et aux stagiaires de la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou – Médéric, Philippe, Etienne, Julien, Bertrand, Antoine, Pierre et Charlotte – pour leurs échanges et leur bonne humeur lors des notations sur l'essai Rotaleg.

Enfin, merci à Fanny, Louise et Théo, également stagiaires à la Chambre d'agriculture, pour les moments d'échanges passés ensemble.



# Table des matières

Remerciements

Sigles et abréviations

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>Éléments de contexte</b>	<b>2</b>
1. Structures d'accueil : CA des Pays de la Loire et CREABio	2
1.1. CA des Pays de la Loire	2
1.2. CREABio	2
2. Adventices : préoccupation agronomique majeure en AB	3
3. Projet MADEINAB	3
<b>Étude bibliographique</b>	<b>4</b>
1. Impact pluriel des adventices sur l'agriculture	4
1.1. Pertes de rendement et salissement des parcelles	4
1.2. Bénéfices écosystémiques des adventices	4
2. Gestion agroécologique des adventices	5
2.1. Connaître les adventices pour mieux les gérer	5
2.2. Divers leviers de gestion des adventices	6
3. Couverts végétaux et gestion des adventices	9
3.1. Bénéfices des couverts végétaux et freins à leur utilisation	9
3.2. Lutte contre les adventices grâce aux couverts végétaux	9
3.3. Gestion technique : un élément à maîtriser	13
<b>Problématique et hypothèses</b>	<b>15</b>
<b>Matériel et méthodes</b>	<b>16</b>
1. Sites d'expérimentation	16
2. Constitution d'une base de données sur les relevés d'adventices	16
2.1. Mesure de la densité d'adventices	16
2.2. Mesure de la biomasse sèche d'adventices	17
2.3. Données	17
3. Utilisation d'indicateurs supplémentaires	17
3.1. Nuisibilité des adventices	17
3.2. Indicateurs de diversité	18
4. Analyses statistiques principalement multi-sites	18
4.1. Évaluer l'impact des couverts végétaux sur les adventices	19
4.2. Évaluer l'impact de la durée du couvert sur les adventices	20
<b>Résultats</b>	<b>21</b>
1. Description de la base de données	21
1.1. Répartition inégale des données selon les sites	21
1.2. Répartition inégale des types d'interculture	21
1.3. Cultures et couverts d'interculture utilisés	22
2. Deux durées d'interculture différentes	22



3.	Description de variables qualitatives -----	23
3.1.	Description de la variable « Type d'interculture » -----	23
3.2.	Description de la variable « Site » -----	24
4.	Comparaisons multiples de rangs : peu de différences entre intercultures -----	24
4.1.	Biomasse d'adventices à floraison des cultures -----	24
4.2.	Densité d'adventices à floraison des cultures -----	25
4.3.	Richesse spécifique à floraison des cultures -----	25
4.4.	Indice de diversité de Shannon à floraison des cultures -----	25
4.5.	Indice d'équitabilité de Piélou à floraison des cultures -----	25
5.	Analyse en Composantes Principales multi-sites -----	26
5.1.	Étude des corrélations entre variables -----	26
5.2.	Représentation des individus : une discrimination limitée -----	26
5.3.	Autres facteurs ayant un effet sur les adventices -----	27
6.	Analyse du site TG seul -----	28
6.1.	Peu de différences d'adventices entre les SdC -----	28
6.2.	ACP TG : Observations similaires à l'analyse multi-sites -----	28
7.	Peu d'impact de la durée du couvert -----	29
7.1.	Aucune corrélation entre durée du couvert et adventices -----	29
7.2.	ACP durée du couvert : quelques tendances observées -----	29
	<b>Discussion -----</b>	<b>30</b>
1.	Problématique du jeu de données -----	30
2.	Impact des couverts sur la culture suivante et autres pratiques -----	31
3.	Impact de la durée du couvert -----	33
4.	Perspectives -----	34
	<b>Conclusion -----</b>	<b>35</b>

Bibliographie

Table des tableaux et figures

Annexes



## Sigles et abréviations

AB : Agriculture Biologique	LH : La Hourre
ACP : Analyse en Composantes Principales	LM : La Motte
AR : Archigny	LS : La Saussaye
BO : Boigneville	m <sup>2</sup> : mètres carrés
CA : Chambre d'agriculture	MadeInAB : Maîtrise des adventices en Agriculture Biologique
CIMS : Culture Intermédiaire Multi- Services	RotAB : caractérisation des Rotations en Agriculture Biologique
CIPAN : Culture Intermédiaire Piège A Nitrates	SdC : Système de culture
cm : centimètre	t : tonne
CO : Corbas	TAD : Taux Annuel de Décroissance
COFIL : Comité de Pilotage	TB : TAB
CREABio : Centre de Recherche et d'Expérimentation en Agriculture Biologique	TG : Thorigné d'Anjou
CV : Couvert Végétal	
DU : Dunière	
h : heure	
ha : hectare	
ICC : Interculture courte sans couvert végétal	
ICC-CV : Interculture courte avec couvert végétal	
ICL : Interculture longue sans couvert végétal	
ICL-CV : Interculture longue avec couvert végétal	
ITAB : Institut technique de l'Agriculture Biologique	
kg : kilogramme	
KG : Kerguéhennec	



## Introduction

Les adventices, ou mauvaises herbes, représentent l'un des bioagresseurs majeurs des cultures et sont potentiellement problématiques en agriculture biologique (AB) (Fontaine et al., 2012). La gestion des adventices est nécessaire car, bien qu'elles favorisent la biodiversité (Gaba et al., 2020), leur nuisibilité peut être importante et elles peuvent causer des pertes de production non négligeables (Caussanel, 1989; Oerke, 2006). Dans ce contexte, le projet MadeInAB, dont font partie la Chambre d'agriculture (CA) des Pays de la Loire et le CREABio, vise à produire des références sur la gestion des adventices en AB grâce au réseau de sites d'expérimentation RotAB.

De nombreux leviers de gestion préventifs et curatifs sont à disposition des agriculteurs biologiques pour gérer les adventices (Morison et al., 2008). Travail du sol, rotation des cultures, choix des espèces ainsi que date de semis sont des leviers préventifs mobilisables. Le désherbage mécanique peut également être utilisé en tant que levier curatif au cours du cycle des cultures (Salitot and Géry, 2013).

Les couverts végétaux sont identifiés comme un moyen de lutte contre les adventices (Teasdale, 1996; Teasdale et al., 2007). L'objet de ce stage, co-encadré par la CA des Pays de la Loire et le CREABio, est donc d'évaluer l'impact des couverts végétaux dans la maîtrise des adventices en AB.

Grâce aux mécanismes de compétition (croissance rapide du couvert et production de biomasse importante) et d'allélopathie, les couverts végétaux permettent de réguler la biomasse et la densité d'adventices présentes durant la période d'implantation du couvert (Bàrberi and Mazzoncini, 2009; Farooq et al., 2011). Néanmoins, l'effet des couverts végétaux d'interculture sur les adventices présentes dans la culture suivante est peu connu. Certaines références font état d'un impact limité (Métais et al., 2017; Cordeau, 2019) tandis que d'autres laissent entrevoir un potentiel de régulation des adventices notamment grâce à l'allélopathie (Munier-Jolain et al., 2005; Couëdel et al., 2017). Ce stage tentera donc, à travers une analyse multi-sites, d'apporter des connaissances sur l'impact des couverts végétaux sur les adventices de la culture suivante.

Dans un premier temps, la CA des Pays de la Loire, le CREABio et le contexte de l'étude seront présentés. Puis, une synthèse bibliographique sur la gestion agroécologique des adventices et la place des couverts végétaux sera réalisée afin d'aboutir sur la problématique et les hypothèses de travail. Ensuite, le matériel et les méthodes utilisés pour répondre à la problématique seront exposés. Enfin, les résultats obtenus seront présentés et discutés.



## Éléments de contexte

### 1. Structures d'accueil : CA des Pays de la Loire et CREABio

Ce stage a été co-encadré par la CA des Pays de la Loire, par l'intermédiaire de Vincent Houben et de Gaëlle Forest, et par le CREABio, par l'intermédiaire d'Enguerrand Burel. Le stage s'est déroulé au sein de la CA des Pays de la Loire. Les contacts avec Enguerrand Burel ont été effectués par visioconférence.

#### 1.1. CA des Pays de la Loire

Les chambres d'agriculture (CA) sont des établissements publics au service des agriculteurs et pilotés par la profession agricole.

La CA des Pays de la Loire se structure en différents pôles et possède trois grandes missions : (i) représenter l'agriculture régionale auprès des différentes instances, (ii) soutenir des projets avec d'autres organisations professionnelles (recherche et innovation, appui technique, formations, ...) et (iii) accompagner les entreprises agricoles et agroalimentaires (conseil technique, aide à l'installation et à la transmission, analyse économique, ...).

Le pôle AB, au sein duquel est réalisé ce stage, existe depuis 2009 et résulte de la mutualisation des ressources (humaines et financières) destinées à l'AB des six chambres d'agriculture de la région Pays de la Loire. Il est dirigé par Vincent Houben.

Les objectifs du pôle AB sont d'augmenter la place de l'AB et de pérenniser les exploitations biologiques. Pour cela, les activités du pôle sont (i) l'accompagnement technique et économique des agriculteurs en installation, en conversion ou en place, (ii) la communication de références technico-économiques, (iii) la gestion de programme de recherche et enfin, (iv) l'accompagnement des filières pour assurer les débouchés.

Le pôle se compose d'une équipe de conseillers répartis sur l'ensemble de la région. L'acquisition de références techniques et économiques est réalisée grâce à des experts de chaque type de production et à deux fermes expérimentales conduites en AB (Thorigné d'Anjou et Trinottières).

#### 1.2. CREABio

Le CREABio est une association créée en 1989 à l'initiative des agriculteurs biologiques de la région Midi-Pyrénées. Ces missions sont d'acquérir des références scientifiques et techniques en grandes cultures biologiques. Pour cela, associé au LEGTA d'Auch-Beaulieu, il dispose d'une exploitation agricole de 55 ha convertie à l'AB en 1999 sur laquelle sont menés des essais portant sur différentes thématiques (fertilité des sols, gestion des adventices, criblage variétal,...).

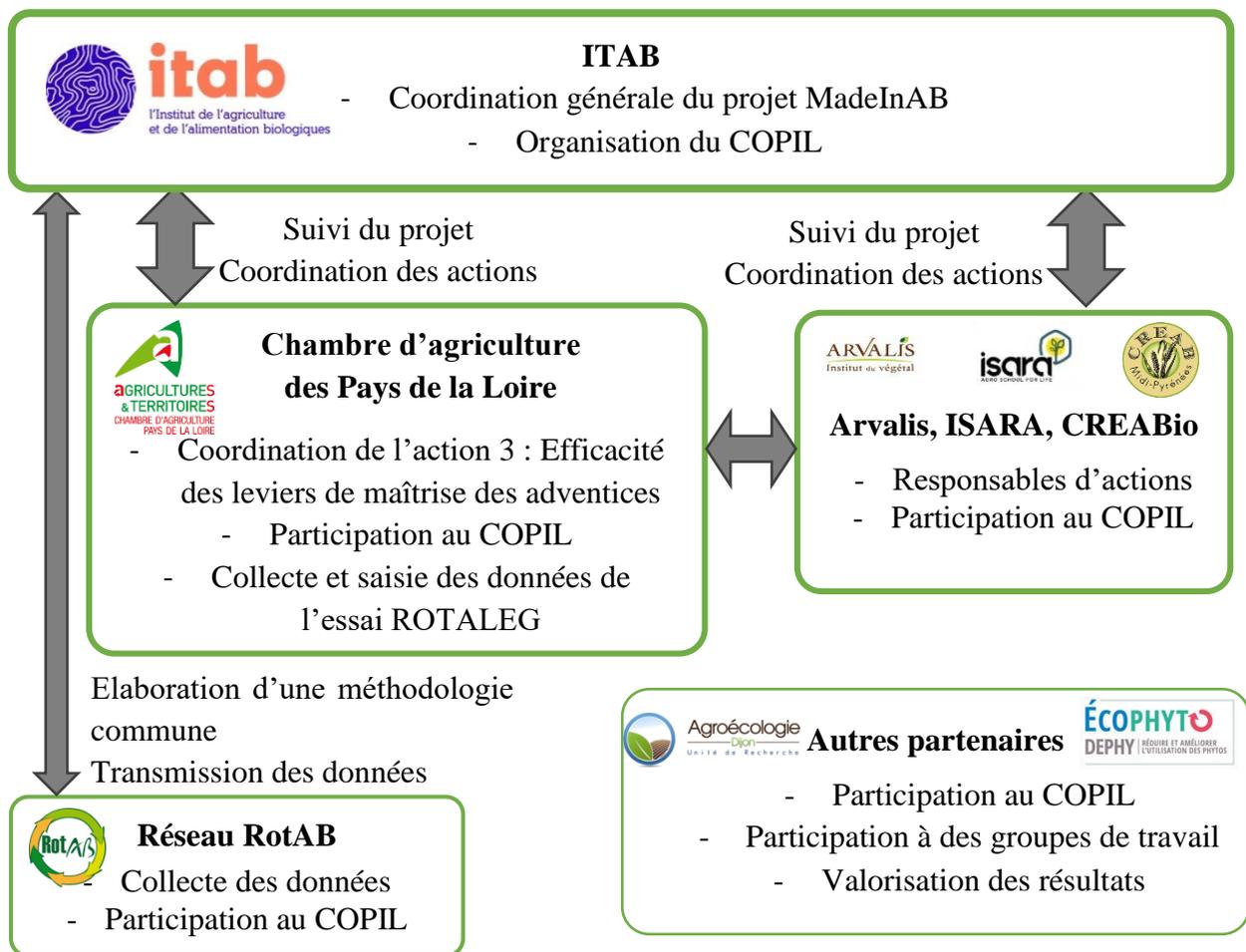


Figure 1 : Place de la Chambre d'agriculture des Pays de la Loire au sein du projet MadeInAB

## 2. Adventices : préoccupation agronomique majeure en AB

On nomme adventice, ou mauvaise herbe, toute plante herbacée ou ligneuse indésirable à l'endroit où elle se trouve (Association Française de Protection des Plantes - Commission des essais biologiques, 2011). En agriculture, les adventices sont présentes dans les cultures et causent des pertes parfois non négligeables. En effet, les pertes potentielles de production du blé dues aux adventices dans le monde sont estimées à 23% ; grâce aux connaissances sur les adventices et aux moyens de lutte disponibles, les pertes réelles sont de 8% (Oerke, 2006).

En AB, la gestion des adventices est une problématique majeure. En effet, elle représente, avec la fertilisation azotée, l'une des deux préoccupations agronomiques majeures des agriculteurs biologiques (Fontaine et al., 2012). De nombreuses solutions comme les associations de cultures, la diversification de la rotation culturale ou l'utilisation des couverts végétaux s'offrent à eux pour pallier ces problèmes. Utilisés pour le maintien de la fertilité des sols (Justes et Richard, 2017) et obligatoire réglementairement en zones vulnérables (Ministère de l'écologie et Ministère de l'agriculture, 2011), l'impact des couverts végétaux sur la flore adventice est relativement méconnu même si la bibliographie semble montrer un impact favorable sur les adventices.

## 3. Projet MADEINAB

Dans ce contexte, le projet MadeInAB (2019-2024) a pour objectif de produire des références sur la gestion des adventices en agriculture biologique. Il vise à produire des connaissances au niveau des itinéraires techniques sur les leviers de gestion des adventices, et au niveau des systèmes de culture en évaluant les stratégies de gestion de la flore adventice dans le temps.

Le projet MadeInAB regroupe différents acteurs dont certains sont présentés Figure 1. La CA des Pays de la Loire est responsable de l'étude de l'effet des leviers de gestion des adventices, en coordination avec le CREABio.

Pour répondre à ses objectifs, ce projet repose sur le réseau RotAB, un réseau de dix sites d'expérimentations systèmes de longue durée en grandes cultures biologiques. L'expérimentation système consiste à concevoir, mettre en œuvre expérimentalement et évaluer un ou plusieurs systèmes de cultures<sup>1</sup> (SdC) cohérent (Debaeke et al., 2009).

Différents leviers ainsi que leurs combinaisons seront étudiés au sein de ce projet : rotation, travail du sol, date de semis, ... Les couverts végétaux ont été identifiés comme un levier potentiel de gestion des adventices. A partir de ce constat, d'autres travaux sont menés pour déterminer la place des couverts végétaux dans les stratégies de gestion des adventices.

---

<sup>1</sup> Ensemble des techniques mises en œuvre sur des parcelles cultivées de manière identique (Sebillotte, 1990).

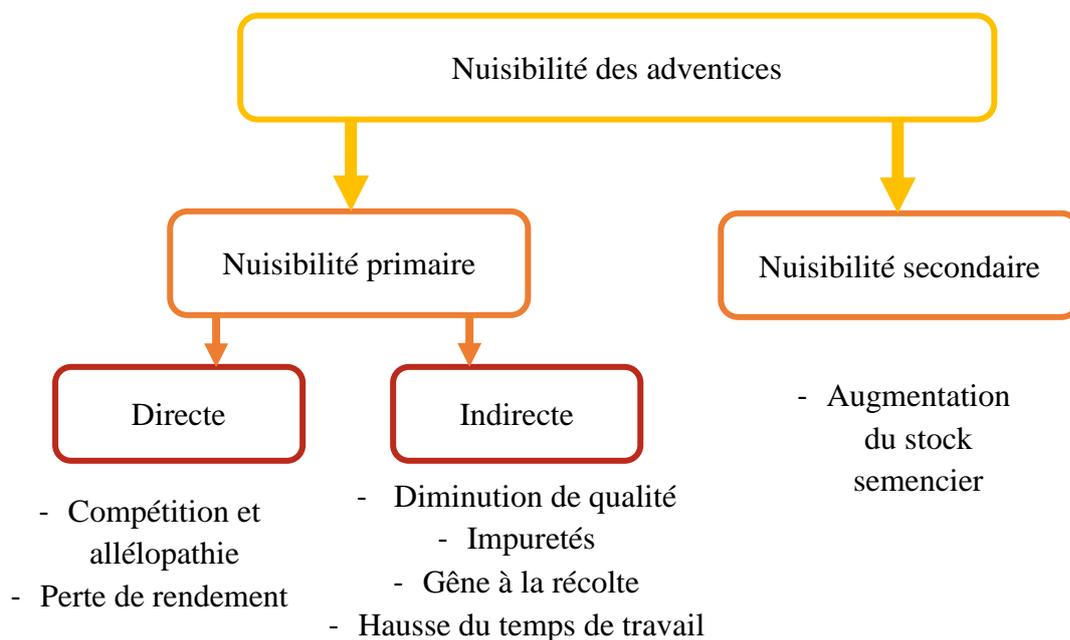


Figure 2 : Décomposition de la nuisibilité des adventices (Caussanel, 1989)

Tableau 1 : Densité d'adventices conduisant à une perte de rendement de 5% en céréales (Caussanel, 1989)

Graminées		Dicotylédones	
Folle avoine	5	Gaillet	2
Vulpin	25	Coquelicot	20-22
Pâturin annuel	100	Matricaire	20-22
Agrostis	25	Stellaire	20-70
Ray-grass	25-30	Véronique	50-60
		Pensée	>100

# Étude bibliographique

## 1. Impact pluriel des adventices sur l'agriculture

### 1.1. Pertes de rendement et salissement des parcelles

Les adventices possèdent une nuisibilité primaire et secondaire. La nuisibilité primaire s'exprime l'année de la culture tandis que la nuisibilité secondaire concerne les années suivantes (Figure 2). Deux types de nuisibilité primaire sont distingués (Caussanel, 1989) :

- La nuisibilité directe est la perte de rendement induite par les adventices. Les mécanismes en jeu sont notamment la compétition et l'allélopathie<sup>1</sup>. Cette nuisibilité peut être quantifiée par la densité d'adventices suffisante pour induire une perte de rendement de 5% (Rodriguez, 2004). Ainsi, deux pieds de gaillets ou cent pieds de pâturin annuel peuvent induire une perte de rendement de 5% sur les céréales. L'utilisation de ces seuils (Tableau 1) est toutefois à prendre avec du recul car ils sont obtenus dans des contextes pédoclimatiques donnés. Ils permettent néanmoins de donner un ordre d'idée sur le nombre d'adventices que peuvent supporter certaines cultures.

- La nuisibilité indirecte concerne les problématiques engendrées par la présence d'adventices : qualité de la récolte, présence d'impuretés, gêne à la récolte, verse, ...

Enfin, la nuisibilité secondaire s'exprime les années suivantes, elle est liée à la production de graines conduisant à un salissement des parcelles à long terme

### 1.2. Bénéfices écosystémiques des adventices

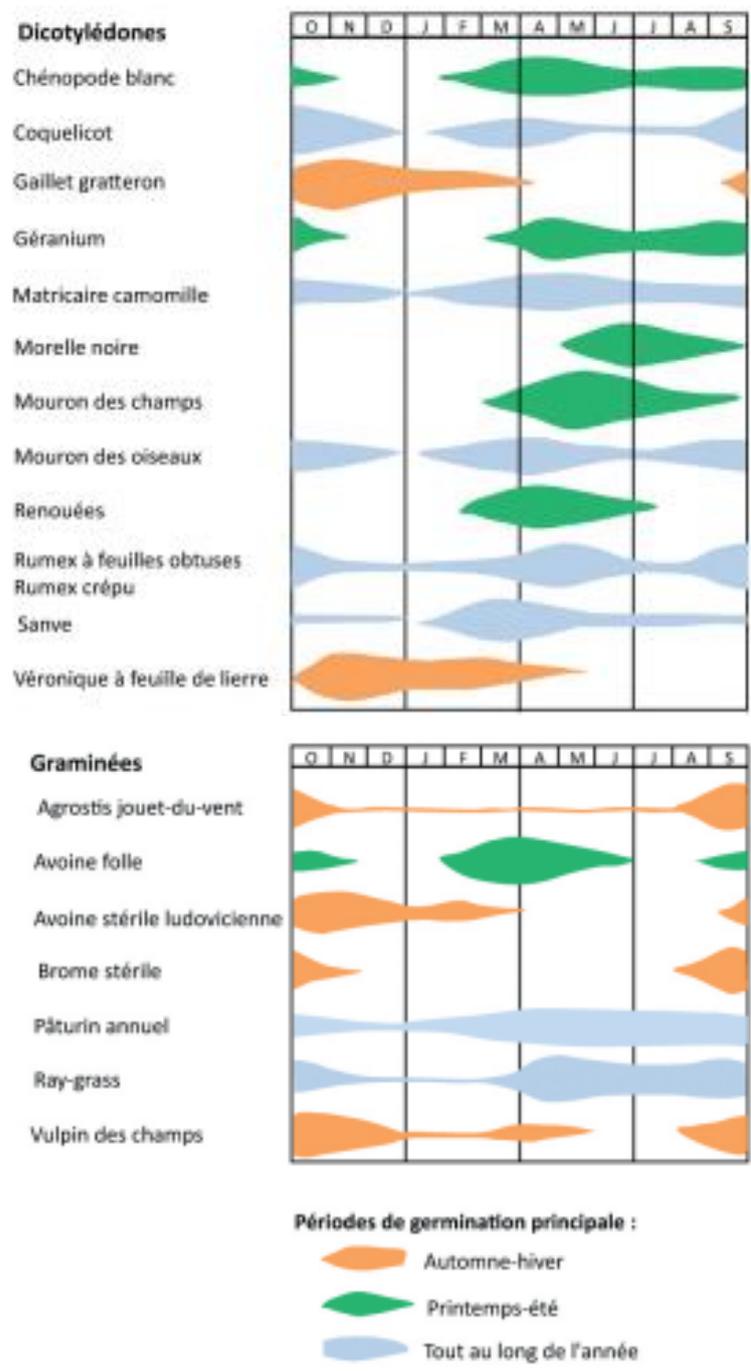
Bien que leur nuisibilité soit admise, les adventices peuvent également fournir des bénéfices.

Gaba et al. (2020) ont montré que la diversité et l'abondance des adventices influencent positivement le taux de prédation des graines et l'activité de certaines enzymes du sol.

Enfin, Adeux et al. (2019) ont montré que toutes les communautés d'adventices ne génèrent pas obligatoirement une perte de rendement sur céréales d'hiver. Leurs résultats suggèrent que lorsque la flore adventice est diversifiée et répartie équitablement, leur biomasse est plus faible et la compétition avec la culture est réduite.

---

<sup>1</sup> « Tout effet direct ou indirect, positif ou négatif, d'une plante sur une autre à travers la production de composés chimiques libérés dans l'environnement » (Rice, 1984).



D'après Roberts (1982), HGCA (2009) et ACTA (2011)

Figure 3 : Périodes de germination préférentielle de quelques adventices annuelles (Source :  
Chambre d'agriculture de Seine et Marne, 2016)

## 2. Gestion agroécologique des adventices

La flore adventice doit être maîtrisée afin de limiter sa nuisibilité tout en tirant parti des bénéfiques qu'elle peut fournir. Il est avant tout important de connaître les adventices afin de pouvoir mettre en œuvre les moyens pour les gérer (Rodriguez, 2004)

### 2.1. Connaître les adventices pour mieux les gérer

Tout d'abord, il est possible de catégoriser les adventices selon leur biologie. Une première catégorisation des adventices se base sur le cycle de vie.

- **Les annuelles** : Leur cycle est inférieur à un an et leur reproduction est assurée par la production de graines. Elles représentent 80% des adventices présentes en grandes cultures (folle avoine, chénopode, ...).

- **Les pluriannuelles** : Elles possèdent un cycle de plusieurs années puis disparaissent. Elles se comportent parfois comme des annuelles en grandes cultures (carotte sauvage, ray-grass d'Italie, ...).

- **Les vivaces** : Leur multiplication est indéfinie par fragmentation de l'appareil végétatif (chardon, chiendent, rumex, ...).

Le comportement des espèces d'adventices peut passer d'une catégorie à l'autre dans les systèmes cultivés : la fragmentation de l'appareil racinaire peut, par exemple, conduire à régénérer les plants et à favoriser leur maintien sur la parcelle ou bien à réduire la durée d'implantation à cause de la destruction de la plante.

Par ailleurs, d'autres éléments de la biologie des adventices sont importants à prendre en compte pour établir une stratégie de gestion :

- **La période de levée** : Toutes les espèces ne possèdent pas la même période de levée préférentielle (Figure 3). Le gaillet gratteron et le brome stérile lèvent plutôt à l'automne tandis que le chénopode blanc lève principalement au printemps et en été. Cette caractéristique peut être mobilisée pour la gestion des adventices par l'intermédiaire de la rotation culturale.

- **La profondeur de germination** : La majorité des graines germent dans les cinq premiers centimètres du sol, cette profondeur offrant les conditions favorables à la germination. Quelques espèces possédant des grosses graines sont capables de germer entre 5 et 10 cm. Au-delà de 10 cm, peu d'adventices sont en mesure de réussir leur germination. C'est néanmoins le cas de la folle avoine.

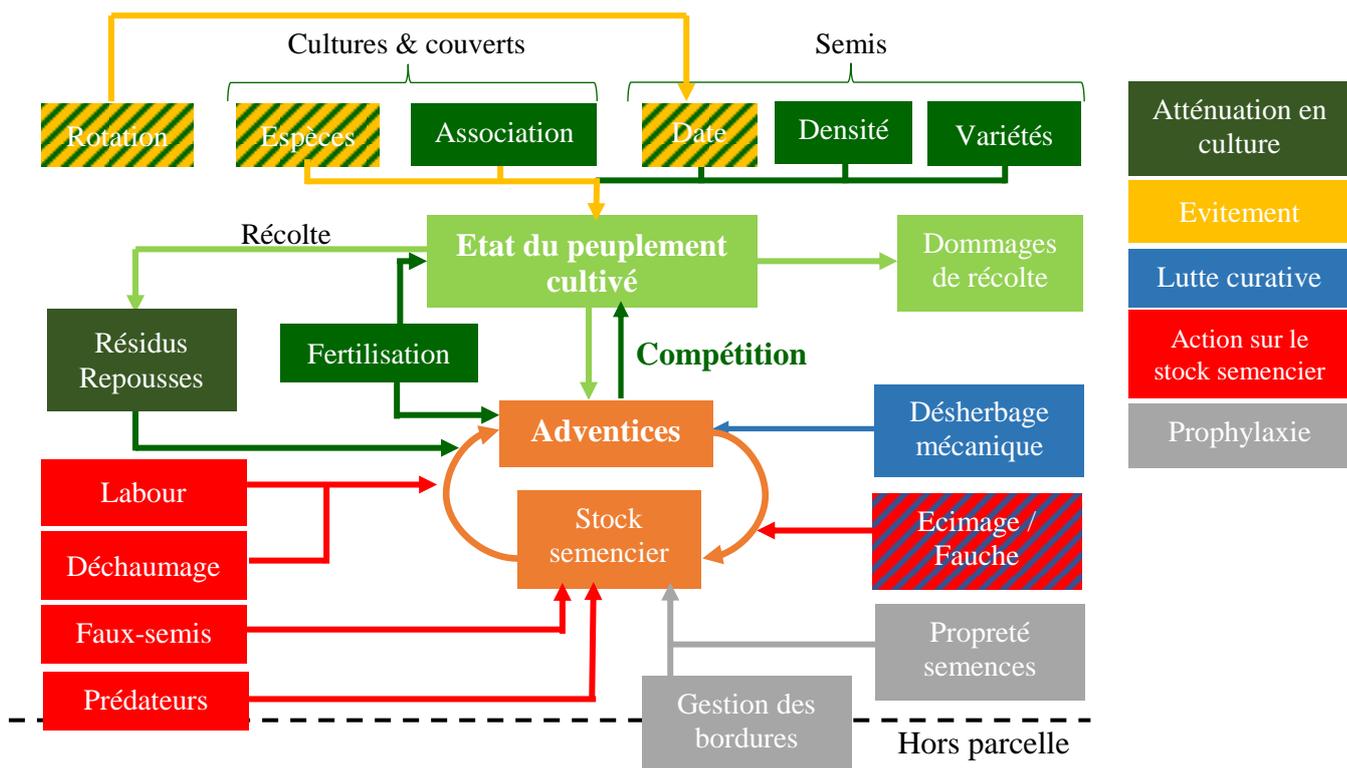


Figure 4 : Leviers de gestion des adventices en agriculture biologique (Source : Présentation du projet MadeInAB)

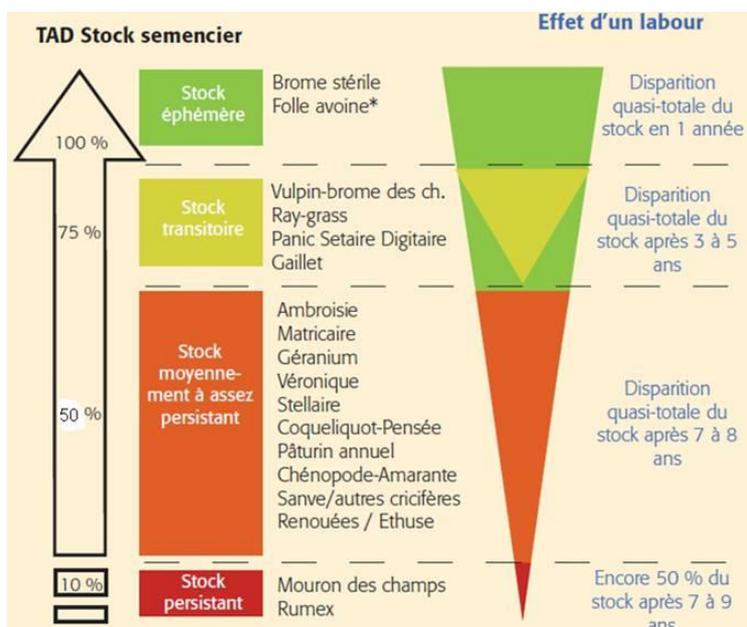


Figure 5 : Lien entre TAD et effet du labour sur les principales adventices (Source : Arvalis-Institut du végétal, 2019)

- **La survie des graines dans le sol** : Toutes les graines présentes dans le sol n'aboutissent pas à une plantule pour différentes raisons (sénescence, prédation, ...). Sans apport de nouvelles graines, le stock semencier diminue donc chaque année. Le taux annuel de décroissance (TAD), exprimé en % du stock initial de semences, rend compte de cette diminution. Chaque espèce possède son propre TAD (Figure 5) et celui-ci varie également selon le contexte pédoclimatique. Néanmoins, même avec un TAD élevé (70%), il faudra plusieurs années pour que l'ensemble des semences soit détruit.

- **La production de graines** : La production de graines est différente selon les espèces. La connaissance de celle-ci permet d'avoir une idée du potentiel d'augmentation du stock semencier si les adventices ne peuvent pas être gérées avant grenaison. Toutefois, cette production de graines est indicative et dépend des conditions pédoclimatiques.

## 2.2. Divers leviers de gestion des adventices

Afin de lutter contre les adventices, de nombreux leviers sont mobilisables par les agriculteurs. Par la combinaison logique de ces différents leviers, il est possible d'atteindre l'objectif de maîtrise des adventices (Morison et al., 2008). Ces leviers sont regroupés selon quatre groupes : l'action sur le stock semencier, l'évitement, l'atténuation en culture et la lutte curative auxquels on peut ajouter les mesures prophylactiques visant à limiter l'introduction d'adventices depuis l'extérieur de la parcelle (Figure 4). Ils permettent d'agir sur les adventices ou le stock semencier ainsi que sur l'état du peuplement cultivé modifiant ainsi la compétition entre la culture et les adventices.

### 2.2.1. Rôle du travail du sol

Le travail du sol permet de perturber la levée des adventices, il a une action sur le stock semencier du sol en favorisant ou en empêchant la germination et la levée des adventices.

Le labour permet de détruire la flore présente et d'enfouir profondément les semences d'adventices présentes en surface limitant leur germination et leur levée. Le labour possède néanmoins une efficacité différente selon les espèces (Figure 5). L'efficacité sur le brome stérile est grande puisque les semences sont totalement éliminées au bout d'un an d'enfouissement (TAD proche de 100%). Au contraire, seulement 50% des semences de chénopode est éliminé en une année d'enfouissement et il faut, théoriquement, sept à huit ans pour les détruire en quasi-totalité. Le labour systématique, tous les ans, n'est pas efficace dans ce cas puisqu'il remet en surface les graines enfouies. Parfois, l'efficacité du labour est limitée par la capacité des adventices à germer en profondeur ; par exemple, la folle avoine peut germer à une profondeur de 15 cm.

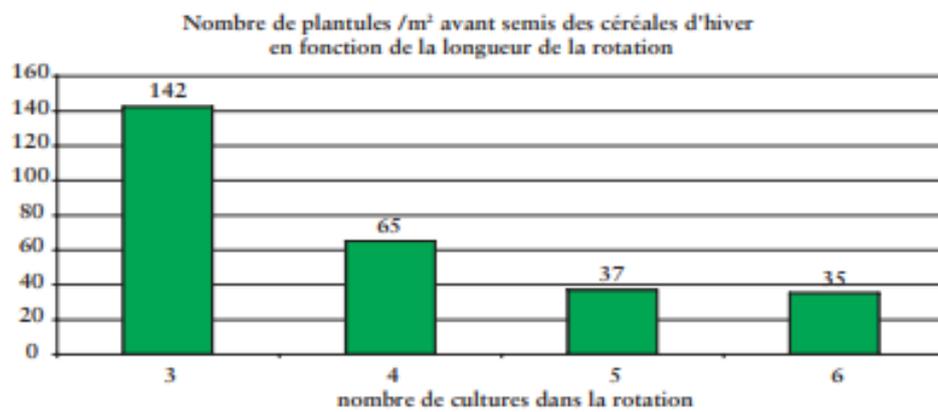


Figure 6 : Densité d'adventices avant semis de céréales d'hiver en fonction de la longueur de la rotation (Source : C. David, ISARA)

Le faux-semis, travail du sol superficiel afin de créer des conditions favorables à la levée des adventices, permet également d'agir sur les adventices. Celles qui lèvent pourront être détruites par travail du sol ce qui conduit à une diminution du stock semencier. Cette technique est efficace sur toutes les espèces d'adventices avec un stock semencier important et est particulièrement efficace sur les espèces à faible dormance comme le brome. Comme l'ensemble des actions de travail du sol, elle est dépendante des conditions climatiques pour sa réussite ; une météo humide favorise la levée des adventices.

### 2.2.2. Choix de la rotation

La rotation est un enchaînement de culture sur une même parcelle. Bien que celle-ci soit en évolution constante pour s'adapter aux conditions climatiques ou au marché, elle représente un levier important pour la maîtrise des adventices

#### 2.2.2.1. *Allongement et diversification*

De manière générale, une rotation courte augmente le risque d'infestation par une espèce d'adventice car celle-ci retrouvera régulièrement les conditions favorables à son développement. Au contraire, dans une rotation diversifiée, la flore adventice est plus diversifiée et le risque d'abondance d'une espèce est réduit (Munier-Jolain et al., 2012).

Comme le montre la Figure 6, une rotation longue induit une présence d'adventices plus faible. Dans cet essai, le passage d'une rotation de 3 à 6 ans permet de diminuer de 75% la densité d'adventices avant le semis des céréales d'hiver.

Comme les adventices possèdent une période de levée préférentielle, les espèces à germination automnale se retrouvent plutôt dans les céréales d'hiver et les espèces à germination printanière dans les cultures de printemps. En alternant les périodes d'implantation des cultures, le cycle des adventices peut être cassé et la spécialisation de la flore limitée (Fontaine et al., 2019). Cela n'est pas efficace pour la maîtrise des espèces qui germent toute l'année.

La présence de cultures pluriannuelles (prairies, luzerne) au sein de la rotation permet de perturber le cycle biologique des adventices et d'exercer une concurrence importante (Munier-Jolain et al., 2012). Ces cultures sont fauchées ou pâturées régulièrement. Ceci permet d'éviter les montées à graines et donc l'enrichissement du stock semencier (Fontaine et al., 2019). De plus, au sein d'une rotation de grandes cultures, l'insertion de prairies favorise des adventices peu problématiques (port en rosette, faible compétitivité, ...) au détriment des espèces plus compétitives (Petit et al., 2013). Toutefois, l'implantation doit être maîtrisée pour éviter un salissement important la première année.

Capacité d'étouffement	BONNE	MOYENNE	FAIBLE
Cultures	Avoine d'hiver, triticale, orges	Blé tendre, colza	Autres cultures

(d'après N. Munier-Jolain, INRA Dijon)

Figure 7 : Classement des cultures selon leur pouvoir étouffant (d'après N. Munier-Jolain, INRA Dijon) (Source : Agro-Transfert, 2011)

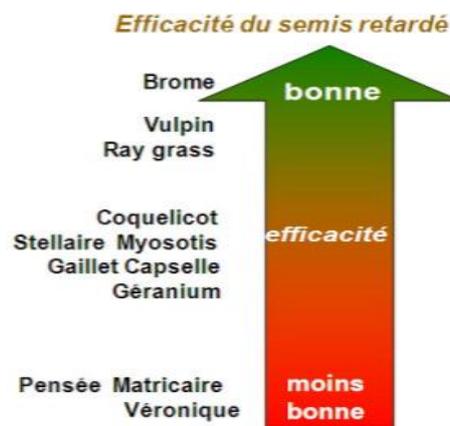


Figure 8 : Efficacité d'un semis retardé des céréales d'hiver sur certaines adventices (Source : Arvalis-Institut du végétal, 2013)

**Les stades d'intervention en fonction des outils**

Stade céréale	Prélevée	Levée	2-3 F	3-4 F	6-8 F	Stade des adventices
Houe rotative						Fil blanc à 1ères feuilles
Herse étrille						Fil blanc à 3 - 4 feuilles
Bineuse						3 feuilles et plus

déconseillé
  possible
  conseillé

Figure 9 : Stade d'intervention des différents outils de désherbage mécanique sur la culture de maïs (Source : Salitot and Géry, 2013)

#### 2.2.2.2. *Choix des espèces et des variétés*

Les espèces cultivées peuvent être caractérisées de plus ou moins « étouffantes » vis-à-vis des adventices. Les espèces dites « étouffantes » se caractérisent par une fermeture rapide du couvert grâce à une croissance rapide, un port étalé ou bien de larges feuilles (Morison et al., 2008). L'avoine, l'orge, les prairies et les associations céréales/légumineuses possèdent ces caractéristiques. L'introduction de telles espèces dans la rotation peut s'avérer intéressante pour la maîtrise des adventices (Figure 7). Le choix variétal permet aussi d'exercer une concurrence sur les adventices. Chez le blé, la hauteur, le pouvoir couvrant et le port des feuilles sont des caractéristiques variétales impactant la compétitivité du blé vis-à-vis des adventices (Fontaine et al., 2009).

#### 2.2.3. *Choix de la date de semis*

Afin de tirer parti des périodes de levée préférentielle des adventices, les dates de semis doivent être réfléchies. Ainsi, il est possible de retarder les semis de céréales d'hiver pour qu'ils ne soient pas réalisés pendant la période de levée automnale des adventices. L'efficacité est variable selon les espèces (Figure 8), elle est forte sur le brome et le vulpin. Des essais conduits en Lorraine en 2003 et 2004 ont montré qu'un semis le 15 octobre au lieu du 25 septembre permet de réduire les levées de vulpin de 60% (Arvalis-Institut du végétal, 2013).

#### 2.2.4. *Recours au désherbage mécanique*

Le désherbage mécanique est une méthode de lutte curative au cours du cycle de la culture. Il consiste à détruire les adventices à un stade jeune par le passage d'un outil. Pour qu'il soit réussi, il doit être réalisé sur un sol suffisamment ressuyé et être suivi de quelques jours séchants afin de permettre le dessèchement des adventices. Il peut être réalisé grâce à différents outils (herse étrille, houe rotative, bineuse) et sur l'ensemble des cultures. Les différents outils sont complémentaires pour pouvoir intervenir à différents stades d'une culture, la Figure 9 en donne l'exemple sur la culture du maïs. Herse étrille et houe rotative peuvent être utilisées avant la levée du maïs pour détruire précocement les adventices tandis que la bineuse est utilisée à un stade plus avancé du maïs (3-4 feuilles jusqu'à 6-8 feuilles), elle ne permet de travailler que sur l'interrang.



### 3. Couverts végétaux et gestion des adventices

#### 3.1. Bénéfices des couverts végétaux et freins à leur utilisation

Un couvert végétal peut être défini comme une espèce ou un mélange d'espèces. Présent entre deux cultures principales, durant l'interculture, il possède le rôle de culture intermédiaire multiservices (CIMS). La CIMS est une culture intermédiaire, restituée au sol, qui permet de produire un certain nombre de services écosystémiques (agronomiques et écologiques) par la production de fonctions agroécologiques (Justes and Richard, 2017). Certaines des fonctions agroécologiques sont : la lutte contre l'érosion (Malik et al., 2000), la fourniture de matière organique (Ding et al., 2006), la lutte contre les adventices (Teasdale, 1996), ...

Plusieurs freins à l'implantation de couverts végétaux existent tout de même (Lefèvre, 2011) : les conditions climatiques ne permettant pas une implantation ou une destruction réussie du couvert, un état de salissement des parcelles trop important ou un coût d'implantation élevé sont autant de freins à leur adoption évoqués par les agriculteurs.

#### 3.2. Lutte contre les adventices grâce aux couverts végétaux

##### 3.2.1. Compétition entre couverts et adventices

###### 3.2.1.1. *Utiliser des espèces compétitives vis-à-vis des ressources*

La compétitivité des espèces pour l'eau et l'azote est conditionnée par la dynamique de mise en place de l'appareil racinaire et des besoins en eau et en azote tandis que la compétition pour la lumière dépend de la dynamique de croissance en surface et en hauteur ainsi que du port de la plante (Cordeau and Moreau, 2017).

Les espèces généralement utilisées en tant que cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN) possèdent une capacité d'absorption d'azote importante ce qui les rend très compétitive pour cette ressource. Les graminées permettent aussi d'obtenir une régulation des adventices intéressante car ces espèces possèdent une croissance rapide et une forte consommation d'azote (Baraibar et al., 2018).

Généralement, la compétition est importante entre plantes de la même famille avec une architecture proche (blé et vulpin, colza et moutarde, ... ) (Morison et al., 2008).

Enfin, la compétition et donc le potentiel de régulation des adventices dépend des ressources du sol (Cordeau, 2019). En interculture, les ressources sont souvent limitantes, la compétition entre les plantes est donc grande (Cordeau and Moreau, 2017).

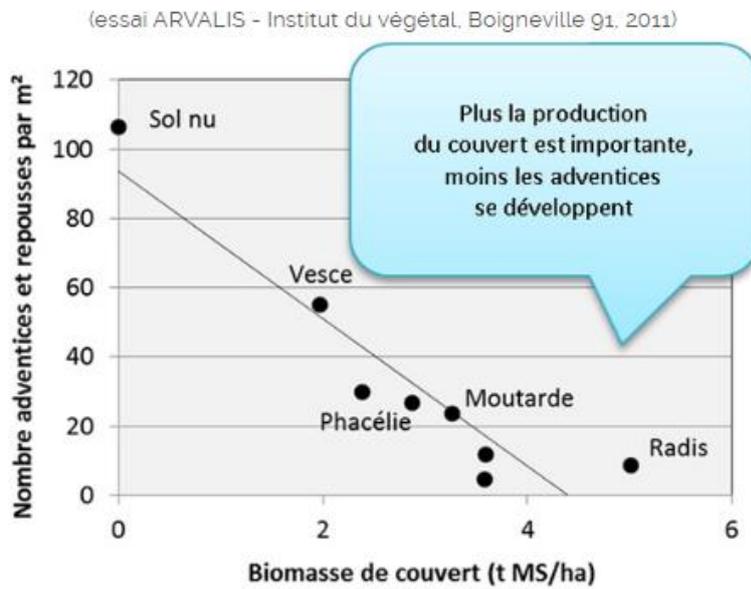


Figure 10 : Effet de la biomasse du couvert sur la densité d'adventices et de repousses (Source : Arvalis-Institut du végétal et al., 2016)

Capacité d'étouffement*	BONNE	MOYENNE	FAIBLE
Couvert d'interculture	Moutarde blanche, moutarde brune, radis fourrager, colza, navette fourragère, phacélie, vesce commune de printemps, chou fourrager	Sarrasin, seigle, avoine d'hiver, avoine de printemps, repousses blé/orge, trèfle incarnat, trèfle d'Alexandrie, nyger, moha	Tournesol, ray-grass d'Italie

\* Pour un couvert implanté seul, qui se développe dans de bonnes conditions.

Figure 11 : Classement des couverts d'interculture selon leur pouvoir étouffant (Source : Agro-Transfert, 2011)

### 3.2.1.2. *Maximiser la production de biomasse*

Afin de maîtriser les adventices, la production de biomasse du couvert doit être importante. Comme le montre les essais réalisés par Arvalis (Figure 10), la biomasse du couvert est corrélée négativement avec la densité d'adventices présentes en même temps.

D'autres travaux ont mis en évidence cette relation : des couverts de seigle, trèfle incarnat et trèfle champêtre implantés en interculture au sein d'un système de monoculture de maïs ont eu un impact sur la biomasse des adventices (Bàrberi and Mazzoncini, 2009). La biomasse de seigle (de 1,5 et 5,6 t/ha) a permis de réduire de 54 à 99% la biomasse d'adventices au cours du couvert, celle du trèfle incarnat (de 0,5 et 4,2 t/ha) a permis une réduction de 22 à 46% et celle du trèfle champêtre (de 0,5 et 4,25 t/ha) une réduction de 22 à 67%.

Dans le sud de la France, des couverts de trèfles et de luzerne semés au printemps dans du blé et maintenus jusqu'à l'automne ont permis de réduire la biomasse d'adventices à l'automne (Amossé et al., 2013). Les trèfles violet et blanc ont montré les plus fortes réductions de biomasse d'adventices, celles-ci étaient de 900 kg/ha en sol nu contre moins de 50 kg/ha en présence des trèfles. La production de biomasse importante des trèfles entre la moisson et l'automne a permis la maîtrise des adventices.

### 3.2.1.3. *Privilégier une croissance rapide du couvert*

Pour concurrencer rapidement les adventices et ne pas leur laisser la possibilité de se développer, le couvert végétal doit posséder une croissance rapide.

Bàrberi et Mazzoncini (2009) ont montré que la vitesse de croissance est un facteur important. Le seigle implanté dans leur essai possède une efficacité supérieure aux trèfles incarnat et souterrain dans la maîtrise des adventices car il couvre le sol plus rapidement.

Les espèces à petites graines (comme les brassicées) sont intéressantes en tant que couvert car elles possèdent généralement une capacité de germination rapide nécessitant peu d'eau (Brust et al., 2014).

Production de biomasse et fermeture rapide du couvert permettent de déterminer le pouvoir étouffant des espèces pouvant être utilisées en tant que couvert végétal. Les brassicées font partis des espèces qui possèdent des capacités d'étouffement importantes (Figure 11). Néanmoins, cette capacité dépend de la réussite de l'implantation.

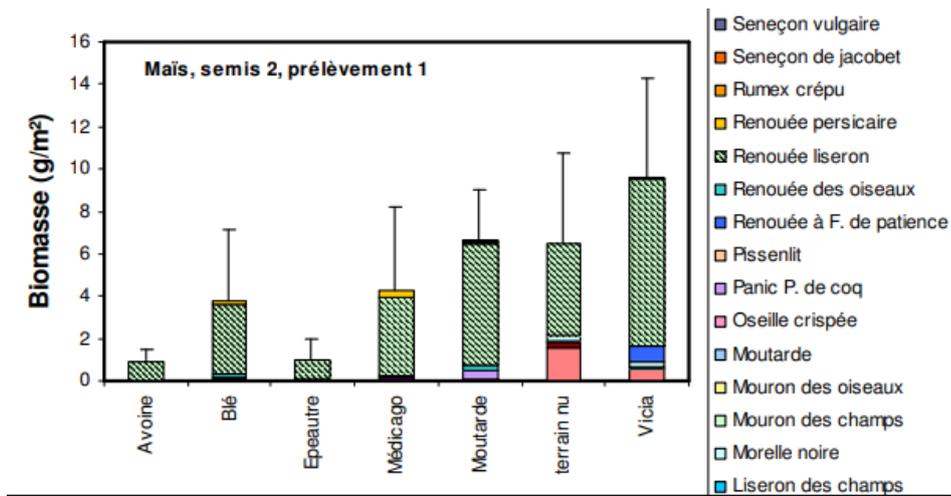


Figure 12 : Effet du couvert végétal hivernal sur la biomasse des adventices dans le maïs en juillet (Source : Munier-Jolain et al., 2005)

### 3.2.2. Allélopathie : un potentiel régulateur à prendre en compte

L'allélopathie est permise par la libération de composés chimiques au cours du cycle de la plante, par exsudation racinaire, ou à partir des résidus de la plante. L'allélopathie est reconnue comme un moyen de lutte contre les adventices (Farooq et al., 2011) et peut, selon les espèces, s'exprimer entre un couvert et les adventices.

L'allélopathie a été mise en évidence sur certaines céréales. Par exemple, le potentiel allélopathique du seigle a été démontré par Barnes et Putnam (1983) sur des plants de tomates. En présence d'exsudats racinaires de seigle, la biomasse en matière sèche des tomates a été réduite de 25 à 30%.

L'avoine possède également un effet allélopathique sur certaines adventices. Des arrosages avec des macérations de paille d'avoine ont permis de réduire significativement la croissance de *Plantago lanceolata* et de *Bidens pilosa* (Eveno and Chabanne, 2001).

Par ailleurs, des couverts d'avoine et d'épeautre semés en octobre puis broyés et incorporés au sol avant le semis de maïs ont permis de réduire la biomasse d'adventices dans le maïs en juillet (Figure 12 – Munier-Jolain et al., 2005). L'allélopathie joue probablement un rôle dans cet effet inhibiteur.

L'impact des brassicacées sur les adventices par biofumigation<sup>1</sup> a aussi été mis en évidence.

Un colza détruit à l'automne a permis de réduire la biomasse et la densité d'adventices de 85 à 96% par rapport à un sol nu dans une culture de tomate (Bangarwa et al., 2011).

De même, trois semaines après incorporation de résidus de brassicacées, (Norsworthy et al., 2007) ont observés une diminution des densités de *Digitaria sanguinalis* et de *Amaranthus palmeri*, respectivement de 79% et 48%.

Bien que les effets de l'allélopathie soient connus grâce aux expérimentations en laboratoire, les effets de celle-ci au champ sont difficiles à mettre en évidence (Doré et al., 2004). En effet, la distinction de l'allélopathie par rapport à la compétition entre deux plantes est difficile à faire. Ensuite, l'action des composés chimiques sur une autre plante ne s'exprime pas forcément au champ car les quantités présentes dans le sol ne sont pas toujours suffisantes pour avoir une action sur la plante cible. Enfin, des composés similaires peuvent être produits par d'autres organismes du sol et agir sur les adventices, indépendamment des effets allélopathiques des plantes cultivées.

---

<sup>1</sup> Suppression des pathogènes du sol par des composés biocides produits par les plantes sous forme de métabolites secondaires, durant leur dégradation (Couëdel et al, 2017).

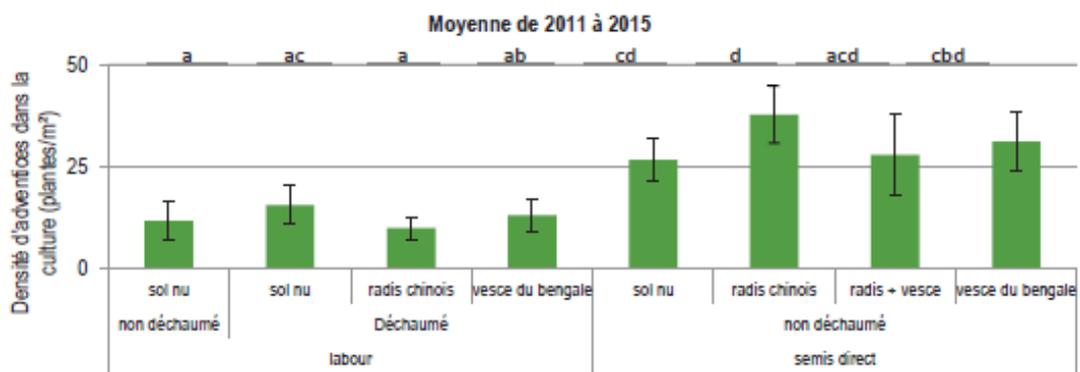


Figure 13 : Effet du couvert végétal et du travail du sol sur l'enherbement de la culture suivante (Source : Métais et al., 2017)

### 3.2.3. Intérêt des mélanges d'espèces

Les couverts peuvent être des mélanges d'espèces afin de profiter de la complémentarité entre espèces dans l'utilisation des ressources et d'assurer une production stable de biomasse (Schappert et al., 2019; Wendling et al., 2019). Néanmoins, l'efficacité des couverts multispécifiques dans la maîtrise des adventices ne semble pas supérieure à une espèce seule. En Allemagne, une comparaison d'espèces de couverts seuls ou en mélange a mis en évidence cela. L'avoine rude seule a montré une efficacité de contrôle des adventices de 83%, supérieure à celle d'un mélange composé d'aneth, de radis fourrager et d'avoine rude qui était de 75% (Schappert et al., 2019).

Aux Etats-Unis, une comparaison similaire a été réalisée à trois périodes de semis différentes (printemps, été, automne) et sur trois années. Des couverts avec des espèces seules ou des mélanges de cinq, six et quatorze espèces étaient implantés. Lors de chaque période, les mélanges d'espèces n'étaient jamais plus efficaces pour réduire la biomasse d'adventices que le meilleur couvert en monoculture. Cependant, à l'échelle de l'ensemble de l'expérimentation, les mélanges ont montré une stabilité dans leur efficacité contrairement aux monocultures. Les mélanges de cinq et six espèces faisaient constamment parti des couverts les plus efficaces (Smith et al., 2020).

### 3.2.4. Efficacité des couverts à long terme peu connue

L'efficacité des couverts végétaux d'interculture sur les adventices de la culture suivante est peu connue. Un essai réalisé à Boigneville en France a comparé l'impact de différents couverts d'interculture couplés à différents travaux du sol (labour, semis direct) sur l'enherbement de la culture suivante (Figure 13) (Métais et al., 2017). Aucun couvert n'a permis de réduire significativement les adventices dans la culture suivante par rapport à une interculture avec un sol nu travaillé ou non. Le travail du sol qui succède le couvert d'interculture possède un effet plus important ; le labour permet de diminuer la densité d'adventices dans la culture suivante.

L'efficacité des couverts d'interculture sur les adventices dans la culture suivante semble limitée (Bàrberi and Mazzoncini, 2009; Métais et al., 2017; Cordeau, 2019). Celle-ci n'a cependant été que très peu étudiée et les références existantes ont été obtenues dans des contextes pédoclimatiques donnés. L'allélopathie (Munier-Jolain et al., 2005) ainsi que la biofumigation (Couëdel et al., 2017) sont des mécanismes par lesquels les couverts d'interculture pourraient avoir un impact sur les adventices de la culture suivante.

		Post-moisson (avant le 15/8) (avec risque de stress hydrique et thermique)	Mi-août à Début sept. (date habituelle de semis du colza)	Date ultérieure (Sommes de T° li- mitantes pour obtenir un dévelop- pement correct en entrée d'hiver)
Graminées	Avoine de printemps	Assez bonne	Bonne	Moyenne
	Avoine d'hiver	Bonne	Bonne	Moyenne
	Avoine rude	Assez bonne	Bonne	Moyenne
	Blé ou orge	Bonne	Assez bonne	Faible
	Moha	Bonne	Faible	Faible
	Ray grass d'Italie	Bonne	Bonne	Moyenne
	Seigle	Bonne	Bonne	Moyenne
	Colza	Bonne	Bonne	Faible
Crucifères	Moutarde blanche	Moyenne	Bonne	Faible
	Moutarde brune	Assez bonne	Bonne	Faible
	Navette fourragère	Bonne	Bonne	Moyenne
	Radis chinois	Bonne	Bonne	Faible
	Radis fourrager	Bonne	Bonne	Faible
Légumineuses	Féverole de printemps	Bonne	Moyenne	Faible
	Gesse cultivée	Bonne	Moyenne à faible	Faible
	Lentille cultivée	Bonne	Moyenne	Faible
	Pois fourrager	Bonne	Moyenne	Faible
	Trèfle d'Alexandrie	Bonne	Moyenne à faible	Faible
	Trèfle incarnat	Bonne	Moyenne	Faible
	Vesce commune de printemps	Bonne	Moyenne à faible	Faible
	Vesce du Bengale ou Vesce pourpre	Bonne	Moyenne	Faible
	Vesce velue	Bonne	Moyenne à faible	Faible
Autres familles	Niger	Bonne	Faible	Faible
	Tournesol	Bonne	Moyenne	Faible
	Sarrasin	Bonne	Faible	Faible
	Phacélie	Assez bonne	Bonne	Faible
	Lin	Moyenne	Bonne	Faible

Figure 14 : Dates d'implantation potentielles de certaines espèces de couverts (Bouas et al., 2018)

### 3.3. Gestion technique : un élément à maîtriser

#### 3.3.1. Choix du couvert : différents critères à considérer

##### 3.3.1.1. Période de semis

Les espèces utilisées comme couvert végétal possèdent des périodes d'implantation préférentielles auxquelles il convient de les planter afin de maximiser les chances de réussite du couvert. Pour la maîtrise des adventices, la réussite de l'implantation est importante car la couverture du sol doit être rapide. Ainsi, les graminées et les brassicacées peuvent être implantées plus tardivement que les légumineuses sans compromettre leur réussite (Figure 14) (Bouas et al., 2018).

De plus, l'implantation peut être remise en cause par les conditions climatiques. En cas de sécheresse, il est parfois préférable d'attendre le retour des pluies (Guesquière et al., 2012).

##### 3.3.1.2. Durée de l'interculture

Les espèces possèdent des cycles plus ou moins longs qui conviennent ou non à la durée de l'interculture. Les légumineuses sont par exemple inadaptées à une interculture courte, entre deux céréales à paille (sauf si elles sont implantées sous couvert), car elles possèdent une implantation lente, contrairement aux brassicacées qui sont adaptés à ce type d'interculture.

##### 3.3.1.3. Rotation

Le principe d'alternance des cultures est à prendre en compte pour les couverts, il est conseillé d'utiliser des espèces de familles peu présentes dans la rotation pour des raisons sanitaires (Guesquière et al., 2012).

#### 3.3.2. Réussir l'implantation pour maximiser la lutte contre les adventices

Après une céréale, les couverts végétaux peuvent être implantés suite à la moisson. Cependant, les conditions climatiques (sécheresse) ne sont pas toujours propices à la croissance rapide du couvert nécessaire pour lutter contre les adventices. En absence d'irrigation, le semis peut donc être réalisé plus tardivement, après la mi-août, afin de profiter des pluies.

Le semis peut également être réalisé dans la culture en place, au printemps. Cette technique est adaptée à des espèces de couverts qui possèdent une croissance lente et qui ont des graines capables de germer sans être enfouies, le semis s'effectuant souvent à la volée. Les trèfles et la luzerne sont adaptés à ce type d'implantation (Guesquière et al., 2012). Cette dernière technique semble être la plus intéressante pour la gestion des adventices car, dès la moisson, le couvert est en place et exerce une concurrence vis-à-vis des adventices.

Type de sol	Culture suivante		
	Blé, orge d'hiver	Pois ou orge de printemps	Maïs
Limon sain, craie, sable	Juste avant le semis	Dès le 15/11	Février (au plus tard début mars)
Limon argileux, sol argilo-calcaire			Labour: dès le 15/11 Non labour: entre le 15/11 et début février selon climat et vitesse de ressuyage
Sol argileux			Dès le 15/11

Figure 15 : Date conseillée de destruction des couverts selon le type de sol et la culture suivante (Source : Labreuche, 2008)

	Gel	Roulage	Broyage	Labour	Outil de travail du sol
Moutarde blanche	■	■	■	■	■
Phacélie	■	■	■	■	■
Radis	■	■	■	■	■
Avoine d'hiver	■	■	■	■	■
Seigle	■	■	■	■	■
Ray-grass	■	■	■	■	■
Trèfle incarnat	■	■	■	■	■
Lentille, pois, vesce	■	■	■	■	■
Sarrasin	■	■	■	■	■
Nyger	■	■	■	■	■

■ Très sensible - ■ Sensible - ■ Assez sensible - ■ Moyennement à peu sensible

Figure 16 : Sensibilité de différents couverts aux moyens de destruction (Source : Labreuche, 2008)

### 3.3.3. Définir la méthode de destruction dès le choix du couvert

Les couverts végétaux possèdent un impact sur les adventices s'ils ont le temps de se développer rapidement et suffisamment. Cependant, une destruction trop tardive peut compliquer l'implantation de la culture suivante, limiter la disponibilité en eau et en azote pour la culture suivante ou permettre la dissémination des graines du couvert (Labreuche, 2008; Guesquière et al., 2012). Une période de destruction peut être définie sur la base du risque pour la culture suivante. C'est le cas des recommandations présentées Figure 15.

De nombreux modes de destruction existent (labour, déchaumage, broyage, gel, roulage). Les espèces sont plus ou moins sensibles à ceux-ci (Figure 16). Le gel est la méthode la plus simple et la moins coûteuse, cependant elle est très dépendante des conditions météorologiques et les fréquences d'apparition de températures négatives ne permettent pas de s'appuyer sur cette méthode dans tous les contextes climatiques.

Le roulage est uniquement adapté à certaines espèces (Figure 16). Il peut être réalisé sur une végétation gelée pour augmenter son efficacité ; des expérimentations menées par Arvalis ont mis cela en évidence (Labreuche, 2008). Dans ces essais, 60% des couverts de phacélie et moutarde ont été détruits par un roulage tandis que la même opération effectuée sur une végétation gelée a permis de détruire 80 à 100% de ces couverts.

Le labour possède une efficacité importante pour détruire les couverts. Pour les couverts très développés, il doit parfois être précédé d'un broyage. Le travail du sol superficiel possède une efficacité limitée notamment sur les graminées qui peuvent redémarrer facilement.

## Thème : Évaluer la pertinence de leviers agronomiques pour la maîtrise des adventices en AB

Problème : Impact des couverts végétaux dans la maîtrise des adventices en agriculture biologique

Question de recherche : Dans quelle mesure les couverts végétaux d'interculture permettent-ils de réduire la pression de la flore adventice dans la culture suivante en agriculture biologique ?

1. Les couverts végétaux ont un impact limité sur la présence d'adventices dans la culture suivante dans les systèmes étudiés.

2. L'effet des couverts n'est visible qu'en association avec d'autres pratiques ayant un impact sur les adventices.

3. Plus le couvert est présent longtemps, plus il possède un effet important sur les adventices.

Description des modalités des variables « Type d'interculture » et « Site » → Identifier les différences entre modalités et les effets potentiels d'autres leviers.

Tests de Kruskal-Wallis et de Wilcoxon → Comparaison des indicateurs d'adventices des cultures avec et sans couvert d'interculture.

ACP → Identifier les relations entre les types d'intercultures et les adventices et l'effet des autres leviers.

Test de corrélation de Spearman → Identifier les corrélations entre durée du couvert et les indicateurs d'adventices.

ACP → Identifier les relations entre durée du couvert et les adventices de la culture suivante.

Pas de différences significatives entre les indicateurs d'adventices des cultures avec précédent couvert ou non.

D'autres leviers comme l'alternance des cultures ou le désherbage mécanique possèdent un impact sur les adventices.

Les biomasses et les densités d'adventices sont plus faibles quand le couvert est présent longtemps.

Hypothèses

Matériel & méthodes

Résultats attendus

Figure 17 : Schéma de la démarche générale de résolution de problème

## Problématique et hypothèses

Avec une production de biomasse importante et une fermeture rapide du couvert, les couverts végétaux peuvent réguler les adventices se développant durant leur présence. Cependant, l'impact des couverts sur les adventices de la culture suivante est peu connu et peu étudié. Certaines références font état d'un impact limité voire nul (Bàrberi and Mazzoncini, 2009; Métais et al., 2017; Cordeau, 2019) tandis que d'autres laissent entrevoir une gestion possible des adventices grâce à l'allélopathie (Munier-Jolain et al., 2005; Couëdel et al., 2017). L'étude des impacts à moyen terme, sur la culture suivante, ainsi qu'à long terme, à l'échelle du système de culture dans une diversité de contexte est nécessaire afin d'évaluer la pertinence de l'utilisation des couverts végétaux d'interculture dans la maîtrise des adventices en agriculture biologique.

La problématique retenue est donc la suivante : **Dans quelle mesure les couverts végétaux d'interculture permettent-ils de réduire la pression de la flore adventice dans la culture suivante en agriculture biologique ?**

Afin de répondre à cette problématique, les hypothèses suivantes ont été formulées.

- Les couverts végétaux d'interculture ont un impact limité sur la présence d'adventices dans la culture suivante dans les systèmes étudiés.
- L'effet des couverts n'est visible qu'en association avec d'autres pratiques ayant un impact sur les adventices.
- Plus le couvert est présent longtemps, plus il possède un effet important sur les adventices (moins de ressources pour le développement des adventices).

La démarche suivie afin de répondre à la problématique est schématisée à la Figure 17.

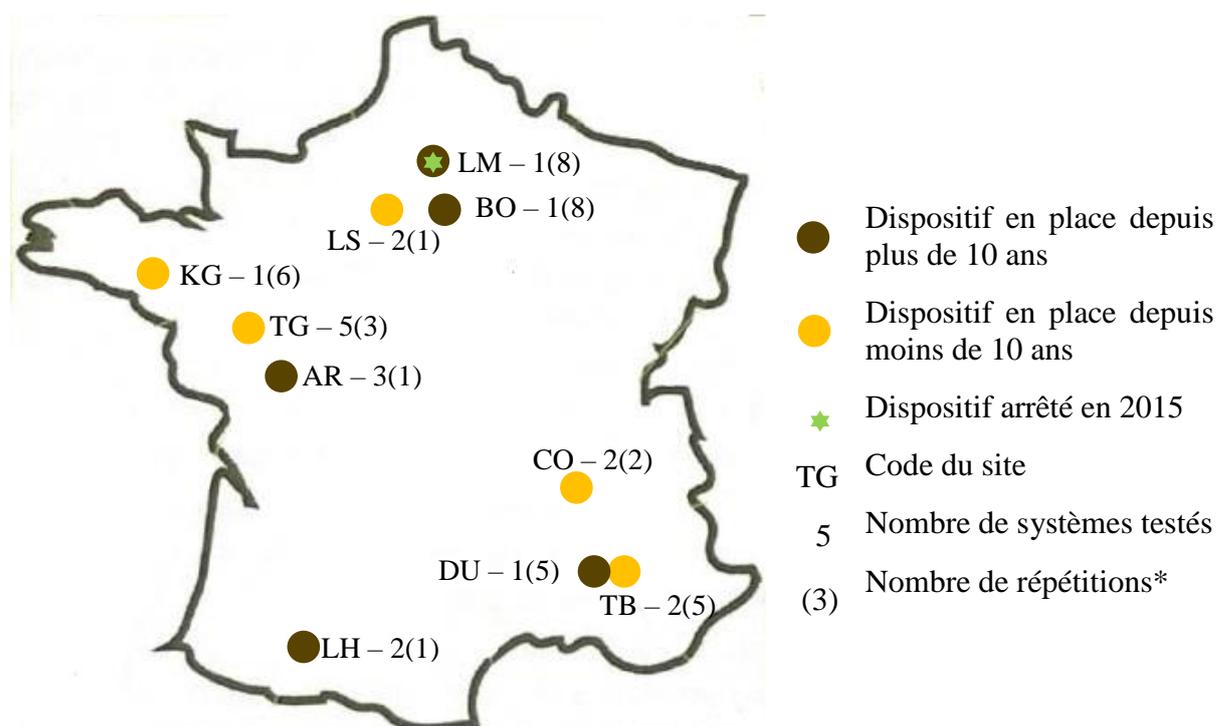


Figure 18 : Localisation et présentation des sites de l'étude

\* Répétitions temporelles (toutes les cultures de la rotation présentes chaque année) ou spatiales (une seule culture de la rotation chaque année sur plusieurs blocs). La valeur 1 signifie qu'il n'y a pas de répétitions.

Tableau 2 : Leviers mis en œuvre pour la gestion des adventices selon les sites

	Longueur de la rotation (nombre d'espèces différentes)	Travail du sol	Désherbage mécanique	Culture pluriannuelle	Associations de cultures	Couverts d'interculture
AR - Archigny (86)	3(3)-8(6)	X*	X	X		
BO - Boigneville (91)	8(5)	X	X	X		X
CO - Corbas (69)	4(4)-8(7)	X*	X		X	X
DU - Dunière (26)	5(5)	X	X	X		X
KG - Kerguéhenec (56)	6(6)	X	X		X	X
LH - La Hourre (32)	3(3)-8(6)	X*	X	X	X	X
LM - La Motte (91)	8(6)	X	X	X	X	
LS - La Saussaye (28)	8(5)-9(8)	X	X	X	X	X
TB - TAB (26)	5(5)	X	X			X
TG - Thorigné (49)	3(3)-6(5)-9(6)	X*	X	X	X	X

\* un des systèmes est en non-labour, longueur de la rotation en années

## **Matériel et méthodes**

### **1. Sites d'expérimentation**

Cette étude s'appuie sur dix sites d'expérimentation faisant partis du réseau RotAB dont l'objectif commun est d'évaluer la durabilité et les performances de SdC innovants en grandes cultures biologiques (Figure 18). Ces sites offrent de nombreux SdC différents puisqu'ils sont répartis au sein de contextes pédoclimatiques variés, mettent en place des rotations plus ou moins longues et diversifiées, ont recours ou non au labour, ... Au-delà de l'objectif commun du réseau RotAB, chaque site possède ses propres objectifs et des responsables différents, ce qui explique également la diversité des SdC. Par ailleurs, la méthodologie mise en place n'est pas similaire sur tous les sites (nombre de systèmes testés, répétitions, taille des parcelles, ...). Les caractéristiques des différents sites sont résumées dans l'Annexe 2.

Sur chacun des sites, différents leviers de lutte contre les adventices sont mobilisés afin d'évaluer leur efficacité dans la maîtrise des adventices (Tableau 2). Certains leviers comme le travail du sol et le désherbage mécanique sont utilisés sur l'ensemble des sites tandis que d'autres comme l'implantation de cultures pluriannuelles ou d'associations de cultures ne sont pas mobilisés sur tous les sites. Concernant les couverts végétaux d'interculture, ils sont mobilisés sur l'ensemble des sites (hormis AR et LM) de façon plus ou moins régulière.

### **2. Constitution d'une base de données sur les relevés d'adventices**

Des mesures de densités et de biomasses d'adventices à floraison des cultures ont été réalisées sur les différents sites d'expérimentation de 2014 à 2019 avec le protocole suivant. Celles-ci ont ensuite été renseignées dans une base de données commune. De même, les itinéraires techniques des cultures de 2014 à 2019 ont été renseignés sur cette base de données.

#### **2.1. Mesure de la densité d'adventices**

Les densités d'adventices ont été mesurées sur des quadrats de 0,25m<sup>2</sup>, à raison de dix répétitions sur chaque modalité, au stade floraison des cultures. Sur cultures semées à faible écartement, les quadrats sont positionnés aléatoirement au sein de la modalité à évaluer. Pour les cultures à grand écartement, ils sont centrés sur le rang et possèdent une largeur équivalente à celle de l'interrang.

Chacune des espèces d'adventices présentes dans le quadrat est identifiée et le nombre d'individus de chaque espèce est compté. Puis, pour chacune des espèces une évaluation du stade de développement dominant est faite selon l'échelle présentée Tableau 3.

Tableau 3 : Echelle du stade de développement des adventices

<b>Classe</b>	<b>Stade</b>	<b>Dicotylédone</b>	<b>Graminée</b>
A	Plantule	Cotylédons à 1-3 ou 2-4 feuilles	1 à 3 feuilles
B	Plante jeune	Au-delà de 3 ou 4 feuilles	1 à 2 talles
C	Plante adulte	Ramifications	Plein tallage/montaison
D	Floraison	Boutons floraux	Epiaison
E	Grenaison	Dissémination des semences	Grenaison

## 2.2. Mesure de la biomasse sèche d'adventices

Au stade floraison des cultures, une mesure de biomasse est également réalisée. Sur les dix quadrats ayant servi à la mesure de la densité, soit 0,25m<sup>2</sup>, la biomasse aérienne des plantes est prélevée (culture et adventices). La culture et les adventices sont séparés et disposés dans deux sacs à étuve différents. Un passage à l'étuve est réalisé durant 48 à 72h à une température de 80°C. Dès la sortie de l'étuve, sans attendre la ré-humectation, la biomasse sèche de chaque composant est mesurée (culture et adventices).

## 2.3. Données

Dans cette étude, le couple interculture\*culture suivante est défini comme un individu. L'interculture correspond à la période qui s'étend de la récolte du précédent au semis du suivant. Elle peut être courte (ICC), entre une récolte d'été-automne et un semis d'automne, ou longue (ICL), entre une récolte d'été-automne et un semis de printemps-été. Durant cette période, un couvert végétal (CV) peut être implanté ou non. Quatre types d'interculture sont donc distingués : les intercultures courtes sans couvert végétal (ICC) ou avec couvert végétal (ICC-CV) et les intercultures longues sans couvert végétal (ICL) ou avec (ICL-CV).

Pour chaque individu, la moyenne de la densité totale d'adventices des dix prélèvements ainsi que la moyenne de la biomasse d'adventices des dix prélèvements ont été calculées. Ces valeurs ont été attribuées à chacun des individus comme valeur de densité et de biomasse d'adventices à floraison de la culture suivante.

Au total, 131 individus possédant les caractéristiques énoncées auparavant ont été retenus pour réaliser les analyses.

## 3. Utilisation d'indicateurs supplémentaires

### 3.1. Nuisibilité des adventices

La nuisibilité des adventices est intéressante à prendre en compte car elle est complémentaire de la densité d'adventices. En effet, pour une même densité, deux espèces, peuvent ne pas avoir les mêmes impacts sur une culture étant donnée leur nuisibilité plus ou moins forte.

Les adventices ont donc été classées selon leur nuisibilité (Annexe 3) grâce aux publications de différents organismes (Sicard et al., 2012; Chambre d'agriculture de Nouvelle-Aquitaine, 2016 ). Ce classement se base sur la nuisibilité primaire et secondaire des espèces d'adventices ; trois classes de nuisibilité ont été retenues (faible, moyenne et forte).

Une note de nuisibilité des adventices (de 1: faible à 3: forte) a été attribuée à chaque individu selon la classe majoritaire dans les prélèvements d'adventices à floraison de la culture.

Tableau 4 : Variables quantitatives utilisées pour les analyses statistiques

Variables quantitatives
Biomasse d'adventices (g/m <sup>2</sup> ) à floraison de la culture suivante
Densité d'adventices (pieds/m <sup>2</sup> ) à floraison de la culture suivante
Richesse spécifique à floraison de la culture suivante
Indice de Shannon à floraison de la culture suivante
Indice d'équitabilité de Piélou à floraison de la culture suivante
Nuisibilité des adventices à floraison de la culture suivante (de 1 (faible) à 3 (forte))
Antériorité du dernier labour (années) <i>(nombre d'années sans labour avant la culture. Valeur de 0 si la culture est précédée d'un labour)</i>
Durée de la rotation culturale (années)
Durée de l'interculture (jours)

Tableau 5 : Variables qualitatives utilisées pour les analyses statistiques

Variables qualitatives	Modalités
Type d'interculture	4 : ICC, ICC-CV, ICL, ICL-CV
Site	10 : AR, BO, CO, DU, KG, LH, LM, LS, TB, TG
Année	6 : 2014 à 2019
Culture	24 : Blé tendre d'hiver, féverole d'hiver, maïs, soja, ...
Fertilisation azotée <i>(recours à la fertilisation azotée ou non, indépendamment du type d'intrant et de la dose apportée)</i>	2 : Oui et non
Désherbage mécanique <i>(recours au désherbage mécanique ou non, indépendamment de l'outil utilisé et de la fréquence de passage)</i>	2 : Oui et non
Culture associée	2 : Oui et non

### 3.2. Indicateurs de diversité

La richesse spécifique, l'indice de diversité de Shannon et l'indice d'équitabilité de Pielou ont été calculés pour évaluer la diversité des adventices.

La richesse spécifique (S) correspond au nombre d'espèces observées sur la zone de prélèvement.

L'indice de Shannon (H) traduit le degré de diversité de la flore observée. Sa formule de calcul est la suivante :  $H = -\sum_{i=1}^S p_i \times \log(p_i)$  avec  $p_i = \frac{n_i}{N}$  où  $n_i$  est le nombre d'individus de l'espèce  $i$  et  $N$  le nombre total d'individus. Une valeur nulle correspond à une flore non diversifiée ; plus la valeur augmente, plus la diversité est grande.

L'indice d'équitabilité de Pielou (J) traduit le niveau de répartition des différentes espèces de la flore observée. Il est calculé à partir de la richesse spécifique (S) et de l'indice de Shannon

(H) :  $J = \frac{H}{H_{max}} = \frac{-\sum_{i=1}^S p_i \times \log(p_i)}{\log(S)}$ . Cet indice varie de 0 à 1. S'il est nul, une espèce est dominante et s'il est égal à 1, les espèces sont réparties équitablement.

Le calcul de ces indicateurs a été réalisé sur les dix prélèvements de densité d'adventices à floraison de la culture suivante puis la moyenne de ces dix prélèvements a été attribuée à chaque individu.

### 4. Analyses statistiques principalement multi-sites

Cette étude se base sur des analyses multi-sites pour tenter d'identifier l'impact des couverts végétaux d'interculture sur les adventices de la culture suivante. Les données de l'ensemble des sites du réseau RotAB présentés auparavant ont été analysées conjointement. Une analyse par site peut également sembler pertinente pour limiter l'effet « site », cependant les données disponibles par site sont insuffisantes pour réaliser une telle analyse. Seul le site TG, pour lequel les données sont les plus fournies, a fait l'objet d'une analyse de ce type afin d'évaluer la pertinence.

Les effets des couverts d'interculture que l'on tente d'identifier dans cette étude sont des impacts indirects des systèmes de culture mis en place. Le dispositif expérimental n'a pas été prévu pour mesurer l'effet des couverts d'interculture sur les adventices de la culture suivante. Cette étude est donc principalement exploratoire afin d'identifier quels résultats peut-on tirer de ce jeu de données limité.

Les variables utilisées pour les analyses ainsi que leurs modalités sont présentées Tableau 4 et Tableau 5.



#### 4.1. Évaluer l'impact des couverts végétaux sur les adventices

Afin de répondre aux hypothèses selon lesquelles les couverts végétaux possèdent un impact limité sur les adventices de la culture suivante, comme suggéré par la bibliographie, et que leur effet est visible combiné à d'autres pratiques de gestion des adventices, quatre modalités de la variable « Type d'interculture » décrites auparavant ont été retenues (ICC, ICC-CV, ICL, ICL-CV). L'objectif est d'identifier s'il existe des différences au niveau de la flore adventice dans des cultures précédées ou non d'un couvert d'interculture et de voir si d'autres leviers sont susceptibles de posséder un impact.

Deux approches statistiques ont été utilisées pour répondre à ces hypothèses. Une approche plutôt analytique (description de variables et comparaison de rangs) a été utilisée pour analyser l'effet du couvert d'interculture seul et une approche multifactorielle (analyse en composantes principales (ACP)) a été utilisée pour étudier, de façon plus globale, l'effet des couverts d'interculture en combinaison avec les autres pratiques.

##### 4.1.1. Description de variables qualitatives

Les variables qualitatives « Type d'interculture » et « Site » ont été décrites par quatorze autres variables grâce à la fonction *catdes* du package *Factominer* sur R. L'objectif de cette analyse est d'identifier les liens entre les variables et entre les modalités des variables afin de comprendre ce qui caractérise chaque modalité des variables décrites. Pour cela, cette fonction réalise plusieurs tests. Des tests de Khi-Deux permettent d'identifier les relations avec les autres variables qualitatives. Des mesures d'association (*v.test*) entre les modalités de la variable décrite et celles des autres variables qualitatives permettent d'identifier ce qui caractérise les modalités de la variable décrite. Enfin, des mesures d'association (*v.test*) entre les modalités de la variable décrite et les variables quantitatives mettent en évidence les modalités avec des valeurs différentes de la moyenne de l'échantillon.

##### 4.1.2. Comparaisons multiples de rangs

Les tests de comparaisons multiples de rangs ont été effectués sur la biomasse, la densité d'adventices, la richesse spécifique et les indices de Shannon et Piélou à floraison de la culture suivante selon les types d'interculture. L'objectif est d'identifier s'il existe des différences selon les types d'interculture.

Les tests réalisés sont des ANOVA non paramétriques (Test de Kruskal-Wallis) et des tests de Wilcoxon (procédure de Tukey) car les conditions nécessaires à la réalisation d'une ANOVA paramétrique ne sont pas respectées (normalité des résidus). La p-value retenue pour conclure à une différence entre deux rangs est de 5%.

Tableau 6 : Période de destruction des couverts

Date de destruction	Période
Précoce	Avant le 15/12
Hivernale	Entre le 15/12 et le 01/03
Tardive	Après le 01/03

#### 4.1.3. Analyse en composantes principales

L'ACP est une méthode d'analyse statistique multivariée qui permet de réduire le nombre de variables en transformant les variables initiales en nouvelles variables, non corrélées, nommées « composantes principales ». Elle permet de concentrer les informations du jeu de données sur un nombre réduit de variables.

L'objectif de cette analyse est d'identifier les relations entre les types d'interculture et la présence d'adventices dans la culture suivante. Les indicateurs utilisés sont la biomasse et la densité d'adventices à floraison de la culture suivante, la nuisibilité des adventices, la richesse spécifique, l'indice de Shannon ainsi que l'indice d'équitabilité de Piélou. Des variables illustratives, n'ayant pas participé à la construction de l'ACP, ont été utilisées pour analyser les résultats de l'ACP. C'est le cas des variables « Durée de l'interculture » et « Type d'interculture » ainsi que des variables portant sur les autres pratiques de gestion des adventices (travail du sol, saisonnalité de la culture, ...). Seulement 106 individus ont pu être utilisés pour cette analyse, la durée de l'interculture n'étant pas disponible pour l'ensemble des individus.

L'ACP est réalisée avec le package Factominer du logiciel R.

#### 4.2. Évaluer l'impact de la durée du couvert sur les adventices

L'objectif est d'identifier les relations entre la durée du couvert d'interculture et les adventices de la culture suivante. Pour cette analyse, seuls les individus avec une interculture longue et un couvert d'interculture ont été retenus, soit 39 individus. Les individus ont été caractérisés par une date de destruction du couvert (Tableau 6).

Les indicateurs utilisés sont la biomasse et la densité d'adventices à floraison de la culture suivante, la richesse spécifique, l'indice de Shannon et l'indice d'équitabilité de Piélou.

Les corrélations entre les variables précédentes et la durée du couvert ont été étudiées grâce à un test de corrélation de Spearman. Ce test est adapté aux échantillons de petite taille ne respectant pas les conditions de normalité. Une ACP a également été réalisée pour répondre à cette hypothèse grâce au package Factominer sur le logiciel R.

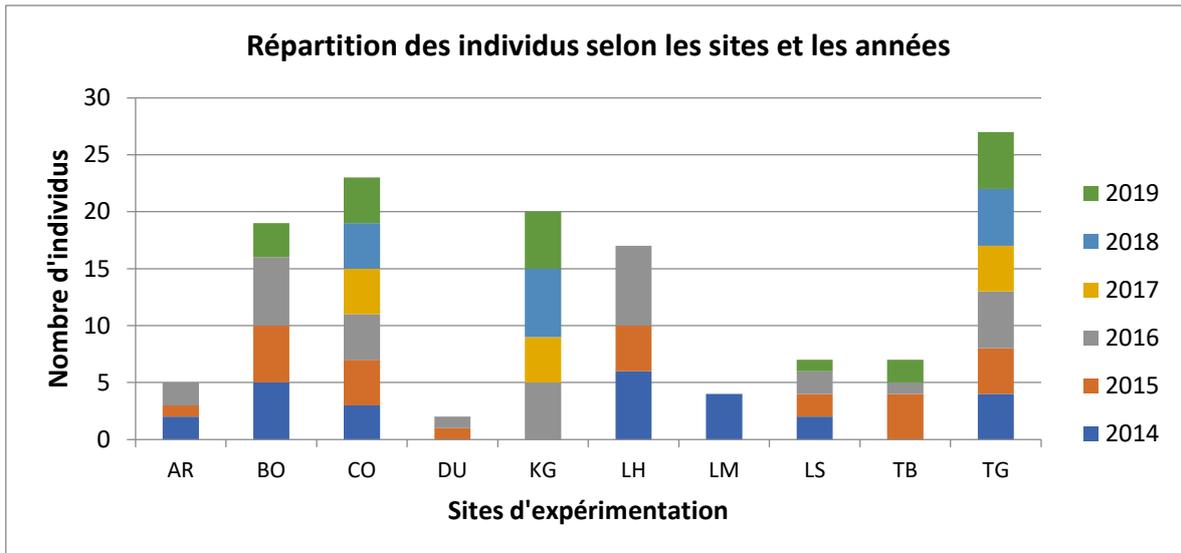


Figure 19 : Répartition des individus utilisés selon les sites d'expérimentation et les années

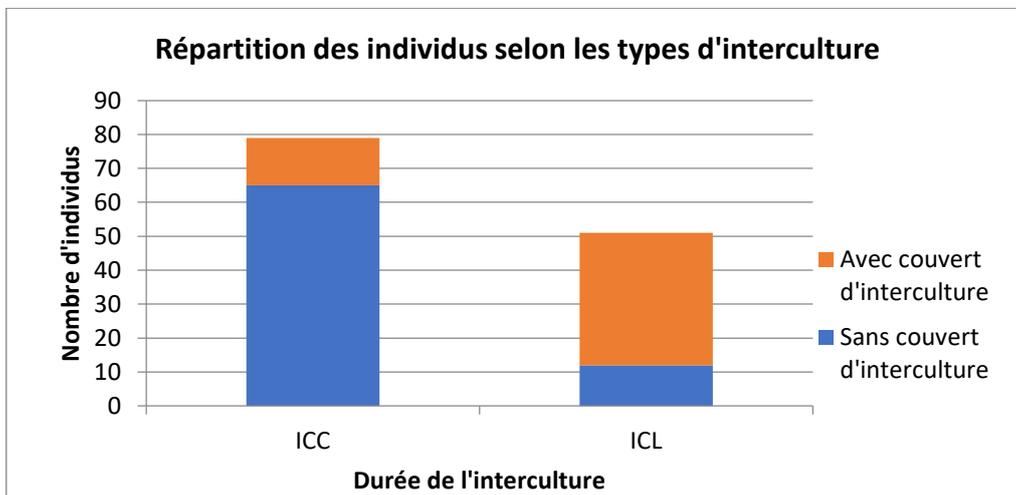


Figure 20 : Répartition des individus selon les types d'interculture

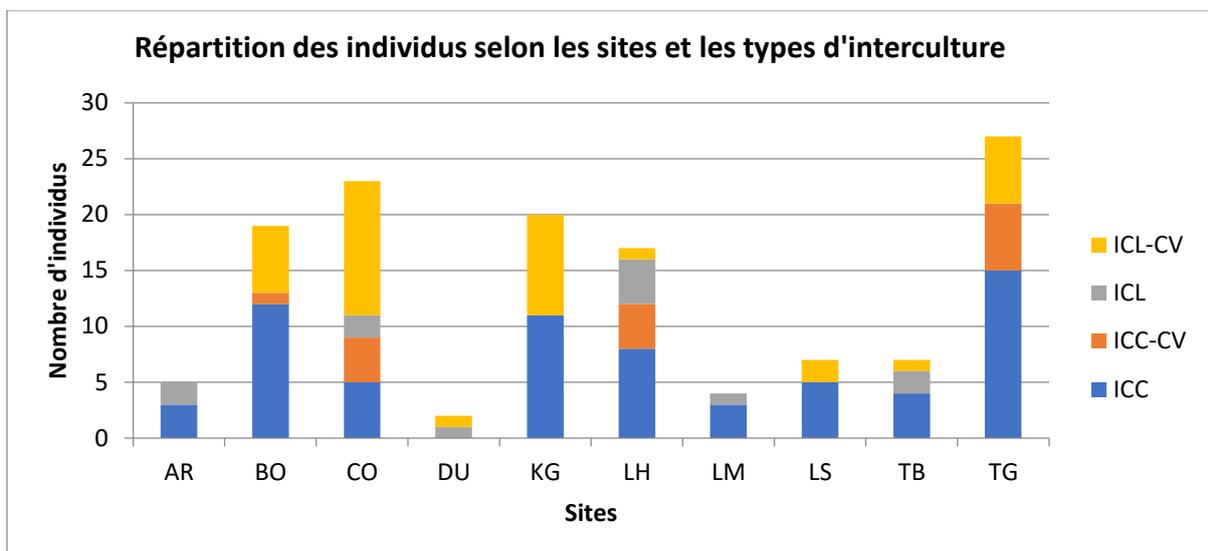


Figure 21 : Répartition des individus selon les sites d'expérimentation et les types d'interculture

## Résultats

### 1. Description de la base de données

#### 1.1. Répartition inégale des données selon les sites

La disponibilité des données diffère grandement selon les sites d'expérimentation. En effet, la répartition est inégale entre les sites et les années (Figure 19). Cinq sites d'expérimentation (TG, CO, KG, BO et LH) représentent 81% des individus.

De même, la répartition des données selon les années diffère. Pour les sites TG et CO, les données sont disponibles de 2014 à 2019. Pour les autres sites, les données ne sont pas disponibles sur toutes les années ; cela est notamment dû au fait que, faute de projet de recherche, aucun relevé d'adventices n'a été fait entre 2017 et 2018 sur certains sites.

#### 1.2. Répartition inégale des types d'interculture

En ce qui concerne les différents types d'interculture définis auparavant, les individus ne sont pas répartis de manière égale au sein de cette typologie (Figure 20). La majorité des individus (65) possède une interculture courte sans couvert végétal et 39 individus ont une interculture longue avec couvert végétal. Les intercultures courtes avec couvert (14 individus) et longues sans couvert végétal (12 individus) sont minoritaires.

De plus, les types d'interculture ne sont pas répartis de manière similaire sur l'ensemble des sites (Figure 21). Les intercultures courtes sans couvert sont réparties sur l'ensemble des sites (hormis DU) en proportion plus ou moins importante. Le constat est similaire pour les intercultures longues avec couverts, réparties sur l'ensemble des sites sauf AR et LM. En ce qui concerne les intercultures courtes avec couverts et les intercultures longues sans couverts, elles ne sont pas observées sur l'ensemble des sites. Seuls quatre sites mettent en place des couverts en interculture courte (TG, CO, LH et BO) tandis que six sites possèdent des intercultures longues sans couvert (LH, AR, TB, CO, DU et LM). Un effet site est susceptible d'être observé étant donnée cette répartition inégale.

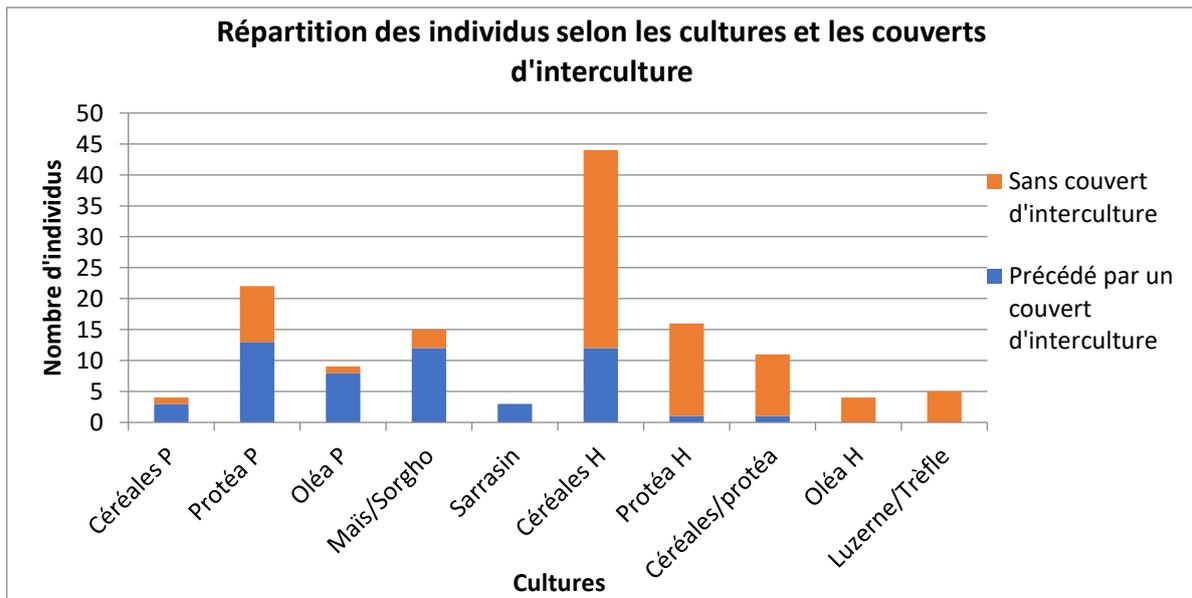


Figure 22 : Répartition des individus selon les cultures et les couverts d'interculture

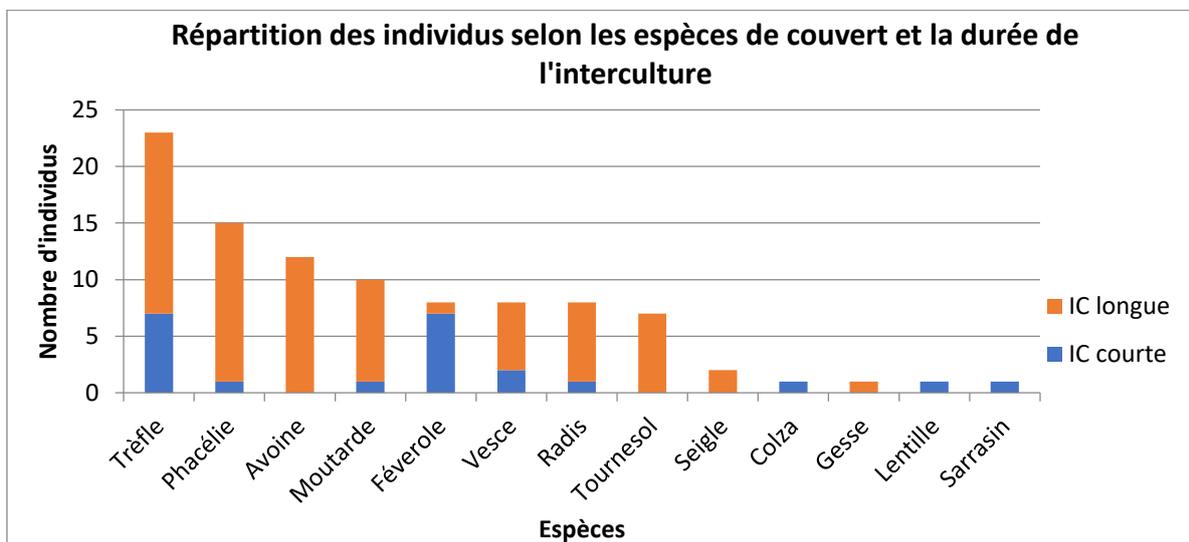


Figure 23 : Répartition des individus selon les espèces de couverts et la durée de l'interculture

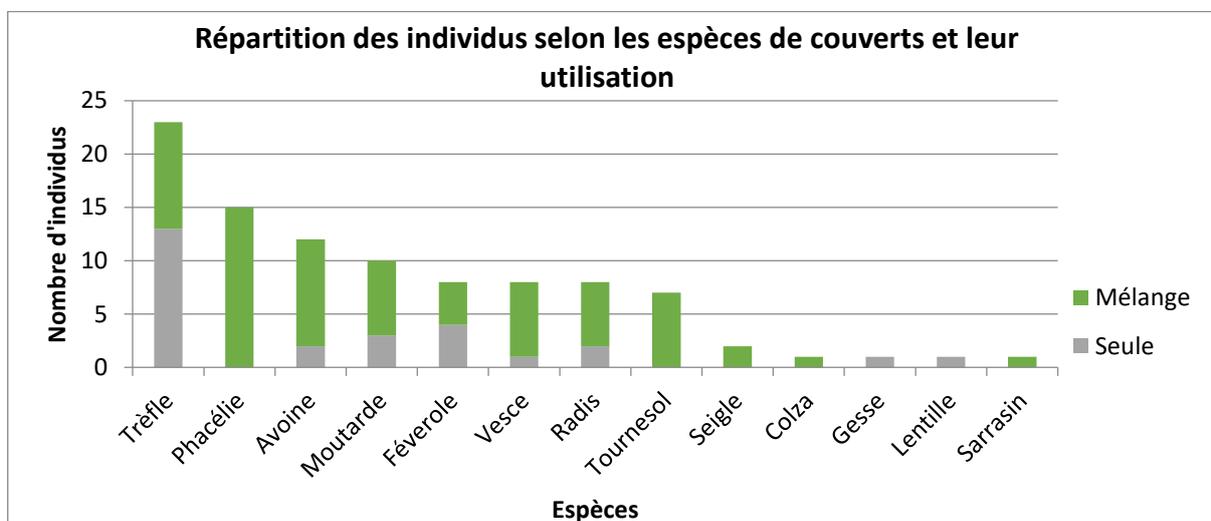


Figure 24 : Répartition des individus selon les espèces de couverts et leur utilisation

### 1.3. Cultures et couverts d'interculture utilisés

Les cultures qui font suite aux différents types d'interculture sont diverses (Figure 22). La majorité des cultures (80 individus) sont des cultures d'hiver avec une part importante de céréales (blé tendre, orge, triticale, seigle) suivies par les protéagineux (pois, féverole) et les associations entre céréales et protéagineux. Les cultures d'oléagineux d'hiver (colza) et fourragères (luzerne et trèfle) sont peu représentées.

Les cultures de printemps sont bien représentées (53 individus). Les protéagineux (soja, féverole, pois, lentilles), le maïs et le sorgho ainsi que les oléagineux (tournesol et lin) sont les cultures les plus présentes. Les céréales de printemps (orge) et le sarrasin sont minoritaires.

Les couverts précèdent majoritairement les cultures de printemps (interculture longue). Sur les cultures d'hiver, ce sont majoritairement les céréales qui sont précédées d'un couvert.

Les espèces utilisées en tant que couverts sont variées et diffèrent selon la durée de l'interculture (Figure 23). Trois familles sont majoritairement utilisées : les légumineuses (trèfles, féverole, vesce, gesse et lentille), les brassicacées (moutarde, radis et colza) et les céréales (avoine et seigle). Des espèces d'autres familles sont également utilisées (phacélie, tournesol et sarrasin).

Les trèfles sont majoritairement utilisés en tant que couvert d'interculture, suivis par la phacélie et l'avoine. L'ensemble des espèces est plutôt utilisé durant des intercultures longues, cela est dû au fait qu'il y a plus souvent des couverts en interculture longue que courte. Néanmoins, on remarque que la féverole est surtout utilisée en interculture courte.

Enfin, selon les espèces, elles sont implantées seule ou en mélange (Figure 24). La majorité des espèces est utilisée en mélange mais certaines espèces sont fréquemment utilisées seules, c'est le cas du trèfle et de la féverole.

## 2. Deux durées d'interculture différentes

Une différence significative de la durée de l'interculture en nombre de jours entre les intercultures courtes (entre une récolte d'été-automne et un semis d'automne) et les intercultures longues (entre une récolte d'été-automne et un semis de printemps-été) a été validée grâce à un test de Student ( $p < 0,05$ ). La durée des intercultures courtes varie de 0 à 144 jours pour une moyenne de 71 jours. La durée des intercultures longues varie de 179 à 318 jours pour une durée moyenne de 253 jours (Figure 25). La distinction faite entre ces types d'intercultures semble donc cohérente.

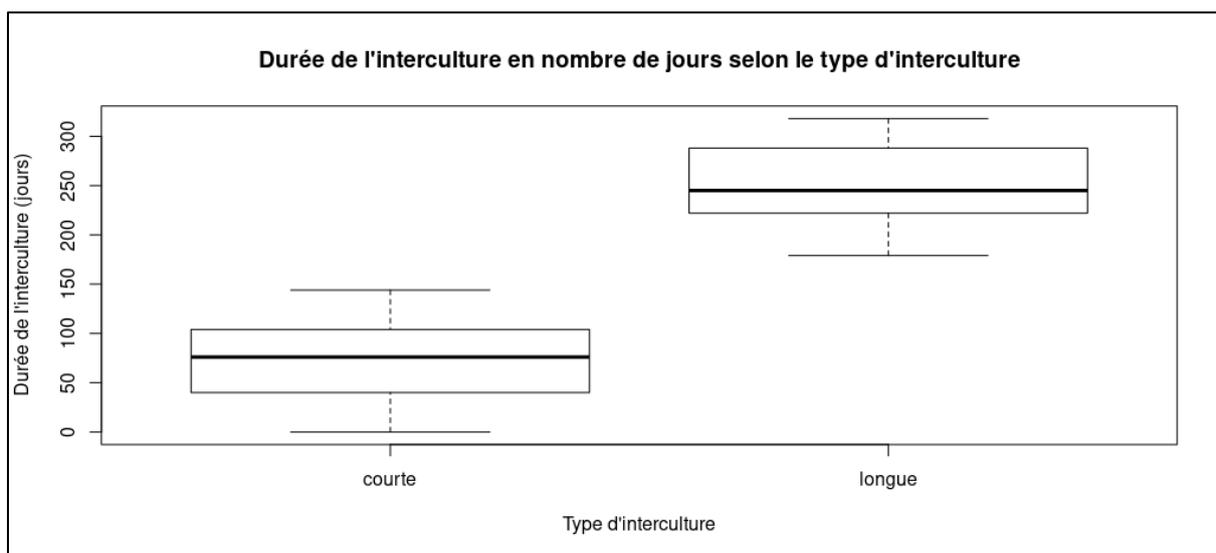


Figure 25 : Graphique représentant la durée de l'interculture en nombre de jours selon le type d'interculture

Tableau 7 : Résultats des mesures d'association (v.test) entre les modalités de la variable « Type d'interculture » et les variables quantitatives ( $p < 0,05$ )

	Moyenne < Moyenne de l'échantillon	Moyenne = Moyenne de l'échantillon	Moyenne > Moyenne de l'échantillon
Biomasse d'adventices (g/m <sup>2</sup> )	ICL-CV	ICC-CV, ICL	ICC
Densité d'adventices (pieds/m <sup>2</sup> )	ICL-CV	ICC, ICL	ICC-CV
Nuisibilité des adventices	ICC-CV	ICC, ICL-CV	ICL
Richesse spécifique	ICL-CV	ICL	ICC, ICC-CV
Indice de diversité de Shannon	ICL-CV	ICC-CV, ICL	ICC
Indice d'équitabilité de Piélu	ICC-CV	ICC, ICL, ICL-CV	

### 3. Description de variables qualitatives

#### 3.1. Description de la variable « Type d'interculture »

##### 3.1.1. Liens avec les cultures et les sites

Les tests de Khi-Deux réalisés permettent d'identifier que la variable « Type d'interculture » est liée aux variables « Culture », « Année » et « Site » ( $p < 0.05$ ). Ce n'est pas le cas des variables « Fertilisation azotée » et « Désherbage mécanique ».

Certaines cultures sont majoritaires au sein de certaines modalités de la variable « Type d'interculture ». Par exemple, au sein de la modalité ICC, les cultures de blé tendre d'hiver et de féverole d'hiver sont bien représentées avec respectivement 35 et 21% des individus. De même, blé tendre d'hiver et orge d'hiver sont largement représentés au sein de la modalité ICC-CV avec respectivement 50 et 28% des individus.

Par ailleurs, comme évoqué précédemment, les différents types d'interculture sont répartis inégalement selon les sites. Par exemple, le site CO est sous représenté dans la modalité ICC avec 7% des individus alors qu'il représente 18% des individus de l'échantillon total mais il est surreprésenté au sein de la modalité ICL-CV avec 30% des individus.

##### 3.1.2. Quelques différences en termes d'adventices

La description des types d'interculture par les variables quantitatives met en évidence qu'il existe des différences selon les types d'interculture. Certains types d'interculture possèdent des valeurs moyennes plus ou moins élevées que les valeurs moyennes de l'échantillon total (Tableau 7). Ainsi, les résultats suggèrent que la biomasse d'adventices moyenne à floraison des cultures est plus importante au sein de la modalité ICC et moins importante pour la modalité ICL-CV. Ils mettent également en évidence une tendance de réduction de la biomasse d'adventices en présence d'un couvert pour une même durée d'interculture.

En ce qui concerne la densité d'adventices à floraison des cultures, elle semble être plus importante après les intercultures courtes qu'après les intercultures longues. Avec la présence d'un couvert en interculture longue, on remarque une densité d'adventices moins importante qu'en absence de couvert. Au contraire, la présence d'un couvert en interculture courte ne semble pas réduire la densité d'adventices dans la culture suivante par rapport à un sol nu.

Les résultats montrent aussi que la nuisibilité des adventices semble plus importante au sein des modalités ICL et ICL-CV par rapport aux modalités ICC et ICC-CV et que les modalités avec couvert végétal ont tendance à avoir des adventices moins nuisibles.

Enfin, la richesse spécifique est plus élevée au sein des modalités ICC et ICC-CV tandis que la présence d'un couvert semble diminuer l'indice de Shannon.

Tableau 8 : Résultats des mesures d'association (v.test) entre les modalités de la variable « Site » et les variables quantitatives ( $p < 0,05$ )

	Moyenne < Moyenne de l'échantillon	Moyenne = Moyenne de l'échantillon	Moyenne > Moyenne de l'échantillon
Biomasse d'adventices ( $g/m^2$ )	BO, CO	AR, DU, KG, LM, LS, TB	LH, TG
Densité d'adventices (pieds/ $m^2$ )	CO	AR, BO, DU, KG, LH, LM, LS, TB	TG
Nuisibilité des adventices	TG	AR, BO, CO, DU, KG, LH, LM, LS, TB	
Richesse spécifique	CO, LS, TB	AR, BO, DU, KG, LH	LM, TG
Indice de diversité de Shannon	CO, LS, TB	AR, BO, KG, LH, LM	TG
Indice d'équitabilité de Piélou	TG	AR, CO, DU, LH, LM, LS, TB	KG, BO

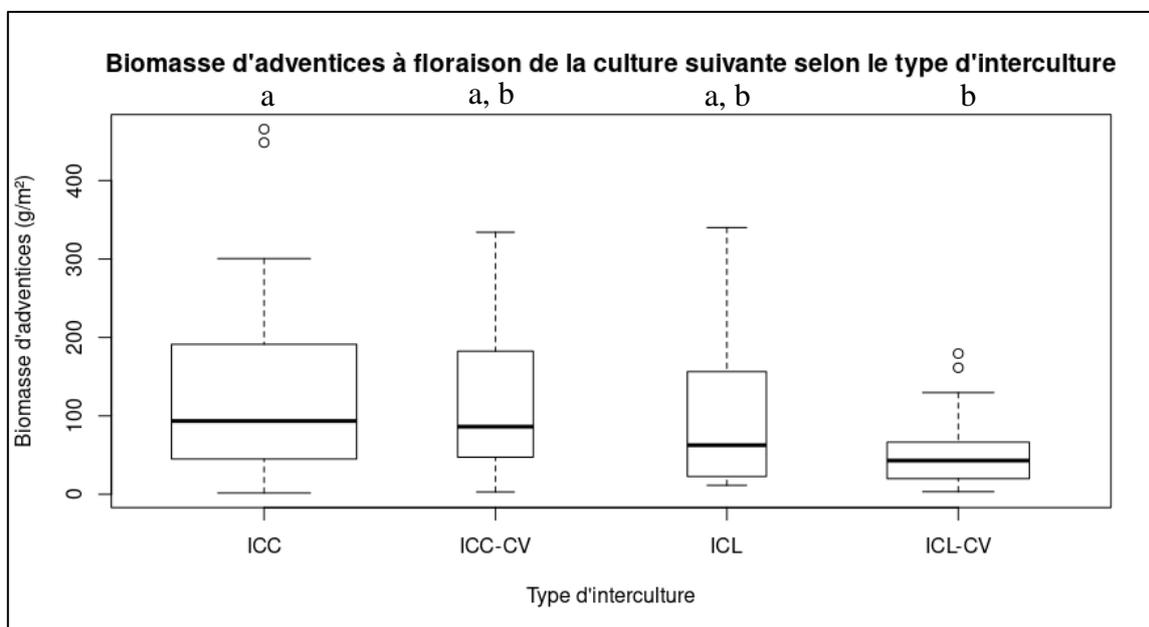


Figure 26 : Graphique de la biomasse d'adventices ( $g/m^2$ ) à floraison des cultures selon le type d'interculture (comparaison de Wilcoxon :  $p < 0,05$ )

*ICC : 65 individus, ICC-CV : 14 ind, ICL : 12 ind, ICL-CV : 39 ind*

### 3.2. Description de la variable « Site »

#### 3.2.1. Pratiques agricoles propres à chaque site

Les tests du Khi-Deux mettent en évidence que certaines pratiques sont liées aux sites. Le choix des cultures, la fertilisation azotée, le désherbage mécanique ainsi que le type d'interculture possèdent un lien avec la variable « Site » ( $p < 0,05$ ). En effet, certaines cultures ne sont observées que sur certains sites ; sarrasin et triticales sont uniquement cultivés sur le site KG tandis que le lin oléagineux est uniquement cultivé sur le site BG. Concernant la fertilisation azotée, elle est surreprésentée au sein du site CO et est peu répandue sur les autres sites. Le désherbage mécanique est moins utilisé à TG que sur les autres sites.

#### 3.2.2. Niveaux d'infestation différents selon les sites

La description des sites par les variables quantitatives souligne que les valeurs des variables portant sur les adventices diffèrent selon les sites. Certains sites possèdent des valeurs moyennes plus ou moins élevées que les valeurs moyennes de l'échantillon total (Tableau 8). La flore adventice dépend donc des sites d'expérimentation, cette différence peut être due au contexte pédoclimatique ainsi qu'aux pratiques mises en place.

On remarque que la biomasse d'adventices à floraison des cultures est plus faible sur les sites BO et CO alors qu'elle est plus élevée sur les sites LH et TG.

De même, la densité d'adventices est plus élevée à TG que sur les autres sites mais les adventices présentes possèdent des nuisibilités plus faibles.

La richesse spécifique ainsi que les indices de diversité et d'équitabilité varient également selon les sites.

## 4. Comparaisons multiples de rangs : peu de différences entre intercultures

### 4.1. Biomasse d'adventices à floraison des cultures

L'ANOVA non paramétrique réalisée met en évidence l'existence d'une différence de biomasse d'adventices à floraison des cultures en fonction des types d'interculture ( $p < 0,05$ ). La biomasse d'adventices de la modalité ICL-CV semble inférieure aux autres (Figure 26). La comparaison multiple de Wilcoxon montre qu'il existe uniquement une différence significative de biomasse d'adventices entre les modalités ICC et ICL-CV ( $p < 0,05$ ). Aucune différence n'est observée entre les intercultures d'une même durée avec ou sans couvert.

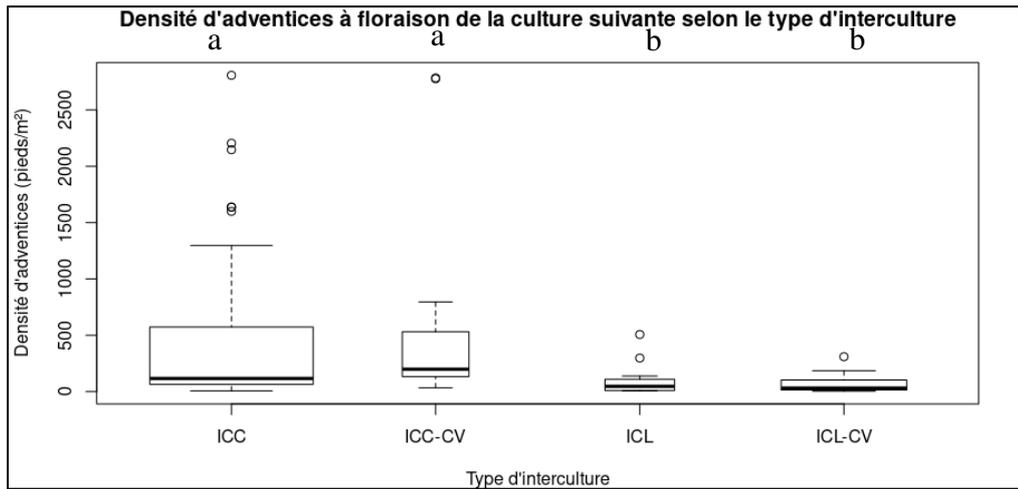


Figure 27 : Graphique de la densité d'adventices (pieds/m<sup>2</sup>) à floraison des cultures selon le type d'interculture (comparaison de Wilcoxon :  $p < 0,05$ )  
 ICC : 65 individus, ICC-CV : 14 ind, ICL : 12 ind, ICL-CV : 39 ind

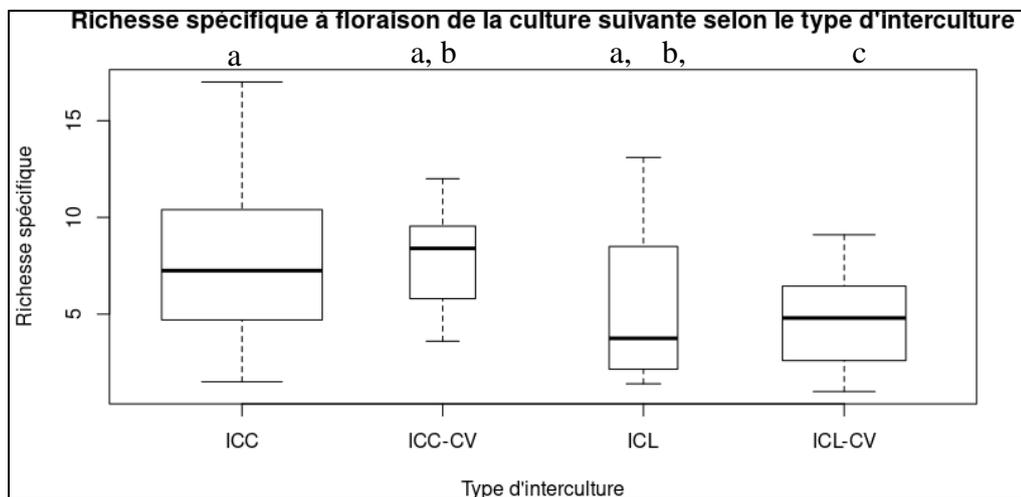


Figure 28 : Graphique de la richesse spécifique à floraison des cultures selon le type d'interculture (comparaison de Wilcoxon :  $p < 0,05$ )  
 ICC : 65 individus, ICC-CV : 14 ind, ICL : 12 ind, ICL-CV : 39 ind

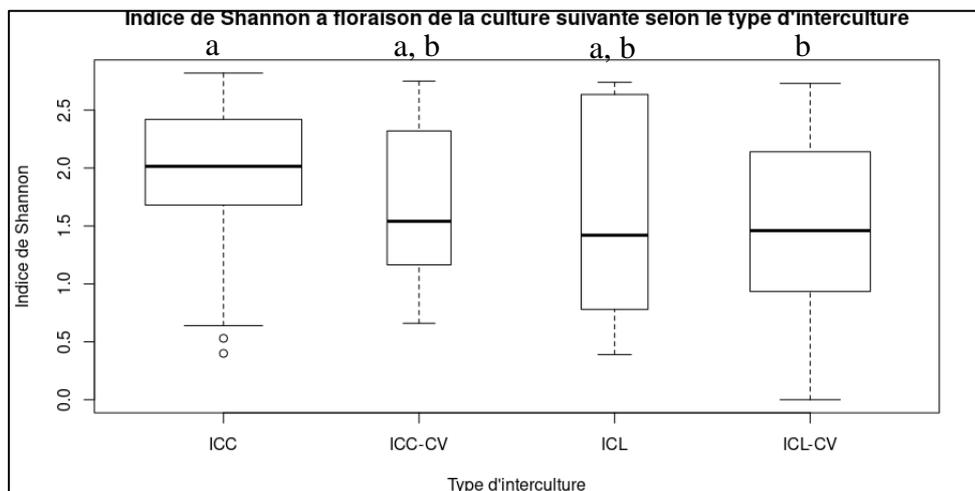


Figure 29 : Graphique de l'indice de Shannon à floraison des cultures selon le type d'interculture (comparaison de Wilcoxon :  $p < 0,05$ )  
 ICC : 65 individus, ICC-CV : 14 ind, ICL : 12 ind, ICL-CV : 39 ind

#### 4.2. Densité d'adventices à floraison des cultures

Concernant la densité d'adventices à floraison des cultures, l'ANOVA non paramétrique met également en évidence l'existence d'une différence en fonction des types d'interculture ( $p < 0,05$ ). Les densités des modalités ICL et ICL-CV semblent moins importantes et moins dispersées que celles des modalités ICC et ICC-CV (Figure 27). La comparaison multiple de Wilcoxon permet d'affirmer que les modalités ICC et ICC-CV possèdent des densités d'adventices significativement différentes des modalités ICL et ICL-CV ( $p < 0,05$ ). Là encore, aucune différence n'est observée entre les intercultures d'une même durée avec ou sans couvert.

#### 4.3. Richesse spécifique à floraison des cultures

Les différences en termes de richesse spécifique sont difficiles à mettre en évidence car les valeurs sont très dispersées. L'ANOVA non paramétrique confirme qu'il existe des différences entre les modalités ( $p < 0,05$ ). Les modalités ICL et ICL-CV semblent posséder des richesses spécifiques inférieures aux modalités ICC et ICC-CV (Figure 28). Le test de Wilcoxon montre que seule la modalité ICL-CV est significativement différente des modalités ICC et ICC-CV ( $p < 0,05$ ).

#### 4.4. Indice de diversité de Shannon à floraison des cultures

Les différences d'indice de diversité de Shannon semblent faibles mais l'ANOVA non paramétrique montre l'existence des différences entre les modalités ( $p < 0,05$ ). La modalité ICL-CV est significativement différente de la modalité ICC ( $p < 0,05$ ) (Figure 29).

#### 4.5. Indice d'équitabilité de Pielou à floraison des cultures

Aucune différence significative n'est observée entre les différentes modalités de la variable « Type d'interculture » pour l'indice d'équitabilité de Pielou.

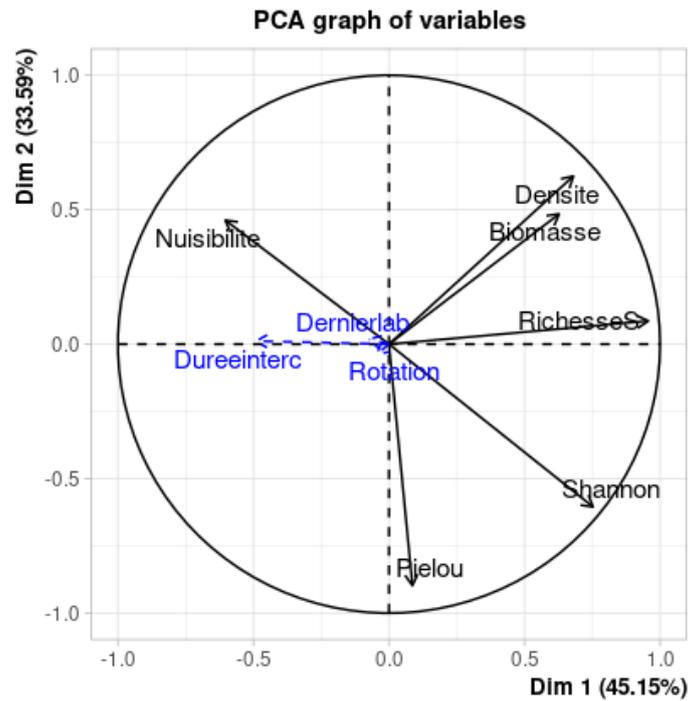


Figure 30 : Cercle des corrélations de l'ACP multi-sites (axes 1-2)  
*Dureeinterc = Durée de l'interculture (jours), RichesseS = Richesse spécifique, Dernierlab = Antériorité du dernier labour, Rotation = Durée de la rotation*

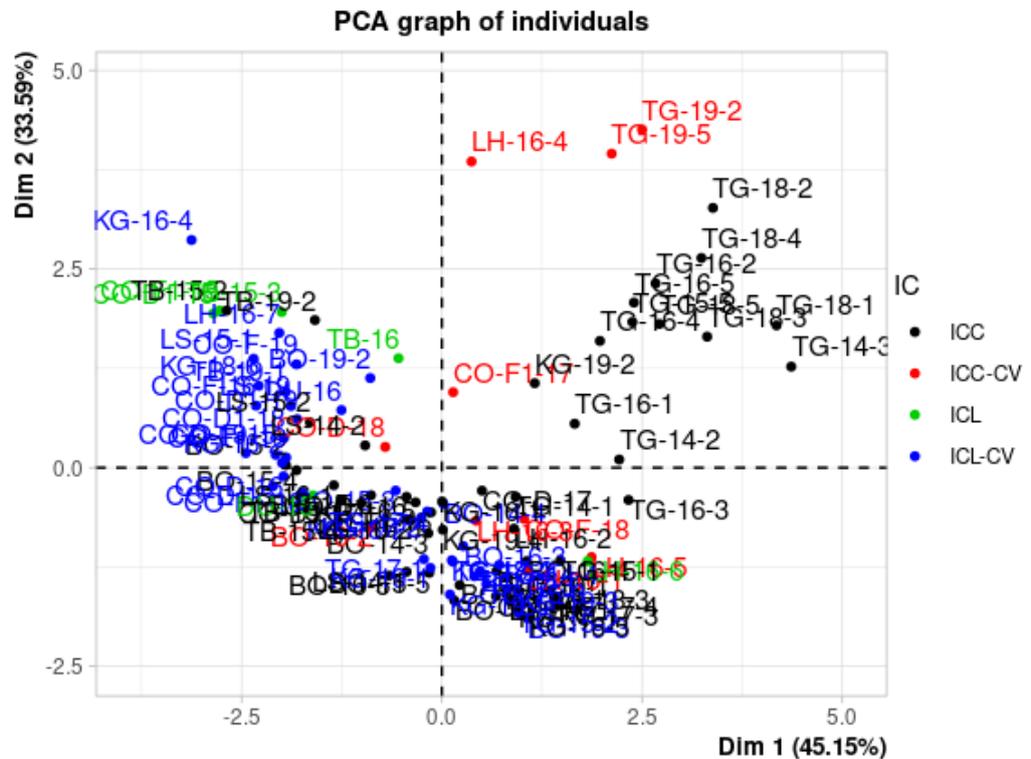


Figure 31 : Représentation des individus de l'ACP multi-sites (axes 1-2) selon le type d'interculture

*Individus nommés selon le code du site, l'année et la répétition. IC = Type d'interculture*

## 5. Analyse en Composantes Principales multi-sites

### 5.1. Étude des corrélations entre variables

Les deux premières dimensions de l'ACP synthétisent plus de 78% de la variance observée. Les variables ayant contribué à la construction de l'ACP sont représentées en noire tandis que les variables illustratives sont en bleu. La première dimension oppose la nuisibilité des adventices aux autres variables utilisées pour la construction de l'ACP. La durée de l'interculture est également bien représentée sur cette première dimension. La seconde dimension discrimine les indices de Shannon et Piélou par rapport aux autres variables.

Grâce au cercle des corrélations (Figure 30), on remarque que la biomasse et la densité d'adventices semblent corrélées positivement entre elles et négativement avec la durée de l'interculture. Plus la durée de l'interculture est importante, plus la biomasse et la densité d'adventices aurait tendance à diminuer. La nuisibilité des adventices semble corrélée négativement avec la biomasse et la densité d'adventices. Elle est aussi corrélée positivement avec la durée de l'interculture. La durée de la rotation et l'antériorité du dernier labour, variables illustratives, ne sont pas bien représentées sur le cercle des corrélations.

La richesse spécifique semble augmenter avec la biomasse et la densité d'adventices tandis que les indices de Shannon et Piélou ne semblent pas liées à ces variables.

### 5.2. Représentation des individus : une discrimination limitée

Les individus ont été représentés sur les deux premières dimensions et colorés selon la modalité « Type d'interculture » (Figure 31). On peut remarquer trois « groupes » d'individus qui se distinguent dans le plan.

Le premier, situé sur la droite de la représentation, est caractérisé par une majorité d'individus avec la modalité ICC (noir) et quelques individus ICC-CV (rouge) ; on remarque aussi qu'il s'agit principalement d'individus du site TG. Ces individus semblent se distinguer par des biomasses, des densités d'adventices et des richesses spécifiques élevées.

Le deuxième groupe, plutôt sur la gauche, regroupe des individus de la modalité ICL-CV (bleu) et de la modalité ICL (vert). Ceux-ci paraissent posséder une nuisibilité des adventices plus importante que les autres individus.

Enfin, le dernier groupe, situé au milieu en bas de la représentation, regroupe des individus avec des types d'intercultures divers. Ces individus semblent posséder des valeurs moyennes pour l'ensemble des variables. Dans ce groupe, il ne semble pas y avoir d'impact du type d'interculture sur les adventices de la culture suivante. Les individus sont principalement issus des sites BO et KG mais également des autres sites.

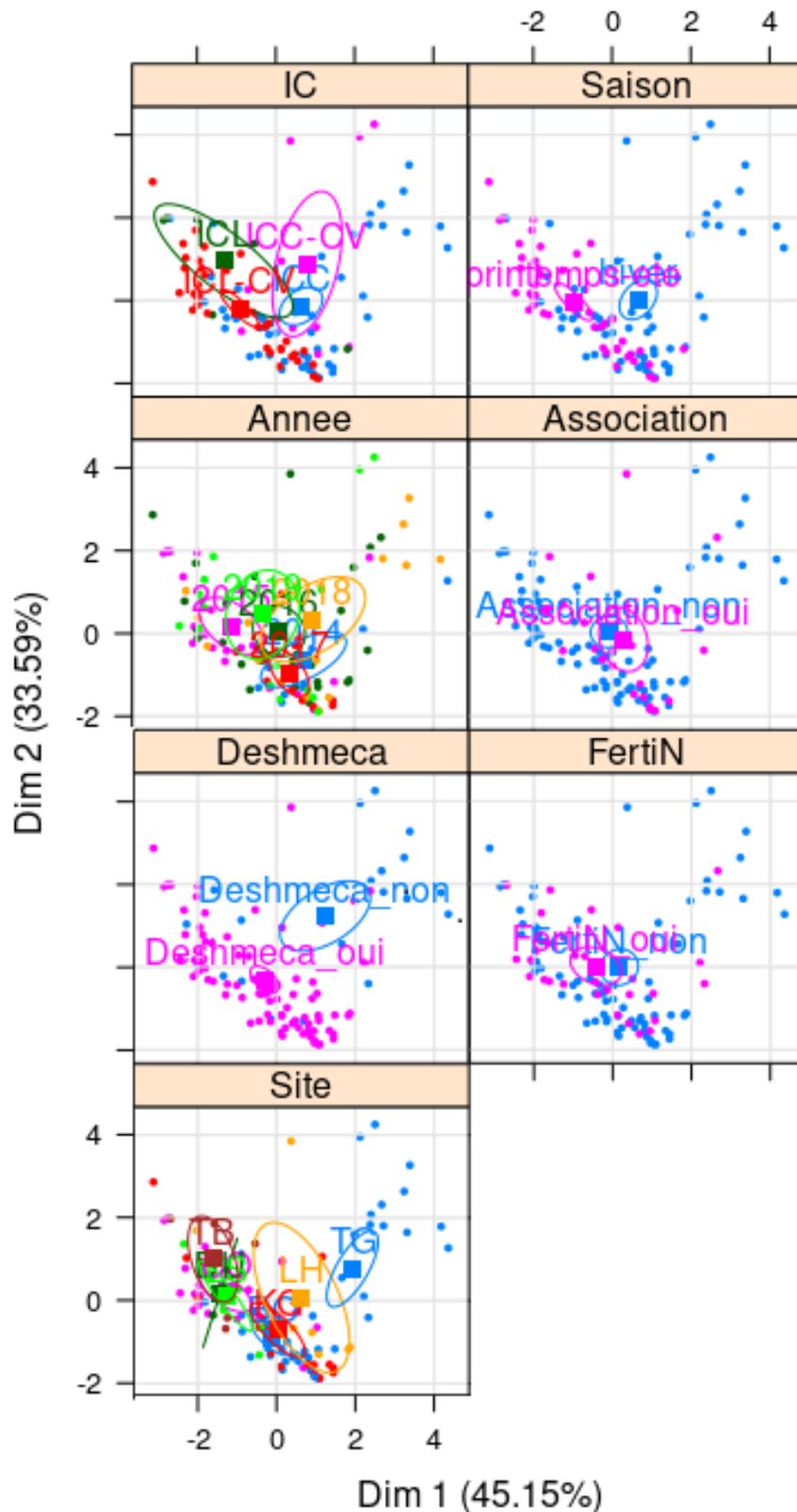


Figure 32 : Représentation des individus de l'ACP réalisée (axes 1-2) selon les variables qualitatives (illustratives)

Les coordonnées des individus sont celles issues de l'ACP. Les individus ont été colorés selon les modalités qu'ils possèdent pour les différentes variables (IC=Type d'interculture, Saison=Saisonnalité de la culture, Association = Culture associée, Deshmeca=Recours au désherbage mécanique, FertiN=Fertilisation azotée)

### 5.3. Autres facteurs ayant un effet sur les adventices

La représentation des individus selon les modalités des variables qualitatives (Figure 32) permet d'identifier d'autres facteurs susceptibles d'avoir un impact sur les adventices et qui permettent de discriminer les individus sur cette ACP. Ces variables sont illustratives, elles n'ont pas participé à la construction des dimensions de l'ACP.

La saisonnalité des cultures (« Saison »), liée au type d'interculture, permet une légère distinction de deux groupes. Les individus avec des cultures d'hiver (bleu) semblent être situés sur la droite de la représentation tandis que les individus avec des cultures de printemps-été (rose) semblent situés sur la gauche.

La modalité « Site » permet de distinguer différents groupes. On remarque, comme évoqué précédemment, que le site TG (bleu) est situé plutôt sur la droite de la représentation. Il en va de même pour le site LH (orange). Les autres sites sont plutôt regroupés en bas et sur la gauche du graphique. Le site semble donc avoir une influence sur les adventices.

Le recours au désherbage mécanique (« Deshmeca ») permet également de distinguer deux groupes d'individus. Le groupe d'individus sans désherbage mécanique (bleu) semble présenter des biomasses et des densités d'adventices à floraison de la culture plus importantes que les individus avec désherbage mécanique (rose), en bas à gauche de la représentation.

Les groupes identifiés par l'ACP ne présentent pas de différences en termes d'année, de fertilisation azotée (« FertiN ») et d'associations de cultures (« Association »).



## 6. Analyse du site TG seul

Pour cette analyse, seul TG a été pris en compte. Les répétitions ont été utilisées comme individus. Il y a donc trois individus par an pour chacun des cinq SdC testés sur le site, soit un total de 81 individus.

### 6.1. Peu de différences d'adventices entre les SdC

Les tests de Kruskal-Wallis ont mis en évidence l'existence de différences de biomasse et de densité d'adventices à floraison des cultures entre les différents systèmes en 2014 et 2015. Cependant, le nombre limité d'individus ne permet pas d'identifier de groupes significativement différents grâce au test de Wilcoxon. Pour les années 2016 à 2019, aucune différence n'est observée en termes d'indicateurs d'adventices entre les différents SdC.

### 6.2. ACP TG : Observations similaires à l'analyse multi-sites

L'ACP réalisée pour étudier l'impact du type d'interculture sur les adventices de la culture suivante permet de synthétiser plus de 75% de l'information sur les deux premières dimensions. La durée de l'interculture est bien représentée sur ces deux premières dimensions même si elle est ajoutée en tant que variable illustratives (Figure 33). Au contraire, la durée de la rotation, également ajoutée en tant que variable illustrative est mal représentée.

Comme observé sur l'ACP multi-sites, on remarque que la biomasse d'adventices, la densité d'adventices et la richesse spécifique sont corrélées négativement avec la durée de l'interculture. La nuisibilité des adventices est également corrélée négativement avec la durée de l'interculture. Les indices de Shannon et Piélou sont corrélés positivement avec la durée de l'interculture.

Les individus ont été représentés sur les deux premières dimensions et colorés selon le type d'interculture (Figure 34). Comme évoqué auparavant, il n'y a pas d'interculture longue sans couvert végétal (ICL) sur le site TG.

Trois groupes d'individus sont discriminés par l'ACP et ils ont tendance à correspondre chacun à un type d'interculture. Le premier groupe est situé en bas à droite, il regroupe une majorité d'individus ICC-CV (rouge) et de l'année 2019. Il se caractérise par une densité d'adventices élevée. Le deuxième groupe est situé au milieu et il regroupe des individus du type d'interculture ICC (noir) et de plusieurs années. Enfin, le troisième groupe, situé en bas à gauche, regroupe les individus du type d'interculture ICL-CV de 2017 et 2015. Ce groupe se caractérise par des niveaux d'adventices plus faibles que les deux premiers groupes.

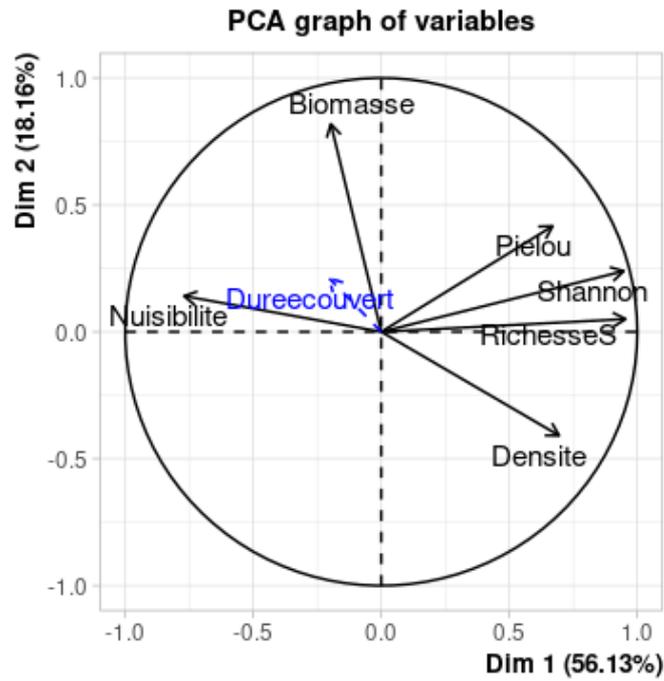


Figure 35 : Cercle des corrélations de l'ACP durée du couvert (axes 1-2)  
*Dureecouvert = Durée de présence du couvert (jours), RichesseS = Richesse spécifique*

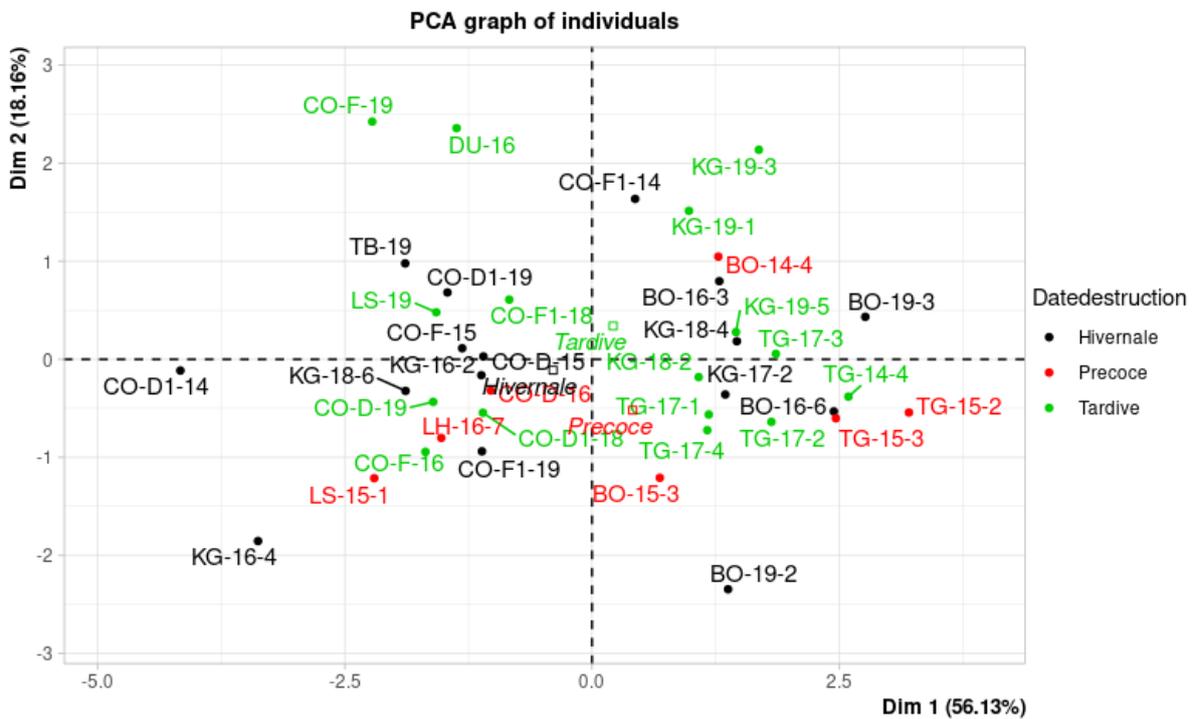


Figure 36 : Représentation des individus de l'ACP durée du couvert (axes 1-2) selon la date de destruction

*Individus nommés selon le code du site, l'année et la répétition.*

## 7. Peu d'impact de la durée du couvert

Pour rappel, ces analyses ont été réalisées uniquement avec les individus possédant une interculture longue avec un couvert végétal (ICL-CV), soit 39 individus, afin d'identifier l'impact de la durée du couvert.

### 7.1. Aucune corrélation entre durée du couvert et adventices

Les tests de Spearman réalisés pour étudier l'impact de la durée du couvert d'interculture longue n'ont révélés aucune corrélation entre la durée du couvert et les variables relatives aux adventices.

### 7.2. ACP durée du couvert : quelques tendances observées

#### 7.2.1. Corrélations entre les variables

Les deux premières dimensions de cette ACP synthétisent plus de 74% de la variance observée (Figure 35). La première dimension oppose la nuisibilité et la biomasse des adventices aux autres variables utilisées pour la construction de l'ACP. La seconde dimension discrimine la densité des adventices par rapport aux autres variables. La durée du couvert (variable illustrative) est mal représentée sur les deux dimensions, il est donc difficile de tirer une conclusion sur l'effet de la durée du couvert.

On remarque que biomasse et densité d'adventices sont corrélées négativement, la biomasse ne semble pas augmenter avec l'augmentation de la densité d'adventices. Au contraire, la biomasse d'adventices semble augmenter avec l'augmentation de la durée du couvert. Il en va de même pour la nuisibilité.

La richesse spécifique ainsi que les indices de Shannon et Pielou semblent augmenter avec la densité d'adventices et diminuer avec l'augmentation de la durée du couvert d'interculture.

#### 7.2.2. Représentation des individus

Les individus ont été représentés sur les deux premières dimensions de l'ACP et colorés selon la période de destruction du couvert (Figure 36). Cependant, la représentation ne permet pas de discriminer plusieurs groupes d'individus. Les individus avec une destruction précoce du couvert semblent être situés plus en bas de la représentation, ils possèderaient des densités d'adventices faibles. Les individus avec des destructions hivernales et tardives du couvert d'interculture sont répartis sur l'ensemble de la représentation, ils ne sont pas caractérisés par une variable particulière.



## Discussion

### 1. Problématique du jeu de données

Tout d'abord, l'impact des couverts végétaux d'interculture sur les adventices de la culture suivante revient ici à étudier des effets indirects des SdC mis en place. En effet, d'une part, de nombreux leviers de gestion des adventices sont mobilisés sur chacun des sites. Cette multitude de levier rend difficile l'étude de l'impact d'un levier en particulier, l'effet que peut avoir ce levier est dépendant du SdC dans sa totalité. D'autre part, les couverts végétaux d'interculture étudiés n'ont pas forcément été mis en place pour la gestion des adventices mais plutôt pour leur propriété de maintien de la fertilité des sols (Ding et al., 2006).

De plus, le réseau RotAB n'a pas été conçu pour répondre à ce type de problématique. Il s'agit d'expérimentations systèmes créées dans le but d'évaluer la pertinence globale de systèmes de grandes cultures en AB d'un point de vue technique et économique. C'est pourquoi le jeu de données ne comprend pas de situation de comparaison avec et sans couvert d'interculture toutes choses égales par ailleurs (site, année, cultures, ...). Il s'agit d'une des limites des essais systèmes. De telles observations sur des essais analytiques permettraient d'évaluer de façon plus pertinente l'effet des couverts d'interculture sur la flore adventice de la culture suivante. Faute de situations comparables, elles peuvent être compensées par un jeu de données de grande taille, or ce n'est pas le cas dans cette étude.

L'étude réalisée se veut exploratoire. Il s'agissait d'identifier ce qu'il était possible de réaliser avec ce jeu de données limité et hétérogène à travers une approche analytique visant à étudier l'effet du couvert d'interculture seul et une approche multifactorielle cherchant à identifier l'impact des couvert d'interculture au sein d'un ensemble de pratiques.

Par ailleurs, la variable « Site » possède un effet non négligeable sur les résultats pour deux raisons. D'une part, la disponibilité des données diffère entre les différents sites d'expérimentation. Cette répartition inégale est en partie due au fait que les méthodologies mises en place soient différentes selon les sites ; les sites avec des répétitions produisent plus de références que les sites sans répétitions. Cette répartition donne aux sites des poids différents dans les analyses ; les cinq sites d'expérimentation les mieux représentés participent grandement aux analyses tandis que les cinq sites minoritaires apportent peu d'informations.

D'autre part, les sites possèdent des niveaux d'infestation d'adventices différents. Cela n'est pas surprenant car la flore adventice dépend du SdC (contexte pédoclimatique, pratiques agricoles, ...) mais cela influence les analyses réalisées. Par exemple, le site TG possède un



niveau d'infestation d'adventices supérieur aux autres sites ce qui lui donne un poids important dans l'ACP.

Afin de limiter l'effet du site, une analyse de chaque site aurait pu se révéler intéressante. Cependant, les données disponibles n'étaient pas suffisantes pour tous les sites, c'est pourquoi cette analyse n'a été réalisée que sur le site TG. Toutefois, cette analyse laisse apparaître quelques limites. L'effet de l'année semble important et encore plus dans le cas de TG où il n'y a pas de répétitions temporelles : un type d'interculture est étudié une année donnée. De plus, les données nécessaires pour ce type d'analyse sont importantes, cela risque donc d'être problématique pour les sites dont la méthodologie ne comprend pas de répétitions.

Enfin, les différents types d'interculture ne sont pas répartis de manière égale. Les intercultures courtes avec couvert (14 individus) et longues sans couvert végétal (12 individus) sont minoritaires par rapport aux intercultures courtes sans couvert et aux intercultures longues avec couvert. Cette répartition inégale réside dans le fait qu'agronomiquement ou règlementairement, les intercultures courtes avec couvert ou longues sans couvert végétal ne sont pas toujours pertinentes ni autorisées (Lefèvre, 2011; Ministère de l'écologie et Ministère de l'agriculture, 2011).

## 2. Impact des couverts sur la culture suivante et autres pratiques

L'analyse multi-sites montre qu'il existe des différences en termes de flore adventice entre les types d'interculture quelle que soit l'approche retenue. Les modalités ICC et ICC-CV ont tendance à posséder des biomasses et des densités d'adventices à floraison des cultures plus importante que les modalités ICL et ICL-CV. Il en va de même pour la richesse spécifique. Au contraire, les modalités ICL et ICL-CV semblent posséder des adventices plus nuisibles que les modalités ICC et ICC-CV. En ce qui concerne les indices de Shannon et Piélu, peu de relations avec le type d'interculture semblent se dégager.

L'analyse du site TG seul met en évidence des tendances similaires. Seule la nuisibilité évolue différemment, elle est plus importante sur les modalités ICC et ICC-CV que sur la modalité ICL-CV.

La durée de l'interculture, directement liée à la saisonnalité des cultures, est identifiée ici comme ayant un rôle dans la gestion des adventices. Bien que différentes cultures succèdent à une interculture courte ou à une interculture longue, des différences en termes d'adventices semblent apparaître selon la durée de l'interculture.



La biomasse et la densité d'adventices plus faibles sur les cultures de printemps-été peut s'expliquer par le fait que le recours au faux-semis soit plus important et que les interventions en cultures puissent être réalisées dans de bonnes conditions par rapport aux cultures d'hiver (Fontaine et al., 2019). On remarque que le nombre moyen de passages d'outils de désherbage mécanique est de 1,7 sur les cultures d'hiver contre 2,7 passages sur les cultures de printemps-été. Le recours plus important au désherbage mécanique sur les cultures de printemps-été s'explique aussi par la présence de cultures sarclées comme le maïs, le soja et le tournesol sur lesquelles le désherbage mécanique et notamment le binage est répandu.

Une part plus importante d'adventices nuisibles semble être observée après les intercultures longues. Ce phénomène est difficile à expliquer. Néanmoins, la nuisibilité a été évaluée ici à partir d'un classement « à dire d'experts » sur la nuisibilité potentielle des espèces d'adventices. Or, en réalité, la nuisibilité des adventices sur les cultures dépend aussi de leur stade de développement, qui n'a pas été pris en compte ici. Pour améliorer l'évaluation de la nuisibilité des adventices sur les cultures, il aurait été intéressant d'observer les écarts de rendement des cultures par rapport à un rendement moyen. Cependant, le manque de données ne permet pas, dans notre étude, de calculer de rendement moyen pour les différents sites.

Concernant les couverts végétaux d'interculture, comme suggéré par la bibliographie, leur impact sur les adventices de la culture suivante semble limité (Bàrberi and Mazzoncini, 2009; Métais et al., 2017; Alletru and Labreuche, 2019). On remarque, une légère tendance de diminution de la biomasse, de la densité d'adventices et de la nuisibilité des adventices après un couvert d'interculture grâce à la description de la variable « Type d'interculture » et à l'ACP multi-sites. Cependant, les comparaisons de rangs ne montrent pas de différences significatives avec la présence d'un couvert d'interculture ou non. La couverture du sol ou non durant l'interculture semble donc conduire à des niveaux d'adventices similaires à floraison de la culture suivante. Des résultats similaires ont été obtenus par Alletru et Labreuche (2019) en fin de culture suivante ; ils ont observés des densités d'adventices similaires entre des sols couverts et des sols nus en interculture. Néanmoins, la différence de résultat entre approche multifactorielle (ACP multi-sites) et approche analytique simple (comparaisons de rangs) suggère bien un effet d'interaction de la présence du couvert avec d'autres facteurs sur la présence d'adventices.

Dans le cas de TG, en interculture courte, les densités d'adventices semblent plus importantes en présence d'un couvert qu'en absence de couvert. Néanmoins, les résultats obtenus avec la présence d'un couvert sont tous issus de l'année 2019, l'effet de l'année est donc important.



Pour une partie des individus sans couvert d'interculture, le sol a été travaillé pendant la période d'interculture. La comparaison entre sol couvert et sol nu est donc une comparaison d'itinéraire technique ; il n'y a pas de témoin sans travail du sol. Le travail du sol peut donc avoir joué un rôle sur les résultats observés. Cependant, puisqu'aucune différence majeure n'a été observée entre un sol couvert et un sol nu, on peut faire l'hypothèse que les couverts d'interculture semblent réguler les adventices de manière équivalente à un travail du sol. Des recherches supplémentaires se concentrant sur l'étude du travail du sol réalisé à l'interculture en absence de couvert doivent être menées pour vérifier cette hypothèse.

Par ailleurs, Métais et al. (2017) ont montré que le mode de destruction du couvert influence les adventices de la culture suivante ; une destruction par labour conduit à des niveaux d'infestation plus faibles que le semis direct. Or, dans notre étude, 83% des couverts a été suivi d'un labour avant l'implantation de la culture suivante. L'impact du labour sur les adventices peut donc potentiellement être important, il limite probablement l'identification de l'effet du couvert d'interculture sur les adventices.

Ces résultats sont à nuancer car, bien qu'il y ait des différences, elles sont très minimes et sont probablement influencées par l'inégale répartition des données. De plus, l'ACP ne permet de discriminer totalement les individus selon le type d'interculture.

### 3. Impact de la durée du couvert

La destruction tardive d'un couvert d'interculture peut induire des effets dépréciateurs sur la culture suivante (Labreuche, 2008; Guesquière et al., 2012). On pouvait donc supposer l'existence d'effets similaires sur les adventices. Cependant, les résultats ne mettent pas en évidence ce phénomène en interculture longue. On observe une légère tendance selon laquelle la densité d'adventices diminuerait avec l'augmentation de la durée du couvert et que la biomasse et la nuisibilité des adventices augmenteraient avec la durée du couvert. Néanmoins, aucune corrélation significative n'est observée entre durée du couvert et les indicateurs d'adventices (biomasse, densité, nuisibilité, ...).

Afin de mettre en évidence l'effet de la date de destruction du couvert sur les adventices de la culture suivante, les expérimentations pourraient s'orienter vers la mise en place d'un même couvert d'interculture détruit à des périodes différentes. Si la date de destruction du couvert s'avérait avoir un impact sur les adventices de la culture suivante, il faudrait alors définir une période de destruction optimale pour maximiser l'effet positif sur les adventices et limiter l'effet dépréciateur sur la culture suivante.



#### 4. Perspectives

Dans le cadre du projet MadeInAB, pour évaluer de façon pertinente l'effet des couverts végétaux d'interculture dans la maîtrise des adventices ainsi que l'effet d'autres leviers, une analyse par site du réseau RotAB semble la plus adaptée. En effet, celle-ci permettrait de s'affranchir de l'hétérogénéité des données actuelles en termes de disponibilité ainsi que de l'effet des SdC. Cette analyse nécessite cependant de disposer de suffisamment de données par site et de situations de comparaison au sein d'un même site.

Concernant l'étude de l'effet des couverts d'interculture sur les adventices, une enquête auprès des expérimentateurs des différents sites permettrait de recueillir leur expérience sur l'impact des couverts sur les adventices et de compléter ce qui a été observé dans cette étude. Une telle enquête était envisagée en début de stage mais a été mise de côté faute de temps.

De plus, si les couverts d'interculture permettent de maîtriser les adventices de manière équivalente à un sol nu travaillé, une analyse économique et sociale pourrait être pertinente pour voir s'il existe des différences de coûts entre une interculture avec un sol couvert ou un sol nu travaillé. Bien que l'implantation d'un couvert soit susceptible d'engendrer des coûts supérieurs, notamment en termes de semences et de mécanisation (François et al., 2014), les bénéfices retirés par l'agriculteur peuvent être nombreux. En effet, les couverts végétaux peuvent contribuer à préserver et améliorer les propriétés chimiques et physiques du sol (fixation d'azote atmosphérique, réduction de l'érosion,...), à augmenter l'activité biologique du sol, à favoriser la biodiversité, ... (Justes and Richard, 2017). En AB, ils représentent un intérêt dans la fertilité des sols puisque les fertilisants sont rares et peu efficaces. Les travaux de J. Constantin (2010) ont montré un effet cumulatif et positif des couverts d'interculture sur le long terme pour la minéralisation et l'absorption de l'azote organique.

Enfin, la régulation des adventices par les couverts végétaux vivants étant démontrée (Teasdale, 1996; Bàrberi and Mazzoncini, 2009), le maintien d'un couvert au sein d'une culture principale pourrait permettre de limiter les adventices (De Tourdonnet et al., 2008). Cette pratique se développe en agriculture conventionnelle avec la maîtrise du couvert vivant grâce aux herbicides. Cependant, en AB, la maîtrise du couvert est problématique comme le montre des essais menés par la CA des Pays de la Loire ; le trèfle blanc et la luzerne, dans lesquels ont été implantés du blé et de l'orge d'hiver, ont montré des fortes concurrences sur les céréales (CA des Pays de la Loire, 2020). Ce type de pratique devrait s'améliorer dans les années à venir afin de développer l'agriculture biologique de conservation au sein de laquelle les couverts végétaux posséderont une place importante.



## Conclusion

Identifiés comme un moyen de lutte contre les adventices durant la période où ils sont implantés (Teasdale, 1996; Bàrberi and Mazzoncini, 2009), les couverts végétaux sont utilisés pour réguler les adventices durant l'interculture. Cependant, l'impact qu'ils peuvent avoir sur un système de culture à long terme est peu connu. Cette étude visait alors à étudier l'impact des couverts végétaux d'interculture sur les adventices de la culture suivante en s'appuyant sur les relevés d'adventices réalisés au sein des sites d'expérimentation du réseau RotAB.

Malgré des données limitées, une hétérogénéité importante entre les sites d'expérimentation et des niveaux d'infestation différents selon les sites, cette étude permet de mettre en évidence une tendance qui est celle suggérée par la bibliographie ; les couverts végétaux d'interculture ne permettent pas de réduire les adventices de la culture suivante par rapport à un sol nu (Bàrberi and Mazzoncini, 2009; Métais et al., 2017; Alletru and Labreuche, 2019).

La durée d'implantation du couvert végétal ne montre pas non plus d'influence sur les adventices de la culture suivante.

Les systèmes de cultures étudiés combinent de nombreux leviers de gestion des adventices, il est donc difficile de mettre en évidence l'impact d'un facteur particulier, d'autant plus qu'aucune situation de comparaison n'est mise en place dans la méthodologie. Certains facteurs comme la saisonnalité des cultures et le désherbage mécanique semblent néanmoins avoir un effet positif sur les adventices. Par ailleurs, dans les systèmes étudiés, le recours au labour est important, il possède très probablement un effet non négligeable sur les adventices.

Bien que les couverts végétaux ne semblent pas permettre de réduire la présence d'adventices dans la culture suivante, ils ne semblent pas non plus induire de niveaux d'infestation supérieurs. Afin de compléter ce travail, une analyse complémentaire pourrait alors être réalisée pour évaluer la pertinence de l'implantation d'un couvert par rapport à un travail du sol répété d'un point de vue agronomique, économique et social.

Les couverts végétaux représentent, néanmoins, un levier très intéressant en AB afin de préserver les propriétés et la fertilité des sols (Malik et al., 2000; Ding et al., 2006; Justes and Richard, 2017). Leur effet cumulatif et positif sur la minéralisation de l'azote organique (Constantin, 2010) est un atout pour assurer la fertilisation azotée des cultures, problématique également majeure en AB.



## Bibliographie

- Adeux, G., Vieren, E., Carlesi, S., Bàrberi, P., Munier-Jolain, N., Cordeau, S., 2019. Mitigating crop yield losses through weed diversity. *Nature Sustainability*, 2, 1018–1026. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0415-y>
- Agro-Transfert, 2011. L'étouffement des adventices.
- Alletru, C., Labreuche, J., 2019. Impact du travail du sol et des couverts végétaux en interculture sur la gestion des adventices en grandes cultures. *Végéphyll - 24ème conférence du COLUMA Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes*, Orléans.
- Amossé, C., Jeuffroy, M.-H., Celette, F., David, C., 2013. Relay-intercropped forage legumes help to control weeds in organic grain production. *European Journal of Agronomy*, 49, 158–167. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.04.002>
- Arvalis-Institut du végétal, 2019. Désherbage : l'agronomie avant tout. Choisir Blé Dur - Variétés et interventions d'automne 2019-2020 - Centre, Ile de France, 33–48.
- Arvalis-Institut du végétal, 2013. Désherbage des céréales d'hiver / leviers agronomiques : Quel impact à la date de semis sur les adventices automnales ? [en ligne]. Disponible sur : <https://www.arvalis-infos.fr/desherbage-des-cereales-d-hiver-leviers-agronomiques-quel-impact-a-la-date-de-semis-sur-les-adventices-automnales--@/view-20837-arvarticle.html> (Consulté le 17/07/2020).
- Arvalis-Institut du végétal, Terres Inovia, Unilet, 2016. Semer un couvert végétal pour lutter contre les adventices en 2016 [en ligne]. Disponible sur: <https://www.arvalis-infos.fr/le-couvert-d-interculture-pour-limiter-les-infestations-d-adventices-@/view-22438-arvarticle.html> (Consulté le 19/06/2020).
- Association Française de Protection des Plantes - Commission des essais biologiques, 2011. Répertoire terminologique en protection des plantes.
- Bangarwa, S.K., Norsworthy, J.K., Mattice, J.D., Gbur, E.E., 2011. Glucosinolate and Isothiocyanate Production from Brassicaceae Cover Crops in a Plasticulture Production System. *Weed science*, 59, 247–254. <https://doi.org/10.1614/WS-D-10-00137.1>
- Baraibar, B., Hunter, M., Schipanski, M., Hamilton, A., Mortensen, D., 2018. Weed Suppression in Cover Crop Monocultures and Mixtures. *Weed Science*, 66, 121–133. <https://doi.org/10.1017/wsc.2017.59>
- Bàrberi, P., Mazzoncini, M., 2009. Changes in weed community composition as influenced by cover crop and management system in continuous corn. *Weed Science*, 49, 491–499. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2001\)049\[0491:CIWCCA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2001)049[0491:CIWCCA]2.0.CO;2)
- Barnes, J.P., Putnam, A.R., 1983. Rye residues contribute weed suppression in no-tillage cropping systems. *Journal of Chemical Ecology*, 9, 1045–1057. <https://doi.org/10.1007/BF00982210>
- Bouas, A., Helias, R., Killmayer, M., Verdier, J.-L., Regaldo, S., 2018. Quelques éléments clés pour réussir son couvert [en ligne]. Disponible sur : <https://www.arvalis-infos.fr/quelques-elements-cles-pour-reussir-son-couvert-@/view-27884-arvarticle.html> (Consulté le 10/08/2020).



- Brust, J., Claupein, W., Gerhards, R., 2014. Growth and weed suppression ability of common and new cover crops in Germany. *Crop Protection*, 63, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.04.022>
- Caussanel, J.P., 1989. Nuisibilité et seuils de nuisibilité des mauvaises herbes dans une culture annuelle : situation de concurrence bispécifique. *Agronomie*, 9, 219–240.
- Chambre d'agriculture de Nouvelle-Aquitaine, 2016. Guide adventices. Les reconnaître pour mieux les gérer.
- Chambre d'agriculture de Seine et Marne, 2016. Les leviers agronomiques pour limiter la concurrence des adventices.
- Chambre d'agriculture des Pays de la Loire, 2020. Synthèse régionale des expérimentations en grandes cultures biologiques - Campagne 2018-2019.
- Constantin, J., 2010. Quantification et modélisation du bilan d'azote à long terme : impact des cultures intermédiaires, du semis direct et de la fertilisation réduite. AgroParisTech. Thèse de doctorat
- Cordeau, S., 2019. [CA-SYS] Des essais de couverts d'interculture en semis direct pour réguler les adventices [en ligne]. Disponible sur : <https://revue-sesame-inrae.fr/ca-sys-des-essais-de-couverts-dinterculture-en-semis-direct-pour-reguler-les-adventices-1/> (Consulté le 16/07/2020).
- Cordeau, S., Moreau, D., 2017. Gestion des adventices au moyen des cultures intermédiaires multi-services: potentiels et limites. *Innovations Agronomiques*, 62, 87-100. <https://doi.org/10.15454/1.5174075019109001E12>
- Couëdel, A., Seassau, C., Wirth, J., Alletto, L., 2017. Potentiels de régulation biotique par allélopathie et biofumigation ; services et dis-services produits par les cultures intermédiaires multiservices de crucifères. *Innovations Agronomiques*, 62, 71-85. <https://doi.org/10.15454/1.517407346984539E12>
- De Tourdonnet, S., Shili, I., Scopel, E., 2008. Utilisation des mulchs vivants pour la maîtrise des flores adventices. *Innovations Agronomiques*, 3, 43–48.
- Debaeke, P., Munier-Jolain, N., Bertrand, M., Guichard, L., Nolot Vincent Faloya, J.-M., Saulas, P., 2009. Iterative design and evaluation of rule-based cropping systems: methodology and case studies. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 73–86.
- Ding, G., Liu, X., Herbert, S., Novak, J., Amarasiriwardena, D., Xing, B., 2006. Effect of cover crop management on soil organic matter. *Geoderma*, 130, 229–239. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.01.019>
- Doré, T., Sène, M., Pellissier, F., Gallet, C., 2004. Approche agronomique de l'allélopathie. *Cahiers Agricultures*, 13, 249–256.
- Eveno, M.E., Chabanne, A., 2001. Les effets allélopathiques de l'avoine (*Avena sativa*) sur différentes mauvaises herbes et plantes cultivées. 18ème Conférence du COLUMA Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, Toulouse.
- Farooq, M., Jabran, K., Cheema, Z.A., Wahid, A., Siddique, K.H.M., 2011. The role of allelopathy in agricultural pest management. *Pest Management Science*, 67, 493–506. <https://doi.org/10.1002/ps.2091>



- Fontaine, L., Bernicot, M.-H., Rolland, B., Poiret, L., 2009. Des variétés rustiques concurrentes des adventices pour l'agriculture durable, en particulier l'agriculture biologique. *Innovations Agronomiques*, 4, 115-124.
- Fontaine, L., Celette, F., Cordeau, S., Métais, P., Vacher, C., Cohan, J.-P., Fourrié, L., Jouany, C., Leclerc, B., Vericel, G., Vian, J.-F., Aveline, A., 2019. InnovAB - Améliorer les systèmes de grande culture en agriculture biologique : enseignements d'un réseau d'expérimentations de longue durée. *Innovations Agronomiques*, 71, 295-309. <https://doi.org/10.15454/8lpmxj>
- Fontaine, L., Fourrié, L., Garnier, J.F., Mangin, M., Colomb, B., Carof, M., Aveline, A., Prieur, L., Quirin, T., Chareyron, B., Maurice, R., Glachant, C., Gouraud, J.P., 2012. Connaître, caractériser et évaluer les rotations en systèmes de grandes cultures biologiques. *Innovations Agronomiques*, 25, 27-40.
- François, H., Leon, F., Chereau, M., Temen, L., Guerin, F., Le Gall, C., 2014. Cultures intermédiaires en interculture longue.
- Gaba, S., Cheviron, N., Perrot, T., Piutti, S., Gautier, J.-L., Bretagnolle, V., 2020. Weeds Enhance Multifunctionality in Arable Lands in South-West of France. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00071>
- Guesquière, J., Cadillon, A., Fourrié, L., Fontaine, L., 2012. Choisir et réussir son couvert végétal pendant l'interculture en AB - ITAB.
- Justes, E., Richard, G., 2017. Contexte, concepts et définition des cultures intermédiaires multi-services. *Innovations Agronomiques*, 62, 1-15. <https://doi.org/10.15454/1.5174017785695195E12>
- Labreuche, J., 2008. Choisir les espèces de couverts végétaux en fonction du mode de destruction envisagé. *Perspectives agricoles*, 350, 30-35.
- Lefèvre, V., 2011. Freins et leviers à l'intégration de couverts végétaux en systèmes sans labour en AB. *Alter Agri*, 110, 12-13.
- Malik, R.K., Green, T.H., Brown, G.F., Mays, D., 2000. Use of cover crops in short rotation hardwood plantations to control erosion. *Biomass and Bioenergy*, 18, 479-487. [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(00\)00016-7](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(00)00016-7)
- Métais, P., Vuillemin, F., Cordeau, S., 2017. Étude de l'effet du travail du sol et des couverts sur les adventices dans des contextes de production variés. Séminaire de restitution à mi-parcours du projet de recherche ANR CoSAC, INRA, Paris.
- Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement, Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement des territoires, 2011. Arrêté du 19 décembre 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole.
- Morison, M., Guichard, L., Jeuffroy, M.-H., 2008. Comment maîtriser la flore adventice des grandes cultures à travers les éléments de l'itinéraire technique? *Innovations Agronomiques*, 3, 27-41.
- Munier-Jolain, N., Chauvel, B., Gasquez, J., 2005. Stratégies de Protection Intégrée contre les adventices des cultures : le retour de l'agronomie, in: *Enjeux Phytosanitaires Pour l'agriculture et l'environnement*. Lavoisier, Paris, pp. 411-430.



- Munier-Jolain, N., Mediene, S., Meiss, H., Boissinot, F., Rainer, W., Jacques, C., Bretagnolle, V., 2012. Rôle des prairies temporaires pour la gestion de la flore adventice dans les systèmes céréaliers. *Innovations Agronomiques*, 22, 71–84.
- Norsworthy, J.K., Malik, M.S., Jha, P., Riley, M.B., 2007. Suppression of *Digitaria sanguinalis* and *Amaranthus palmeri* using autumn-sown glucosinolate-producing cover crops in organically grown bell pepper. *Weed Research*, 47, 425–432. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2007.00586.x>
- Oerke, E.-C., 2006. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144, 31–43. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>
- Petit, S., Gaba, S., Colbach, N., Bockstaller, C., Bretagnolle, V., Meziere, D., Ricou, C., Trichard, A., Munier-Jolain, N., 2013. Gestion agro-écologique de la flore adventice dans les systèmes à bas niveau d’usage d’herbicides: le projet ADVHERB. *Innovations Agronomiques*, 28, 75-86.
- Rice, E.L., 1984. *Allelopathy*. Elsevier Science.
- Rodriguez, A., 2004. Le contrôle de la flore adventice en grandes cultures biologiques. Première partie : connaître la biologie des adventices pour mieux les maîtriser. *Alter Agri*, 68, 4–7.
- Salitot, G., Géry, E., 2013. Désherbage mixte, quand mécanique et chimique se combinent - Chambre d’agriculture de l’Oise.
- Schappert, A., Schumacher, M., Gerhards, R., 2019. Weed Control Ability of Single Sown Cover Crops Compared to Species Mixtures. *Agronomy* 9, 294-305. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060294>
- Sebillotte, M., 1990. Système de culture : un concept opératoire pour les agronomes. In L.Combe et D. Picard coord., *Les systèmes de culture*. Inra, Versailles : 165-196
- Sicard, H., Fontaine, L., Zaganiacz, V., Arino, J., Aubert, C., Bonin, L., Gall, J., Glachant, C., Johan, G., Ménétrier, P., Vacher, C., Prieur, L., Rodriguez, A., Evenat, Y., Rolland, C., Lemoine, R., Alamome, D., 2012. Connaître les adventices pour les maîtriser en grandes cultures sans herbicides.
- Smith, R.G., Warren, N.D., Cordeau, S., 2020. Are cover crop mixtures better at suppressing weeds than cover crop monocultures? *Weed Science*, 68, 186–194. <https://doi.org/10.1017/wsc.2020.12>
- Teasdale, J.R., 1996. Contribution of Cover Crops to Weed Management in Sustainable Agricultural Systems. *Journal of Production Agriculture*, 9, 475–479. <https://doi.org/10.2134/jpa1996.0475>
- Teasdale, J.R., Brandsaeter, L.O., Calegari, A., Skora Neto, F., 2007. Cover crops and weed management, in: *Non-Chemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology*. CABI, pp. 49–64.
- Wendling, M., Charles, R., Herrera, J., Amossé, C., Jeangros, B., Walter, A., Büchi, L., 2019. Effect of species identity and diversity on biomass production and its stability in cover crop mixtures. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 281, 81–91. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.04.032>



## Table des tableaux et figures

### Tableaux

Tableau 1 : Densité d'adventices conduisant à une perte de rendement de 5% en céréales (Caussanel, 1989)

Tableau 2 : Leviers mis en œuvre pour la gestion des adventices selon les sites

Tableau 3 : Echelle du stade de développement des adventices

Tableau 4 : Variables quantitatives utilisées pour les analyses statistiques

Tableau 5 : Variables qualitatives utilisées pour les analyses statistiques

Tableau 6 : Période de destruction des couverts

Tableau 7 : Résultats des mesures d'association (v.test) entre les modalités de la variable « Type d'interculture » et les variables quantitatives ( $p < 0,05$ )

Tableau 8 : Résultats des mesures d'association (v.test) entre les modalités de la variable « Site » et les variables quantitatives ( $p < 0,05$ )

### Figures

Figure 1 : Place de la Chambre d'agriculture des Pays de la Loire au sein du projet MadeInAB

Figure 2 : Décomposition de la nuisibilité des adventices (Caussanel, 1989)

Figure 3 : Périodes de germination préférentielle de quelques adventices annuelles (Source : Chambre d'agriculture de Seine et Marne, 2016)

Figure 4 : Leviers de gestion des adventices en agriculture biologique (Source : Présentation du projet MadeInAB)

Figure 5 : Lien entre TAD et effet du labour sur les principales adventices (Source : Arvalis-Institut du végétal, 2019)

Figure 6 : Densité d'adventices avant semis de céréales d'hiver en fonction de la longueur de la rotation (Source : C. David, ISARA)

Figure 7 : Classement des cultures selon leur pouvoir étouffant (d'après N. Munier-Jolain, INRA Dijon) (Source : Agro-Transfert, 2011)

Figure 8 : Efficacité d'un semis retardé des céréales d'hiver sur certaines adventices (Source : Arvalis-Institut du végétal, 2013)

Figure 9 : Stade d'intervention des différents outils de désherbage mécanique sur la culture de maïs (Source : Salitot and Géry, 2013)

Figure 10 : Effet de la biomasse du couvert sur la densité d'adventices et de repousses (Source : Arvalis-Institut du végétal et al., 2016)

Figure 11 : Classement des couverts d'interculture selon leur pouvoir étouffant (Source : Agro-Transfert, 2011)

Figure 12 : Effet du couvert végétal hivernal sur la biomasse des adventices dans le maïs en juillet (Source : Munier-Jolain et al., 2005)

Figure 13 : Effet du couvert végétal et du travail du sol sur l'enherbement de la culture suivante (Source : Métais et al., 2017)

Figure 14 : Dates d'implantation potentielles de certaines espèces de couverts (Bouas et al., 2018)



Figure 15 : Date conseillée de destruction des couverts selon le type de sol et la culture suivante (Source : Labreuche, 2008)

Figure 16 : Sensibilité de différents couverts aux moyens de destruction (Source : Labreuche, 2008)

Figure 17 : Schéma de la démarche générale de résolution de problème

Figure 18 : Localisation et présentation des sites de l'étude

Figure 19 : Répartition des individus utilisés selon les sites d'expérimentation et les années

Figure 20 : Répartition des individus selon les types d'interculture

Figure 21 : Répartition des individus selon les sites d'expérimentation et les types d'interculture

Figure 22 : Répartition des individus selon les cultures et les couverts d'interculture

Figure 23 : Répartition des individus selon les espèces de couverts et la durée de l'interculture

Figure 24 : Répartition des individus selon les espèces de couverts et leur utilisation

Figure 25 : Graphique représentant la durée de l'interculture en nombre de jours selon le type d'interculture

Figure 26 : Graphique de la biomasse d'adventices ( $\text{g/m}^2$ ) à floraison des cultures selon le type d'interculture (comparaison de Wilcoxon :  $p < 0,05$ )

Figure 27 : Graphique de la densité d'adventices ( $\text{pieds/m}^2$ ) à floraison des cultures selon le type d'interculture (comparaison de Wilcoxon :  $p < 0,05$ )

Figure 28 : Graphique de la richesse spécifique à floraison des cultures selon le type d'interculture (comparaison de Wilcoxon :  $p < 0,05$ )

Figure 29 : Graphique de l'indice de Shannon à floraison des cultures selon le type d'interculture (comparaison de Wilcoxon :  $p < 0,05$ )

Figure 30 : Cercle des corrélations de l'ACP multi-sites (axes 1-2)

Figure 31 : Représentation des individus de l'ACP multi-sites (axes 1-2) selon le type d'interculture

Figure 32 : Représentation des individus de l'ACP réalisée (axes 1-2) selon les variables qualitatives (illustratives)

Figure 33 : Cercle des corrélations de l'ACP TG (axes 1-2)

Figure 34 : Représentation des individus de l'ACP TG (axes 1-2) selon le type d'interculture

Figure 35 : Cercle des corrélations de l'ACP durée du couvert (axes 1-2)

Figure 36 : Représentation des individus de l'ACP durée du couvert (axes 1-2) selon la date de destruction



## Annexes

Annexe 1 : Réflexion personnelle sur les métiers de recherche et innovation ..... I

Annexe 2 : Fiche de présentation du projet MadeInAB ..... II

Annexe 3 : Description des sites expérimentaux en grandes cultures biologique sans élevage  
utilisés dans l'étude ..... III

Annexe 4 : Classement des espèces d'adventices selon leur nuisibilité et leur période de levée  
..... IV



## Annexe 1 : Réflexion personnelle sur les métiers de recherche et innovation

Grâce au stage RI, j'ai pu découvrir le monde de la recherche agronomique et les métiers qui y sont associés. J'ai également découvert la recherche au sein d'une structure telle que la CA.

D'une part, j'ai remarqué que les métiers de la recherche possèdent des caractéristiques particulières.

Tout d'abord, je trouve que ces métiers nécessitent une grande rigueur ; il faut établir une méthodologie précise pour répondre à une problématique donnée et se tenir à cette méthodologie préalablement établie ou la faire évoluer tout en s'assurant de sa pertinence.

Ensuite, je pense que de nombreuses connaissances sont nécessaires pour effectuer de tels métiers. Le sujet de recherche doit être parfaitement maîtrisé et les sujets susceptibles de s'en rapprocher doivent faire l'objet d'une vigilance permanente. De plus, les connaissances en statistiques sont importantes. Bien que des statisticiens puissent accompagner les chercheurs, ils doivent tout de même posséder des connaissances de base afin d'établir une méthodologie statistiquement pertinente ou de choisir les méthodes de traitement statistique adaptées.

Ces métiers nécessitent également des compétences en communication afin de valoriser les résultats obtenus, à l'oral ou à l'écrit. De plus, le professionnel de la recherche doit être capable d'expliquer simplement des éléments parfois complexes afin qu'ils soient compris par des personnes non expertes.

Enfin, l'abnégation et la patience me semblent indispensables car les recherches ne sont pas toujours réussies, on ne parvient pas toujours à prouver ce que l'on souhaite. Cela est d'autant plus important en productions végétales car les conditions météorologiques remettent parfois en cause la réussite des expérimentations.

D'autre part, en réalisant ce stage au sein de la CA de Pays de la Loire et en découvrant la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou, j'ai compris que la recherche en agriculture est proche du terrain. En effet, les expérimentateurs mettent parfois en place des essais chez les agriculteurs et peuvent échanger avec eux sur leur ressenti. Avant de ce stage, j'imaginai qu'il y avait une plus grande distance entre agriculteurs et expérimentateurs.

Pour conclure, ce stage m'a conforté dans mon projet professionnel ; je souhaite toujours exercer dans le conseil agronomique auprès des agriculteurs. La conduite d'essais expérimentaux avec les agriculteurs est une activité professionnelle qui m'intéresserait beaucoup et qui peut être menée en parallèle du conseil afin d'améliorer les pratiques agricoles existantes et de développer de nouvelles pratiques.





# MadeInAB

## Maîtrise des ADVEntices en AB

Le projet Made in AB vise à concevoir, évaluer et transférer des stratégies de maîtrise des adventices sans herbicides en grandes cultures sans élevage, conciliant performances agronomiques, environnementales et socio-économiques. Pour cela, il s'appuie sur un réseau multipartenarial et multisite de 11 expérimentations de systèmes de culture innovants de longue durée conduits en agriculture biologique.

Nombre de sites expérimentaux : 11

Nombre de systèmes DEPHY testés : 20  
dont Agriculture Biologique : 20

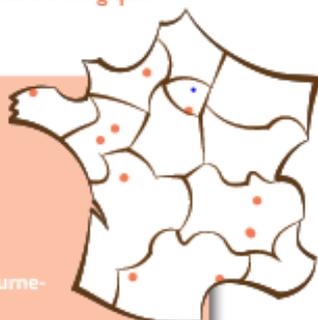
Cultures :  
Luzerne, maïs, blé, orge, féverole, seigle, tournesol, seigle, etc.

Leviers testés :  
Couverts végétaux, rotation, associations de cultures, luzerne et prairies temporaires, labour, faux-semis, désherbage mécanique (binage, houe rotative, herse-étrille), écimage et fauche

Porteur de projet :  
Marion CASAGRANDE (marion.casagrande@itab.asso.fr)

Organisme chef de file :  
ITAB

Durée : 2019-2024



Le projet s'appuie sur un réseau multipartenarial de 11 sites d'expérimentation de systèmes de longue durée en grandes cultures biologiques (le réseau RotAB), permettant de capitaliser les résultats obtenus avec des stratégies variées, adaptées à leur contexte, et testées sur un temps long. Les expérimentations systèmes suivies dans ce projet permettent le suivi de plus de 20 systèmes de culture différents, en couvrant une grande diversité de régions (Occitanie, Nouvelle-Aquitaine, Pays-de-la-Loire, Bretagne, Centre, Ile-de-France, Auvergne-Rhône-Alpes) et de partenaires techniques (ITAB, Arvalis, ISARA-Lyon, UE DIASCOPE-INRA Mauguio, CA 26, CRA Pays de la Loire, CRA Bretagne, CREABio Occitanie, FRAB NA, CA 86, EPLEFPA Chartres-La Saussaye, UMR Agroécologie, CEFE et UMR SYSTÈM partenaires associés).

stratégies et des techniques sera évaluée au regard de la maîtrise des adventices, mais également en termes de performances agronomiques, socioéconomiques et environnementales. L'évaluation multicritère des systèmes doit permettre d'accompagner les producteurs dans le changement de pratiques en les renseignant sur les différentes dimensions impactées par les stratégies de gestion des adventices.

Les résultats produits seront discutés au sein du réseau RotAB, mais également avec des producteurs de groupes DEPHY FERME, de façon à faire émerger de nouvelles pistes, en AB et en agriculture conventionnelle en forte réduction de l'usage d'herbicides. L'objectif est de proposer des solutions pour améliorer la gestion des adventices sur la base de l'expérience et des connaissances capitalisées par chacun (proposition de nouveaux prototypes) et évaluées pour une part dans le cadre de ce projet.

Afin d'outiller les producteurs qui souhaitent ne pas avoir recours aux herbicides ou réduire leur usage dans leurs systèmes, le projet prévoit des résultats à deux niveaux : à l'échelle des itinéraires techniques, en fournissant des références sur les leviers "efficaces" pour maîtriser la flore ; à l'échelle des systèmes de culture, en réalisant une description et une évaluation des stratégies de gestion des adventices dans le temps. Cette approche est essentielle car

en fonction des contextes pédoclimatiques, du niveau d'infestation initial, des objectifs visés et des ressources disponibles sur les exploitations agricoles (matériel, main d'oeuvre, etc.), les stratégies de gestion des adventices, et notamment la combinaison des leviers, ne sont pas les mêmes, et n'ont pas la même efficacité.

Un projet reposant sur une diversité de sites d'expérimentation et de partenaires

### De la performance à la multiperformance...

Pour chacun des systèmes testés, la pertinence des



Annexe 3 : Description des sites expérimentaux en grandes cultures biologique sans élevage utilisés dans l'étude

Site	Responsable	Contexte pédoclimatique	Année de démarrage	Systèmes testés		Méthodologie
Archigny (86)	Chambre d'agriculture de la Vienne	Sols limono-sableux, lessivés, battants, caillouteux. Climat océanique dégradé. 680 mm/an.	2006	3	R5 et R2 : Rotation longue sans effluents d'élevage avec et sans labour R6 : Rotation courte sans effluents d'élevage	14 ha. Pas de répétitions.
Boigneville (91)	Arvalis – Institut du Végétal	Sols limono-argileux, de 30 à 90 cm de profondeur. Climat océanique dégradé. 560mm/an.	2008	1	Rotation de 8 ans sans apports de fertilisants extérieurs	5 ha. Répétitions temporelles sur 1 bloc.
Corbas (69)	ISARA Lyon	Sols limono-sableux à faible RU, climat continental-océanique dégradé. 784 mm/an.	2012	2	Diversité : Rotation de 8 ans Fertilité : Rotation de 4 ans avec labour limité	Répétitions temporelles et spatiales sur 2 blocs.
Dunière (26)	Chambre d'agriculture de la Drôme	Sols limono-argilo-sableux calcaire profond. Climat méditerranée dégradé. 840mm/an.	1999	1	Rotation de 5 ans avec apports d'effluents d'élevage	3,5 ha. Répétitions temporelles sur 1 bloc.
Kerguéhenec (56)	Chambre d'agriculture de Bretagne	Sols limoneux moyennement profond. Climat océanique. 891mm/an.	2012	1	Rotation de 6 ans avec apports d'effluents d'élevage	4,5 ha en 6 bandes. Répétitions temporelles sur 1 bloc.
La Hourre (32)	CREAB Midi-Pyrénées	Coteaux argilo-calcaires moyennement profonds. Climat océanique dégradé. 757 mm/an.	2002	2	Rotation courte : 3 ans Rotation longue : 8 ans, sans apports de fertilisants extérieurs	Pas de répétitions.
La Motte (91)	Arvalis – Institut du Végétal	Sols limoneux moyennement profonds. Climat océanique dégradé. 560 mm/an.	2003 – arrêté en 2015	1	Rotation de 8 ans sans fertilisation extérieure.	Répétitions temporelles sur 1 bloc.
La Saussaye (28)	EPL Chartres La Sausaye	Sols limono-argileux profonds. Climat méditerranée dégradé. 640 mm/an.	2010	2	Autonome : Rotation de 8 ans sans apports d'intrants Productif : Rotation de 9 ans avec apport d'intrants	2 parcelles de 7,5 et 8,5 ha. Pas de répétitions.
TAB (26)	Chambre d'agriculture de la Drôme	Sols sablo-limoneux. Climat méditerranée dégradé. 840 mm/an.	2013	2	Rotation de 5 ans avec et sans agroforesterie fruitière	Répétitions temporelles sur 1 bloc.
Thorigné (49)	Chambre d'agriculture des Pays de la Loire	Sols limono-sableux moyennement profonds. Zone de bocage. Climat océanique. 840 mm/an.	2012	5	Rotation 1 : 3 ans, sans effluents d'élevage Rotation 2 & 3 : 6 ans, avec et sans effluents d'élevage Rotation 4 : 6 ans, culture pluriannuelle, sans effluents d'élevage Rotation 5 : 9 ans, sans effluents d'élevage	Répétitions spatiales sur 3 blocs. 1 bloc = 5 bandes de 18m*80m.



Annexe 4 : Classement des espèces d'adventices selon leur nuisibilité et leur période de levée

<b>Nuisibilité</b>	<b>Période de levée</b>	<b>Espèces d'adventices</b>
<b>Forte</b>	Septembre - novembre	Avoine à chapelets, chardon, cirse, coquelicot, folle avoine, gaillet, moutarde, phalaris, ravenelle, rumex
	Mars - avril	Ambroisie, avoine à chapelets, chardons, chénopodes, cirse, folle avoine, moutarde, phalaris, ravenelle, rumex
	Mai - juin	Amarantes, ambroisie, avoine à chapelets, chardons, chénopodes, cirse, datura, digitale, lampourde, morelle, moutarde, panic, ravenelle, rumex
<b>Moyenne</b>	Septembre - novembre	Agrostis, anthémis, bleuet, bromes, chiendent, géraniums, helminthie, jonc des crapauds, liserons, matricaire, pâturin, ray-grass, renoncules, vesces, vulpie, vulpin
	Mars - avril	Anthémis, chiendent, géraniums, helminthie, liserons, matricaire, pâturin, pissenlit, ray-grass, renoncules, renouées, vesces, vulpie
	Mai - juin	Anthémis, chiendent, géraniums, helminthie, liserons, matricaire, pâturin, pourpier, ray-grass, renoncules, renouées, sétaire
<b>Faible</b>	Septembre - novembre	Alchémille, capselle bourse-à-Pasteur, cardamine, céraiste, crépis, euphorbe, fumeterre, laitern, lamier, lampsane, luzerne, myosotis, pensée, plantain, séneçon, stellaire, trèfle, véroniques
	Mars - avril	Capselle bourse-à-Pasteur, cardamine, céraiste, euphorbe, fumeterre, lamier, lampsane, linare, luzerne, mouron des champs, pensée, plantain, réséda, sabline, séneçon, stellaire, trèfle, véroniques
	Mai - juin	Alchémille, capselle bourse-à-Pasteur, cardamine, euphorbe, fumeterre, laitern, lamier, linare, mercuriale, mouron des champs, séneçon, stellaire, véroniques