



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



AGRICULTURES
& TERRITOIRES
CHAMBRE D'AGRICULTURE
PAYS DE LA LOIRE



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

RAPPORT DE STAGE : Evaluer l'impact de la rotation culturale sur la maîtrise des adventices en Agriculture Biologique



Maîtres de stage : Aloïs Artaux (CAPdL), Enguerrand Burel (CREABio)

Patron de mémoire : Mathieu Lorin (ESA)

Date de Remise : 19/08/2022

Grégoire Labiche, Promotion 2017



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



AGRICULTURES
& TERRITOIRES
CHAMBRE D'AGRICULTURE
PAYS DE LA LOIRE



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

RAPPORT DE STAGE : Evaluer l'impact de la rotation culturale sur la maîtrise des adventices en Agriculture Biologique



Maîtres de stage : Aloïs Artaux (CAPdL), Enguerrand Burel (CREABio)

Patron de mémoire : Mathieu Lorin (ESA)

Date de Remise : 19/08/2022

Grégoire Labiche, Promotion 2017

Remerciements

Pour commencer, je tenais à remercier mes encadrants, Aloïs Artaux et Enguerrand Burel pour leur implication et leur spontanéité dans les échanges que nous avons eu sur le sujet. Ils ont su me faire confiance, m'orienter dans mes choix et mes questionnements et sont restés disponibles tout au long du stage.

Je remercie également mon patron de mémoire, Mathieu Lorin, pour son suivi de l'avancée de mes travaux et son orientation sur les rendus académiques.

Ce stage n'aurait pas été possible sans la participation des membres du réseau Rot'AB. Je dis un grand merci à Aurélien Dupont, Florian Celette, Thierry Quirin, Cécile Rocques, Jean Champion, Margaux Thirard, Florence Letailleur, Méderic Letellier, Cécile Burtin et Clément Bardon pour le temps qu'ils m'ont accordé pour répondre aux entretiens. Leur réactivité et leurs connaissances ont conduit à des échanges constructifs et intéressants.

Je voudrais également souligner l'importance du comité de pilotage du projet au cours duquel j'ai présenté l'avancée de mes travaux et où nous avons pu donner du sens à quelques-unes de mes interrogations, me permettant d'avancer. Outre certains expérimentateurs déjà cités, je tenais à remercier Maryse Orrière, Anne-Laure Toupet de Cordoue, Solène Mure, Audrey Tabone et Côme Tacônet pour ces échanges et moments de convivialité sous le soleil Lyonnais. Un grand merci à Florian Celette et à l'ISARA Lyon pour l'organisation de ce séminaire.

Enfin je remercie toute l'équipe du pôle bio de la Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire, en commençant par son directeur, Vincent Houben. Je remercie également Louise Paillat pour son aide sur R et Marina Chaniel pour son aide administrative ainsi que tous les conseillers de la région avec qui j'ai pu échanger.

Table des matières

Remerciements

Table des matières

Table des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction	1
1. Contexte :	3
1.1. Présentation des structures d'accueil	3
1.1.1. La Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire	3
1.1.2. Le CREABio	3
1.2. Généralités sur l'Agriculture Biologique (AB)	3
1.3. Les adventices, une problématique en Agriculture Biologique ?	5
1.4. Description de Made in AB	7
2. Etat de l'art	9
2.1. Biologie des adventices	9
2.1.1. Nature des adventices (Rodriguez, 2004)	9
2.1.2. Nuisibilité	9
2.1.3. Période préférentielle de levée	11
2.1.4. Viabilité des graines	11
2.2. Leviers de gestion des adventices en AB	13
2.2.1. Stratégies d'évitement des adventices	13
2.2.2. Stratégies d'atténuation en culture des adventices	15
2.2.3. Les leviers curatifs de gestion des adventices	19
2.3. Expérimentation système et évaluation des performances d'un système de culture	21
3. Problématisation	23
4. Matériel et méthodes	25
4.1. Rot'AB, réseau support de l'étude	25
4.2. Approche qualitative et choix de l'étude de cas	25
4.3. Construction du questionnaire et réalisation des entretiens des expérimentateurs	27
4.4. Analyse des entretiens	31
4.4.1. Hiérarchisation des leviers	31
4.4.2. Satisfaction de l'efficacité des leviers sur différentes catégories d'adventices	31
4.5. Analyse de la base de données adventices	33
4.5.1. Protocole commun de collecte des données	33

4.5.2.	Données et indicateurs utilisés	33
4.5.3.	Analyse statistique des données.	35
4.6.	Réalisation de fiches récapitulatives.....	37
5.	Résultats	39
5.1.	Analyse des enquêtes des expérimentateurs du réseau	39
5.1.1.	Construction de la rotation et priorité de la maîtrise des adventices	39
5.1.2.	Adventices problématiques sur les essais systèmes du réseau	39
5.1.3.	Efficacité globale des leviers rotationnels dans la gestion des adventices.....	39
5.1.4.	Efficacité des leviers selon les catégories d'aventices considérées.....	41
5.2.	Impact des leviers identifiés sur les indicateurs de pression adventice.....	43
5.2.1.	Un effet « site » à considérer sur le niveau de pression adventices.....	43
5.2.2.	Gestion pluriannuelle des adventices	43
5.2.3.	Efficacité des leviers annuels de gestion des adventices	47
5.3.	Influence des autres pratiques sur la pression adventice	51
6.	Discussion.....	53
6.1.	La gestion des adventices par les leviers pluriannuels	53
6.1.1.	Peu de leviers efficaces contre les espèces jugées problématiques.....	53
6.1.2.	Divergence entre hiérarchisation, satisfactions exprimées et relevés d'aventices	55
6.2.	Cultures sarclées et associations de cultures, deux leviers d'atténuation en culture efficaces	57
6.3.	Place des autres leviers de gestion des adventices.....	57
6.4.	Perspectives.....	59
7.	Conclusion	61

Bibliographie

Annexe 1 : Description détaillée des systèmes en grandes cultures sans élevage participant au projet Made in AB

Annexe 2 : Questionnaire aux techniciens des plateformes d'essai

Annexe 3 : Fiches récapitulatives

Table des figures

Figure 1 : Opérateurs et surface engagés en AB en France (source : Agence Bio, 2017)	2
Figure 2 : Principales adventices problématiques en Agriculture Biologique (Fontaine et al, 2013).....	6
Figure 3: Carte des sites du réseau ROT'AB participant au projet Made in AB.....	6
Figure 4 : Evaluation de la nuisibilité des adventices (Source : chambre d'Agriculture de Seine-et-Marne).....	8
Figure 5 : Nuisibilité directe et indirecte de quelques espèces d'adventices (Source : ACTA)	8
Figure 6 : Période de levée préférentielle de différentes espèces d'adventices (Chambre d'Agriculture de Seine et Marne, 2012)	10
Figure 7 : Profondeur maximale de germination de certaines espèces d'adventices en fonction de la taille de leur graine (Source : Chambre d'agriculture du Nord-Pas-de-Calais d'après Roberts (1982)	10
Figure 8 : Leviers de maîtrise des adventices en Agriculture Biologique (Source : Présentation du projet Made in AB).....	12
Figure 9 : Effet d'un allongement de la rotation sur le nombre d'adventice présentes à l'implantation d'un blé d'hiver (Source : C.David, ISARA Lyon).....	12
Figure 10: Nombre d'adventices selon les alternances de cultures pratiquées (Source : Anderson., 2010).....	14
Figure 11 : Schéma de la méthode utilisée.....	22
Figure 12 : Méthodologies d'approches qualitatives (d'après Creswell and Kasmad, 2020) .	24
Figure 13: Méthode utilisée pour hiérarchiser les leviers rotationnels de gestion des adventices	30
Figure 14 : Comptage et prélèvement des adventices et de la culture dans une luzerne en 2017 à Thorigné d'Anjou (Source : Chambre d'agriculture des Pays de la Loire).....	32
Figure 15: Satisfactions du salissement de la rotation selon la priorité de la maîtrise des adventices dans son raisonnement	38
Figure 16: Adventices citées problématiques par les expérimentateurs sur leur(s) essai(s) système(s) bio.....	38
Figure 17 : Hiérarchisation de l'efficacité perçue par les expérimentateurs des leviers rotationnels dans la gestion des adventices	40
Figure 18 : Satisfactions moyennes des expérimentateurs de l'efficacité des leviers de la rotation sur différentes catégories d'adventices.....	40
Figure 19: Biomasse adventice à floraison des cultures selon les sites	42
Figure 20: Biomasse d'adventices à floraison des cultures selon leur saisonnalité	42
Figure 21 : Effet de l'introduction d'une luzerne sur la biomasse d'adventices.....	46

Figure 22: Effet de l'introduction d'une culture sarclée sur la biomasse d'adventices à floraison des cultures	46
Figure 23: Note de satisfaction du salissement en graminées selon les contraintes de travail du sol dans la rotation	50

Liste des tableaux

Tableau 1 : Modalités de réponse pour la question sur le degré de liberté dans la conduite du système.....	29
Tableau 2 : Leviers rotationnels identifiés et abréviation donnée	29
Tableau 3: Variables quantitatives de la base de données	34
Tableau 4: Variables qualitatives de la base de données	34
Tableau 5 : Résultats du test de Dunn sur les densités d'adventices à floraison de la culture selon les alternances de périodes de semis pratiquées (ligne supérieure = valeur du test Z pour la différence entre les deux groupes, ligne inférieure = p-value	44
Tableau 6 : Résultats du test de Dunn sur la densité d'adventices à floraison des cultures selon le nombre d'espèces présent dans la rotation.....	44
Tableau 7 : Résultats des tests de Kruskal-Wallis pour les différents indicateurs de pression adventice sur la variable "Association de culture"	48
Tableau 8 : Résultats des tests de Kruskal-Wallis sur l'effet du travail du sol sur les différentes catégories d'adventices	50

Liste des abréviations

AB : Agriculture Biologique

BDD : Base de données

CAPABLE : Contrôler vivaces et Pluriannuelles en Agriculture BioLogique

CIPAN : Cultures Intermédiaires Piège A Nitrates

CREABio : Centre Régional de Recherche et d'Expérimentation en Agriculture Biologique

IFT : Indicateur de Fréquence de Traitements phytosanitaires

ITAB : Institut Technique de l'Agriculture Biologique

LEGTA : Lycée d'enseignement général et technologique agricole

OGM : Organisme génétiquement modifié

SAU : Surface agricole utile

STH : Surface toujours en herbe

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

AUTEUR : LABICHE Grégoire

Promotion 120

Signalement du rapport : Evaluer l'impact de la rotation culturale sur la maîtrise des adventices en Agriculture Biologique, 61 pages, 23 figures, 8 tableaux, 5 pages de bibliographie

Mots clés : Rotation, adventices, agriculture biologique

Résumé d'auteur

L'étude de l'effet de la rotation sur la pression adventice en agriculture biologique s'appuie sur des essais systèmes en grandes cultures bio regroupées dans le réseau ROT'AB. N'étant pas spécialement construit pour traiter de cette problématique, un protocole commun de relevé des adventices a été mis en place pour traiter les données et des enquêtes ont été réalisées pour comprendre chaque rotation. Les résultats sont issus des enquêtes de 8 expérimentateurs du réseau ainsi que de la base de données des relevés floristiques de trois sites.

Il ressort que les adventices ayant une sensibilité faible au labour sont les plus problématiques sur les systèmes bio. Peu de leviers rotationnels ont été jugés satisfaisants contre ces adventices-là. Si les leviers ayant une action pluriannuelle sont considérés plus performants par les expérimentateurs pour maîtriser les adventices, leur combinaison aux leviers annuels est indispensable pour permettre une bonne gestion des adventices. Introduire une culture sarclée ou une association de culture dans la rotation réduirait la pression au sein de ces cultures mais n'aurait pas d'impact sur les cultures suivantes. Un fort effet site a été constaté lors de cette étude, limitant l'interprétation de ces résultats aux contextes pédoclimatiques dans lesquels les sites s'inscrivent. Certains leviers étudiés sous-entendent une combinaison à des leviers techniques indissociables. Le salissement d'une parcelle résultant de la combinaison de leviers qui y est pratiquée, il est parfois compliqué de saisir l'effet précis de chaque levier mis en place.

BIBLIOGRAPHIC NOTICE

AUTHOR : LABICHE Grégoire

Promotion 120

Report description : Evaluate the impact of crop rotation on weed control in organic farming, 61 pages, 23 figures, 8 tables, 5 pages of bibliography

Key words : crop rotation, weeds, organic farming

Author's abstract

The study of the effect of crop rotation on weeds pressure in organic farming is based on system trials in organic field crops grouped in the ROT'AB network. Not being specially designed to deal with this problem, a common protocol for recording weeds has been put in place to process the data and surveys were conducted to understand each rotation. The results come from the surveys of 8 network's experimenters as well as from the database of floristic surveys of three sites.

It appears that weeds with low sensitivity to tillage are the most problematic in organic systems. Few rotational levers have been deemed satisfactory against these weeds. If levers having a multi-annual action are considered more efficient by the experimenters to control weeds, their combination with the annual levers is essential to allow a good management of the weeds. Introducing a row crop or an association of crops in the rotation would reduce the pressure within these crops but would have no impact on the following crops. A strong site effect was observed during this study, limiting the interpretation of these results to the pedoclimatic contexts in which the sites are located. Some levers studied imply a combination of inseparable technical levers. The weed pressure of a plot results from this combination so it is sometimes complicated to grasp the precise effect of each lever.

Introduction

L'utilisation des produits phytosanitaires a augmenté en France métropolitaine entre 2011 et 2017. Sur cette période, l'augmentation de l'IFT (Indice de Fréquence de Traitement) sur les grandes cultures est en partie due à un recours plus récurrent aux herbicides (AGRESTE, 2011 et 2017). Le plan national Ecophyto II+, appliqué à partir de 2019, prévoit une diminution de 50% de l'utilisation des produits phytosanitaires à l'horizon 2025. Se passer de ces produits est complexe et nécessite des travaux de recherche approfondis. Les connaissances sur les techniques alternatives aux herbicides pour lutter contre la pression adventice sont partielles mais sont utilisées en agriculture biologique car le cahier des charges proscriit l'utilisation d'intrants de synthèse.

L'Agriculture Biologique (AB) est en plein essor sur le territoire français (ministère de l'Agriculture) mais les grandes cultures biologiques ne représentent qu'une faible part de la sole en grandes cultures françaises. Les systèmes mis en place sont réfléchis afin de limiter au maximum la pression des bioagresseurs et d'améliorer la fertilité des sols via des processus écologiques.

Afin d'assurer un niveau de production suffisant pour les agriculteurs, la filière s'est structurée pour produire des connaissances et accompagner au mieux les producteurs. Plusieurs essais long-terme sont notamment mis en place pour tester des systèmes en grandes cultures biologiques et apporter des références aux agriculteurs selon différents contextes. Ainsi, depuis 2008, les essais systèmes bios se sont regroupés au sein d'un réseau (ROT'AB) afin d'étudier et de regrouper leurs connaissances sur la productivité et les impacts longue durée des systèmes testés. Ce réseau, animé par l'ITAB (Institut Technique de l'Agriculture Biologique), permet d'harmoniser les connaissances produites afin de les valoriser au maximum. En agriculture biologique, la maîtrise des adventices est primordiale et repose sur la combinaison de méthodes curatives (ex. : désherbage mécanique) qui sont utilisées en complément de mesures préventives (ex. : rotation). Les agriculteurs biologiques cherchent à avoir davantage de références sur les combinaisons de leviers à mettre en œuvre dans leurs rotations selon les contextes pédoclimatiques dans lesquels ils se trouvent.

C'est dans cette optique que le projet Made in AB propose de « produire des références techniques sur la maîtrise des adventices sans herbicides, avec des leviers actionnables en agricultures conventionnelle et biologique » (<https://ecophytopic.fr/dephy/concevoir-son-systeme/projet-made-ab>). Ce projet se découpe en 4 actions dont la une consiste à évaluer l'efficacité des différents leviers de gestion des adventices sans herbicides par la valorisation de données issues du réseau d'essais systèmes (RotAB). Au sein de cette action, un premier travail a été réalisé sur l'effet des couverts végétaux sur la pression adventice. Dans la suite de ce travail, nous étudierons le levier rotation. **Ce rapport participe à état des lieux de l'effet de la rotation sur la pression adventice en agriculture biologique.**

Après une étude de la littérature sur l'efficacité des différents leviers de gestion des adventices et l'explication de la démarche appréhendée, Je présenterai les retours d'expériences acquis sur cette question sur les essais long terme via des enquêtes expérimentateurs et l'analyse des relevés floristiques d'adventices acquis depuis plusieurs années. Je terminerai sur une discussion de ces résultats et des perspectives de mes travaux.

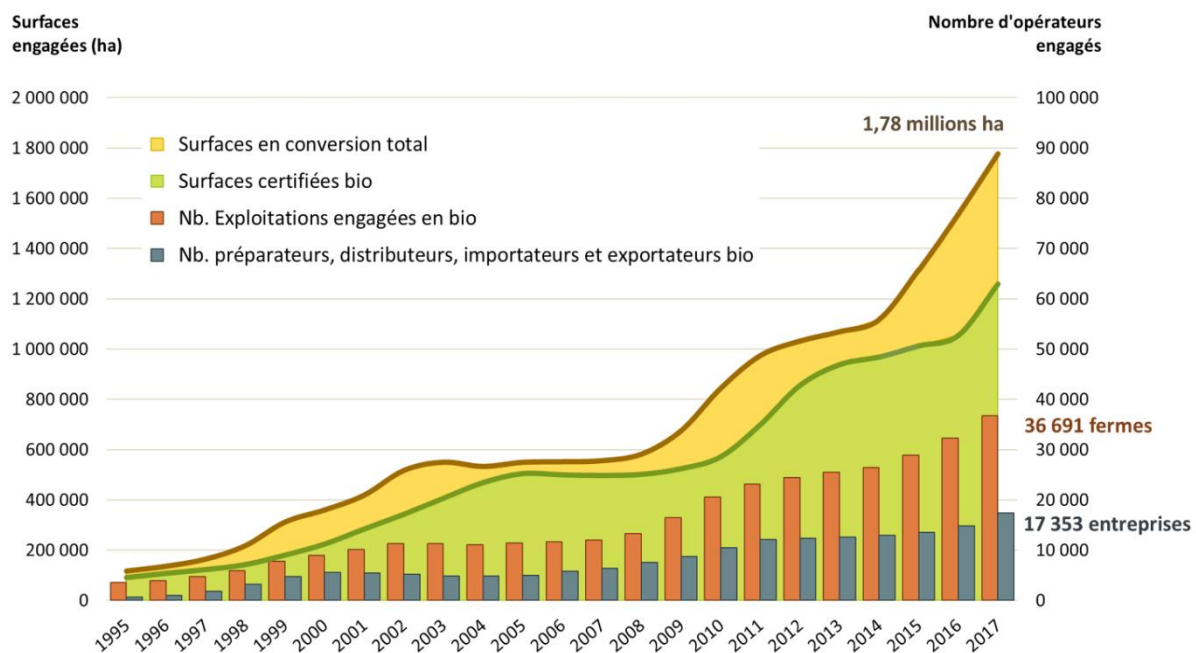


Figure 1 : Opérateurs et surface engagés en AB en France (source : Agence Bio, 2017)

1. Contexte :

1.1. Présentation des structures d'accueil

1.1.1. La Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire

Les Chambres d'Agriculture sont des organismes publics sous tutelle de l'Etat. Elles sont pilotées et administrées par des élus agriculteurs, ruraux et forestiers et officient au service des agriculteurs.

Ses principales missions sont énoncées dans le code rural. Elles consistent à l'amélioration des performances économiques, sociales, environnementales des exploitations, l'accompagnement dans les territoires et le maintien de l'emploi agricole, la représentation de la profession auprès des services publics et la promotion d'une agriculture durable passant par la préservation et la valorisation des ressources naturelles, la diminution de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques et la lutte contre le réchauffement climatique.

Le pôle Agriculture Biologique au sein de la Chambre régionale d'agriculture des Pays de la Loire intervient auprès des agriculteurs des 5 départements de la région. Ses objectifs sont de les accompagner, qu'ils soient en AB ou en conversion, en communiquant des références technico-économiques et agronomiques qui résultent de programmes de recherches qu'il mène et pour lesquels il reçoit des financements. Dans le même temps, des actions sont menées pour pérenniser les filières et assurer un débouché aux différents producteurs.

1.1.2. Le CREABio

Le CREABio (Centre Régional de Recherche et d'Expérimentation en Agriculture Biologique) est une association créée en 1989 portée par la volonté d'agriculteurs biologiques du Sud-Ouest de la France d'acquérir des références scientifiques et techniques sur les grandes cultures biologiques. L'association travaille aussi bien à l'échelle du système de culture que sur des thématiques analytiques et réalise principalement des essais chez les producteurs. A la suite de son association avec le LEGTA d'Auch-Beaulieu, le CREABio a accès à une ferme expérimentale spécialisée en grandes cultures biologiques sur laquelle il mène des essais sur différentes thématiques (fertilité, gestion des adventices, variétés ...)

1.2. Généralités sur l'Agriculture Biologique (AB)

L'AB est en plein essor sur le territoire français (Figure 1). Le nombre d'exploitation atteint 12% des structures pour une surface totale exploitée de 2,55 millions d'hectares en 2020 (AGRESTE, 2020). L'Agriculture Biologique est un mode de production soucieux des équilibres naturels. Dans ce sens, l'usage des produits chimiques de synthèse et des OGM y est interdit et le recours aux intrants y est limité. Les effets bénéfiques de l'agriculture biologique sur les écosystèmes, le sol, l'air, la qualité de l'eau et l'utilisation des ressources (Blanchart *et al.*, 2005) en font un mode de production durable.

Le mode de production biologique concerne la quasi-totalité des types de productions agricoles. En termes de surface, les surfaces toujours en herbes (STH) prédominent et représentent près de 40 % de la SAU en Agriculture Biologique. Les grandes cultures et les cultures fourragères représentent chacune environ 25 % de cette SAU. Pour se situer par rapport à l'agriculture dite « conventionnelle », les grandes cultures biologiques représentaient 5,86% de la surface agricole utile (SAU) française en grandes cultures en 2020. Certaines productions ont une part de production biologique importante comme les légumes secs (46 %) et les fruits à coque (44%) mais l'agriculture biologique peine à se développer dans certains

types de production comme les céréales et oléagineux (6%) et les légumes (9%) (Agence bio, 2020).

Un des principes-clés de l'AB est d'allonger les rotations. La rotation est définie comme l'organisation de la succession culturale sur une parcelle. L'intérêt de son allongement est de produire durablement sur une parcelle, en maintenant la fertilité des sols et en évitant le développement de bioagresseurs spécifiques tout en gardant une rentabilité économique satisfaisante. (Sebillotte, 1990) donne une définition du système de culture reprenant ce principe de rotation des cultures mais en y ajoutant l'itinéraire technique qui y est appliqué. Nous distinguerons bien ces deux notions pour l'étude de l'effet de la rotation sur la pression adventice en nous concentrant sur le choix des espèces cultivées et de leur positionnement dans le cycle.

La conception d'une rotation débute par la connaissance des espèces cultivées et de leurs besoins mais aussi du contexte pédoclimatique de la parcelle, tout en considérant une dimension économique de rentabilité. Lors de son raisonnement, l'agriculteur priorise les objectifs qu'il donne à sa rotation. La gestion de l'enherbement et de la fertilité sont les deux principaux objectifs des céréaliers biologiques. La maîtrise des ravageurs et des maladies arrive à une seconde échelle (Bonte, 2010). Une fois cette étape réalisée, l'agriculteur procède au choix des cultures de la rotation. Les principaux éléments pris en compte sont le contexte pédoclimatique et le débouché de la culture (Bonte, 2010). La pertinence réside dans l'agencement temporel des avantages et des inconvénients de chaque culture afin de répondre au mieux aux objectifs.

1.3. Les adventices, une problématique en Agriculture Biologique ?

Une adventice est définie agronomiquement comme toute flore spontanée se développant dans une parcelle sans y avoir été introduite volontairement par l'agriculteur. Cette flore entre en compétition avec les cultures pour les nutriments, l'eau et la lumière afin de satisfaire leurs besoins, pouvant entraîner des pertes de rendement. Le salissement de la récolte peut aussi être problématique, impactant le temps de travail et la qualité de production allant parfois jusqu'au déclassement. Leur maîtrise est complexe et est citée par la majorité des agriculteurs biologiques comme le paramètre le plus important pour la réussite à court comme à long terme des cultures (Casagrande *et al.*, 2012).

D'ailleurs, la pression adventice représente la principale crainte et le premier frein à la conversion en agriculture biologique pour les agriculteurs conventionnels (Naylor and Beveridge, 1999). L'étude de la flore adventice avant et après une conversion en bio note une augmentation de la densité d'adventices au m² sur les trois années suivant la conversion puis une diminution mais ces densités restent supérieures au double du conventionnel (Albrecht, 2005). Lors d'un essai de désherbage conventionnel sur 20 ans, (Cordeau *et al.*, 2016) a mis en évidence des pertes significatives de rendement dues aux adventices sur 92% des essais en blé (-26 qx/ha en moyenne), 51% des essais en colza (-3,5 qx/ha en moyenne) et 61% des essais en tournesol (-4,1 qx/ha) dans les témoins non traités et non désherbés par rapport aux modalités traitées. Il remarque par ailleurs que les pertes non significatives de rendement sont dans la plupart des cas dues à une faible infestation en adventices.

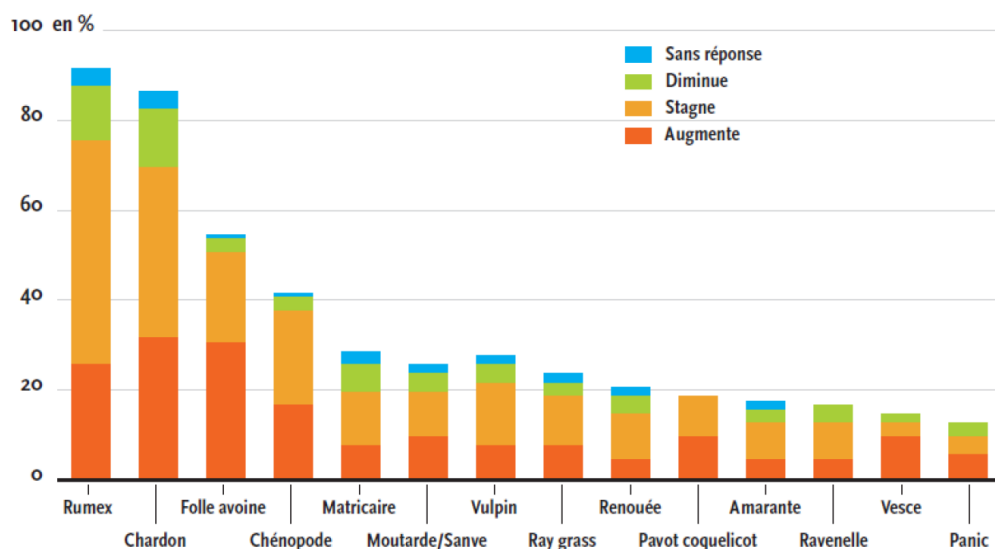


Figure 2 : Principales adventices problématiques en Agriculture Biologique (Fontaine et al, 2013)

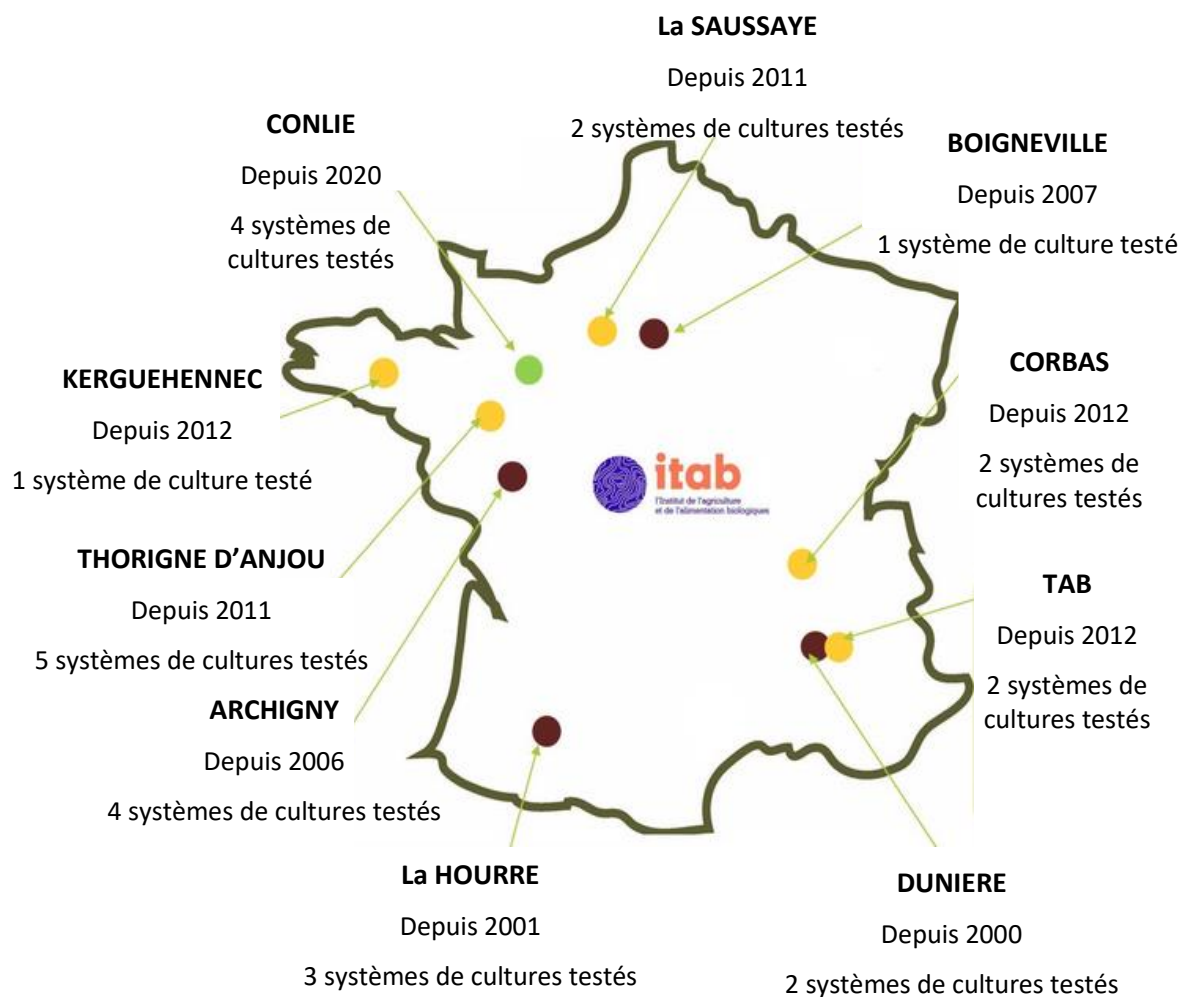


Figure 3: Carte des sites du réseau ROT'AB participant au projet Made in AB

En agriculture biologique, les vivaces, les dicotylédones annuelles et les graminées d'été sont particulièrement récurrentes. Plus de 80% des agriculteurs biologiques interrogés citent les rumex et les chardons comme les adventices les plus problématiques (Fontaine *et al.*, 2013) (Figure 2)

Bien que les adventices soient reconnues comme principal bioagresseur des grandes cultures biologiques par les agriculteurs, elles peuvent être bénéfiques pour certains services écosystémiques. Les pratiques qui promeuvent une diversité spécifique au sein des parcelles, y compris les adventices, permettraient d'améliorer les fonctions écologiques naturelles, particulièrement la pollinisation ainsi que la régulation naturelle des pucerons (Gaba *et al.*, 2020)

De plus, l'agriculture biologique favorise la diversité spécifique des adventices, ce qui peut permettre de ne pas se laisser envahir par une unique espèce à forte nuisibilité. (Albrecht, 2005). Pour des parcelles à forte pression, avec un nombre d'avertices > 300 plantes /m², un indice de Shannon (indicateur de mesure de la diversité spécifique) élevé entraîne des pertes de rendement limitées. En effet, la présence d'une espèce dominante impacte le rendement en grain de la culture. Dans le même sens, la diversité spécifique des adventices évite une spécialisation de celle-ci et donc une baisse de rendement trop importante (Casagrande *et al.*, 2022).

1.4. Description de Made in AB

Dans le contexte de réduction des produits phytosanitaires et d'expansion de l'agriculture biologique, le projet Made in AB, dont sont partenaires la Chambre d'Agriculture et le CREABio, vise à « produire des références techniques sur la maîtrise des adventices sans herbicides, avec des leviers actionnables en agricultures conventionnelle et biologique » (cf Présentation générale du projet). C'est un projet entrant dans le plan Ecophyto visant à réduire l'utilisation des produits phytosanitaires. Il a été commencé en janvier 2019 et dure 72 mois. Le projet s'appuie sur un réseau d'expérimentations longue durée en agriculture biologique (Rot'AB). Le réseau est composé de 11 sites aux conditions pédoclimatiques variées et ayant mis en place des rotations différentes poursuivant des objectifs de recherche variés. Différents leviers de gestion des adventices et leur combinaison seront étudiés en fonction des disponibilités et contextes de chaque site. La collecte des données de suivi des adventices au sein de chaque site suit un protocole commun. La diversité des essais (Figure 3) permet l'élaboration de références nuancées et localisées en fonction des contextes. Mon stage s'inscrit dans l'action 3 du projet visant à étudier l'efficacité des leviers de maîtrise des adventices. L'objectif est d'analyser à différentes échelles les leviers et combinaisons de leviers utilisés et leur efficacité pour maîtriser les adventices. Une première approche se fera site par site puis une analyse transversale permettra d'étudier des potentielles généralités. Lors de ce stage nous nous focaliserons uniquement sur l'effet du levier rotation dans la maîtrise de la flore adventice. Les résultats seront ensuite valorisés auprès des agriculteurs et conseillers pour optimiser la gestion des adventices tout en réduisant l'IFT (agriculteurs conventionnels) ou améliorer encore la gestion des adventices pour les agriculteurs biologiques.

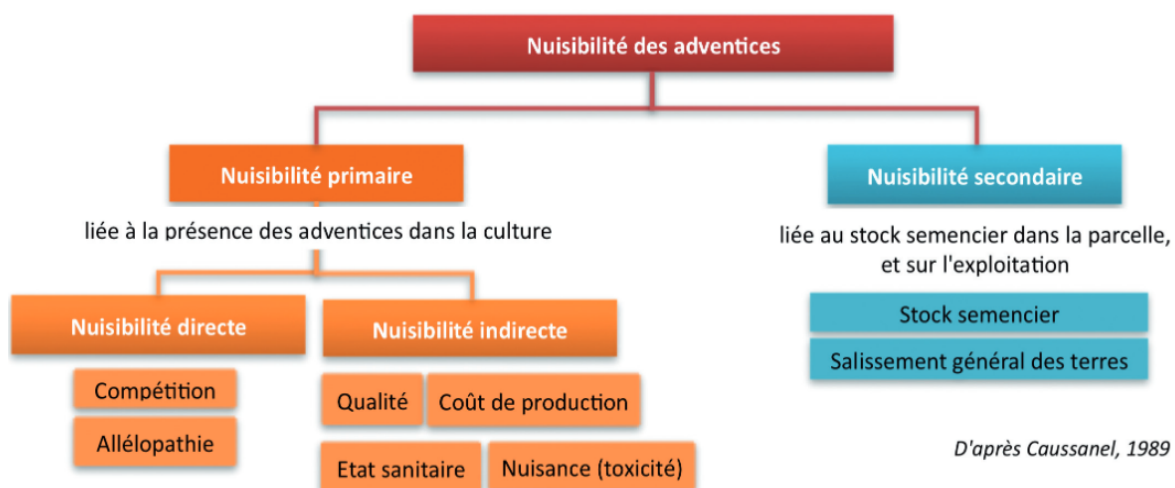


Figure 4 : Evaluation de la nuisibilité des adventices (Source : chambre d'Agriculture de Seine-et-Marne)

Nuisibilité directe et indirecte (Céréale à Paille)			
Classe de nuisibilité	Mauvaises herbes	Nuisibilité directe SN 5%	Nuisibilité indirecte N de graines / pied
1	Gaillet	1,8	50 à 3000
	Folle avoine	5.3	500 à 2000
2	Coquelicot	22	50 000 à 200 000
	Matricaire	22	30 000 à 100 000
	Ray-grass	25	3000 à 20 000
	Vulpin	26	1500 à 10 000
	Véronique de perse	26	1500 à 8000
3	Véronique fdl	44	200 à 2000
	Lamier	44	2000 à 6000
	Myosotis	66	500 à 5000
	Pensée	133	7000 à 20 000
	Alchémille	133	5000 à +++

Figure 5 : Nuisibilité directe et indirecte de quelques espèces d'adventices (Source : ACTA)

2. Etat de l'art

2.1. Biologie des adventices

2.1.1. Nature des adventices (Rodriguez, 2004)

Les adventices se distinguent par leur durée de vie et leur mode de reproduction. Elles sont souvent classées en trois catégories (adventices annuelles, pluriannuelles, vivaces)

Les adventices annuelles se caractérisent par un cycle végétatif inférieur à un an. Ce sont des espèces qui se multiplient le plus souvent par reproduction sexuée (production de graines). Elles représentent 80% des adventices présentes dans les grandes cultures (exemple : *Alopecurus myosuroides*, *Chenopodium album*, *Veronica persica*...).

Les adventices pluriannuelles se distinguent des adventices annuelles par leur capacité à se développer sur plusieurs années. Certaines se comportent comme des adventices annuelles dans les grandes cultures et se reproduisent uniquement par voie sexuée (ex : *Lolium multiflorum*). D'autres ont un comportement se rapprochant des vivaces et peuvent se multiplier par voie sexuée et asexuée (multiplication végétative) comme les rumex.

Les vivaces vivent, elles, plusieurs années et se multiplient souvent par multiplication végétative, même si elles produisent des graines (ex : *Cirsium arvense*). La viabilité des graines de rumex n'est pas à négliger. 80 années après enfouissement, 2% des graines sont encore viables (Zaller, 2004)

La nature de ces adventices va conditionner la façon de les gérer, à l'échelle de la rotation mais aussi à l'échelle de la culture.

2.1.2. Nuisibilité

La nuisibilité des adventices, telle que décrit par (Caussanel, 1989) (Figure 4) ne se limite pas à une échelle annuelle mais bien à l'échelle pluriannuelle, sa maîtrise doit donc s'effectuer à l'échelle du système de culture. Cette nuisibilité diffère selon les espèces. En effet, deux pieds de gaillet gratteron (*Galium aparine*) au mètre carré entraînent la même perte de rendement que 25 pieds de ray-grass d'Italie (*Lolium multiflorum*) et 130 pieds de pensées des champs (*Viola arvensis*) (Figure 5). Le potentiel de grenaison, qui représente le nombre de graines produites par une espèce d'adventice, diffère également selon les plantes. Il représente la capacité de l'adventice à coloniser le milieu. Par exemple, une plante de folle avoine produit cent fois moins de graines qu'un pied de coquelicot (*Papaver rhoeas*) (Figure 5).

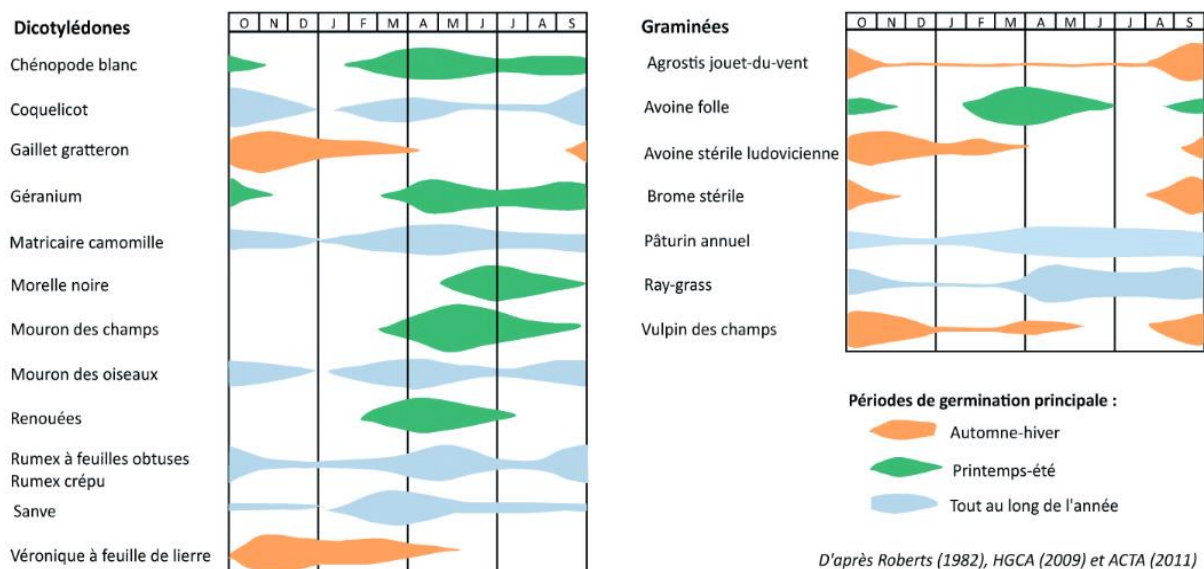


Figure 6 : Période de levée préférentielle de différentes espèces d'adventices (Chambre d'Agriculture de Seine et Marne, 2012)

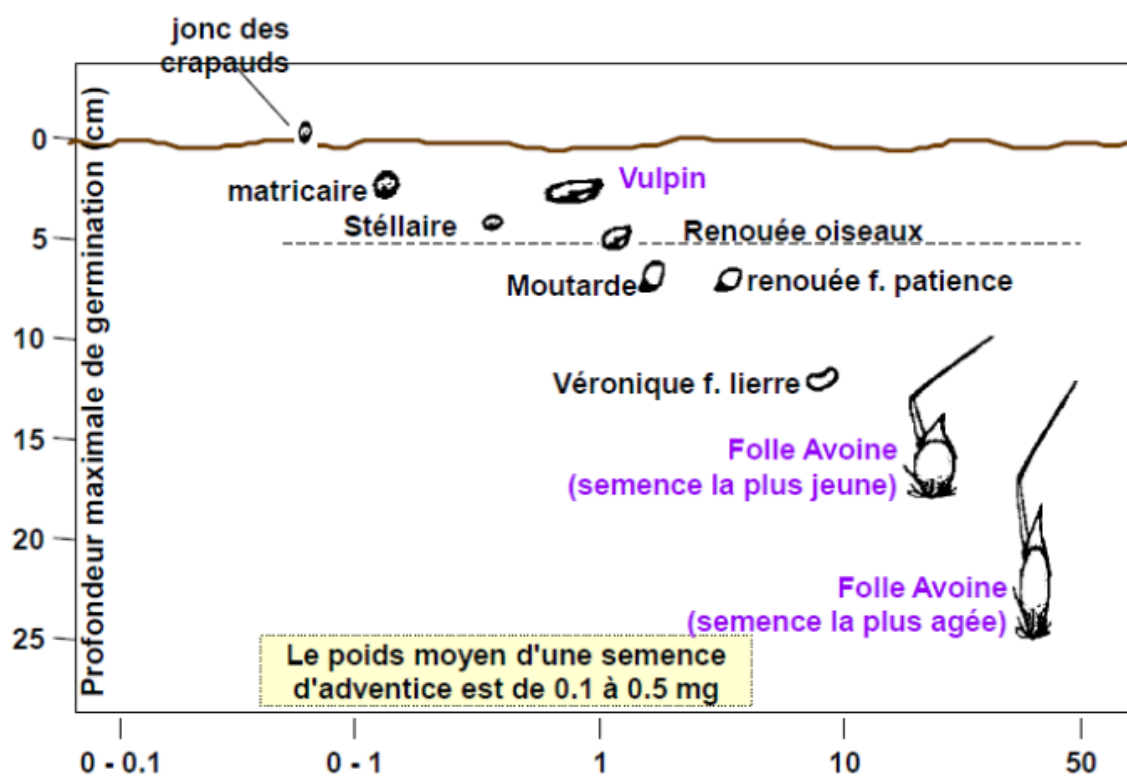


Figure 7 : Profondeur maximale de germination de certaines espèces d'adventices en fonction de la taille de leur graine (Source : Chambre d'agriculture du Nord-Pas-de-Calais d'après Roberts (1982))

2.1.3. Période préférentielle de levée

Dans la réédition de Roberts (1982), (Naylor, 2002) distingue différentes périodes de levées préférentielles des adventices selon leur biologie (température et humidité nécessaires pour la levée) en 3 classes : levées automnales, levées de printemps/été, levées toute l'année. Des adventices comme les renouées (*Polygonum sp.*) possèdent des périodes de levées très brèves au printemps et seront donc problématiques principalement dans les cultures de printemps. D'autres, comme le gaillet gratteron (*Galium aparine*), ne lèvent qu'à l'automne et seront donc principalement nuisibles dans les cultures d'hiver. A l'inverse certaines adventices ont la capacité à germer toute l'année et pourront se retrouver dans toutes les cultures de l'assolement comme les matricaires (*Matricaria sp.*) (Figure 6 : Période de levée préférentielle de différentes espèces d'adventices)

2.1.4. Viabilité des graines

La viabilité des graines d'adventices est estimée par le taux annuel de décroissance (TAD) des graines ainsi que leur profondeur maximale de germination.

Le TAD représente le pourcentage de graines non viables au bout d'une année d'enfouissement. Il incarne la longévité des graines dans le sol. Il va orienter le mode de gestion des adventices, principalement par labour. Au bout d'un an dans le sol, la quasi-totalité des bromes stériles a disparu. Ce temps de disparition totale du stock semencier est plus long pour certaines espèces (ex : 3 à 5 ans pour *Lolium multiflorum* ; 7 à 8 ans pour *Matricaria sp.*). D'autres sont capables de persister plus longtemps comme les rumex (*Rumex sp.*) ou le mouron des oiseaux (*Stellaria media*) et le recours au labour pour gérer ces adventices n'est donc pas pertinent.

La profondeur de germination des graines d'adventices varie de quelques centimètres à plusieurs dizaines (Figure 7 : Profondeur maximale de germination de certaines espèces d'adventices en fonction de la taille de leur graine (Source : Chambre d'agriculture du Nord-Pas-de-Calais d'après Roberts (1982) Le poids de la graine est corrélé à la profondeur de germination. Plus celui-ci est élevé, plus la graine aura la capacité de germer en profondeur (Naylor, 2002) . De ce principe, les leviers techniques à mettre en place pour lutter contre la flore adventice doivent prendre en compte ce paramètre. Effectuer un labour pour enfouir le stock semencier de folle avoine (*Avena fatua*) ne permettra pas de se débarrasser de celle-ci car elle est capable de germer à plus de 20 cm de profondeur.

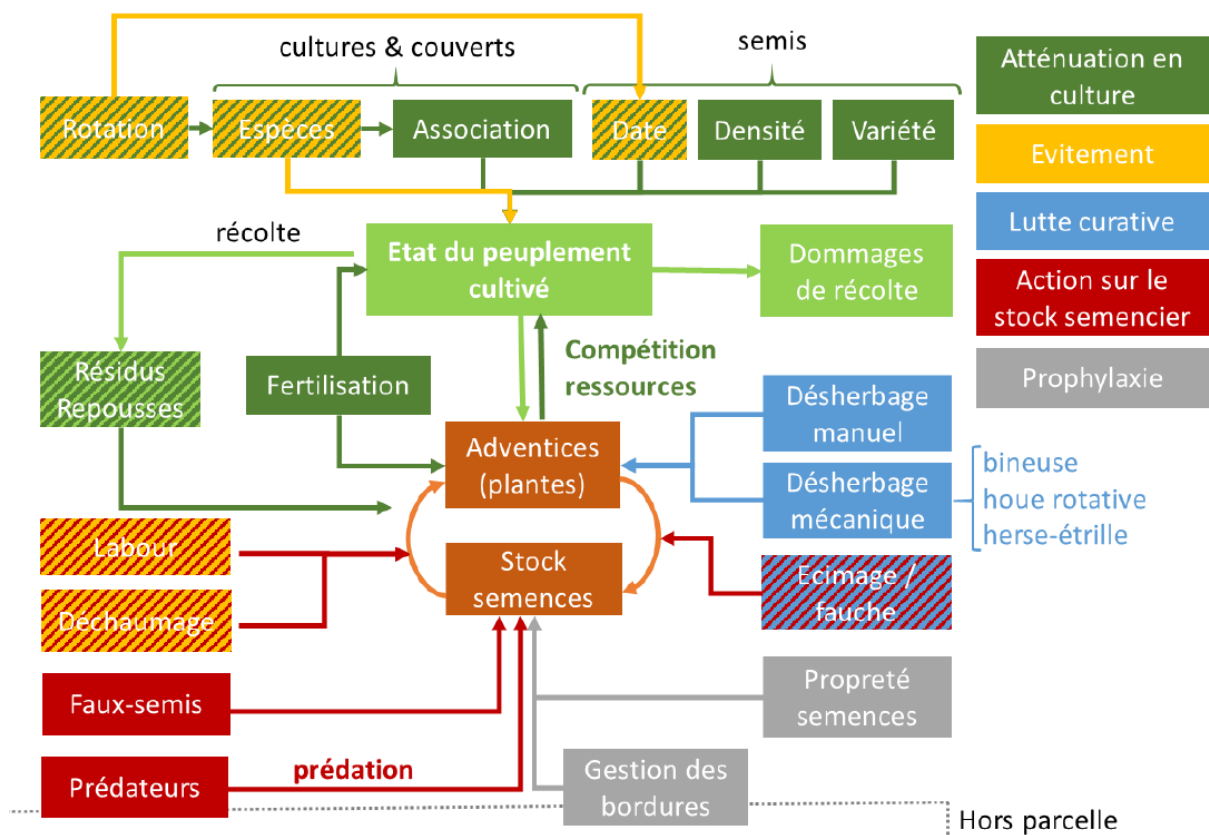


Figure 8 : Leviers de maîtrise des adventices en Agriculture Biologique (Source : Présentation du projet Made in AB)

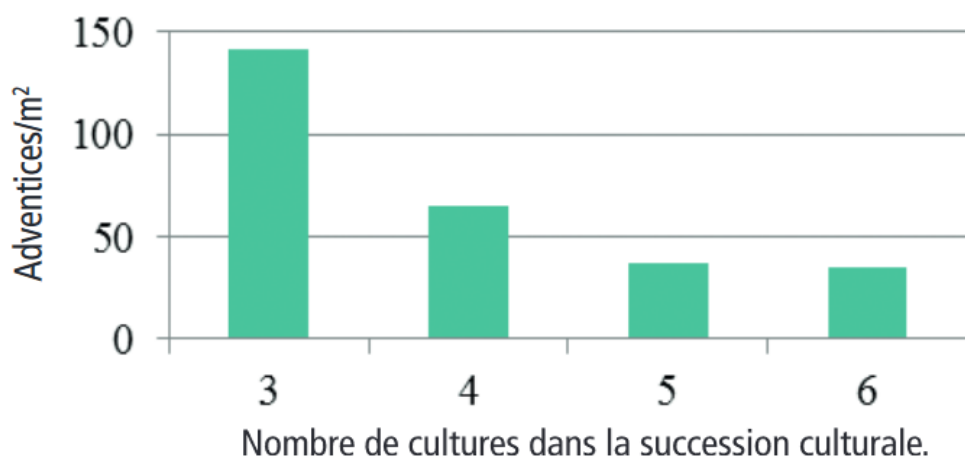


Figure 9 : Effet d'un allongement de la rotation sur le nombre d'adventice présentes à l'implantation d'un blé d'hiver (Source : C.David, ISARA Lyon)

2.2. Leviers de gestion des adventices en AB

Les agriculteurs ont à leur disposition plusieurs leviers et outils pour gérer les adventices de leurs cultures. Ces leviers sont classés selon 5 catégories (Figure 8) : Leviers d'atténuation en culture, d'évitement, de lutte curative, d'action sur le stock semencier et enfin des leviers prophylactiques. L'efficacité de la gestion des adventices passe par la combinaison des leviers mobilisables (Morison *et al.*, 2008). Les méthodes curatives contre les adventices ne peuvent être efficaces uniquement si des leviers préventifs ont été mis en place (Bàrberi, 2002).

2.2.1. Stratégies d'évitement des adventices

2.2.1.1. La rotation, principale clé d'évitement des adventices

2.2.1.1.1. Allongement de la rotation et diversité des espèces cultivées

Allonger une rotation consiste à insérer dans un cycle cultural une ou plusieurs espèces ayant une phénologie différente des espèces précédemment cultivées. Des rotations plus longues ayant des espèces à phénologies différentes permettraient de réduire le stock semencier d'adventices et de réduire le nombre de dicotylédones (Teasdale *et al.*, 2004). L'insertion d'un protéagineux de printemps dans une rotation comportant uniquement des céréales diminuerait la pression adventice de 50% et la biomasse des adventices de 70% dans le blé suivant. Le nombre d'espèces d'adventice resterait le même mais aucune ne serait prédominante contrairement à la monoculture de céréales (Woźniak, 2019). Dans une autre étude, il a été montré qu'une augmentation du nombre d'espèces cultivées avant implantation d'une céréale d'hiver entraînerait une diminution de la densité d'adventices présente au semis de la culture (Rodriguez, 2004) (Figure 9).

2.2.1.1.2. Alternance des périodes de semis

Alterner les périodes de semis des cultures limiterait le développement des adventices en cassant leur cycle de développement. L'insertion d'une culture de printemps dans une rotation jachère-blé réduirait significativement la pression adventice (San Martín *et al.*, 2019). En effet, suivant les périodes de levée préférentielle des adventices, nous n'aurons pas les mêmes populations d'adventices dans une culture semée à l'automne et une culture semée au printemps. Les adventices annuelles ayant une levée préférentielle d'automne peuvent être détruite avant un semis de printemps et les adventices annuelles ayant une levée préférentielle au printemps ne pourront pas ou peu se développer dû à un couvert dense au moment où les conditions de développement sont réunies. La rotation aurait donc un effet moins important sur les espèces capables de germer et se développer toute l'année. Son efficacité sur une espèce d'adventice serait d'autant plus importante que la production de graines est faible et que la période de levée préférentielle est courte (Chambre d'Agriculture de l'Ain, 2016).

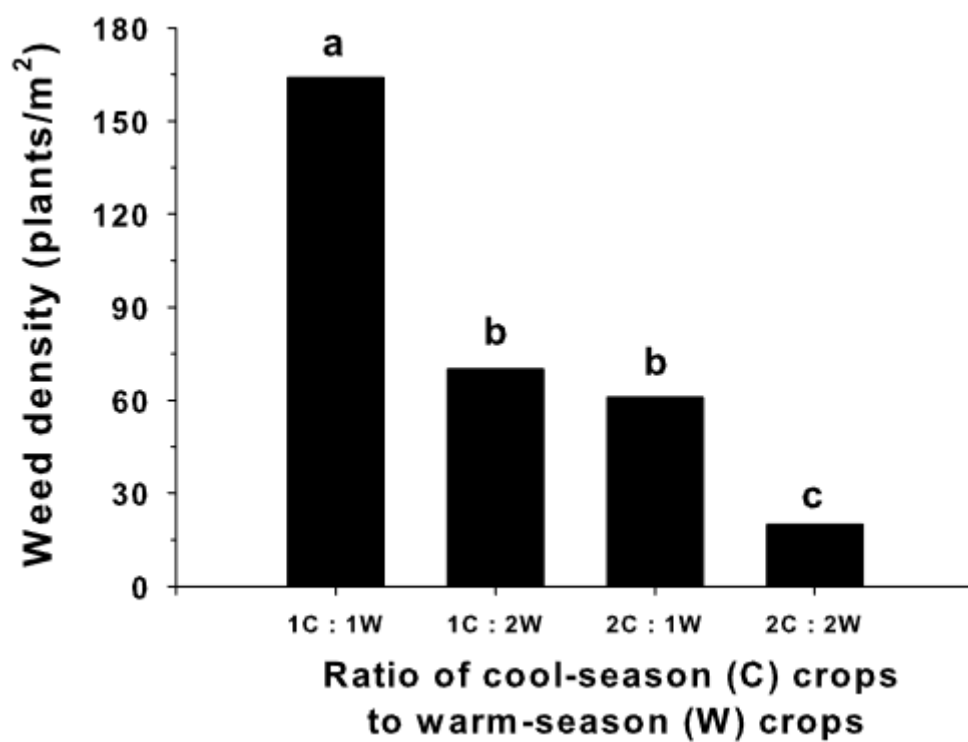


Figure 10: Nombre d'adventices selon les alternances de cultures pratiquées (Source : Anderson., 2010)

Une autre étude montre qu'alterner deux cultures d'hiver et deux cultures de printemps diminuerait significativement la pression adventice sur le long terme (Anderson, 2010). En revanche, l'alternance annuelle des cultures d'hiver et de printemps offrirait une régulation moindre des adventices. Les alternances comportant deux cultures d'hiver et une culture de printemps ainsi que celles comportant deux cultures de printemps et une culture d'hiver entraînent une régulation intermédiaire des adventices, comprise entre les deux autres types de rotation dans le contexte de l'étude (Figure 10). Les résultats de ces études sont très dépendants du contexte pédoclimatique, des cultures et des adventices de l'essai.

2.2.1.2. Autres stratégies de régulation des adventices

Le travail du sol pendant l'interculture a une action sur le stock semencier des adventices. Cette technique est efficace vis-à-vis des espèces ayant une profondeur de germination maximale assez faible (<10cm) et un TAD élevé. Elle permet de prévenir le risque lié à ces adventices mais a donc également une visée curative par destruction du stock semencier.

A l'inverse, les agriculteurs peuvent semer directement leurs cultures sans perturbation du sol. Cette technique prévient le risque adventice car les graines présentes en surfaces ont plus de difficultés à germer car le contact entre le sol et la graine est limité.

Le paysage joue un rôle important dans la préservation de la biodiversité et la régulation des bioagresseurs. En proposant un habitat favorable aux carabidés via l'insertion de haies par exemple, le paysage fournirait des services écosystémiques de régulation des populations d'adventices mais aussi d'autres bioagresseurs des cultures (Petit *et al.*, 2015)

2.2.2. Stratégies d'atténuation en culture des adventices

2.2.2.1. La rotation comme levier d'atténuation

2.2.2.1.1. Introduction d'une espèce pluriannuelle :

Les espèces pluriannuelles introduites dans les rotations sont souvent des graminées fourragères associées ou non avec des légumineuses ou des légumineuses cultivées en pur (principalement la luzerne) (Munier-Jolain *et al.*, 2012). Ces espèces sont souvent soumises à une forte exploitation (soit par pâturage, soit par fauche) qui empêche la montée à graine des adventices et donc l'augmentation du stock semencier. De plus le caractère étouffant des espèces prairiales entraînerait une dépression du nombre et de la biomasse des adventices présentes (Fontaine *et al.*, 2019).

Au sein d'une luzerne, le nombre d'adventices présentes diminue généralement jusqu'à la troisième année puis à tendance à réaugmenter ensuite (Anderson, 2010). La luzerne aurait un impact sur les communautés adventices pendant sa culture mais aussi sur les cultures suivantes. Les communautés adventices présentes dans un blé suivant une culture prairiale pluriannuelle seraient moins importantes que celles présentes après une culture annuelle. Les espèces les plus sensibles à l'insertion d'espèces prairiales sont les dicotylédones à port érigé qui vont se retrouver détruites par l'exploitation de la culture comme la mercuriale (*Mercurialis annua*), le chénopode blanc (*Chenopodium album*), la morelle noire (*Solanum nigrum*) ou encore le gaillet gratteron (*Galium aparine*) mais aussi des graminées annuelles comme le vulpin des champs (*Alopecurus myosuroides*). Mais la fauche de ces cultures pluriannuelles peut à l'inverse favoriser d'autres adventices en rosette, vivaces ainsi que certaines graminées pluriannuelles ayant une aptitude à la fauche (Munier-Jolain *et al.*, 2012).

2.2.2.1.2. Couverts végétaux d'interculture et adventices

Les couverts végétaux d'interculture permettraient la régulation des adventices par deux mécanismes : la compétition vis-à-vis des ressources disponibles (eau, lumière, nutriments) et l'allélopathie.

Pour lutter au mieux contre les adventices, les espèces de couverture doivent avoir une forte dynamique de croissance racinaire (utilisation de l'eau et de l'azote disponible), mais aussi une bonne capacité de croissance aérienne, afin de couvrir le sol et concurrencer rapidement les adventices pour les ressources. Les espèces les plus concurrentielles sont les CIPAN (Cultures Intermédiaires Piège A Nitrates) comme les Brassicacées ainsi que certaines graminées à développement rapide capables de bien utiliser les ressources du sol (Cordeau and Moreau, 2017). La capacité des graminées cultivées à réduire la biomasse adventice s'exprimerait à l'interculture en pur et même en mélange à faible densité (20% de la dose de semis). Cela serait en partie dû à la biologie des adventices et leur période de levée préférentielle. Les adventices qui se développent dans le couvert ne sont pas les mêmes que celles qui vont se retrouver dans la culture car les conditions de germination ne sont pas les mêmes (Angevin *et al.*, 2016). Les couverts végétaux auraient donc une efficacité nuancée dans la gestion des adventices.

Les propriétés allélopathiques de certaines plantes ont longtemps été attribuées aux propriétés d'étouffement du couvert mais plusieurs études prouvent un impact de l'allélopathie. Par exemple, un couvert d'interculture de seigle avant haricot diminuerait de 40 à 80 % les populations d'adventices, que ce soient des dicotylédones ou des graminées par rapport à un témoin nu (Flood and Entz, 2019). Dans cet essai, l'influence des propriétés physiques d'étouffement est mise en évidence mais il est bien inférieur à l'effet de l'allélopathie. La date de destruction du couvert jouerait peu sur la capacité de régulation de la flore adventice donc c'est plutôt l'allélopathie qui influence la capacité du couvert à réguler les adventices. D'autres espèces exerceraient également une activité allélopathique. Par exemple, le sarrasin, la moutarde brune et le radis fourrager exercent une influence sur la pression de l'amarante (efficacité >87%). L'ombrage créé par le couvert et donc la capacité d'étouffement a été testé et jouerait un peu mais c'est surtout l'allélopathie qui permettrait la régulation de l'amarante (Wirth and Gfeller, 2017). Certaines expérimentations nuancent ce phénomène. Il a été observé que la régulation du nombre d'adventices à la suite d'un couvert de radis fourrager serait significativement dépendante de la capacité du couvert à couvrir rapidement le sol et non significativement dépendante de l'allélopathie (Lawley *et al.*, 2012) .

Les couverts végétaux peuvent être semés dans la culture précédente pour permettre un développement racinaire en culture et une croissance rapide dès la récolte de la culture d'intérêt. Ces espèces peuvent être annuelles mais peuvent aussi rester en place plusieurs années sous les cultures d'intérêt et couvrir le sol en été. L'association en relai d'une espèce de légumineuse fourragère au blé d'hiver permettrait une maîtrise globale du salissement des parcelles. Une expérimentation a permis de mettre en évidence deux espèces particulièrement efficaces : le trèfle violet et le trèfle blanc, qui permettent une biomasse d'adventices en entrée d'hiver quasiment nulle. Dans le témoin, la biomasse adventice a atteint près d'une TMS/ha (Amosse *et al.*, 2013). Néanmoins, ces espèces associées exercent également une compétition avec la culture qui peut devenir problématique si celle-ci n'est pas gérée.

2.2.2.1.3. Associations de cultures

L'association de cultures peut se faire via l'introduction de plantes de services (dont l'unique objectif est d'améliorer les facteurs de production de la culture de rente et qui n'a pas pour objectif d'être récoltée) ou en associant plusieurs espèces de rente.

D'une part, associer un colza à diverses plantes de services diminuerait la pression adventice (Angevin *et al.*, 2016). L'association de la féverole en interrang du colza réduirait la biomasse d'adventices de 35% et de diminuer de 11% la quantité d'azote utilisée par les adventices. De plus, l'association à la féverole facilite l'enracinement et la captation d'azote par le colza (Dayoub, 2017).

D'autre part, des effets sur les populations d'adventices ont été observées dans des cas où plusieurs espèces de rente sont associées. Le pois a un plus faible pouvoir couvrant que les céréales et par conséquent serait sujet à de plus fortes biomasses d'adventices à la récolte. En revanche, en association avec l'avoine, aucune différence significative de biomasse par rapport à la céréale en pur n'a été remarquée (Lundkvist *et al.*, 2008).

2.2.2.2. Autres leviers d'atténuation en culture des adventices

Pour l'implantation de sa culture, l'agriculteur peut tout d'abord choisir une variété à fort pouvoir couvrant et à forte vigueur de départ pour permettre à la culture d'exercer une compétition pour la lumière et les nutriments vis-à-vis des adventices (Rasmussen, 2008). La densité de semis permet aussi de développer cette compétition. En effet, augmenter la densité de semis permet de d'améliorer le pouvoir couvrant de la culture et de renforcer sa capacité à réguler les adventices. Toutefois, plus le couvert est dense, plus les maladies s'y développeraient facilement (Richard, 2012). Enfin, les agriculteurs peuvent choisir de décaler la date de semis de leur culture pour contourner les dates de levée préférentielle des adventices (Rasmussen, 2004). Ce décalage pourrait diminuer par 4 la pression des adventices sur céréales d'hiver, entraînant une augmentation significative du rendement (Cosser *et al.*, 1997). En revanche, Il faut veiller à ce que le décalage de la date de semis ne rende pas la culture sensible à d'autres bioagresseurs et événements climatiques récurrents.

La fertilisation de la culture principale joue également sur la nutrition minérale des adventices. Une diminution de la fertilisation de 50 % entraînerait une diminution de la pression adventice (Wichrowska and Jaskulski, 2014). Les légumineuses, via leur capacité à fixer l'azote de l'air et ne pas la puiser dans le sol, offrent une plus grande quantité d'azote disponible pour les adventices. Les légumineuses sont donc moins concurrentielles des adventices pour les nutriments présents dans le milieu (Dayoub, 2017).

2.2.3. Les leviers curatifs de gestion des adventices

2.2.3.1. Introduction de culture(s) sarclée(s) dans la rotation

Les cultures sarclées sont des cultures sur lesquelles il est possible d'intervenir mécaniquement après le semis pour maîtriser les populations adventices. Les principales cultures sarclées cultivées en France sont le tournesol, le maïs, la betterave, le soja, le sorgho ainsi que les pommes de terre. Mais il est également possible de semer certaines cultures avec un espacement plus important pour pouvoir les biner (colza, céréales d'hiver, protéagineux...). L'introduction de cultures sarclées a un intérêt fort en agriculture biologique car la répétition du binage est un fort levier d'épuisement des vivaces (rumex, chardon) problématiques en agriculture biologique (Pousset, 2003). Ces opérations techniques

permettent de maintenir les parcelles à un niveau de salissement faible en détruisant les adventices qui lèvent pendant le cycle de la culture.

2.2.3.2. Autres leviers curatifs

Le faux-semis est une technique visant à travailler le sol superficiellement afin de faire germer le stock semencier présent en surface pour le détruire mécaniquement par des déchaumages successifs à des profondeurs décroissante. Cette technique peut être utilisée sur un labour pour détruire les adventices restantes mais présentent aussi un intérêt en système non-labour. Ces systèmes sont souvent soumis à une pression adventice plus importante que les systèmes pratiquant le labour, surtout pour les graminées (Hofmeijer et al., 2019). La réussite des faux-semis est très dépendante des conditions météorologiques, elle est d'autant plus importante que les conditions sont favorables à la levée des adventices (Métais and Vuillemin, 2019). Ils permettraient de détruire une partie du stock semencier mais la quantité d'avertices dans la culture suivante ne serait pas dépendante du nombre d'avertices levées en interculture.

Les outils de désherbage mécanique permettent une intervention curative contre les adventices en culture. Ces leviers sont essentiels en Agriculture Biologique. Outre la charrue, trois outils sont principalement utilisés par les agriculteurs : la herse étrille, la houe rotative et la bineuse. Leur utilisation est à raisonner en fonction du stade de développement de la culture, du stade de développement des adventices ainsi que les conditions climatiques.

2.3. Expérimentation système et évaluation des performances d'un système de culture

L'expérimentation système permet d'évaluer les performances agronomiques, économiques et environnementales de systèmes de cultures prometteurs testés sur une parcelle (Deytieux et al., 2012). La maîtrise des adventices passe par une combinaison de leviers préventifs et curatifs qui est décidée en fonction des objectifs du système de culture, du contexte pédoclimatique, du niveau d'infestation et de l'historique de la parcelle (Toupet de Cordoue et al., 2018). Il est nécessaire de traiter les adventices de manière systémique pour prendre en compte toutes les interactions de l'agroécosystème (Bàrberi, 2002). Il est donc pertinent de se référer à des essais systèmes pour étudier les dynamiques des populations d'avertices et primordial de comprendre les contextes dans lesquels s'inscrivent les rotations mises en place. L'évaluation du niveau de maîtrise des adventices est souvent réalisée à partir de la densité d'avertices, de leur biomasse, du nombre d'espèces présentes et de l'équilibre entre ces espèces. Au sein du réseau Rot'AB, ces indicateurs ont permis de mettre en évidence quatre stratégies de gestion différentes selon les contextes et les objectifs de rotation (Toupet de Cordoue et al., 2018). La première stratégie est adaptée à des contexte défavorables avec un choix limité de leviers, la seconde à une stratégie productive avec de nombreux passages et des cultures à fortes valeur ajoutée, une troisième adaptative selon les parcelles et les années et une quatrième misant sur la diversité des cultures et des techniques appliquées.

Thème : Evaluer l'efficacité des leviers agronomiques dans la maîtrise des adventices en AB

Problème : Quel est l'impact de la rotation culturale dans la maîtrise des adventices en AB ?

Question de recherche : **En Agriculture Biologique, dans quelle mesure la rotation culturale permet-elle de réduire la pression adventice à l'échelle du système de culture ?**

Hypothèses

H1 : La mise en place de leviers préventifs pluriannuels permet une meilleure gestion des adventices à l'échelle du système.

H2: Les leviers annuels permettent de diminuer la pression adventice au sein de la culture mais n'ont pas d'impact sur la culture suivante.

H3: L'effet de la rotation est indissociable d'autres pratiques visant à gérer les adventices

Entretien des expérimentateurs du réseau Rot'AB (8 sites) → Hiérarchisation des leviers mobilisés et satisfactions + Nuances et liens avec les pratiques

Matériel et Méthodes

BDD (3 sites) : Tests de Kruskal-Wallis et de Dunn → Regarder si des modalités de mise en œuvre du levier ressortent par rapport aux autres pour les différents indicateurs de pression adventice

BDD (3 sites) : Analyse des deltas entre culture précédente, culture levier et culture suivante pour les indicateurs

Analyse des satisfactions des rotations avec ou sans labour : Test de Kruskal-Wallis sur les satisfactions pour les différentes catégories d'adventices

Résultats attendus

Meilleure hiérarchisation des leviers ayant une portée pluriannuelle
Un effet site ressort de l'analyse de la BDD (3 sites seulement)

Les indicateurs sont tous significativement inférieurs dans les cultures leviers
Pas de différence significative des indicateurs entre la culture précédente et la culture suivante

Plus forte pression adventice dans les systèmes sans labour, surtout au niveau des graminées

Figure 11 : Schéma de la méthode utilisée

3. Problématisation

La maîtrise des adventices est le principal point de vigilance pour la réussite des cultures en Agriculture Biologique. Elle passe par une combinaison logique de leviers préventifs et curatifs à l'échelle de la rotation. L'efficacité des leviers curatifs dépend de la performance des leviers préventifs mis en place (Bàrberi, 2002). Principe phare de l'agriculture biologique, la rotation est le principal levier préventif mis en place par les agriculteurs pour limiter la pression des bioagresseurs.

Cependant l'impact de la rotation sur la maîtrise des adventices à l'échelle du système de culture est assez complexe à étudier car il est difficile d'isoler l'efficacité d'un levier au sein d'une combinaison. Certaines études font état que l'allongement de la rotation (Teasdale *et al.*, 2004), l'alternance des périodes de semis (Anderson, 2010) et la présence d'une espèce prairiale (Munier-Jolain *et al.*, 2012) permettent de diminuer la pression adventices en agriculture biologique. D'autres ont mis en évidence le rôle des couverts végétaux (Cordeau and Moreau, 2017) et des associations de cultures (Dayoub, 2017) dans leur recherches.

Tous ces leviers ont été étudiés à l'échelle annuelle et pluriannuelle mais pas sur des systèmes longue durée. L'étude de l'impact de la rotation sur le salissement des parcelles, en prenant en compte sa combinaison avec d'autres leviers de maîtrise des adventices sur des systèmes longue durée paraît donc pertinente. La prise en compte de la diversité des contextes et des objectifs des rotations est nécessaire afin d'évaluer au mieux l'efficacité de ces leviers sur la pression adventice dans les systèmes.

Nous retenons donc la problématique suivante : **En Agriculture Biologique, dans quelle mesure la rotation culturale permet-elle de réduire la pression adventice à l'échelle du système de culture ?**

Pour répondre à cette problématique, les hypothèses suivantes sont formulées :

H1 : La mise en place de leviers préventifs permet une meilleure gestion des adventices à l'échelle du système.

H2 : Les leviers d'atténuation en culture permettent de diminuer la pression adventice au sein de la culture mais n'ont pas d'impact sur la culture suivante.

H3 : L'effet de la rotation est indissociable d'autres pratiques visant à gérer les adventices.

<i>Characteristics</i>	<i>Narrative Research</i>	<i>Phenomenology</i>	<i>Grounded Theory</i>	<i>Ethnography</i>	<i>Case Study</i>
Focus	Exploring the life of an individual	Understanding the essence of the experience	Developing a theory grounded in data from the field	Describing and interpreting a culture-sharing group	Developing an in-depth description and analysis of a case or multiple cases
Type of Problem Best Suited for Design	Needing to tell stories of individual experiences	Needing to describe the essence of a lived phenomenon	Grounding a theory in the views of participants	Describing and interpreting the shared patterns of culture of a group	Providing an in-depth understanding of a case or cases
Discipline Background	Drawing from the humanities including anthropology, literature, history, psychology, and sociology	Drawing from philosophy, psychology, and education	Drawing from sociology	Drawing from anthropology and sociology	Drawing from psychology, law, political science, medicine
Unit of Analysis	Studying one or more individuals	Studying several individuals that have shared the experience	Studying a process, action, or interaction involving many individuals	Studying a group that shares the same culture	Studying an event, a program, an activity, more than one individual

<i>Characteristics</i>	<i>Narrative Research</i>	<i>Phenomenology</i>	<i>Grounded Theory</i>	<i>Ethnography</i>	<i>Case Study</i>
Data Collection Forms	Using primarily interviews and documents	Using primarily interviews with individuals, although documents, observations, and art may also be considered	Using primarily interviews with 20–60 individuals	Using primarily observations and interviews, but perhaps collecting other sources during extended time in field	Using multiple sources, such as interviews, observations, documents, artifacts
Data Analysis Strategies	Analyzing data for stories, “restorying” stories, developing themes, often using a chronology	Analyzing data for significant statements, meaning units, textual and structural description, description of the “essence”	Analyzing data through open coding, axial coding, selective coding	Analyzing data through description of the culture-sharing group; themes about the group	Analyzing data through description of the case and themes of the case as well as cross-case themes
Written Report	Developing a narrative about the stories of an individual’s life	Describing the “essence” of the experience	Generating a theory illustrated in a figure	Describing how a culture-sharing group works	Developing a detailed analysis of one or more cases

Figure 12 : Méthodologies d'approches qualitatives (d'après Creswell and Kasmad, 2020)

4. Matériel et méthodes

4.1. Rot'AB, réseau support de l'étude

Le réseau est composé de onze sites d'expérimentation (Présentation détaillée en Annexe 1) visant à évaluer la durabilité et les performances des systèmes en grandes cultures biologiques. Les rotations mises en place ont des spécificités différentes (contexte pédoclimatique, décisionnaires, objectifs de rotation...). Sur ces différents sites, les leviers mobilisés pour gérer les adventices ne sont pas les mêmes. Les leviers préventifs mis en place sont plus ou moins importants selon les objectifs des rotations et les contextes. Les leviers curatifs comme le désherbage mécanique sont mis en œuvre sur tous les sites mais à des intensités plus ou moins importantes. Cela dépend principalement de l'équipement et des disponibilités des sites d'expérimentation. Si certains sites comme Boigneville et la Saussaye sont équipés d'une bineuse à guidage caméra et binent la majorité de leurs cultures, d'autres sites comme Thorigné ne sont pas équipés d'outils de désherbage et doivent faire intervenir un entrepreneur lorsque la décision est prise d'intervenir mécaniquement. De plus les sols hydromorphes complexifient ces stratégies et limitent leur efficacité. Des systèmes techniquement innovants y sont aussi testés (insertion de nouvelles cultures, non labour ...)

Sur ces essais long-terme, un protocole commun de suivi des adventices (espèces, densité, biomasse) a été mis en place. Le réseau n'étant pas réfléchi spécifiquement pour traiter des problématiques adventices, les essais ne sont pas construits de façon optimale pour analyser statistiquement les résultats (toutes les rotations ne sont pas répétées, pas de témoin...). C'est pourquoi il est intéressant de comprendre les stratégies de construction de chacune des rotations mises en œuvre et de recueillir des témoignages et retours d'expérience des expérimentateurs mais aussi d'explorer les différents aléas auxquels les systèmes ont été confrontés.

4.2. Approche qualitative et choix de l'étude de cas

Une première étape du travail aura été de déterminer la méthode d'enquête la plus appropriée parmi les différentes approches qualitatives mobilisables (Figure 12). Dans un premier temps, nous avons écarté l'ethnographie et la recherche narrative car ces méthodes ne conviennent pas au sujet. Nous nous sommes ensuite penchés sur la phénoménologie qui nous semblait intéressante pour comprendre des phénomènes, principalement dans le processus de construction des rotations mais le fait de se concentrer uniquement sur le ressenti de l'individu (analyse du langage) sur l'expérience qu'il a vécue ne suffisait pas à cerner notre sujet. Enfin, nous avons envisagé la méthode de la Grounded Theory qui consiste à élaborer des théories à partir de données empiriques de terrain (Joannidès and Berland, 2008). Les concepts élaborés à partir de cette méthode sont tirés des données collectées contrairement à une approche hypothético-déductive qui applique des concepts aux données (Guillemette, 2006). Cette méthode nous aurait permis de déduire des théories globales de gestion des adventices et d'explorer la diversité des leviers utilisés, que leur utilisation soit répandue ou plutôt cantonnée à certains sites possédant des caractéristiques précises. En revanche pour que la méthode soit considérée valide, le nombre d'individus enquêtés doit être compris entre 20 et 30 (Dworkin, 2012), or le nombre de sites du réseau ne permet pas d'atteindre ce nombre. Nous nous sommes donc tournés vers la méthodologie de l'étude de cas.

L'étude de cas est une stratégie empirique d'étude qui explore des phénomènes dans leur contexte, spécifiquement lorsque les frontières entre le phénomène étudié et le contexte

ne sont pas évidentes (Yin, 2003). Ici, nous supposons que l'effet de la rotation sur la pression adventice n'est pas uniquement dépendant du contexte mais dépend également des stratégies de lutte mises en place. Cette méthode propose une analyse contextuelle d'un nombre limité de cas (Zainal, 2007). L'analyse des données collectées se fait par cas étudié et par thème puis une analyse parallèle entre les cas étudiés peut être réalisée pour le phénomène étudié (Creswell and Kasmad, 2020). A partir des rotations mises en place au sein du réseau Rot'AB, il serait donc possible de déceler des paramètres généraux de gestion des adventices tout en les nuancant par l'hétérogénéité des contextes dans lesquels les rotations s'inscrivent. L'étude de cas n'oblige pas un type de données particuliers, nous pouvons très bien y traiter des données quantitatives, qualitatives ou les deux (Yin, 1981).

Ainsi, la méthodologie par étude de cas semble appropriée à l'environnement de recherche dans lequel nous nous trouvons. En effet, malgré le faible nombre de sites d'études ainsi que la diversité des contextes dans lesquels les rotations effectuées s'inscrivent, cette méthode va nous permettre d'investiguer en profondeur la gestion des adventices au sein de chaque rotation afin de déceler les paramètres les plus efficaces ainsi que les conditions de réussite de leur mise en œuvre. Les méthodes de collecte de données peuvent prendre plusieurs formes (Yin, 2003), parmi lesquelles l'entretien que nous avons trouvé pertinent.

4.3. Construction du questionnaire et réalisation des entretiens des expérimentateurs

Les entretiens ont été menés auprès d'un ou plusieurs expérimentateurs de chaque site du réseau, le ou les enquêtés devant être capables de répondre à des questions sur la construction des essais, sur leur suivi pratique ainsi que sur les données collectées sur l'essai.

La première partie de l'entretien (Annexe 2) contenait des questions générales sur l'essai mis en place, au niveau de sa création, de ses objectifs et contraintes, de son suivi et du contexte pédoclimatique dans lequel il s'inscrit. Nous sommes partis du postulat que tous ces facteurs pouvaient influencer sur la flore et l'abondance des adventices au sein des systèmes. Les adventices les plus problématiques sur le site étaient ensuite demandées afin de les comparer à celles identifiées dans la bibliographie et identifier les clés de gestion de ces espèces.

Dans une seconde partie, la construction de la rotation et les leviers qui y sont mis en place pour gérer les adventices étaient abordés plus en détail. Les essais systèmes sont construits autour d'objectifs qui peuvent varier d'un site à l'autre. Pour répondre à ces objectifs, l'expérimentateur va choisir des cultures et des opérations techniques qu'il va combiner afin de mener à bien son essai. La maîtrise des adventices en agriculture biologique est un paramètre essentiel à la réussite des cultures et entre donc en compte dans le raisonnement des rotations. Mais le degré de prise en compte de ce paramètre n'est pas le même selon les sites en fonction de ce qui est testé. Dans les essais systèmes, si l'objectif de l'essai est de tester l'optimisation de l'insertion des légumineuses dans des systèmes en grandes cultures biologiques sans fertilisation exogène (Thorigné), le degré de gestion des adventices ne sera pas le même que si l'objectif est de gérer les adventices dans les systèmes biologiques sans fertilisation exogène (Boigneville). Afin de regarder si ce paramètre influe sur la satisfaction des expérimentateurs, l'importance de la maîtrise des adventices dans la construction de la rotation était catégorisée selon trois modalités (primaire, secondaire, tertiaire).

Le degré de liberté dans la gestion de ces rotations a été demandé et décliné en quatre modalités par rapport à un protocole de départ (Tableau 1). Les aléas que les cultures ont pu subir, y entraînant ou non le développement de certaines adventices ont également été abordés.

Aucun changement, on fait tout ce qui était prévu à l'origine	Possibilité d'intercaler une ou plusieurs opérations techniques tout en allant au terme de la culture	Possibilité d'exporter ou détruire la culture si trop forte pression adventice	Possibilité de changer un ou plusieurs termes de la rotation
---	---	--	--

Tableau 1 : Modalités de réponse pour la question sur le degré de liberté dans la conduite du système

Par la suite, les leviers de la rotation vis-à-vis des adventices identifiés à partir de la bibliographie étaient repris un à un (Tableau 2). Certains sont mis en place dans les rotations mais ne l'ont pas été pour gérer les adventices. Il a donc décidé de ne traiter que les leviers mis en œuvre volontairement pour gérer les adventices. Les informations sur les leviers identifiés dans la bibliographie et qui ont été mis en place pour d'autres raisons que la gestion des adventices ont tout de même été récupérés sans les prendre en compte dans les analyses. Dans cette partie, un indice de satisfaction du levier vis-à-vis des adventices est demandé à partir du retour d'expérience sur la rotation mise en place ainsi que les facteurs de réussite et d'échecs ainsi que les aléas subis et leur impact. Les adventices étaient classées en trois catégories : Les graminées (hors folle-avoine et avoine à chapelet) notées _gr après le levier, les dicotylédones notées _dic après le levier et les adventices dites « non sensibles au labour » (comprenant principalement le chardon, le rumex, la folle avoine et l'avoine à chapelet) notées _NL après le levier.

L'indice de satisfaction était demandé de façon générale sur l'efficacité du levier dans la gestion des adventices à l'échelle de la rotation puis, plus précisément sur les trois catégories réalisées. Ces indices étaient demandés uniquement si les leviers étaient mis en place volontairement pour gérer les adventices.

Les expérimentateurs interrogés avaient le choix entre quatre modalités pour l'indice de satisfaction, ne donnant pas la possibilité de donner un avis neutre : 1 = Pas du tout satisfaisant, 2 = Peu satisfaisant, 3 = Satisfaisant et 4 = Très satisfaisant. Etant conscients de la diversité phénologique des différentes espèces au sein de ces catégories, des nuances sur l'efficacité des leviers étaient demandées aux expérimentateurs afin d'expliquer ce classement.

Levier	Abréviation
Introduction d'une culture pluriannuelle	Cplu
Diversité des espèces cultivées	Div
Introduction d'une culture sarclée	Csar
Couverts végétaux d'interculture courte	CouvCourt
Couverts végétaux d'interculture longue	CouvLong
Couvert permanent	CouvPerm
Alternance des périodes de semis	Alt
Associations de cultures	Assoc

Tableau 2 : Leviers rotationnels identifiés et abréviation donnée

Note =
(Rang de classement du levier)
Nombre de leviers mis en place sur le site

Exemple : Boigneville	
Alternance des périodes de semis	1/4
Diversité des espèces cultivées	2/4
Culture pluriannuelle	3/4
Culture sarclée	4/4

Exemple : Corbas (Diversité)	
Alternance des périodes de semis	1/6
Culture sarclée	2/6
Couvert long	3/6
Diversité des espèces cultivées	4/6
Associations de cultures	5/6
Couvert court	6/6

Exemple : Corbas (Fertilité)	
Alternance des périodes de semis	1/4
Culture sarclée	2/4
Couvert long	3/4
Couvert court	4/4

Même position mais note plus faible pour la rotation mettant plus de leviers en place

Moyenne des leviers par site = $\frac{\text{Somme des notes d'un levier sur un site}}{\text{Nombre de rotations sur le site}}$

Classement des leviers = $\frac{\text{Somme des notes des sites par levier}}{\text{Nombre de site mettant en place le levier}}$

Inversion du sens pour que le levier le plus efficace obtienne une note plus élevée
 1 – Moyenne des sites



Plus la note est importante, plus le levier est efficace

Figure 13: Méthode utilisée pour hiérarchiser les leviers rotationnels de gestion des adventices

Enfin, Un classement de ces leviers en fonction de leur efficacité sur la gestion des adventices était demandé. Afin de bénéficier au mieux de leur retour d'expérience et recul, mais aussi de mieux comprendre les limites fixées dans l'essai système, les expérimentateurs étaient interrogés sur qu'ils changeraient dans la rotation, d'une part en gardant les mêmes objectifs, et d'autre part sans se fixer d'objectifs précis, afin de mieux gérer la pression adventice au sein des parcelles.

Les entretiens ont été réalisés en visioconférence par soucis logistique. La durée des entretiens variait selon les sites et le nombre de rotations qui y sont mises en place. En règle générale, la description du principe de l'essai, de la construction d'une rotation et de leur satisfaction durait environ 1h30 puis nous passions ensuite environ 1h par rotation.

4.4. Analyse des entretiens

4.4.1. Hiérarchisation des leviers

Lors de la réalisation des entretiens, les enquêtés ont hiérarchisé, selon leur efficacité, les leviers de la rotation qu'ils ont mobilisé dans le but de gérer les adventices. Ils les ont donc classés du plus efficace (1) au moins efficace (2 à 6 leviers selon les rotations).

Afin de procéder à une hiérarchisation générale de l'efficacité des leviers de la rotation, le rang de classement du levier obtenu pour chaque rotation mais aussi le nombre de leviers mobilisé pour gérer les adventices ont été pris en compte. Afin d'accorder plus d'importance aux rotations mettant en place un grand nombre de leviers, le rang de classement obtenu a été divisé par le nombre de leviers mobilisé (Figure 13). De ce fait, les leviers qui obtiennent une note faible sont d'autant plus efficaces que ceux qui ont une note élevée ; et le premier levier cité dans une rotation n'en mettant que deux en place aura une note plus élevée ($1/2$) que le premier cité dans une rotation en mettant 6 en place ($1/6$).

Par la suite, une pondération par site a été réalisée afin de ne pas favoriser des sites testant plusieurs rotations par rapport à des essais systèmes n'en testant qu'une (Figure 13). La moyenne par site a ensuite servi de base pour le calcul de la note globale du levier (moyenne intersites). Pour finir, afin d'avoir un aspect visuel plus facilement compréhensible, le levier le plus efficace doit avoir une note supérieure à ceux qui sont moins efficaces. Pour ce faire, la note moyenne obtenue était soustraite à 1. Par conséquent, ceux qui étaient initialement avec les notes les plus faibles (et donc jugés plus efficaces) se retrouvent proches de 1 et inversement pour les notes initialement élevées qui se retrouvent proches de 0 (Figure 13).

4.4.2. Satisfaction de l'efficacité des leviers sur différentes catégories d'adventices.

Afin de faire ressortir des leviers plutôt généralistes et d'autres plutôt spécifiques, nous avons réalisé une moyenne des notes de satisfaction, d'abord par site si des notes différentes étaient attribuées au levier sur les rotations testées puis une moyenne générale des sites. Plus la note obtenue dans le classement est élevée, plus le levier est efficace sur la catégorie d'adventice en question. A l'inverse, les modalités se retrouvant en bas du classement ont un effet jugé limité sur les catégories d'adventices en question. Les leviers spécifiques vont eux ressortir dans le milieu de cette classification avec une variabilité importante.



Figure 14 : Comptage et prélèvement des adventices et de la culture dans une luzerne en 2017 à Thorigné d'Anjou (Source : Chambre d'agriculture des Pays de la Loire)

4.5. Analyse de la base de données adventices

4.5.1. Protocole commun de collecte des données

Afin de pouvoir analyser les données adventices et de diminuer la contrainte de la diversité des contextes des rotations mises en place, un protocole commun de suivi des populations d'adventices a été mis en place. Pour chaque modalité, l'objectif est de suivre l'évolution annuelle et pluriannuelle des communautés d'adventices au sein des systèmes. Afin d'analyser plus précisément l'effet de pratiques ou de combinaison de pratiques, un protocole spécial est mis en place. Les pratiques visées par ces protocoles sont les couverts végétaux d'interculture, les associations de cultures et les prairies temporaires (trèfles, luzernes...).

Plusieurs observations sont réalisées sur une année culturale sur la même placette. Les observations sont réalisées avant le premier désherbage (automne et/ou printemps) puis après le passage des outils de désherbage mécanique. Dans le cas où aucun désherbage n'est pratiqué, la première observation est réalisée en sortie d'hiver pour les cultures d'hiver. Pour les cultures de printemps, cette première observation est positionnée peu après la levée et avant le premier binage si la culture est binée. Pour les cultures d'hiver, la dernière observation est réalisée à floraison de la culture, date choisie afin d'éviter au maximum de perdre des adventices qui entrent rapidement en sénescence. En ce qui concerne les cultures de printemps, le dernier relevé est réalisé deux à trois semaines après le dernier désherbage, juste avant fermeture des rangs pour les cultures sarclées et à floraison pour les cultures en plein. Pour les cultures pluriannuelles, les observations sont réalisées avant la première coupe chaque année. Les relevés sont réalisés à l'aide de quadrats de 0,25 m² lancés aléatoirement sur la modalité.

Dix relevés sont à réaliser par modalité. Au sein de chaque quadrat, chacune des espèces d'adventices est identifiée. Pour chaque espèce, la densité d'individus (si >100, une estimation à la dizaine est réalisée) ainsi que le stade de développement sont relevés. Au moment de la dernière observation (stade floraison), toutes les plantes présentes à l'intérieur du quadrat sont prélevées et les adventices sont séparées de la culture (Figure 14). Chaque composante (culture, adventice, couvert) est passée à l'étuve 48 à 72h à 80°C (afin de permettre de faire de analyses de biomasse sans les dénaturer) puis pesée afin d'en obtenir la biomasse sèche. Toutes les données sont ensuite capitalisées sur une base de données commune à tous les sites du réseau.

4.5.2. Données et indicateurs utilisés

Pour cette étude, nous nous intéresserons uniquement aux relevés pratiqués à floraison des cultures sur les trois sites pour lesquels nous possédons les données sur au moins une rotation complète (Corbas, Kerguéhennec et Thorigné). Un individu correspond ici à un couple année/modalité pour lequel nous avons associé 6 variables quantitatives et 6 variables qualitatives. La base est composée de 125 individus (31 pour le site de Corbas, 44 pour le site de Kerguéhennec et 50 pour le site de Thorigné).

4.5.2.1. Variables quantitatives (Erreur ! Source du renvoi introuvable.)

A partir des relevés, la moyenne des densités et des biomasses d'adventices sur les dix quadrats a été calculée.

Variables quantitatives
Biomasse d'adventices (gMS/m ²) à floraison de la culture
Densité d'adventices (pieds/m ²) à floraison de la culture
Richesse spécifique à floraison de la culture
Indice de Shannon à floraison de la culture
Indice d'équitabilité de Piélou à floraison de la culture
Nombre d'espèces présentes dans la rotation

Tableau 3: Variables quantitatives de la base de données

Variable qualitative	Modalités
Site	Corbas, Kerguéhennec, Thorigné
Culture sarclée	Oui et Non
Saisonnalité	Hiver et Printemps/Eté
Culture Pluriannuelle	Oui et Non
Association de culture	Oui et Non
Type d'alternance	1H/1E (Une culture d'hiver et une culture d'été) ; 2H/2E (Deux cultures d'hiver et deux cultures d'été) ; 3H/1E/1H/1E (3 cultures d'hiver, une culture d'été, une culture d'hiver, une culture d'été) ; 2H/1E (Deux cultures d'hiver et une culture d'été) ; NS (Alternance non systématique)

Tableau 4: Variables qualitatives de la base de données

Afin d'aller plus loin dans l'analyse, nous avons décidé de calculer des indicateurs de diversité des adventices (richesse spécifique, indice de Shannon, indice d'équitabilité de Piélou).

La richesse spécifique (S) correspond au nombre d'espèces présentes dans les relevés.

L'indice de Shannon est exprimé par l'Équation 1

$$\text{Équation 1 : } H' = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \log_2(p_i)$$

où

$$\text{Équation 2 : } p_i = \frac{\text{Nombre d'individus d'une espèce (n}_i\text{)}}{\text{Nombre total d'individus (N)}}$$

Cet indice représente la diversité spécifique, prenant en compte le nombre d'espèces dans le milieu (richesse spécifique) et la répartition des individus au sein des espèces (équitabilité).

L'indice d'équitabilité de Piélou permet de représenter le poids de chaque espèce dans le peuplement. Il est calculé selon l'Équation 3

Équation 3 :

$$J = \frac{H'}{\log(S)}$$

Il est compris entre 0 et 1. Si les communautés d'adventices sont présentes en quantité égales, il aura tendance à être proche de 1 et si une adventice prédomine par rapport au reste, il tendra vers 0.

Afin de caractériser les rotations, nous avons également ajouté le nombre d'espèces présentes dans la rotation à laquelle appartient la modalité.

4.5.2.2. Variables qualitatives

Chaque couple année/modalité est caractérisé qualitativement au sein de la base selon le site auquel il appartient (Corbas, Kerguéhennec ou Thorigné) et le type d'alternance pratiquée dans la rotation. La culture présente cette année-là sur cette modalité est décrite selon sa saisonnalité (Hiver ou Été) et ses modalités : sarclée ou non, pluriannuelle ou non et associée ou non (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

4.5.3. Analyse statistique des données.

Ne disposant pas d'assez de données pour la couverture permanente pluriannuelle des sols, nous n'approfondirons pas l'effet de ce levier. En ce qui concerne l'effet des couverts végétaux d'interculture sur la pression adventice, son étude a déjà été réalisée lors d'un précédent stage dans le cadre du même projet a conduit à des conclusions similaires à celles de la littérature.

L'analyse de la base de données constituée a été réalisée à l'aide du logiciel R. Afin d'étudier l'effet des leviers sur les populations d'adventices, nous avons voulu regarder si des différences significatives existaient entre les modalités de chaque variable. La majorité des variables quantitatives utilisées ne suivant pas la loi normale, nous avons été contraints de faire un test non paramétrique de Kruskal-Wallis, moins puissant que l'ANOVA. Ce test

permet de savoir si les échantillons appartiennent à la même population ou s'il existe une différence significative entre les échantillons. Afin de connaître le sens de ces différences, nous avons réalisé un test de Dunn permettant de classer des données non paramétriques. Pour ces tests, « a » et « b » correspondent respectivement à la biomasse et à la densité d'adventices à floraison des cultures, « d » et « e » respectivement aux indices de Shannon et Piélou des adventices à floraison des cultures.

Pour aller plus loin sur les deux leviers annuels pour lesquels nous avons assez de valeurs pour effectuer des tests (association de cultures, introduction d'une culture sarclée), nous avons réalisé des comparaisons de moyennes grâce au test de Student. Pour ces tests, nous avons comparé les moyennes entre les indicateurs quantitatifs dans les cultures précédentes, les cultures de l'année de mise en place du levier et les cultures suivantes. Nous avons veillé à ce que les cultures précédentes et suivantes aient des périodes d'implantation et de floraison similaires afin de limiter les biais de des analyses.

4.6. Réalisation de fiches récapitulatives

A l'issue des entretiens et à l'aide de la base de données des relevés adventices, une fiche récapitulative a été réalisée pour chaque site (Annexe 3). Ces fiches ont pour but de résumer les rotations qui sont testées sur le site, l'efficacité et la satisfaction des expérimentateurs vis-à-vis des leviers mis en place sur les adventices problématiques ainsi que les aléas ayant pu entraîner une augmentation de la pression adventice. Elles permettent également de repérer des leviers efficaces dans un contexte pédoclimatique donné et des conseils d'experts sur la réussite de ces leviers sur le site.

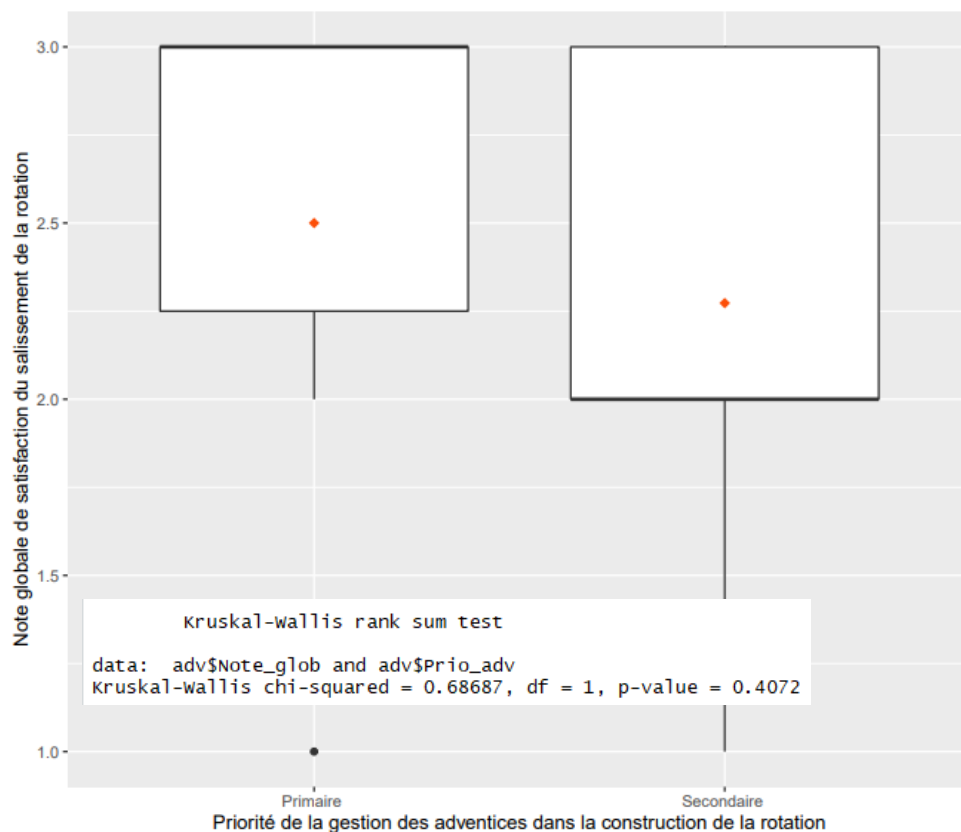


Figure 15: Satisfaction du salissement de la rotation selon la priorité de la maîtrise des adventices dans son raisonnement



Figure 16: Adventices citées problématiques par les expérimentateurs sur leur(s) essai(s) système(s) bio

5. Résultats

5.1. Analyse des enquêtes des expérimentateurs du réseau

5.1.1. Construction de la rotation et priorité de la maîtrise des adventices

La maîtrise des adventices conditionnant en partie la réussite de l'essai, aucun expérimentateur ne la considère comme tertiaire sur son essai. En comparant les résultats (Figure 15) de satisfaction globale du salissement selon la priorisation de la maîtrise des adventices, nous n'observons pas de différence significative. Les expérimentateurs considérant la gestion des adventices comme un objectif primaire sont en moyenne satisfaits de la pression adventice sur leurs rotations (note de 3). Ceux la jugeant secondaire ont une note moyenne de 2,5, signifiant qu'ils sont entre peu satisfaits à satisfaits mais la variabilité de cette satisfaction est forte lorsque la maîtrise des adventices est secondaire dans les objectifs de la rotation.

Nous aurions pu émettre l'hypothèse que la sensibilité au salissement variait donc selon l'importance qui lui était portée. La majorité des expérimentateurs interrogés se considèrent satisfaits si le salissement entraîne des pertes de rendements maximales de 5% (seuil de nuisibilité), que la maîtrise des adventices soit prioritaire ou secondaire. Il n'y aurait donc pas d'effet du degré de priorisation sur les satisfactions énoncées.

5.1.2. Adventices problématiques sur les essais systèmes du réseau

Lors des entretiens, nous avons abordé avec chaque expérimentateur les espèces d'adventices qu'ils considèrent problématiques au sein des rotations qui sont testées. Si certaines adventices sont plutôt spécifiques à certains sites, d'autres sont problématiques dans la majorité des systèmes (Figure 16). De façon générale, les espèces catégorisées « peu sensibles » au labour (chardon, rumex, folle avoine) se retrouvent principalement citées. Les deux premières, à caractère vivace, ont été citées respectivement par sept et six expérimentateurs sur les huit interrogés et se retrouvent dans la majorité des cultures. Les adventices annuelles sont, elles, souvent problématiques lorsque la culture en place offre des conditions favorables à leur germination. Ainsi les ray-grass, cités quatre fois, et les vulpins, cités une fois, sont particulièrement problématiques dans les cultures d'hiver. Le chénopode blanc, cité trois fois, l'est particulièrement dans les cultures de printemps et des espèces comme la matricaire, citée trois fois et capables de germer toute l'année, se retrouvent dans la majorité des cultures. Dans certains contextes, l'attention est également portée sur les espèces invasives (datura, xanthium et ambroisie), toujours citées lorsqu'elles sont présentes sur un site. Le datura et le xanthium sont présents sur le site de la Hourre et de Dunière et l'ambroisie à Corbas.

5.1.3. Efficacité globale des leviers rotationnels dans la gestion des adventices

La hiérarchisation réalisée par les expérimentateurs reflète une meilleure efficacité, à l'échelle de la rotation, des leviers ayant une action pluriannuelle. En effet, la couverture permanente et pluriannuelle des sols, la diversité des espèces cultivées dans la rotation, l'introduction d'une culture pluriannuelle de fauche ainsi que l'alternance des périodes de semis ressortent comme les leviers les plus efficaces dans la gestion des adventices. A l'inverse, les leviers annuels (couverts d'interculture courts ou longs, introduction d'une culture sarclée et association de cultures) ont une efficacité relative pour les expérimentateurs. Ce classement ne signifie pas que les leviers annuels sont peu efficaces mais qu'à l'échelle de la

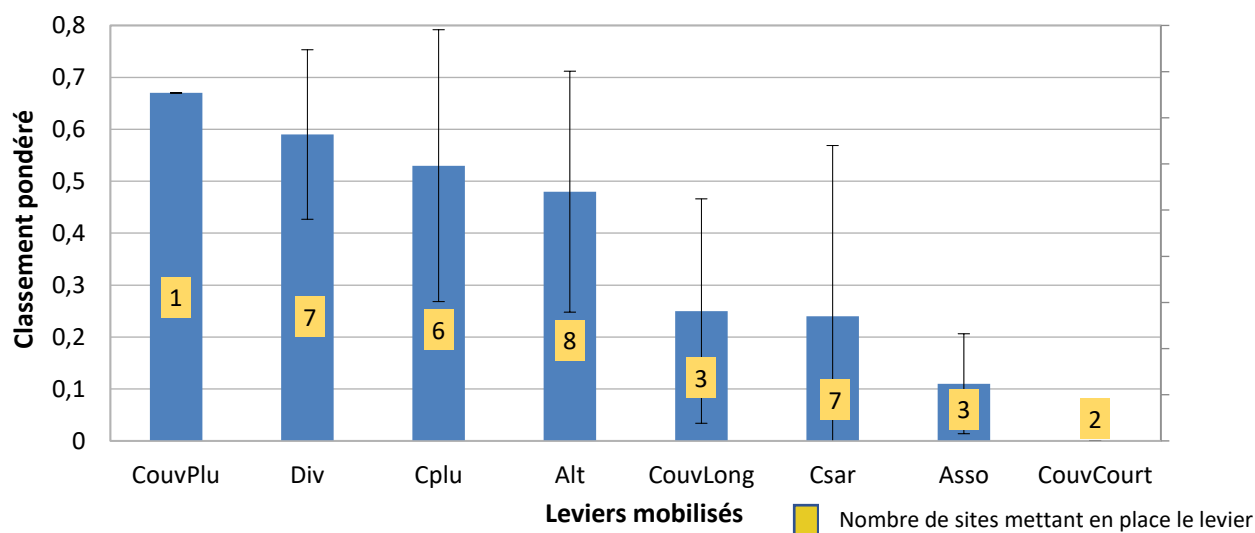


Figure 17 : Hiérarchisation de l'efficacité perçue par les expérimentateurs des leviers rotationnels dans la gestion des adventices

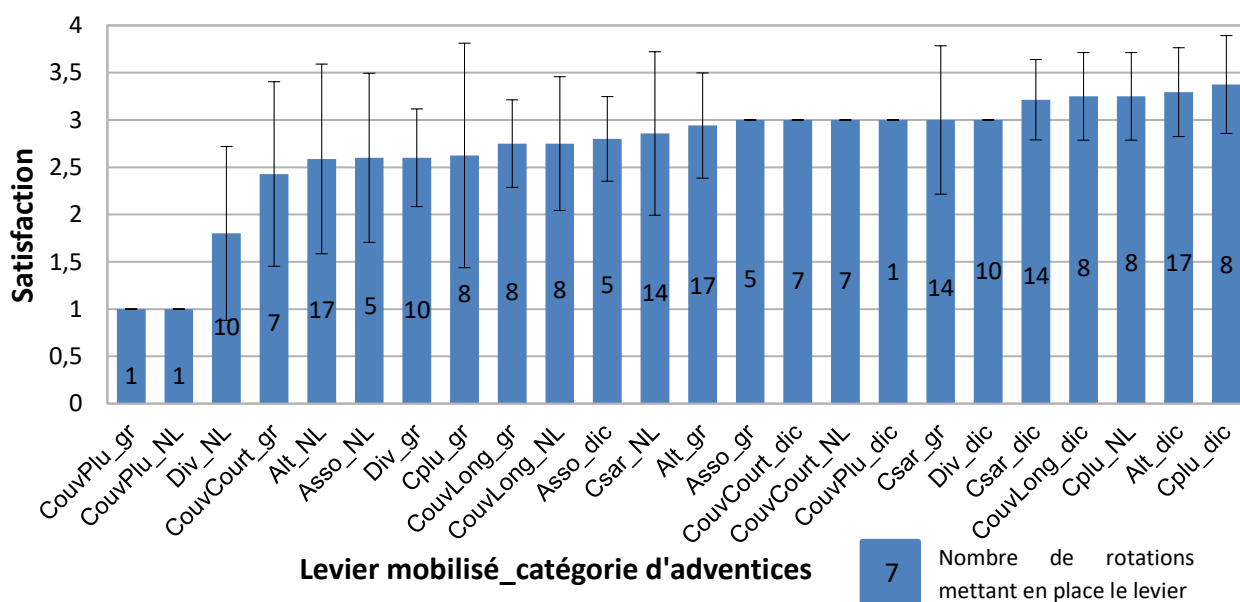


Figure 18 : Satisfaction moyenne des expérimentateurs de l'efficacité des leviers de la rotation sur différentes catégories d'adventices

rotation, il est préférable d'agir de façon pluriannuelle pour gérer les adventices. Ce classement est sujet à discussion, surtout pour le classement des leviers mis en place sur peu de sites (couverture permanente, couverts végétaux courts et longs, associations de culture)

5.1.4. Efficacité des leviers selon les catégories d'adventices considérées.

L'analyse de la satisfaction des expérimentateurs vis-à-vis de leur efficacité sur différentes catégories d'adventices (Figure 17) montre les adventices préférentiellement gérées ou non par les leviers. Une vigilance d'interprétation est à apporter sur les leviers mis en place sur peu de rotations. Nous remarquons que peu d'expérimentateurs sont satisfaits des leviers rotationnels contre les espèces non sensibles au labour (NL). Celui qui les satisfait le plus est l'introduction d'une culture pluriannuelle dans la rotation. De façon générale, les expérimentateurs sont plutôt satisfaits des leviers rotationnels dans la gestion des dicotylédones. Aucun levier rotationnel apporte une très bonne satisfaction pour toutes les adventices de façon générale, leur gestion passe donc par une combinaison des leviers afin d'obtenir un salissement maîtrisé sur les rotations. Le contexte de mise en place de ces leviers impacte aussi la satisfaction des expérimentateurs. En effet, les satisfactions sont très variables pour certains leviers (ex : effet de l'introduction d'une culture pluriannuelle sur la pression en graminées, alternance des périodes de semis sur les espèces non sensibles au labour). Le contexte pédoclimatique peut être une raison de cette spécificité de l'efficacité du levier mais aussi les modalités de mise en œuvre peuvent également influencer. La gestion des fauches des cultures pluriannuelles ou les modalités d'alternances peuvent influencer sur les satisfactions données. Dans certains cas, il n'est pas simple de se cantonner à ces catégories pour évaluer l'efficacité du levier car il y a souvent des nuances à apporter sur les espèces de ces catégories en fonction de leur biologie. Par exemple, la culture pluriannuelle est jugée très efficace contre les chardons mais ayant un impact moins visible sur les rumex. Pour chaque catégorie, les expérimentateurs exprimaient donc une satisfaction moyenne.

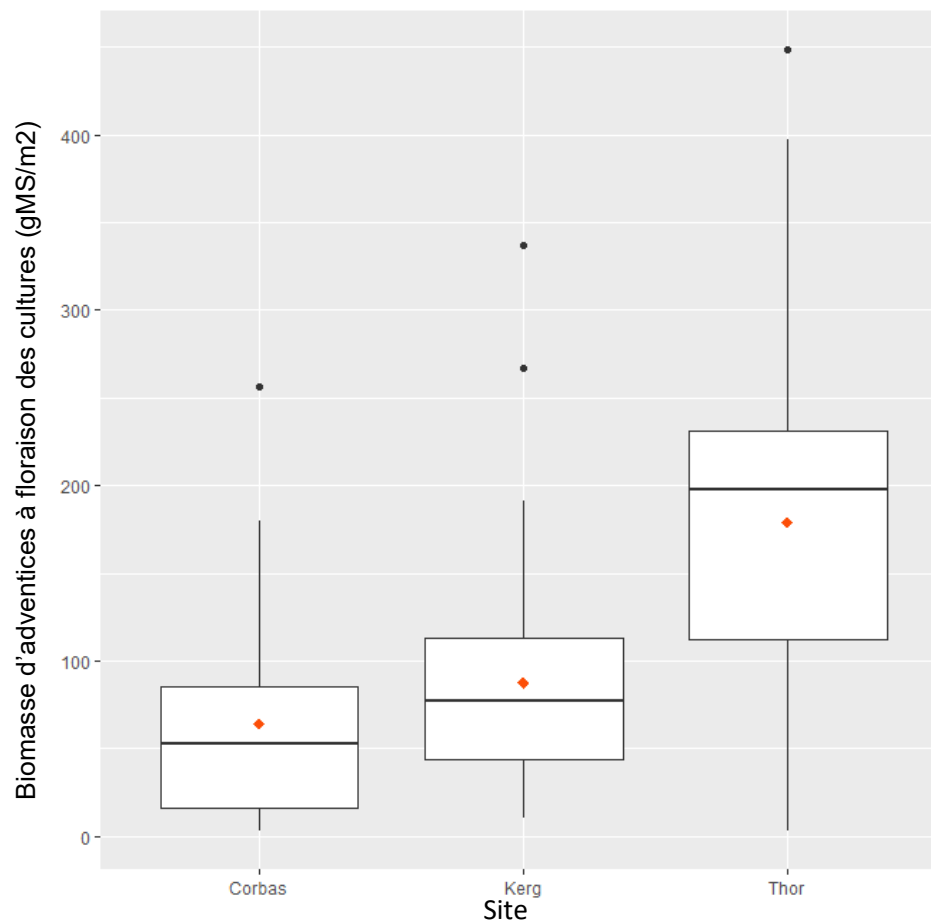


Figure 19: Biomasse adventice à floraison des cultures selon les sites

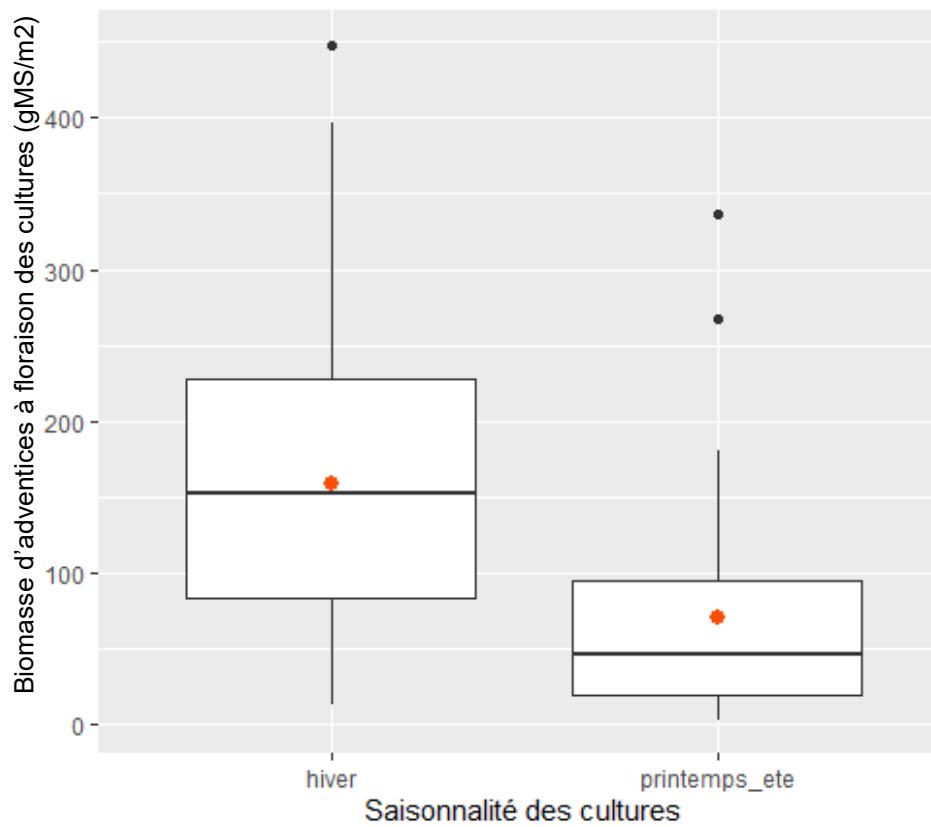


Figure 20: Biomasse d'adventices à floraison des cultures selon leur saisonnalité

5.2. Impact des leviers identifiés sur les indicateurs de pression adventice

5.2.1. Un effet « site » à considérer sur le niveau de pression adventices

Afin d'interpréter de façon pertinente certains résultats, nous avons voulu regarder s'il y avait un effet « site ». En effet, dans cette analyse, certaines rotations peuvent ressortir significatives par rapport aux autres sans pour autant que ce soit dû au levier étudié mais plutôt au site dans lequel ce levier est mis en place. Nous avons observé un effet site significatif du site de Thorigné par rapport à Corbas et Kerguéhennec. La biomasse d'adventices à floraison des cultures est significativement supérieure sur ce site par rapport aux deux autres qui ne sont pas significativement différents (Figure 19). Les conclusions sont les mêmes pour la densité d'adventices à floraison des cultures. En ce qui concerne l'indice de Shannon, celui-ci est significativement plus élevé à Thorigné qu'à Kerguéhennec et lui-même supérieur à celui de Corbas. Pour l'indice de Piélou, il est strictement plus faible à Corbas qu'à Thorigné, lui-même plus faible qu'à Kerguéhennec. En résumé, le site de Thorigné ressort avec des biomasses et des densités d'adventices plus importantes à floraison des cultures et une diversité importante. Les sites de Corbas et Kerguéhennec ont des biomasses et densités d'adventices à floraison moins importantes mais la diversité (Indices de Shannon et Piélou) est plus prononcée à Kerguéhennec.

5.2.2. Gestion pluriannuelle des adventices

5.2.2.1. Saisonnalité

Pour la variable saisonnalité, les indicateurs quantitatifs d'étude de la pression adventice montrent des différences significatives. En effet, sur les trois sites testés, les cultures dites de « Printemps-Eté » ont des biomasses (Figure 20) et des densités d'adventices à floraison de la culture significativement inférieures aux cultures dites d'« Hiver ». En ce qui concerne les indicateurs de diversité des adventices, les cultures d'« Hiver » auraient une richesse spécifique plus importante et un indice de Shannon significativement supérieurs aux cultures de « Printemps-Eté ». Aucune différence n'a pu être mise en évidence sur l'équitabilité des adventices (Indice de Piélou) à floraison de la culture.

5.2.2.2. Alternance des périodes de semis

Les alternances pratiquées ne sont pas répétées d'un site à l'autre. Au sein d'un même site, une même alternance est parfois pratiquée sur plusieurs rotations testées (Corbas, Thorigné) et répétée (Corbas). L'analyse statistique de la base de données permet de mettre en évidence des différences significatives au niveau des indicateurs de pression adventice

Col Mean- Row Mean	1H_1E	2H_1E	2H_2E	3H_1E_1H
2H_1E	-3.331093 0.0043*			
2H_2E	1.510169 0.6550	4.182555 0.0001*		
3H_1E_1H	-4.552393 0.0000*	-0.156793 1.0000	-5.515242 0.0000*	
NS	-4.900395 0.0000*	-0.399110 1.0000	-5.842462 0.0000*	-0.296776 1.0000

Alternance de Kerguéhennec

Alternance de Corbas

Tableau 5 : Résultats du test de Dunn sur les densités d'adventices à floraison de la culture selon les alternances de périodes de semis pratiquées (ligne supérieure = valeur du test Z pour la différence entre les deux groupes, ligne inférieure = p-value

Col Mean- Row Mean	3	4	5	6
4	3.707409 0.0010*			
5	2.681062 0.0367	-1.920817 0.2738		
6	2.032457 0.2105	-2.705389 0.0341	-1.091164 1.0000	
7	-0.549319 1.0000	-4.309159 0.0001*	-3.382307 0.0036*	-2.736542 0.0310

Tableau 6 : Résultats du test de Dunn sur la densité d'adventices à floraison des cultures selon le nombre d'espèces présent dans la rotation

pour l'alternance des périodes de semis (Tableau 5 : Résultats du test de Dunn sur les densités d'adventices à floraison de la culture selon les alternances de périodes de semis pratiquées (ligne supérieure = valeur du test Z pour la différence entre les deux groupes, ligne inférieure = p-value). Les résultats montrent des biomasses et des densités inférieures sur les alternances 1H_1E (Kerguéhennec) et 2H_2E par rapport aux alternances des rotations pratiquées à Thorigné. Les différentes alternances pratiquées à Thorigné ne ressortent pas différentes les unes des autres. L'analyse pour ces deux indicateurs reflèterait donc plutôt l'effet site et ne permet pas de tirer de conclusion active de l'effet de l'alternance des périodes de semis. Les résultats pour les indices de Shannon et de Piélu suivent également cette tendance « site ».

5.2.2.3. Diversité des espèces cultivées

La diversité des espèces cultivées est caractérisée par le nombre de familles et d'espèces présentes dans la rotation. Sur les trois sites au sein desquels nous concentrons notre analyse, les cultures mises en place au sein des rotations appartiennent à deux ou trois familles selon les rotations. Si la rotation « Fertilité » de Corbas est composée de trois graminées (maïs, blé, orge) et d'une légumineuse (soja), toutes les autres mettent en œuvre une autre famille, que ce soit les brassicacées (colza sur la rotation « Diversité » de Corbas), les astéracées (Tournesol sur toutes les rotations testées à Thorigné) ou les polygonacées (sarrasin présent dans la rotation de Kerguéhennec). Les graminées et les légumineuses représentent la majorité des espèces cultivées. N'ayant qu'une modalité de rotation à deux familles, nous nous sommes penchés sur le nombre d'espèces afin d'investiguer l'effet de la diversité cultivées sur la pression adventice.

Le nombre d'espèce cultivées au sein des rotations s'étend de trois à sept. A Corbas, une rotation à quatre espèces et une à six espèces sont testées. A Kerguéhennec, une seule rotation à cinq espèces est testée. Enfin, à Thorigné, cinq rotations sont testées, une à trois espèces, une rotation à cinq espèces, deux à six espèces et une à sept espèces. L'analyse des indicateurs de pression adventice pour ces modalités fait ressortir les rotations à quatre et cinq espèces qui ont des biomasses significativement inférieures à la rotation à sept espèces. En ce qui concerne les densités d'adventices à floraison des cultures (Tableau 6), les rotations à quatre et cinq espèces ont des densités significativement moins importantes que les rotations à trois et sept espèces. Les rotations à quatre espèces possèdent également des densités inférieures aux rotations à six espèces, elles-mêmes inférieures à celles des rotations à sept espèces. En ce qui concerne les indicateurs de diversité, l'indice de Shannon est significativement inférieur sur la rotation à quatre espèces que sur celles à trois, cinq, six et sept espèces. Il en est de même pour l'indice de Piélu

De façon générale, la rotation à quatre espèces (Corbas uniquement) ressort par rapport aux autres. Les conclusions sont à nuancer avec l'effet site. En effet, toutes les conclusions concordent avec celles de l'effet site. Le site de Thorigné (rotations à trois, cinq, six et sept espèces) a tendance à avoir une pression adventice supérieure aux autres sites. Il est donc logique que la seule modalité ressortant comme ayant une pression inférieure soit une qui n'y est pas testée. Pour les rotations à cinq et six espèces, elles sont testées sur un autre site à chaque fois extérieur à Thorigné, respectivement Corbas et Kerguéhennec. Nous voyons pourtant une tendance à avoir une pression adventice inférieure sur ces rotations par rapport à celles pratiquées uniquement à Thorigné. Au sein même de ce site, aucune différence significative n'a été observée pour aucun indicateur alors que 4 modalités y sont testées, renforçant donc l'hypothèse de l'effet site sur la significativité observée.

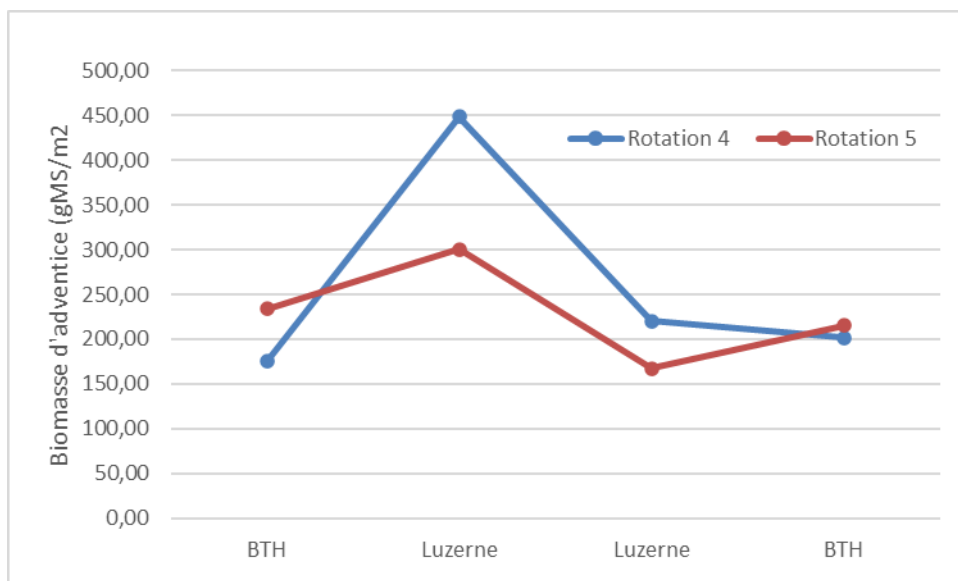


Figure 21 : Effet de l'introduction d'une luzerne sur la biomasse d'adventices

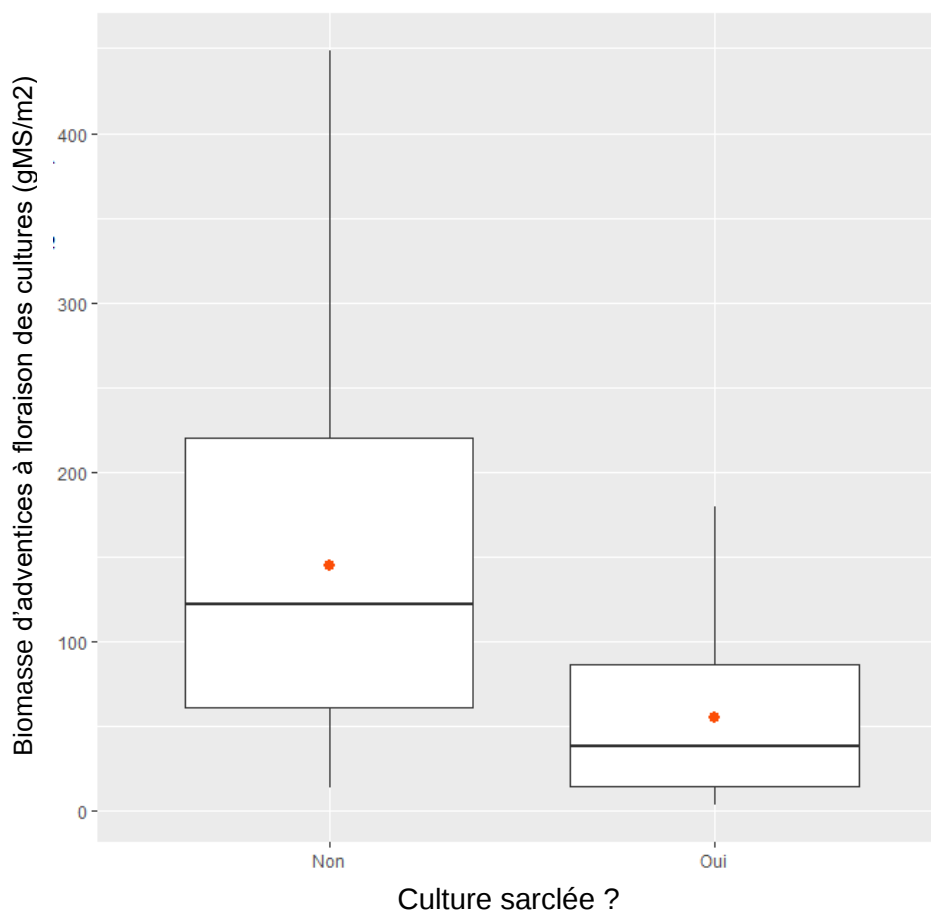


Figure 22: Effet de l'introduction d'une culture sarclée sur la biomasse d'adventices à floraison des cultures

5.2.2.4. Culture pluriannuelle

Sur les trois sites analysés, seul un site a mis en place une culture pluriannuelle sur deux de ses rotations testées (Thorigné). Les relevés ont été réalisés à floraison des blés et avant la première coupe de luzerne au printemps. Sur ce site, l'introduction de la luzerne n'a pas eu d'impact significatif sur la biomasse dans la culture suivante (Figure 21). Le nombre d'occurrences étant faible, les tests statistiques ne montrent aucune différence significative. La tendance montre une augmentation de la biomasse et des densités d'adventices lors de la première année de luzerne par rapport au blé précédent puis une diminution la seconde année. La tendance pour ces indicateurs est un maintien de la pression adventice égale dans la culture suivante par rapport à la culture précédente. Les indicateurs de diversité varient peu au cours de ces cultures. En résumé, pour le site de Thorigné, l'introduction d'une luzerne ne permet pas de diminution de la pression adventice mais n'entraîne pas non plus d'augmentation de celle-ci.

5.2.3. Efficacité des leviers annuels de gestion des adventices

5.2.3.1. Culture sarclée

Pour ce levier annuel, nous avons d'abord comparé la pression adventice au sein des cultures sarclées et non sarclées. Nous observons des différences significatives pour tous les indicateurs étudiés. Nous constatons des biomasses (Figure 22) et des densités plus faibles dans les cultures sarclées que dans les cultures non sarclées. En ce qui concerne les indicateurs de diversité des adventices, les indices de Shannon et de Piélou sont plus élevés dans les cultures non sarclées que les cultures sarclées. Cela signifie que les cultures non sarclées sont en général, sur les trois sites, moins sales et occupées par un nombre d'espèce moins important que les cultures non sarclées.

Ayant un nombre d'occurrence suffisant pour les 8 rotations testées sur les trois sites, nous pouvons aller plus loin pour ce levier en regardant l'impact de ce levier sur les cultures suivantes. Toutes les occurrences ont été choisies avec une culture précédente et une culture suivante ayant des dates d'implantation plutôt proches et des dates de floraison également similaires. Toutes les cultures sarclées présentes sur les trois sites étudiés sont des cultures dites de « Printemps-Eté ». Nous constatons que la biomasse et les densités d'adventices à floraison de la culture sarclée sont significativement inférieures à celles des cultures non-sarclées, qu'elles soient précédant ou suivant la culture sarclée. Les indicateurs de diversité montrent la même tendance avec des indices de Shannon et Piélou plus faibles dans les cultures sarclées que dans les précédentes et suivantes. Nous n'observons pas de différence significative pour ces indicateurs sur la culture suivante par rapport à la précédente.

Nous avons donc voulu regarder si cette tendance est générale aux trois sites ou si certains sites possèdent des dissimilitudes. Le site de Corbas a la particularité d'avoir des cultures sarclées pour lesquelles les biomasses et les densités d'adventices ne sont pas significativement différentes entre les cultures précédentes, les cultures sarclées et les cultures suivantes. En revanche, les indicateurs de diversité suivent la tendance générale. Sur ce site, la pression adventice sur les cultures sarclées est exercée par un nombre moindre d'espèces que dans les cultures non sarclées mais ayant des densités et des biomasses non significativement inférieures aux cultures non sarclées. Sur le site de Thorigné, il n'a pas de différence précédent/suivant au niveau de la biomasse mais des cultures sarclées ayant une biomasse significativement inférieure. La culture suivante possède des densités d'adventices

Associations de cultures	
Variable	p-value (test de Kruskal-Wallis)
Biomasse d'adventices à floraison des cultures	0,098
Densité d'adventices à floraison des cultures	0,474
Indice de Shannon à floraison des cultures	0,384
Indice de Piélou à floraison des cultures	0,141

Tableau 7 : Résultats des tests de Kruskal-Wallis pour les différents indicateurs de pression adventice sur la variable "Association de culture"

à floraison de la culture significativement supérieures à celles de la culture précédente, elles-mêmes supérieures à celles de la culture sarclée. L'indice de Shannon suit la même tendance que la diversité. L'indice d'équitabilité de Pielou suit lui celle de la biomasse. En règle générale, la culture sarclée ne permet pas de gérer les adventices sur le long terme à Thorigné. En revanche, ces cultures sarclées ont généralement une pression adventice moindre. A Kerguéhennec, il y a une différence significative entre la culture précédente, la culture sarclée et la culture suivante, dans le sens où la culture suivante et la culture sarclée possèdent des biomasses d'adventices à floraison des cultures moins importante que la culture précédente. Les données ne permettent pas en revanche de mettre en évidence les mêmes résultats pour la densité et l'indice de Shannon qui sont uniquement significativement supérieurs dans la culture suivante que dans la culture sarclée. Aucune différence n'a été constatée lors de l'analyse de l'indice de Pielou, synonyme d'une bonne équitabilité des adventices sur les cultures. Une vigilance est à apporter sur les conclusions de ce site car les cultures suivantes sont exclusivement des cultures sarclées. Nous testerons par la suite l'effet des cultures associées sur la pression adventice, en insistant particulièrement sur ce site afin d'expliquer si la différence de biomasse provient de l'effet de la culture sarclée précédente ou plutôt de l'association de culture.

5.2.3.1. Associations de cultures

Les tests de Kruskal-Wallis pour la variable « Association de culture » montrent que le seul indicateur sur lequel la variable a un effet significatif est la biomasse (si on tolère un seuil d'erreur de 10%) (Tableau 7). Les cultures associées présentent souvent des biomasses d'adventice à floraison des cultures inférieures aux cultures en pur sur les trois sites analysés. En revanche aucune différence significative n'a été observée sur les autres indicateurs.

Pour aller plus loin, nous avons voulu regarder si les associations ont un impact pluriannuel sur les adventices. Tout comme l'analyse pour les cultures sarclées, nous avons comparé des cultures précédentes et suivantes ayant des dates d'implantation et de floraison similaires. Nous constatons de façon générale la même tendance que lors de la première analyse, à savoir que la biomasse d'adventices dans les associations est significativement inférieure aux cultures précédentes et suivantes mais que les autres indicateurs ne mettent pas en évidence de différence.

Etudiant des associations d'hiver à Corbas et Kerguéhennec et des associations de printemps à Thorigné, nous avons voulu regarder si la tendance obtenue est générale ou si un ou plusieurs sites influencent fortement ce résultat.

Les résultats pour l'association de printemps à Thorigné montrent des biomasses et des densités plus faibles au sein des associations de printemps que dans les cultures d'hiver précédentes et suivantes pures. L'indice de Shannon a, lui, significativement augmenté entre la culture précédente et la culture suivante sur ce site mais l'indice de Pielou ne montre pas de différence.

A Kerguéhennec, aucune différence significative de biomasse et de densité n'a été observée. En revanche, nous observons un indice de Shannon et de Pielou plus important dans l'association d'hiver par rapport aux cultures précédentes et suivantes de printemps.

Le site de Corbas ne peut pas être analysé sur ce principe car l'alternance de deux cultures d'hiver et deux cultures de printemps entraîne des saisonnalités différentes concernant les cultures précédant et suivant l'association de culture.

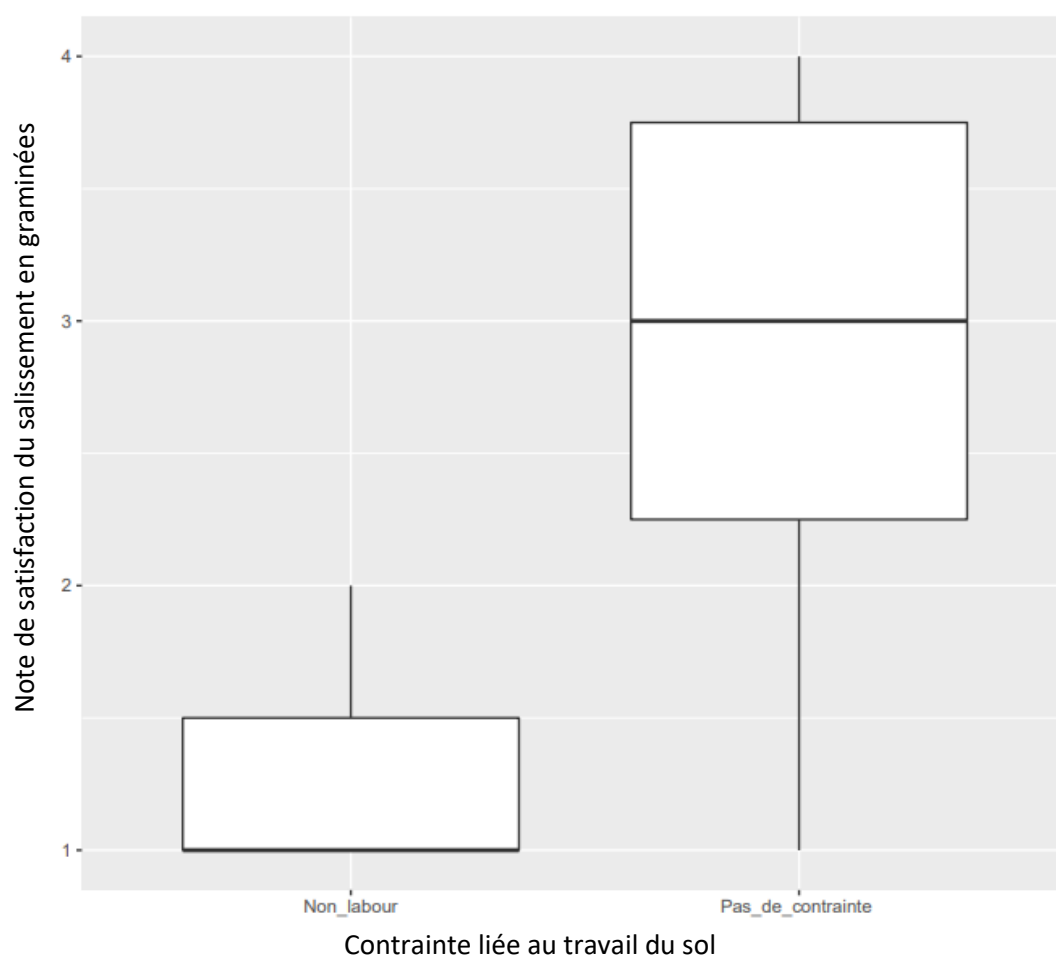


Figure 23: Note de satisfaction du salissement en graminées selon les contraintes de travail du sol dans la rotation

Satisfaction en fonction du travail du sol	
Variable	p-value (test de Kruskal-Wallis)
Satisfaction globale de salissement de la rotation	0,212
Satisfaction du salissement en graminées	0,022
Satisfaction du salissement en dicots	0,372
Satisfaction du salissement en espèces non sensibles au labour	0,840

Tableau 8 : Résultats des tests de Kruskal-Wallis sur l'effet du travail du sol sur les différentes catégories d'adventices

5.3. Influence des autres pratiques sur la pression adventice

L'efficacité de la gestion des adventices passant par une combinaison de leviers, il est difficile d'évaluer l'efficacité des leviers seuls à seuls. Il est intéressant de constater quelques nuances sur les résultats. Le travail du sol est un levier important mobilisable pour gérer les adventices dans les rotations. Le recours au labour est fréquent en agriculture biologique mais certains sites ont mis en place des rotations utilisant uniquement des techniques culturales simplifiées (TCS) et s'interdisant le labour. La comparaison des satisfactions énoncées par les expérimentateurs sur ces rotations par rapport aux rotations utilisant le labour (Tableau 8) montre une des limites de l'étude. Les expérimentateurs sont significativement moins satisfaits du salissement en graminées au sein des rotations en TCS (Figure 23). Les graminées ayant en général un taux annuel de décroissance élevé, il n'est pas étonnant qu'elles soient problématiques dans les systèmes biologiques se privant du labour.

6. Discussion

6.1. La gestion des adventices par les leviers pluriannuels

6.1.1. Peu de leviers efficaces contre les espèces jugées problématiques

Les espèces jugées problématiques par les agriculteurs biologiques (Fontaine *et al.*, 2013) sont, à quelques exceptions près les mêmes espèces que celles jugées problématiques par les expérimentateurs sur les systèmes testés. Si elles sont problématiques, c'est que les leviers de gestion des adventices, tels qu'ils sont mis en place, ne permettent pas de les maintenir à un niveau d'infestation satisfaisant mais aussi qu'elles peuvent avoir des stratégies de multiplication détournant les principes d'actions de ces leviers. Ainsi n'est-il pas étonnant de retrouver des espèces à multiplication végétative comme principalement problématique. Parmi les leviers mis en place, la culture pluriannuelle ressort comme le levier le plus efficace pour les expérimentateurs pour lutter contre les espèces non sensibles au labour. Aussi, ce levier n'aurait pas le même effet sur les différentes espèces classées dans cette catégorie. Le chardon y serait très bien maîtrisé mais elle n'aurait que peu d'impact sur les populations de rumex. Les modalités d'exploitation de ces cultures influenceraient également leur salissement. Dans la littérature, (Munier-Jolain *et al.*, 2012) affirme que les cultures pluriannuelles pourraient favoriser le développement de certaines adventices capables de repartir après une fauche. Le constat des expérimentateurs est qu'outre certaines vivaces comme le rumex ayant cette aptitude, les fauches tardives de cultures pluriannuelles telle que la luzerne, peuvent entraîner la grenaison de certaines espèces de graminées comme les vulpins en plus d'avoir un impact limité sur les ray-grass ayant cette aptitude. Les leviers sont donc plus efficaces sur certaines espèces que sur d'autres suivant les caractéristiques des espèces. Les espèces dites « vivaces » comme le chardon ou le rumex ont la capacité de pouvoir se développer toute l'année et d'avoir plusieurs modalités de multiplication, rendant complexes les stratégies de gestion à mettre en place.

Dans la littérature, on observe un intérêt des cultures sarclées afin d'épuiser l'appareil racinaire de ces espèces et d'en éviter la montée à graine (Pousset, 2003; Ronceux *et al.*, 2017). Les expérimentateurs constatent aussi cet effet mais suggèrent que cela n'est pas suffisant pour gérer ces espèces qui arrivent quand même à se développer une fois que les opérations mécaniques ne sont plus possibles. Les résultats du projet CAPABLE, traitant de la gestion de ces deux espèces en agriculture biologique, soulignent l'importance de leviers autres que ceux de la rotation pour pouvoir gérer ces espèces. Le travail du sol avec des outils à dents en interculture estivale permettant de ressortir les appareils racinaires et de les dessécher serait un levier plutôt efficace.

Le labour étant un levier souvent mis en place en agriculture biologique pour gérer les adventices (mais pas que), il est logique de retrouver les espèces « non sensibles » au labour problématiques. Outre les vivaces précédemment évoquées, la folle avoine pose également problème. Les stocks grainiers trouvant annuellement les conditions nécessaires à son développement. La rotation a donc un poids important pour gérer cette adventice. Ayant une période de germination située entre février et mai, l'alternance des cultures avec des fenêtres d'intervention au printemps permettrait, selon les expérimentateurs de bien gérer cette adventice mais cela ne se ressent pas au classement car les autres espèces de cette catégorie sont peu sensibles à ce levier et la satisfaction du levier est donc principalement évaluée à partir de ces espèces.

6.1.2. Divergence entre hiérarchisation, satisfactions exprimées et relevés d'adventices

Sur certains leviers, des divergences ont été observées entre leur classement hiérarchique et les satisfactions qui en ont été émises. Le premier en question est la couverture permanente des sols mise en place à Thorigné. Classé comme principal levier rotationnel de gestion des adventices, les expérimentateurs n'en sont pas du tout satisfaits pour gérer les vivaces et les graminées. Ce levier est mis en place sur une rotation en TCS et sur un site où la pression adventice est forte. L'espèce pluriannuelle associée est le trèfle blanc nain, mis en évidence pour sa capacité à maintenir une pression adventice limitée (Amosse et al., 2013). Les expérimentateurs ne sont donc peut être pas satisfaits de l'efficacité de ce levier sur ce site dans ses conditions de mise en place mais le considèrent comme le levier le plus important dans le système sans labour testé.

Dans la hiérarchisation, tous les leviers à action pluriannuelle se retrouvent dans le haut du classement. Sur les satisfactions, les deux leviers permettant au mieux une maîtrise globale des adventices sont la culture pluriannuelle et la culture sarclée. L'effet pluriannuel de l'introduction d'une culture sarclée n'a pas été mis en évidence statistiquement dans cette étude mais la maîtrise du salissement au sein de ces cultures est généralement bien réussie. L'action mécanique permet de perturber le développement de toutes les espèces d'adventices, même vivaces (Pousset, 2003). La culture pluriannuelle aurait un effet long terme dans la gestion des adventices (Munier-Jolain et al., 2012) mais nous n'avons pas pu le mettre en évidence sur le seul site pour lequel nous avons assez de données. Les expérimentateurs du site analysé statistiquement remarquent en revanche que la rotation la moins sale testée sur le site est celle mettant en place une culture pluriannuelle.

La diversité des espèces cultivées et l'alternance des périodes de semis sont également bien positionnées dans la hiérarchie. Isoler leur effet par rapport aux autres pratiques est compliqué. Diversifier le nombre d'espèce dans la rotation permettrait de diminuer le stock d'adventices (Teasdale et al., 2004) et le nombre d'adventices au semis de la culture (Rodriguez, 2004). Alternier deux cultures de printemps et deux cultures d'hiver offrirait une meilleure gestion des adventices que l'alternance annuelle de ces cultures (Anderson, 2010), même si la réussite de l'alternance dépend du contexte. L'analyse statistique de ces leviers n'a pas permis de juger de leur efficacité. Les modalités qui ressortent dépendent d'un effet site prononcé.

Nous basant uniquement sur trois sites par rapport aux huit interrogés pour analyser les données des relevés d'adventices, nous perdons en information par rapport à ce qu'aurait donné une analyse de tous les sites. Les trois sites étudiés se situent dans des contextes pédoclimatiques bien différents et ont donc leurs caractéristiques propres. Les regrouper afin de comparer les résultats et donc risqué et permet uniquement de dégager des tendances. Nous avons constaté dans les résultats ce fort effet site. Le site de Thorigné ressort particulièrement. Son influence sur les résultats peut être expliqué par un nombre de rotation testé représentant plus de la moitié du total (5/8) et une forte pression d'adventice ressortant par rapport aux deux autres sites. Il faut donc être vigilant sur les résultats comme par exemple pour l'alternance des périodes de semis pour laquelle les trois alternances ressortant significativement supérieures en pression adventice sont celles pratiquées sur ce site. Il en est de même pour la diversité des espèces cultivées. C'est pourquoi, lorsque nous avons assez de données, il est intéressant de regarder les effets site par site.

Les satisfactions exprimées permettent de bien nuancer la hiérarchisation qui a été effectuée. Lors de celle-ci, la priorité a été donnée à des leviers ayant une portée pluriannuelle. Cela ne signifie pas pour autant que les leviers annuels sont à négliger car certains permettent une bonne maîtrise des adventices en culture. Leur efficacité est ponctuelle mais nécessaire dans la combinaison de levier mise en place. Les leviers curatifs ne sont efficaces que si des leviers préventifs sont mis en place (Bàrberi, 2002).

6.2. Cultures sarclées et associations de cultures, deux leviers d'atténuation en culture efficaces

Malgré une sixième position dans la hiérarchie des leviers, les expérimentateurs sont plutôt satisfaits de l'efficacité des cultures sarclées dans la gestion des adventices. Ils sont en revanche moins satisfaits des associations de cultures pour cet objectif. L'analyse de la base de données mène pourtant à une conclusion similaire pour ces deux leviers. Ces cultures sont soumises à une pression adventice moins importante que les autres même si leur réussite ne conditionne pas le salissement dans la culture suivante. Au sein des cultures sarclées, tous les indicateurs de pression adventice (biomasse, densité, indice de Shannon et de Piélou) ressortent inférieurs aux cultures précédentes et suivantes en pur. Pour les cultures associées, seulement la biomasse d'adventice est impactée mais les densités ne sont pas significativement différentes. Dans la littérature, associer une légumineuse à une céréale permettrait de maintenir un niveau de pression similaire à une céréale en pur (Lundkvist et al., 2008). Sur le site de Kerguéhennec, les associations d'hiver (triticale/pois, blé/féverole) possèdent même des biomasses inférieures aux cultures d'hiver en pur (triticale, avoine). Le positionnement d'une association à la suite d'une culture sarclée sur ce site offre une bonne performance de gestion des adventices sur ce site. Sur le site de Thorigné, l'association pratiquée est uniquement de printemps (pois/orge), ne permettant pas de savoir s'il y a une différence significative pour les indicateurs due à l'association ou si la saisonnalité de l'association en est responsable. A Corbas, la différence entre les cultures d'hiver associées et non associées n'est pas significative. L'analyse de la base de données a permis de confirmer la tendance tirée des satisfactions. Les cultures sarclées de printemps permettent une bonne gestion sur la grande majorité des sites et l'efficacité des associations de cultures est variable selon les sites et ne joue que sur la biomasse d'adventices en culture.

6.3. Place des autres leviers de gestion des adventices

La rotation est un sujet large et nous l'avons déclinée en plusieurs leviers selon ce que nous avons identifié dans la littérature. Lors des entretiens, certains expérimentateurs éprouvaient quelques difficultés à distinguer l'effet d'un de ces leviers par rapport aux autres. En effet, diversifier les espèces cultivées sous-entend diversifier les périodes d'implantation mais peut aussi signifier introduire une culture pluriannuelle, une culture sarclée ou des couverts végétaux par exemple. Nous avons donc laissé les expérimentateurs s'approprier chaque levier avant d'exprimer leur satisfaction. Certes les leviers identifiés agissent sur différents aspects de la phénologie des adventices mais certains sont indissociables les uns des autres.

Suivant la définition que nous avons donné à la rotation pour ce sujet, nous nous sommes uniquement intéressés au choix des cultures et de leur alternance dans le système sans considérer les opérations techniques et les choix réalisés dans la stratégie de gestion des adventices. La littérature identifie par exemple le choix variétal, de la date et de la densité de semis (Cosser *et al.*, 1997; Rasmussen, 2008) afin de gérer les adventices. Si lors des entretiens les expérimentateurs ont pris en compte ces paramètres afin d'émettre une

satisfaction d'un levier, nous nous sommes affranchis de ceux-ci lors de l'analyse de la base de données.

Pour illustrer cette dépendance, nous avons comparé la pression adventice dans les rotations utilisant le labour et celles en TCS. Les rotations n'utilisant pas le labour seraient sujettes à une plus forte pression adventice (Hofmeijer et al., 2019). Sur le réseau, cela est particulièrement visibles sur les graminées qui y sont particulièrement problématiques. Cela reflète la complexité d'isoler l'efficacité d'un levier dans une combinaison

En somme, la hiérarchisation effectuée par les expérimentateurs sous-entend la prise en compte des autres leviers mis en place. En effet, la satisfaction émise pour l'introduction d'une culture sarclée dans la rotation passe par la satisfaction des binages réalisés sur cette culture. La satisfaction de l'insertion d'une culture pluriannuelle prend en compte la répétition des fauches et le stade des adventices lors de ces fauches. L'alternance des périodes de semis ne réside pas uniquement dans les dates de semis des cultures mais aussi dans la diversification des périodes d'intervention sur les adventices. La diversité des espèces cultivées au sein des rotation prend aussi en compte cette diversification des périodes d'intervention mais pas que. Cela peut aussi prendre la forme d'associations de cultures ou d'insertion de cultures allélopathiques en culture principale ou en couvert végétal (ex : sarrasin, seigle...). La satisfaction de la capacité des couverts végétaux à maîtriser les adventices prend en compte ses modalités d'implantation, d'exploitation et de destruction.

6.4. Perspectives

Dans le cas d'une base de données plus conséquente pour laquelle nous aurions des données sur une durée de plusieurs rotations complètes pour chaque rotation testée sur les sites, il serait intéressant de ne pas s'arrêter à une observation générale des leviers mais d'essayer de regrouper les sites sur lesquels certains leviers sont efficaces afin d'explorer les conditions de réussite de ces leviers. En effet, sur certains sites, les rotations testées sont parfois supérieures à dix ans et nous avons peu de répétitions pour voir un effet long terme. Cela pourrait permettre de mettre en évidence des stratégies de gestion des adventices affinées selon différents contextes et différents objectifs des rotations mais aussi en fonction des adventices problématiques sur les rotations.

Lors des analyses, nous avons préféré enlever les modalités contenant une culture dont le potentiel allélopathique est reconnu en culture précédente ou en culture suivante car nous pouvons supposer un effet de ces cultures sur la pression adventice. Lorsque nous avons interrogé les expérimentateurs à ce sujet, peu nous confiaient avoir inséré ces cultures pour leur effet allélopathique. Certains observent un effet de ces cultures sur les adventices sans pouvoir pour autant le quantifier. Nous n'avons pas considéré ces cultures comme un levier de gestion des adventices car la majorité des cultures secrètent des exsudats capables d'avoir un effet allélopathique, qu'il soit positif ou négatif et qu'il est par conséquent difficile de remarquer des effets sur les adventices. Un des expérimentateurs nous soumettait une interrogation quant à un effet allélopathique de la luzerne porte-graine favorisant le ray-grass. En effet, sur la rotation qui est pratiquée sur ce site, le ray-grass est présent et problématique uniquement sur cette culture. Il serait intéressant, lorsque les données des sites seront plus complètes, de regarder s'il y a un effet de cultures identifiées comme allélopathiques dans la bibliographie (sarrasin, seigle ...) afin de pouvoir considérer ces choix comme un levier de gestion des adventices dans le raisonnement de la rotation.

7. Conclusion

L'étude de l'effet de la rotation sur la pression adventice en agriculture biologique a permis de mettre en évidence la complexité de la lutte contre les adventices. Certaines adventices sont particulièrement problématiques et les leviers actuellement mis en place sur les rotations ne permettent pas sur tous les sites une bonne satisfaction des expérimentateurs. La gestion des espèces non sensibles au labour pose particulièrement problème car ce levier est majoritairement utilisé pour gérer les autres adventices et permettre une bonne implantation de la culture. Là où il n'est pas pratiqué, les expérimentateurs notent une plus forte pression graminée préjudiciable sur le rendement.

Si les expérimentateurs du réseau Rot'AB mettent en avant les leviers à action pluriannuelle plus efficace à l'échelle de la rotation, l'emploi de leviers annuels n'en reste pas moins important pour gérer les adventices.

L'analyse de la base de données commune des relevés adventice n'a pas permis d'investiguer complètement cette problématique du fait d'un manque de recul sur les données et d'un effet site prononcé. Seulement trois sites ont utilisé ce même protocole durant au moins une rotation complète. Refaire ce travail dans quelques années permettrait de disposer d'une base de données plus conséquente pour analyser les leviers

Les résultats de cette analyse sont à relativiser car nous ne nous sommes pas basés sur les mêmes rotations. Chaque site teste des rotations selon leurs objectifs qui ne sont pas nécessairement en premier lieu consacrés à la maîtrise des adventices. Au sein de chaque site, cette maîtrise passe par une combinaison de leviers d'évitement, d'atténuation en culture et curatifs dont l'agencement et les conditions pédoclimatiques sont des facteurs importants de réussite. L'effet de la culture sarclée sur les adventices de la culture suivante ressort significatif à Kerguéhennec mais c'est le seul site ayant une association en culture suivante, pour laquelle nous avons montré qu'elles étaient souvent soumises à des biomasses inférieures aux cultures en pur.

En reliant les deux approches du sujet, il ressort que les leviers rotationnels d'atténuation en culture ont plutôt une portée annuelle. Même si nous n'avons pas pu mettre en évidence statistiquement l'effet des leviers ayant un impact pluriannuel, nous supposons que ce sont ceux-là qui entrent dans le raisonnement de la maîtrise des adventices au sein des rotations. Les expérimentateurs sont davantage satisfaits de ces leviers en règle générale.

Dans une perspective plus lointaine du projet, il serait intéressant d'approfondir l'efficacité de ces leviers sur plus de sites afin d'étudier les conditions de réussite de leur mise en place. Etudier un à un les leviers est complexe car le lien entre eux est indéniable. Au cours des entretiens, plusieurs expérimentateurs ont également abordé un effet allélopathique potentiel de certaines cultures qui rentre en jeu dans la gestion des adventices mais qu'ils n'ont pas forcément observé concrètement. Cet effet est difficile à mesurer et reflète la complexité de ce sujet. La combinaison des leviers fait que nous ne pouvons pas prouver duquel provient la régulation ou la prolifération des adventices et cette étude est méthodologiquement compliquée. Les dispositifs à mettre en place seraient de très grande envergure et les résultats pourraient fortement différer d'un contexte à un autre. C'est pourquoi il serait intéressant de caractériser les conditions de réussite de ces leviers selon les contextes.

Bibliographie

- Agence Bio, 2017. Repères chiffrés 2017 du bio en France. <https://www.agencebio.org/wp-content/uploads/2018/12/AgenceBio-DossierdePresseChiffres-BAT.pdf>
- Agreste, 2020. Memento 2020. https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/MemSta2020/MementoFrance%202020_V3.pdf
- Albrecht, H., 2005. Development of arable weed seedbanks during the 6 years after the change from conventional to organic farming. *Weed Res.* 45, 339–350. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2005.00472.x>
- Amosse, C., Celette, F., Jeuffroy, M.-H., David, C., 2013. Association relais blé / légumineuse fourragère en système céréalier biologique : une réponse pour le contrôle des adventices et la nutrition azotée des cultures. *Innov. Agron.* 32, 21–33.
- Anderson, R.L., 2010. A rotation design to reduce weed density in organic farming. *Renew. Agric. Food Syst.* 25, 189–195. <https://doi.org/10.1017/S1742170510000256>
- Angevin, F., Basilico, L., Denieul, C., Gaba, S., Messean, A., Pilorgé, E., Potok, S., Rodriguez, A., Vuillemin, F., 2016. Maîtriser les adventices dans de nouveaux contextes de production. *Levers techniques & retours d'expériences pour une gestion durable.*
- Bàrberi, P., 2002. Weed management in organic agriculture: Are we addressing the right issues? *Weed Res.* 42, 177–193. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2002.00277.x>
- Blanchart, E., Cabidoche, Y.M., Gautronneau, Y., Moreau, R., 2005. Les aspects spatiaux et environnementaux de l'agriculture biologique.
- Bonte, J.-B., 2010. peut-on combiner performances économiques, agronomiques et environnementales ? 67.
- Casagrande, M., David, C., Valantin-Morison, M., Jeuffroy, M.-H., 2022. Indicators of weed competition on Organic Winter Wheat.
- Casagrande, M., Joly, N., Jeuffroy, M.-H., Bouchard, C., David, C., 2012. Evidence for weed quantity as the major information gathered by organic farmers for weed management. *Agron. Sustain. Dev.* 32. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0073-6>
- 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 l'Ain, 2016. Désherbage alternatif en maraîchage : Mesures préventives. https://geco.ecophytopic.fr/documents/20182/21720/upload_00009673_pdf.pdf

Chambre d'agriculture de Seine-et-Marne, 2012. Les leviers agronomiques pour limiter la concurrence des adventices. http://www.ile-de-france.chambagri.fr/pro77/rep-agronomie/agroequipement/files/160822_FicheLeviersAgro.pdf

Cordeau, S., Dessaint, F., Deneuil, C., Bonin, L., Vuillemin, F., Delattre, M., Alain, R., Guillemain, J.-P., Chauvel, B., 2016. La nuisibilité directe des adventices en grandes cultures : quelles réponses nous apportent les essais désherbages ?

Cordeau, S., Moreau, D., 2017. Gestion des adventices au moyen des cultures intermédiaires multi-services: potentiels et limites. *Innov. Agron.* 62, 87–100.

Cosser, N.D., Gooding, M.J., Thompson, A.J., FROUD-WILLIAM, R.J., 1997. Competitive ability and tolerance of organically grown wheat cultivars to natural weed infestations. *Ann. Appl. Biol.* 130, 523–535. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1997.tb07679.x>

Creswell, Kasmad, R., 2020. Second Edition QUALITATIVE INQUIRY& RESEARCH DESIGN Choosing Among Five Approaches.

Dayoub, E., 2017. Compétitivité des légumineuses vis-à-vis des adventices : traits impliqués dans la capture précoce de l'azote minéral du sol et complémentarité des traits entre espèces dans des associations légumineuse-non légumineuse (These de doctorat). Angers.

Deytieux, V., Vivier, C., Minette, S., 2012. Expérimentation de systèmes de culture innovants : avancées méthodologiques et mise en réseau opérationnelle1. *Innov. Agron.* 49–78.

Dworkin, S.L., 2012. Sample Size Policy for Qualitative Studies Using In-Depth Interviews. *Arch. Sex. Behav.* 41, 1319–1320. <https://doi.org/10.1007/s10508-012-0016-6>

Flood, H.E., Entz, M.H., 2019. Effects of a fall rye cover crop on weeds and productivity of Phaseolus beans. *Can. J. Plant Sci.* 99, 22–33. <https://doi.org/10.1139/cjps-2018-0161>

Fontaine, L., Bonin, L., Lieven, J., Garnier, J.-F., Zaganiacz, V., Rodriguez, A., Lemarié, P., 2013. Optimiser et promouvoir le désherbage mécanique en grandes cultures. *Innov. Agron.* 28, 113.

Fontaine, L., Celette, F., cordeau, S., Metais, 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. *Innov. Agron.* 71, 295–309. <https://doi.org/10.15454/8lpmxj>

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. *Front. Sustain. Food Syst.* 4, 71. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00071>

Guillemette, F., 2006. L'approche de la Grounded Theory; pour innover? undefined.

Hofmeijer, M., Krauss, M., Berner, A., Peigné, J., Mäder, P., Armengot, L., 2019. Effects of Reduced Tillage on Weed Pressure, Nitrogen Availability and Winter Wheat Yields under Organic Management. *Agronomy* 9, 180. <https://doi.org/10.3390/agronomy9040180>

Joannidès, V., Berland, N., 2008. Grounded theory: what uses in management accounting research? *Comptab. Controle Audit* 14, 141–162.

Lawley, Y., Teasdale, J., Weil, R., 2012. The Mechanism for Weed Suppression by a Forage Radish Cover Crop. *Agron J* 104, 205–214. <https://doi.org/10.2134/agronj2011.0128>

Lundkvist, A., Salomonsson, L., Karlsson, L., Gustavsson, A.-M.D., 2008. Effects of organic farming on weed flora composition in a long term perspective. *Eur. J. Agron.* 28, 570–578. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.01.001>

Métais, P., Vuillemin, F., 2019. Effet de la stratégie de gestion de l'interculture sur la régulation des adventices 2019, 6.

Morison, M., Guichard, L., Jeuffroy, M.-H., 2008. Comment maîtriser la flore adventice des grandes cultures à travers les éléments de l'itinéraire technique ? *Innov. Agron.* 3, 27–41.

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. *Innov. Agron.* 22, 71–84.

Naylor, R., Beveridge, L., 1999. Options for organic weed control – what growers do.

Naylor, R.E.L. (Ed.), 2002. *Weed management handbook*, 9. ed. ed. Blackwell Science [u.a.], Oxford.

Petit, S., Labruyère, S., Trichard, A., Ricci, B., Bohan, D., 2015. Gestion territoriale des adventices : effets des propriétés du paysage sur les communautés adventices et sur leur régulation par les carabidae. *Innov. Agron.* 43, 71.

Pousset, J., 2003. *Agricultures sans herbicides*. France Agricole Editions.

Rasmussen, 2008. Barley seed vigour and mechanical weed control. *Weed Res.* 40, 219–230. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2000.00184.x>

Rasmussen, I., 2004. The effect of sowing date, stale seedbed, row width and mechanical weed control on weeds and yields of organic winter wheat. *Weed Res.* 44, 12–20. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2003.00367.x>

- Richard, B., 2012. Analyse des interactions dynamiques entre le développement de la plante hôte, l'architecture du couvert et le développement d'une épidémie de maladie fongique aérienne : cas du pathosystème pois/ascochytose. (phdthesis). Agrocampus - Ecole nationale supérieure d'agronomie de rennes.
- Rodriguez, A., 2004. Le contrôle de la flore adventice en grandes cultures biologiques. Première partie : connaître la biologie des adventices pour mieux les gérer. *Alter Agri* 4–7.
- Ronceux, A., Favrelière, E., Meynard, J.-M., Beaudoin, N., 2017. Article_Agri-Bio_v11.pdf. *Agri-Bio*.
- San Martín, C., Long, D.S., Gourlie, J.A., Barroso, J., 2019. Spring crops in three year rotations reduce weed pressure in winter wheat. *Field Crops Res.* 233, 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.12.017>
- Sebillotte, M., 1990. Systeme de culture, un concept operatoire pour les agronomes. INRA.
- Teasdale, J.R., Mangum, R.W., Radhakrishnan, J., Cavigelli, M.A., 2004. Weed Seedbank Dynamics in Three Organic Farming Crop Rotations. *Agron. J.* 96, 1429–1435. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.1429>
- Toupet de Cordoue, A.L., Metais, P., Vacher, C., 2018. La maîtrise des adventices varie selon la stratégie mise en place [WWW Document]. Arvlis-Infosfr. URL <https://www.arvalis-infos.fr/la-ma-trise-des-adventices-varie-selon-la-strategie-mise-en-place-@/view-27904-arvarticle.html>
- Wichrowska, D., Jaskulski, D., 2014. Effect of organic and mineral fertilization and soil fertilizer on the weed infestation of potato plantation.
- Wirth, J., Gfeller, A., 2017. Les Cultures intermédiaires allélopathiques: un moyen de lutte contre les adventices ?
- Woźniak, A., 2019. Effect of Crop Rotation and Cereal Monoculture on the Yield and Quality of Winter Wheat Grain and on Crop Infestation with Weeds and Soil Properties. *Int. J. Plant Prod.* 13, 177–182. <https://doi.org/10.1007/s42106-019-00044-w>
- Yin, R.K., 2003. Case study research: design and methods. Sage Publications, Thousand Oaks, Calif.
- Yin, R.K., 1981. The Case Study Crisis: Some Answers. *Adm. Sci. Q.* 26, 58–65. <https://doi.org/10.2307/2392599>
- Zainal, Z., 2007. Case study as a research method. *J. Kemanus.* 9.

Zaller, J.G., 2004. Ecology and non-chemical control of *Rumex crispus* and *R. obtusifolius* (Polygonaceae): a review. *Weed Res.* 44, 414–432. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2004.00416.x>

Annexe 1 : Description détaillée des systèmes en grandes cultures sans élevage participant au projet Made in AB

Sites	Contexte pédo-climatique	Année de démarrage et avancement	Objectifs et cadres de contraintes	Systèmes testés	Méthodologie suivie	Observations, mesures, analyses	Indicateurs renseignés	Saisie des données
Archigny Vienne (86). T. Quirin, (CA 86 – FRAB Nouvelle Aquitaine)	Sols limono-sableux lessivés, battants, calcaireux. GC sans élevage.	2006 (démarrage) 2018 <i>En reconception</i> : rotation courte et avec celle limitation du labour	<i>Objectif</i> : Evaluer la durabilité d'un système de GC bio sans apport d'effluents d'élevage. <i>Contrainte</i> : Limiter le recours au labour en maintenant la pression adventice à un niveau acceptable.	Systèmes envisagés : évaluer l'alternance des cycles de cultures : annuelle (1 printemps / 1 hiver) vs biennale (2 printemps / 2 hiver) voire triennale, insertion d'associations céréales-protéagineux	14 ha dont 2,5 ha de bandes enherbées et fleurs. Suivi sans répétition.	Cultures : composantes du rendement, qualité, N. Bio-agresseurs : adventices, maladies, ravageurs Biodiversité : auxiliaires. Sol : fertilité (dont N) ITK enregistrés	Agromonomiques économiques. Suivis auxiliaires.	Enregistre ment sous logiciel pr@tic (CA 86)
Boigneville	Sols limono-argileux peu calcaire, de 30 à 90 cm de profondeur	2008	Tester la faisabilité et évaluer les performances d'un système de grandes cultures biologiques autonome en azote (grâce aux légumineuses) sans apport de fertilisants azotés extérieurs	1 système : Rotation de 8 ans : Luzerne (2 ans) - Blé tendre d'hiver 1 - Blé tendre d'hiver 2 - Lin oléagineux de printemps 1 - Fève/voile d'hiver - Blé tendre 3 - Orge de printemps 2.	Environ 5 ha. 1 système de culture testé, avec tous les termes de la rotation présents tous les ans	Cultures : stades-clés, composantes de rendement clés, teneur en azote Maladies et ravageurs : observations de type Tour de plaine (arrivée, pression) Adventices : note de satisfaction du désherbage Sol : reliquats azotés	Indicateurs agromonomiques (rendement, qualité, satisfaction de désherbage, fertilité chimique du sol), économiques (tous les postes composant la marge nette, par culture et pour le système, coûts de production), environnementaux (consommation d'énergie et de GES)	Système + fichiers excel
Contle Sartre (72) F. Letailleur (CRA Pdl)	limono-argileux	prévu en 2018 (début septembre) nouveau	Objectif : à définir par le groupe d'agriculteurs pilotes travail de co-conception en cours	systèmes à définir par le groupe d'agriculteurs pilotes travail de co-conception en cours	méthodologie à définir dans le cadre d'un stage 6 mois ingénieur en cours	observations, mesures et analyses à définir dans le cadre d'un stage 6 mois ingénieur en cours	indicateurs à définir dans le cadre d'un stage 6 mois ingénieur en cours	A priori excel et Système
Corbas Rhône (69) F. Celette, T. Lhuillier, J. Peigné, A. Roume & JF Vian (ISARA-Lyon)	Sol limono-sableux à faible RU, climat continental-océanique dégradé, (irrigation possible)	2012 <i>En routine</i> avec possible évolution à la marge	<i>Objectif</i> : évaluer la durabilité de 2 systèmes de GC bio pour améliorer l'autonomie en intrants des systèmes sans élevage. <i>Contraintes</i> : premier système construit sur le principe de la diversification des cultures et le deuxième sur la conservation des sols et l'amélioration de la fertilité.	Systèmes en grandes cultures spécialisés : systèmes fertilité et système diversité	Suivi longue durée. Essai système mis en place sur parcelles de grande taille. Répétitions en blocs. 2 cultures de chaque système implantées chaque année	Cultures : suivi cultures et couverts Bio-agresseurs : adventices, maladies (à prévoir), ravageurs principaux (limaces) Biodiversité : macrofaune du sol (carabes, vers de terre) Sol : analyse sol (N, P, K), structure ITK enregistrés	Batteries d'indicateurs agromonomiques (culture, couvert, adventices, maladies, fertilité sol, biodiversité ?), éco., temps de travaux, itk, évaluation multicritère via MASC	Excel (+Système ?)

Sites	Contexte pédo-climatique	Année de démarrage et avancement	Objectifs et cadres de contraintes	Systèmes testés	Méthodologie suivie	Observations, mesures, analyses	Indicateurs renseignés	Saisie des données
Dunière Drôme (26) J Champion (CA26) & T Ray (Arvallis)	Sol limono-argilo-sableux calcaire profond. GC sans élevage.	1999 <i>En routine</i> , mais nouvelle rotation en 2018	<i>Objectif</i> : Mettre au point un système de GC bio sans effluent d'élevage viable économiquement. et agronomiquement. <i>Contrainte</i> : suivi de l'évolution de la fertilité du sol, en particulier gestion du P	Comparaison rotation 5 ans avec légumineuses à rotation courte avec effluents avicoles. Apport P depuis 2006 sur une moitié de la parcelle.	3,5 ha, toutes les cultures de la rotation sont présentes chaque année. parcelles coupées en 2 nord-sud ; pas d'apport de P au nord, apport systématique (annuel) au sud + apport de bactéries rhizosphériques sur la moitié ouest de chaque parcelle	<i>Cultures</i> : composantes du rendement et qualité <i>Bio-agresseurs</i> : maladies, ravageurs, adventices, <i>Biodiversité</i> : auxiliaires <i>Sol</i> : fertilité du sol (physico-chimique, MO...) <i>ITK</i> enregistrés	Indicateurs agronomiques et économiques (marges brutes et nettes, coût de production, temps de travail)	Système
Kerguénennec Bignan (56) A. Dupont (CRA Bretagne)	Sol limoneux moyennement profond. Climat océanique.	2012 <i>En cours d'évolution (ateliers de co-conception)</i>	<i>Evaluer les performances et la faisabilité d'un système de culture sans pérenne et avec un seul apport de déjection en 6 ans.</i>	1 SdC avec une rotation de 6 ans : Fév P/Couvert court/Triticale/Couvert long/Mais G/Ble-fèverole/Couvert long/Sarasin/Triticale-pois/Couvert long	4,5 ha avec 6 bandes (tous les termes de la rotation présents chaque année)	<i>Cultures</i> : composantes de rendement et teneurs NPK <i>Bio-agresseurs</i> : adventices (densités et biomasses) ; maladies et ravageurs (suivis type BSV) <i>Sol</i> : point 0 et point fin de rotation, reliquats à 3 dates	Indicateurs économiques (MSN), social (nombre d'interventions, temps de travail, ...) et environnement (carburant, énergie, pertes d'azote) et agronomiques (rendements, enherbement, ...)	Excel et Agrosyst
La Hourre Auch, Gers (32) E. Burel (CREAB)	Coteaux argilo-calcaire, moyennement profonds, sans irrigation.	2002 <i>En routine</i> , mais modifié en 2015	<i>Objectifs</i> : (1) maintien de la fertilité, (2) la rentabilité, et (3) diminuer la pression des bio-agresseurs <i>Contrainte</i> : sans élevage	Système de grandes cultures sans élevage, avec deux rotations	Suivi sans répétitions sur différents types de sol (texture et profondeur)	<i>Cultures</i> : analyses plantes (BM, N et P <i>et P</i> : étude pédologique, caractérisation de 12 zones références, N minéral (bi à tri annuel) ; C et N organique + base échangeable (tous les 5 ans) <i>ITK</i> enregistrés	Approche technico-économique (ind. Eco et agro) +indicateurs agronomique (INN, INP, évolution stock et composition MO)	excel
La Saussaye Eure-et-Loir (28). M Le Bras (CA28) et B Pontier	Beauce (Eure et loir) limon argileux profonds. en grandes cultures sans élevage.	2010 <i>En routine</i>	<i>Objectif</i> : Evaluer la durabilité de 2 systèmes de GC bio dont l'un est autonome en apports azotés <i>Contraintes</i> : maintien du potentiel agronomique (adventices et fertilité du sol), rentabilité, débouché en alimentation humaine, préserver la qualité de l'eau, mobiliser les nouvelles technologies.	Comparaison longue durée en AB d'un système autonome (pas ou peu d'intrants) avec un système plus intensif (intrants et travail non limitant)	Pas de répétition, suivi longue durée sur 2 parcelles homogènes (taille agriculteur (8,5 et 7,5 ha) -> rotation prévue sur 10 ans	<i>Cultures</i> : analyse des récoltes <i>Bio-agresseurs</i> : adventices <i>Sol</i> : analyses et cartographie des sols existante (point zéro réalisé en 2010). Analyses de sols (fond et N) Fertilisation, analyse matières organiques apportées <i>ITK</i> enregistrés	panel d'indicateurs agro/eco/sociaux	Excel et Système

Annexe 1 bis : Description détaillée des systèmes en grandes cultures avec élevage participant au projet Made in AB

Sites	Contexte pédo-climatique	Année de démarrage et avancement	Objectifs et cadres de contraintes	Systèmes testés	Méthodologie suivie	Observations, mesures, analyses	Indicateurs renseignés	Saisie des données
Mauguio Hérault (34) D.Desclaux, D. Plavene, D. Mézière (INRA) E. Kazakou (Montpellier Supagro)	Zone méditerranéenne – Sols agrofforestière érodés, peu riches en MOrg-pb système bio-disponibilité du P	2009 <i>En reconception :</i> En agrofforestière depuis 2014 (GC et oliviers) et autre système agrofforestier prévu d'ici 2020 (arbres et GC)	<i>Objectif :</i> Identifier les espèces et variétés de grandes cultures les plus adaptées à l'agroforesterie. Etudier les interactions arbres x grandes cultures. <i>Contraintes :</i> zéro intrants, zéro irrigation, gestion des adventices par choix espèces, rotations, désherbage mécanique.	Comparaison de 3 systèmes : agrofforestier (olivier et GC), forestier (olivier) et associé (GC) : rotation annuelle céréale/légumineuse.	Suivi de variétés céréales et légumineuses (structures variétales diverses : lignes pures / populations/ mélanges variétaux) Suivi cultures associées : céréales/lég.	<i>Cultures :</i> rdt et composantes et qualité. <i>Bio-agresseurs :</i> adventices, maladies, ravageurs, <i>Sol :</i> Cartographie des sols existante - Point zéro réalisé en 2009 – analyses physico-chimiques <i>ITK enregistrés</i>	Indicateurs agronomiques (rendement, qualité), économiques (marges nettes), semi environnementaux (microclimat, humidité sol, pression bioagresseurs)	Excel, prévu à terme sur Base de données (SIG)
TAB d'Etiole-sur-Rhône (26) L. Castel (CA 26)	Sablo-limoneux	2013 <i>En reconception</i>	<i>Objectif :</i> Evaluer la durabilité de 2 systèmes biologiques, l'un en agrofforestière fruitière, l'autre en grandes cultures pures. <i>Contrainte :</i> niveau d'association (un système en agrofforestière)	1 dispositif expérimental composé d'un système multi-espèces (agrofforestiers) et de son système témoin (grandes cultures pures, rotation identique au système multi-espèces).	Tous les termes de la rotation présents chaque année Pas de répétition. En station expérimentale: Approche système évaluation multi-critère performances économiques, sociales, environnementales (et agronomique)	<i>Cultures :</i> rendement parcelle et cœur de parcelle + PMG + taux de protéines, taux de NPK/Mg exporté <i>Bio-agresseurs :</i> adventices (densité), maladies et ravageurs (qualitatif et comptage des principaux) <i>Biodiversité :</i> auxiliaires (oiseaux, carabes, araignées, pollinisateurs) <i>Sol :</i> cartographie résistivité, analyses physico-chimiques, biomasse fractionnement MO <i>ITK enregistrés</i>	Analyse des performances pluri-annuelles agronomiques (e.g. rendement et qualité de la production, dégâts, IFT), économiques (e.g. marges brutes et nettes), sociales (e.g. temps de travaux, pénibilité) et environnementales (e.g. oiseaux, flore) :	Agrosyst
Thorigné d'Anjou Thorigné d'Anjou (49) F. Boissinot (CRA Pdl), V. Riou (CA 49), J. Fortin	Limons sableux moyennement profond. Zone de bocage.	2012 <i>En reconception,</i> prévue en 2017	<i>Objectif</i> actuel : ' tester le potentiel des légumineuses pour substituer les apports d'engrais organiques extérieurs. A revoir en fonction de l'issue de la reconception	Système céréalière sans élevage. Déterminer l'impact de l'introduction optimisée de légumineuses (pluriannuelles ou non) dans une rotation céréalière bio, et de la durée de la rotation : 5 rotations différentes (3-6-9 ans),	Dispositif 3 blocs. 1 bloc = 5 bandes de 18 m* 80 m = 5 rotations à tester 1 seul terme de la rotation chaque année, 3 répétitions, échelle petite parcelle	<i>Cultures :</i> Teneurs N P K, composantes du rdt et qualité des récoltes (MAT, N,P,K, valeurs alimentaires), <i>Bio-agresseurs :</i> évolution flore adventice, maladies, ravageurs <i>Sol :</i> Cartographie des sols en 2010. Point 0 en 2011. Evolution N,P, K, Ca, C/N du sol, fertilité <i>ITK enregistrés</i>	Indicateurs calculés dans Système multicritères) (analyse multicritères) Efficience utilisation de l'azote atmosphérique + Suivi approfondi sur l'azote	Excel + Système

Annexe 2 : Questionnaire aux techniciens des plateformes d'essai

Ce questionnaire s'adresse aux expérimentateurs du réseau Rot'AB. Le retour d'expérience demandé lors de cet entretien concerne UNIQUEMENT le site de l'essai et les rotations qui y sont mises en place. Afin de ne pas passer à côté d'une information importante, m'autorisez-vous à enregistrer cet entretien ?

Avant d'entrer en détail dans l'étude des rotations mises en place, nous allons nous concentrer quelques instants sur quelques généralités sur l'essai qui est mené.

Généralités sur l'essai

1. Pouvez-vous m'expliquer le contexte de mise en place de cet essai, les étapes de sa construction et son évolution jusqu'à son état actuel du point de vue des objectifs poursuivis ?

- Qui a construit cet essai ?
- A présent, qui gère l'essai ? qui le pilote ?
- Pourquoi cet essai a-t-il été mis en place ?
- A qui les résultats sont-ils destinés ?
- Depuis quand suivez-vous cet essai ?

2. Quelle méthodologie a été employée ?

Quelle est la nature de l'essai sur lequel les rotations sont mises en place ?

Tous les termes sont-ils présents tous les ans ?

Y-a-t-il répétition des modalités ?

3. CONTEXTE PEDOCLIMATIQUE (Reformuler ce qui est connu pour vérification)

A SAVOIR : Climat, TYPE DE SOL, pH, Hydromorphe ?, Richesse en MO ?

4. Quelles sont les 10 espèces d'adventices les plus problématiques sur l'essai ?

Les rotations et leur raisonnement

L'étude des rotations va se dérouler en plusieurs parties. Dans un premier temps, nous allons reprendre ensemble la logique de construction des rotations mises en place et leur adaptabilité aux aléas. Dans un second temps, à partir des clés de la rotation que j'ai identifiées pour la maîtrise des adventices, je vous questionnerai sur votre satisfaction vis-à-vis de ces leviers ainsi que les clés de réussite et les limites de ces leviers.

5. Quelle est la durée de la rotation ?

6. Quel cadre de contraintes vous êtes-vous fixé dans le raisonnement de la rotation ? Les contraintes que l'on se fixe dans la rotation peuvent avoir une influence sur la flore adventice présente ainsi que sur la biomasse totale des adventices.

- Dans quel système d'exploitation êtes-vous ?
 - ☐ Avec élevage et pâturage possible
 - ☐ Avec élevage sans pâturage possible
 - ☐ Sans élevage
- Avez-vous la possibilité d'irriguer les parcelles ?
 - ☐ Oui
 - ☐ Non

- Comment la fertilisation est-elle raisonnée ?
 - ☐ Autonomie des systèmes
 - ☐ Utilisation d'effluents d'élevage
 - ☐ Utilisation de produits commerciaux
- Avez-vous une stratégie particulière liée au travail du sol ? Si oui, laquelle ?
 - ☐ Labour Systématique
 - ☐ Labour occasionnel
 - ☐ Non labour
 - ☐ TCS
 - ☐ Semis direct
- Utilisez-vous des semences fermières ?
 - ☐ Oui
 - ☐ Non
- Autres contraintes ?
Ces contraintes ont-elles entraîné le développement d'une flore adventice particulière ?

La priorisation de la maîtrise des adventices dans la construction de la rotation va influencer sur l'intensité des stratégies mises en place. Les seuils de tolérance vis-à-vis des adventices ne devraient pas être les mêmes selon les objectifs principaux des rotations.

7. Au moment de la construction de la rotation,

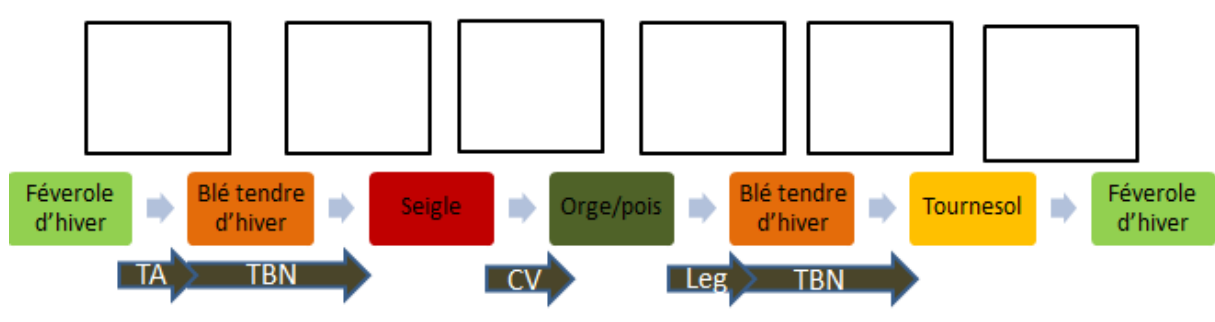
- **Quelles étaient les priorités d'actions que vous vous étiez donné ?**
- **Quel ordre de priorité avait la maîtrise des adventices ?**
 - ☐ Prioritaire
 - ☐ Secondaire
 - ☐ Tertiaire
- **Aviez-vous prévu une gestion particulière des adventices vivaces par rapport aux annuelles ?**
 - ☐ Oui
 - ☐ Non

Nous allons maintenant reprendre la rotation initialement construite afin de comprendre les logiques de succession des cultures.

8. Pour quelles raisons avez-vous fait succéder ces espèces cultivées ?

Le but est de comprendre la fréquence de prise en compte des adventices dans ces choix. Quelle différence entre les rotations ayant pour priorité la lutte adventice de celle pour qui c'est secondaire ou tertiaire ?

Ex : Thorigné R2



9. Quelle sont la ou les cultures les plus sensibles au salissement au sein de la rotation de votre système? *Si la combinaison de leviers utilisée pour maîtriser les adventices dans la culture la plus sensible est efficace, nous devrions avoir une bonne satisfaction globale du salissement de la rotation.*

Quels leviers y sont mis en place pour maîtriser la pression adventice ?

Aujourd'hui, comment évalueriez-vous l'efficacité des leviers mis en place pour y gérer les adventices ?

	Pas du tout satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Générale				

10. Quelle est la stratégie d'utilisation des leviers mécaniques de gestion des adventices? Dans quelle mesure celle-ci peut-elle être réalisée ?

En fonction de l'intensité et des stratégies d'intervention mécaniques, la satisfaction des leviers ne sera pas la même. Une parcelle moyennement infestée sans intervention mécanique devrait avoir une note de satisfaction plus importante qu'une parcelle autant infestée ayant reçu 4 binages.

Labour :

Reprendre la fréquence des labours sur la rotation pour confirmation

- ☐ Systématique
- ☐ Fréquent (Un an sur deux)
- ☐ Occasionnel (Tous les trois ans ou plus)
- ☐ En ultime recours
- ☐ Jamais

Quelle(s) limite(s) de passage identifiez-vous à cette technique par rapport au système mis en place et au contexte pédoclimatique ?

Comment évalueriez-vous la capacité du labour à gérer les adventices au sein de votre rotation ?

	Pas du tout satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Générale				
Dicotylédones				
Graminées				
Vivaces				

Faux-semis : Def : Pratique consistant à travailler superficiellement le sol pour créer des conditions favorables de germination des adventices afin de les détruire une fois qu'elles ont germé.

Reprendre la fréquence. (Un déchaumage n'est pas forcément un faux-semis)

- ☐ Systématique
- ☐ Fréquent (Un an sur deux)
- ☐ Occasionnel (Tous les trois ans ou plus)
- ☐ Jamais

A quelle(s) profondeur(s) effectuez-vous ces faux semis ?

Avec quels outils ?

Quelle(s) limite(s) de passage identifiez-vous à cette technique par rapport au système mis en place et au contexte pédoclimatique ?

Comment évalueriez-vous la capacité des faux-semis à gérer les adventices au sein de votre rotation ?

	Pas du tout satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Générale				
Dicotylédones				
Graminées				
Vivaces				

Quelle intensité de désherbage mécanique est mise en place sur la rotation ?

- ☐ Faible
- ☐ Moyenne
- ☐ Forte

Quelles cultures sont binées ?

A quelle fréquence retrouve-t-on des cultures binées sur la rotation ?

Quelle(s) limite(s) de passage identifiez-vous à cette technique par rapport au système mis en place et au contexte pédoclimatique ?

Comment évalueriez-vous la capacité du désherbage mécanique à gérer les adventices au sein de votre rotation ?

	Pas du tout satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Générale				
Dicotylédones				
Graminées				
Vivaces				

Sur la durée de la rotation, combien d'écimages sont-ils prévus ?

- ☐ 0
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3 ou plus

Si > 0, sur quelles cultures sont prévus ces écimages ?

Si l'opération n'est pas planifiée, est-elle possible sur la rotation ? Quelles (autres) cultures peuvent être écimées ?

L'écimeuse utilisée est-elle équipée d'un bac de récupération des graines d'adventices ?

Quels sont les critères de décision pris en compte dans le déclenchement de ces opérations ?

Quelle(s) limite(s) de passage identifiez-vous à cette technique par rapport au système mis en place et au contexte ?

Comment évalueriez-vous la capacité de l'écimage à gérer les adventices au sein de votre rotation ?

	Pas du tout satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Générale				
Dicotylédones				
Graminées				
Vivaces				

11. Quelle serait, selon vos objectifs, la définition d'une pression adventice satisfaisante ?

En lien avec les questions 5 et 10, quelle acceptation du salissement en fonction de la stratégie mise en place ?

Parcelle indemne d'adventices (malgré quelques dicots non envahissantes)

Pression adventice inférieure au seuil de nuisibilité (-5% rdt) pour chaque espèce.

Pression adventice entraînant une perte de rendement inférieure à 10 %

Pression adventice entraînant une perte de rendement inférieure à 20%

	Plantes/m ² pour une Perte de Rendement de	
	5%	20%
Folle avoine	1 - 5	15 - 20
Ray - grass	10 - 30	50 - 120
Chardon Marie	0.1 - 0.2	1
Gaillet	1 - 5	15 - 20
Coquelicot	10 - 30	50 - 120
Moutarde	5 - 10	25 - 30
Véroniques	50 - 60	200
Stellaire	50 - 60	200
Chardon	1 - 5	10

12. Quels évènements ont marqué la rotation, entraînant des changements au sein de celle-ci ou des opérations non-prévues initialement ?

A cause de la pression adventice ?

Si oui :

Dans quelle culture ?

Quels ont été les critères de décision pris en compte lors de ces changements ?

Si non :

Quel a été l'impact de ces évènements sur les populations adventices ?

13. Quelles sont les possibilités de changements ? Quelle est l'adaptabilité de la rotation aux aléas annuels ?

Aucun changement, on fait tout ce qui était prévu à l'origine	Possibilité d'intercaler une ou plusieurs opérations techniques tout en allant au terme de la culture	Possibilité d'exporter ou détruire la culture si trop forte pression adventice	Possibilité de changer un ou plusieurs termes de la rotation
---	---	--	--

Satisfaction de la rotation vis-à-vis de la maîtrise des adventices.

Parmi les leviers de la rotation permettant une régulation des adventices que j'ai identifiés, nous allons reprendre ceux que vous avez mis en place afin de montrer leur efficacité.

- ☐ Présence d'une culture pluriannuelle
- ☐ Présence d'une culture sarclée

- ☐ Couvert végétal d'interculture
- ☐ Alternance de cycle des cultures (hiver/printemps/été)
- ☐ Association de culture (ex : céréales/protéagineux, colza associé...)
- ☐ Diversité des espèces cultivées au sein de la rotation
- ☐ Couvert permanent (Espèce pluriannuelle maintenue dans la culture d'intérêt)

14. Quelle note globale attribuez-vous au salissement de la rotation

La note attribuée s'échelonne de 1 (Pas du tout satisfaisant) à 5 (Très satisfaisant). Cette note va permettre d'évaluer l'efficacité des combinaisons mises en place et de regarder si la régulation est d'autant plus importante qu'on diversifie les leviers mis en place.

	Pas du tout satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Générale				
Dicotylédones				
Graminées				
Vivaces				

15. Les paramètres de la rotation permettant de maîtriser la pression adventice vous paraissent-ils satisfaisants ? Quelles sont leurs conditions de réussite ?

Les notes données feront l'objet d'un codage de 1 (pas du tout satisfaisant) à 4 (Très satisfaisant). Pour chaque catégorie d'adventices, cela va permettre de regarder quelles combinaisons sont efficaces en fonction des sites puis ensuite lesquelles sont efficaces ou inefficaces indépendamment du site. La satisfaction du levier s'établit par rapport à une pression initiale, la pression en culture et la pression dans la culture suivante = Capacité du levier à maîtriser la pression. Nous y étudierons aussi les conditions de réussite de ces leviers ainsi que les limites d'utilisation.

Dans les tableaux, le terme vivace est utilisé pour catégoriser la satisfaction des leviers mis en place pour lutter contre les chardons, rumex, pissenlits et avoine à chapelets.

☐ Diversité des espèces cultivées de la rotation

Nous avons vu dans la bibliographie que la diversification des espèces cultivées avant implantation d'un blé d'hiver entraîne une diminution de la pression adventice au sein de cette culture. De façon plus générale, nous allons regarder l'effet de la diversité des espèces cultivées sur la maîtrise des adventices. Nous allons regarder cela site par site pour ceux qui mettent en place plusieurs rotations mais aussi plus généralement sur tous les sites.

Noter la diversité (familles et espèces cultivées) au sein de la rotation

Une espèce revient-elle plusieurs fois au sein des rotations ? Quelle est sa sensibilité au salissement par rapport aux autres cultures de la rotation ?

La fréquence de retour de certaines espèces au sein des rotations est-elle, chez vous, un levier mis en place afin de gérer les adventices

Si oui, quelle en est votre satisfaction sur la rotation ?

	Pas du tout satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant

Générale				
Dicotylédones				
Graminées				
Vivaces				

Pourquoi avoir choisi ces cases ?

Commentaire libre :

☐ **Culture pluriannuelle**

L'insertion d'une culture pluriannuelle au sein d'une rotation permettrait de diminuer la pression adventice par plusieurs mécanismes : La compétition de la culture vis-à-vis des adventices mais aussi les fauches répétitives qui empêchent la montée à graine et exerce un effet dépressif sur les espèces d'adventice annuelles.

Noter la fréquence de retour de ce paramètre au sein de la rotation

De manière générale puis groupe d'adventices par groupe d'adventices, estimez-vous ce levier :

	Pas du tout satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Générale				
Dicotylédones				
Graminées				
Vivaces				

Pourquoi avoir choisi ces cases ?

Selon quelles modalités et à quelle fréquence cette culture est-elle exploitée ?

Selon vous, dans la conduite de la culture pluriannuelle,

Certaines opérations ont-elles favorisé le développement de certaines adventices ? Si oui, précisez

Quels sont les critères de réussite et d'échec de la culture pluriannuelle dans la maîtrise des adventices sur votre essai ? Pouvez-vous les classer par ordre d'importance ?

Critère 1 :
Critère 2 :
Critère 3 :
Critère 4 :

(Modalité d'exploitation ?, Répétition ?, Hauteur de fauche?)

Commentaire libre :

☐ **Culture sarclée = Culture binée**

Les cultures sarclées permettent d'avoir des stratégies de désherbage mécanique plus agressives vis-à-vis des adventices, ce qui devrait permettre de les réguler au sein des cultures. Nous allons regarder si ce levier a un impact à l'échelle pluriannuelle.

Noter la fréquence de retour de ce paramètre au sein de la rotation

De manière générale puis groupe d'adventices par groupe d'adventices, estimez-vous ce levier :

	Pas du tout satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Générale				
Dicotylédones				
Graminées				
Vivaces				

Pourquoi avoir choisi cette catégorie ?

L'efficacité de ce levier est-elle la même indépendamment de la culture considérée ? Si non, classez les cultures selon l'efficacité des binages

1
2
3
...

Selon vous, dans la conduite de ces cultures:

Certaines opérations ont-elles favorisé le développement de certaines adventices ? Si oui, précisez.

Quels sont les critères de réussite et d'échec des cultures sarclées dans la maîtrise des adventices sur votre essai ? Pouvez-vous les classer par ordre d'importance ?

Critère 1 :
Critère 2 :
Critère 3 :
Critère 4 :

(Conditions météo, Etat du sol ?...)

Commentaire libre :

☐ Couverts végétaux d'interculture

Les couverts végétaux permettraient de diminuer la pression adventice par compétition vis-à-vis des adventices mais aussi par allélopathie. Cependant, cette maîtrise serait efficace uniquement si la biomasse produite est élevée. Plusieurs sources se contredisent sur l'effet du couvert sur la culture suivante. Nous allons regarder cet aspect pluriannuel en fonction de la durée des couverts et de la biomasse produite.

☐ COUVERTS COURTS

Noter la fréquence de retour de ce paramètre au sein de la rotation

De manière générale puis groupe d'adventices par groupe d'adventices, estimez-vous ce levier

	Pas du tout satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Générale				
Dicotylédones				

Graminées				
Vivaces				

Comment ce(s) couvert(s) sont-ils exploités ?

Pourquoi avoir choisi cette catégorie ?

Selon vous, dans la conduite technique des couverts végétaux d'interculture:

Certaines opérations ont-elles favorisé le développement de certaines adventices. Si oui, précisez.

Quels sont les critères de réussite et d'échec des couverts végétaux courts dans la maîtrise des adventices sur votre essai ? Pouvez-vous les classer par ordre d'importance ?

Critère 1 :
Critère 2 :
Critère 3 :
Critère 4 :

(Durée, biomasse, modalité d'implantation et de destruction, météo) ?

Commentaire libre :

☐ COUVERTS LONGS

Noter la fréquence de retour de ce paramètre au sein de la rotation

De manière générale puis groupe d'adventices par groupe d'adventices, estimez-vous ce levier :

	Pas du tout satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Générale				
Dicotylédones				
Graminées				
Vivaces				

Comment ce(s) couvert(s) sont-ils exploités ?

Pourquoi avoir choisi cette catégorie ?

Selon vous, dans la conduite technique des couverts végétaux d'interculture:

Certaines opérations ont-elles favorisé le développement de certaines adventices. Si oui, précisez.

Quels sont les critères de réussite et d'échec des couverts végétaux longs dans la maîtrise des adventices sur votre essai ? Pouvez-vous les classer par ordre d'importance ?

Critère 1 :
Critère 2 :
Critère 3 :
Critère 4 :

(Durée, biomasse, modalité d'implantation et de destruction, météo) ?

Commentaire libre :

☐ Couverture permanente

La couverture permanente permettrait d'avoir un effet répressif sur les adventices en exerçant une compétition continue vis-à-vis de celles-ci.

Noter la fréquence de retour de ce paramètre au sein de la rotation

De manière générale puis groupe d'adventices par groupe d'adventices, estimez-vous ce levier :

	Pas du tout satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Générale				
Dicotylédones				
Graminées				
Vivaces				

Comment ce(s) couvert(s) sont-ils exploités ?

Pourquoi avoir choisi cette catégorie ?

Selon vous, dans la conduite technique des couverts végétaux permanents :

Certaines opérations ont-elles favorisé le développement de certaines adventices ? Si oui, précisez.

Quels sont les critères de réussite et d'échec de la couverture permanente des sols dans la maîtrise des adventices sur votre essai ? Pouvez-vous les classer par ordre d'importance ?

Critère 1 :
Critère 2 :
Critère 3 :
Critère 4 :

(Biomasse interculture, modalité d'implantation, modalité de destruction, maîtrise de l'espèce de couverture, météo) ?

Commentaire libre :

☐ **Alternance de cycle des cultures**

Alterner les cultures d'hiver et d'été permettrait de diminuer la pression adventice en diversifiant les périodes d'implantation. Les adventices ayant des périodes préférentielles de levées se trouveraient donc perturbées par ces alternances. Nous allons regarder cet effet en fonction des types d'alternance et en comparant les biomasses adventices moyennes au sein des rotations.

Noter le type d'alternance au sein de la rotation

De manière générale puis groupe d'adventices par groupe d'adventices, estimez-vous ce levier :

	Pas du tout satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Générale				
Dicotylédones				
Graminées				
Vivaces				

Pourquoi avoir choisi cette catégorie ?

Quels sont les critères de réussite et d'échec de l'alternance des périodes de semis dans la maîtrise des adventices sur votre essai ? Pouvez-vous les classer par ordre d'importance ?

Critère 1 :
Critère 2 :
Critère 3 :
Critère 4 :

(Opérations techniques, origine des semences, type d'alternance) ?

Commentaire libre

☐ Associations de cultures

La bibliographie fait état d'une diminution de la pression adventice lors de l'association de cultures entre elles, que ce soit des colzas associés ou des associations céréale-légumineuses. La présence de cultures associées dans vos rotations vous paraît-elle un levier important dans la lutte adventice ? Quelle en est votre satisfaction pour chaque type d'adventices ?

	Pas du tout satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Générale				
Dicotylédones				
Graminées				
Vivaces				

16. Avez-vous remarqué un effet allélopathique d'une culture sur une adventice ou un groupe d'adventice au sein de la rotation ? Si oui de quelle culture sur quelle adventice et quelle efficacité ?

L'avez-vous testé ? Si oui selon quelles modalités (interculture, effet précédent...)

Commentaire libre :

17. Pouvez-vous classer les paramètres de la rotation mise en place selon leur efficacité de maîtrise des adventices sur votre essai ?

1	
2	
3	
4	
5	
6	

A classer si mis en place : Diversité des espèces de la rotation, Culture pluriannuelle, culture sarclée, couvert végétal d'interculture court/long, couvert permanent, association de cultures, alternance des périodes d'implantation (hiver/été)

Commentaire libre :

Tous les leviers ne sont pas mis en place dans chaque rotation. Nous voulons accorder plus d'importance aux rotations qui mettent en œuvre le plus de leviers. A partir de ce classement nous pourrions réfléchir sous forme de quota, c'est-à-dire que le levier le plus efficace dans

une rotation en mettant 5 en œuvre obtiendrait la note de 1/5 et le moins 1. Pour homogénéiser avec les leviers qui ne sont pas mobilisés partout, il suffit de diviser par le nombre de fois où chacun est utilisé pour avoir une note moyenne. Le levier ayant la note moyenne la plus basse est donc le plus efficace. Ici, nous allons prendre en compte tous les leviers à partir de ceux que identifiés par la bibliographie mais nous allons distinguer ceux qui sont mis en place volontairement pour maîtriser les adventices de ceux qui sont mis en place pour d'autres raisons.

- 18. De manière générale, y-a-t-il eu des limites méthodologiques dans les relevés adventices ces dernières années susceptibles de biaiser l'analyse statistique sur les sites ? A quoi ceux-ci sont-ils dus ?**
- 19. Si vous deviez changer quelque chose dans la rotation établie pour mieux maîtriser les adventices sans changer d'objectif, qu'est-ce que vous changeriez ?**
- 20. Dans le cas où il serait possible de changer le cadre de contraintes, que changeriez-vous ?**

Annexe 3 : Fiches récapitulatives

Essais système de La Saussaye (28) Entretien de Margaux Thirard

Contexte pédoclimatique :

- Climat océanique dégradé (600 mm/an)
- Sécheresses fréquentes de mi-mars à mi-mai et juillet/août
- Limons argileux (75-90 cm) sur calcaire
- Pas d'hydromorphie
- pH entre 7 et 8
- %MO entre 2 et 2,5

Adventices problématiques :

- Vulpin
- Ray-grass
- Chardon
- Rumex
- Renouée liseron
- Chénopode

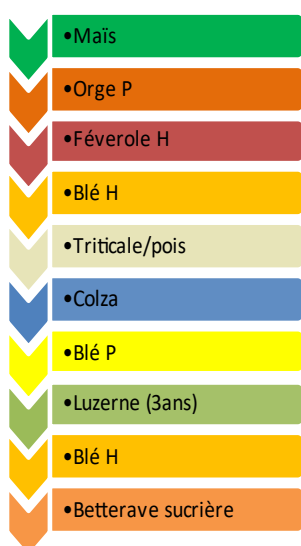
Caractéristiques communes des systèmes :

- Système céréalier sans irrigation
- Labour systématique
- Utilisation de semences certifiées (hors féverole)
- Forte stratégie de désherbage mécanique depuis 2019

2 systèmes testés « évolutifs selon les opportunités et la pression adventice »

Système « Productif »

Objectif : Avoir un système le plus rentable possible en agriculture biologique



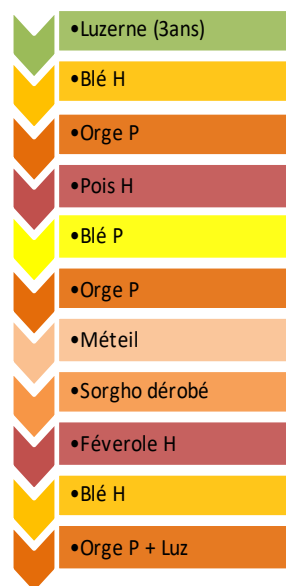
Gestion mécanique des adventices :

- Labour systématique avant implantation
- Faux-semis avant labour pour cultures d'automne et après labour pour cultures de printemps
- Forte stratégie de désherbage mécanique (possibilité de biner à 25 cm)
- Ecimage possible (réalisé sur l'orge de printemps et le blé de printemps)

Depuis 2020, pilotage optimisé de la fertilisation

Système « Autonome »

Objectif : Produire des céréales de qualité dans un système sans apports de fertilisants exogènes (hors soufre)



Gestion mécanique des adventices :

- Labour systématique avant implantation
- Faux-semis avant labour pour cultures d'automne et après labour pour cultures de printemps
- Avant 2019, objectif de diminution des charges de mécanisation → Pas de binage mais depuis 2020, binage à 25 cm possible, la maîtrise des adventices a remplacé la diminution des charges de mécanisation dans les objectifs principaux.
- Ecimage possible (réalisé sur l'orge de printemps)

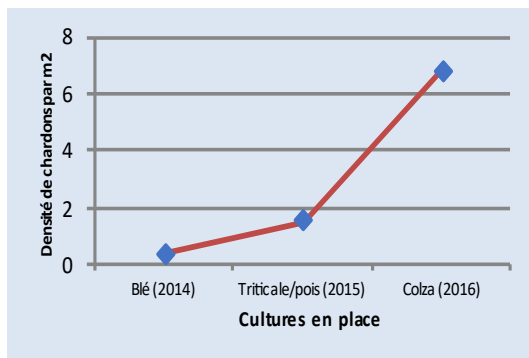
Système visant à être plus extensif

Satisfaction du salissement des rotations

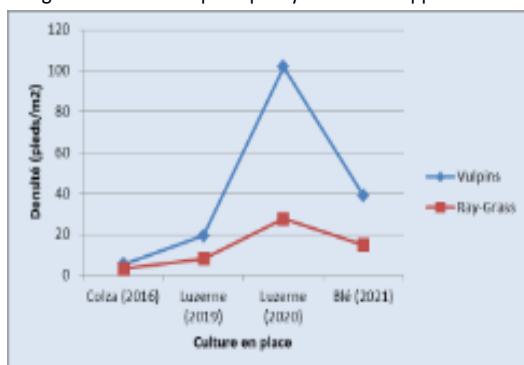
Salissement	Pas satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Général			Autonome/Productif	
Vivaces	Autonome	Productif		
Graminées		Autonome / Productif		
Dicotylédones			Autonome/Productif	

Système «productif» : Quels effets des leviers mis en place sur les adventices ?

- **Fertilisation** : « Les apports organiques systématiques (2011-2017) ont entraîné le développement des graminées »
- **Conditions climatiques** : « Printemps pluvieux (2016), chardon heureux ! On a eu un fort développement du chardon dans le colza, qui s'est poursuivi dans le blé suivant, nous poussant à planter une luzerne »



- **Culture pluriannuelle** : « La luzerne a permis de bien gérer les chardons mais le fait de ne pas pouvoir choisir les dates des fauches a entraîné une grenaison des vulpins qui s'y sont développés »

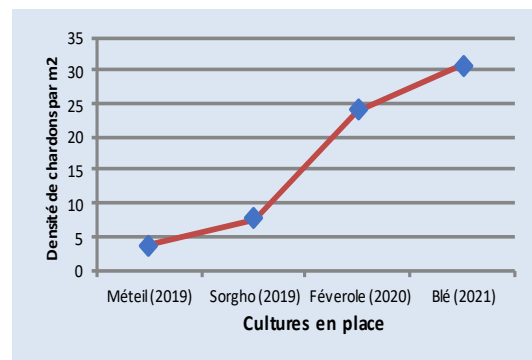


Ce qui aurait pu permettre de mieux gérer les adventices :

- « - Éviter le colza (remplacer par un sarrasin par exemple)
- Choisir les dates de fauche de la luzerne »

Système «autonome» : Quels effets des leviers mis en place sur les adventices ?

- **Conditions climatiques** : « On a eu un fort développement du chardon dans l'orge de printemps (2018), on a donc choisi de casser leur cycle en implantant un méteil puis un sorgho dérobé. Les chardons étaient présents dans le méteil mais étaient petits et peu concurrentiels. En revanche, le sorgho a eu des conditions de levée difficiles (froid à la levée, manque d'azote et sécheresse estivale) et les chardons s'y sont bien développés.



- **Culture pluriannuelle** : « Pour s'adapter au contexte « agriculteur » (débouché), nous avons décidé de nous passer de la luzerne à partir de 2015 mais la baisse de rendement due aux faibles reliquats et à la forte pression adventice nous a fait revenir sur notre décision (2021). La luzerne va donc être implantée dans l'orge de printemps semée en 2022. »

- **Gestion des vivaces** : « Durant les intercultures d'été depuis 2020, nous essayons au maximum de passer des outils à ailettes pour gérer les vivaces. »

Ce qui aurait pu permettre de mieux gérer les adventices :

- « Revenir plus rapidement à la luzerne pour éviter le développement du chardon »

Essais système de Corbas (69) Entretien de Florian Celette

Contexte pédoclimatique :

- Climat semi continental à influence méditerranéenne
- Sécheresses fréquentes printemps/été
- Limons sableux peu profonds
- Peu de pierrosité
- Légère sensibilité à la battance
- pH entre 6 et 6,5
- %MO entre 1 et 1,5

Adventices problématiques :

- Ambroisie
- Ray-grass
- Chénopodes
- PAS DE VIVACES

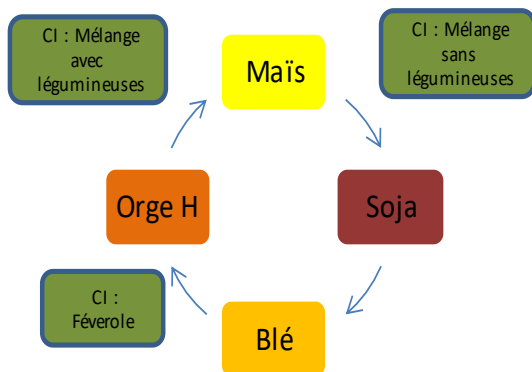
Caractéristiques communes des systèmes :

- Système céréalier avec irrigation
- Utilisation de semences certifiées
- Forte stratégie de désherbage mécanique
- Deux termes de chaque rotation présents chaque année

2 systèmes testés « visant à améliorer la fertilité des sols »

Système « Fertilité »

Objectif : Améliorer la fertilité de sols peu fertiles en diminuant le recours aux intrants et le travail du sol.

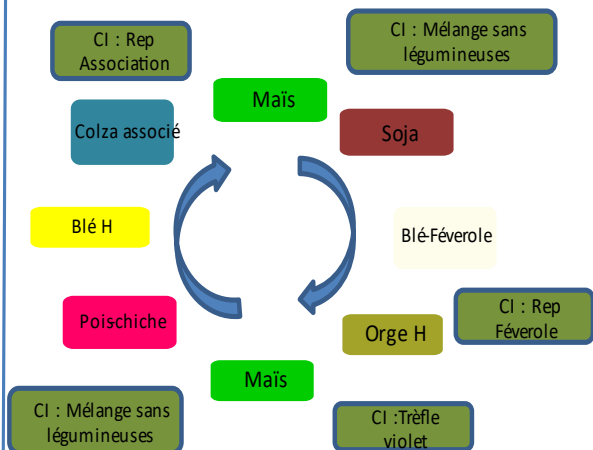


Gestion mécanique des adventices :

- Non labour. Test du semis direct sur les deux premières années mais arrêt suite à une crainte de salissement par les agriculteurs
- Maintenant en TCS
- Faux-semis systématiques
- Forte stratégie de désherbage mécanique, binage du maïs et du soja
- Aucun écimage réalisé ni prévu

Système « Autonome »

Objectif : Diversifier les systèmes en augmentant les familles cultivées, en diversifiant les couverts et en augmentant la part de légumineuses.



Gestion mécanique des adventices :

- Labour fréquent. Si peu de pression adventice, il est possible de s'en passer. Il est peu pratiqué entre le soja et le blé.
- Faux-semis systématiques
- Forte stratégie de désherbage mécanique, binage des maïs, du soja et du pois chiche
- Aucun écimage réalisé ni prévu

« On leur dit d'essayer de moins désherber
mais on a du mal à leur faire arrêter de
gratter »

Satisfaction du salissement des rotations

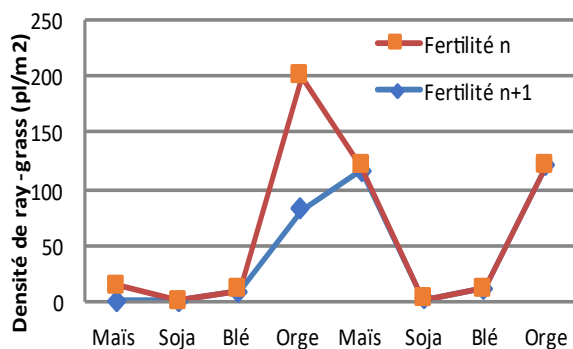
Salissement	Pas satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Général		Fertilité	Autonome	
Vivaces				Fertilité/Autonome
Graminées	Fertilité		Autonome	
Dicotylédones			Fertilité	Autonome

Système « fertilité » : Quels effets des leviers mis en place sur les adventices ?

« L'enherbement sur soja-maïs est bien géré avec les binages mais le simple hersage sur les céréales d'hiver est moins efficace notamment sur ray-grass, matricaire, chénopodes. »

« Clairement l'alternance des périodes de semis est le premier levier qui est mis en place ici. Ça gère plutôt bien la flore mais les graminées se développent bien dans les céréales d'hiver. Je ne sais pas si du coup l'alternance gère bien les graminées. »

Evolution de la densité de ray-grass dans la rotation Fertilité



Ce qui aurait pu permettre de mieux gérer les adventices :

- « - Insérer un labour à la fin de la rotation pour gérer les graminées
- Remplacer la céréale secondaire par une culture d'hiver binée »

Hiérarchie des leviers de la rotation utilisés à Corbas :

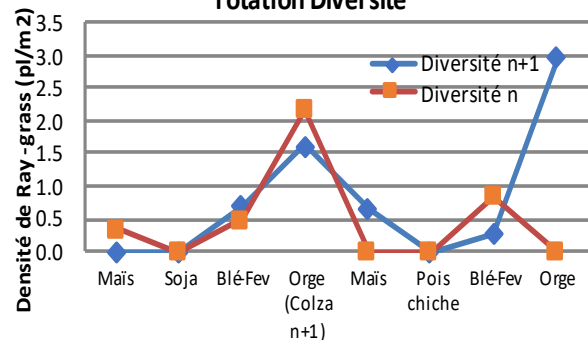
Système « autonome » : Quels effets des leviers mis en place sur les adventices ?

« Le salissement dans le pois chiche est satisfaisant si la culture est bien implantée. Une année on l'a semé trop tôt et il ne s'est pas bien implanté et on a été obligé de le détruire. A l'inverse, la seconde année il ne s'est pas trop salé et c'était satisfaisant. »

« Le colza associé est plus sensible aux dicots que les autres cultures de la rotation »

En couvert, la féverole est plutôt efficace mais je ne suis pas sûr que ça gère les graminées car on les retrouve dans la culture suivante mais en général ces couverts-là sont plutôt propres

Evolution de la densité de ray-grass dans la rotation Diversité



Ce qui aurait pu permettre de mieux gérer les adventices :

- « Je trouve que c'est une rotation qui tourne bien.
- L'agriculteur aurait voulu tester plus de nouvelles cultures »

- Alternance des périodes de semis
- Cultures sarclées
- Couverts longs
- Diversité des espèces cultivées
- Associations
- Couverts courts

Essais système de Kerguéhenned(56) Entretien d'Aurélien Dupont

Contexte pédoclimatique :

- Climat océanique (peu de fortes chaleurs et de gel)
- Limons sableux
- Pas d'hydromorphie, sols filtrants permettant intervention rapide après les pluies
- pH entre 6 et 6,5
- %MO autour de 4

Adventices problématiques :

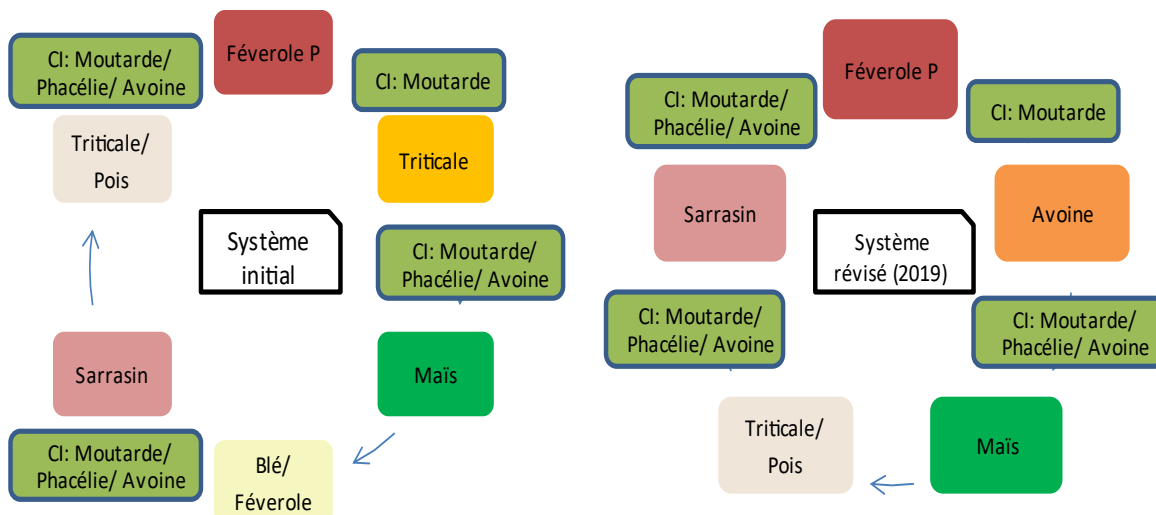
- Hiver : Vesce, matricaire, folle avoine
- Printemps : Chénopode, renouée persicaire
- Vivaces : Chardons, avoine à chapelets, rumex

Caractéristiques du système:

- Système polyculture-élevage (volailles) sans irrigation
- Utilisation exclusive de semences certifiées
- Labour systématique
- Tous les termes de la rotation présents chaque année

1 systèmes testé «représentant une exploitation polyculture-volailles type de la région»

Objectif : Avoir un système répondant aux besoins d'une exploitation en polyculture-élevage type de la région (aliments, marge éco ...) tout en maintenant une pression adventice à un niveau inférieur ou égal au point 0 et sans augmenter les ronds de vivaces)



Gestion mécanique des adventices :

- Labour systématique : Pour implantation d'hiver, labour juste avant le semis (tardif pour avoir des adventices jeunes en sortie d'hiver). Pour implantation de printemps, labour en sortie d'hiver (début mars).
- Faux-semis systématiques en reprise de labour avant implantation de printemps (Déchaumeur à dents à 8-10cm puis vibro à 4 -5 cm et passage de herse étrille pour le dernier faux semis)
- Forte stratégie de désherbage mécanique, 3 à 4 passages sur céréales, associations et féverole, binage du maïs.
- Aucun écimage réalisé ni prévu

« En herse étrille, on passe dès qu'on peut car ça ne coûte pas cher en carburant et en temps. Pour le maïs, dès qu'on peut biner on y va même si on n'est pas très efficace car il y a toujours un risque de se faire coincer »

Satisfaction du salissement de la rotation

Salissement	Pas satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Général				
Vivaces				
Graminées				
Dicotylédones				

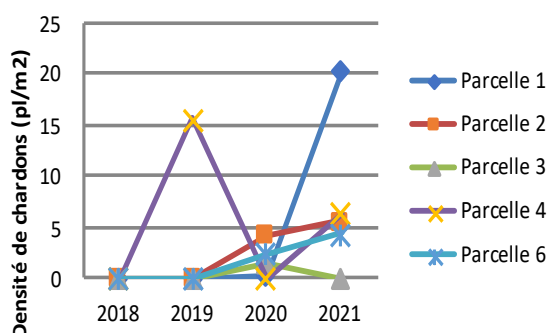
Quels effets des leviers mis en place sur les adventices ?

« Il ne suffit pas d'alterner uniquement entre des cultures d'hiver et des cultures de printemps mais d'alterner au sein des cultures de printemps de diversifier au maximum les périodes au printemps et à l'été (avoir plus de 2 dates). Avant on avait 4 dates mais maintenant on en a 3. On séparait le semis du maïs et du sarrasin mais on les a rapprochées pour une meilleure réussite des cultures. »

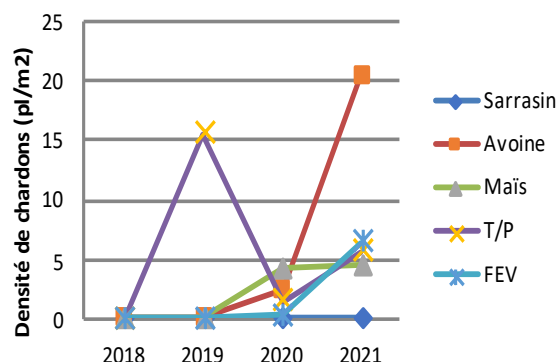
« Pour moi, le seul levier capable de gérer le chardon dans nos contextes c'est l'insertion d'une culture pérenne. On l'a testé en 2010 et on sait que c'est efficace. mais on n'a pas la valorisation économique suffisante par rapport aux céréales »

« Je suis satisfait parce que le binage nettoie bien les chaumes même si on a du salissement. Il faut bien gérer le salissement sur le rang. Pour les vivaces, si on ne l'avait pas, ce serait pire donc c'est satisfaisant mais pas suffisant. »

Densité de chardons par année et par parcelle



Densité de chardons par année et par culture



« Au fil du temps on a adapté notre stratégie de gestion des adventices. Le couvert n'est pas suffisant pour gérer les vivaces donc on insère des interventions mécaniques avant implantation du couvert. Il est donc semé plus tard et produit moins de biomasse »

« On voit bien qu'on a une flore qui est très spécifique pour chaque culture et qui est très liée aux dates de semis des cultures. Si on avait quelque chose qui serait moins diversifié, on aurait des pressions qui monteraient rapidement. On a une pression adventice forte mais on la divise »

« Je ne suis pas sûr que l'association de culture permette de compenser le passage en moins de désherbage mécanique »

Ce qui aurait pu permettre de mieux gérer les adventices :

« - Grouper les cultures d'hiver et de printemps sur les blocs pour limiter les « effets bordures » »

Hierarchie des leviers de la rotation utilisés à Kerguéhennec :

- Culture pluriannuelle (non mise en place)
- Alternance des périodes de semis
- Diversité des espèces cultivées
- Culture sarclée
- Associations
- Couverts longs

Essais système de Boigneville (91) Entretien de Cécile Rocques

Contexte pédoclimatique :

- Climat océanique altéré (sécheresses de plus en plus fréquentes entre fin mars et mi-avril)
- Limons argileux
- Pas d'hydromorphie
- pH entre 8 et 8,2
- %MO autour de 2/2,5

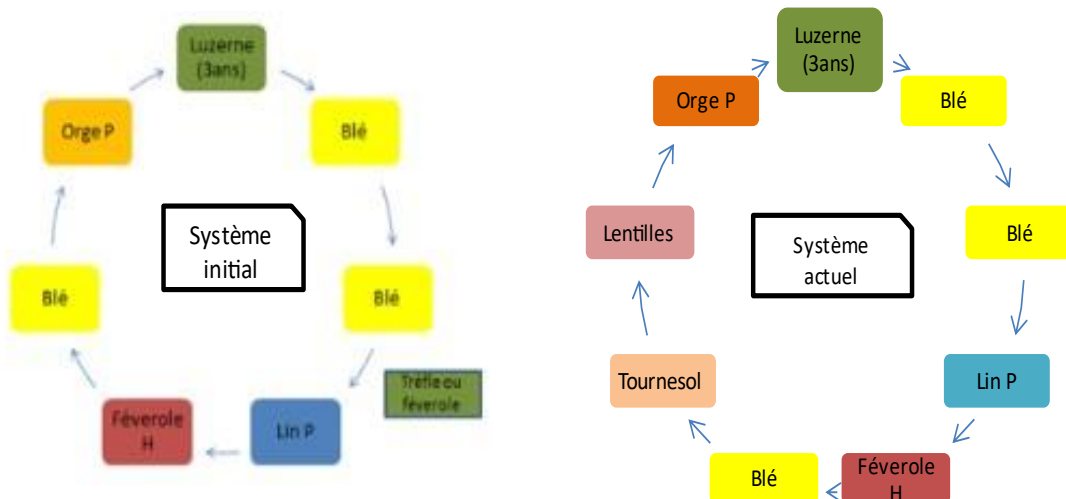
Adventices problématiques :

- Chardon
- Rumex
- Folle avoine
- Pissenlit (dans luzerne)

Caractéristiques du système:

- Système céréalier non irrigué
- Autonomie en fertilisation
- Utilisation exclusive de semences certifiées
- Labour systématique
- Tous les termes de la rotation présents chaque année

Objectif : Produire un blé de qualité et gérer les adventices dans un système autonome en fertilisation



Gestion mécanique des adventices

- Labour systématique : Objectif 0 adventices le jour du semis ! Pour implantation d'hiver, labour juste avant le semis. Pour implantation de printemps, labour mi -décembre et reprise en sortie d'hiver).
- Faux-semis systématiques en reprise de labour avant implantation de printemps
- Dérogations auprès de la DDTM pour ne pas faire de couverts et passer des outils à dents pour gérer les vivaces (intercultures courtes et longues)
- Forte stratégie de désherbage mécanique, binage de toutes les cultures hormis l'orge de printemps car implantation de luzerne simultanée.
- Aucun écimage réalisé mais possible et en réflexion pour des problématiques folle avoine et chardon. Un voisin en possède une avec bac de récupération.

« Les cultures les plus sales sont le lin et la féverole et la lentille car ce sont des cultures peu couvrantes. On ne peut les biner qu'une fois donc on n'est pas toujours satisfaits. Notre satisfaction dépend beaucoup de l'année. »

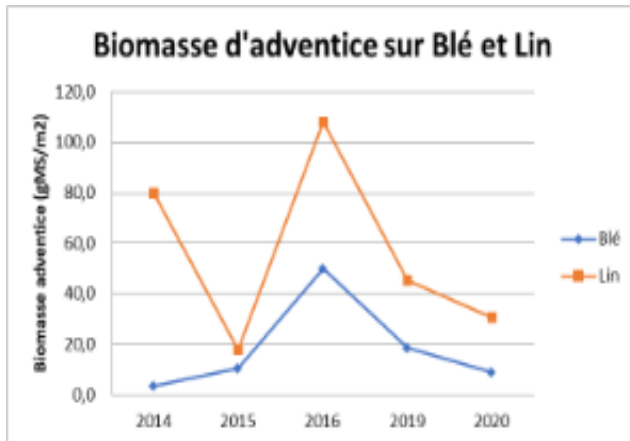
Satisfaction du salissement de la rotation

Salissement	Pas satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Général				
Vivaces				
Graminées				
Dicotylédones				

Quels effets des leviers mis en place sur les adventices ?

« Quand on va dans les blés, c'est toujours plus propre que dans les cultures de printemps »

« Pour les vivaces, diversifier les périodes de semis permet de diversifier les périodes d'interculture donc sur les vivaces c'est un levier indispensable »



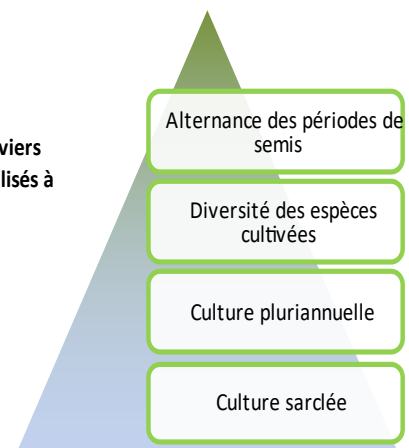
« La folle avoine une problématique montante. On la voit apparaître dans des parcelles où elle n'était pas présente auparavant. Pour le moment elle n'est pas invasive. »

« La luzerne nettoie bien de façon générale. C'est très efficace sur le chardon mais pas trop sur le rumex. On l'implante dans l'orge de printemps donc il faut faire attention, si on a un printemps sec, qu'elle se développe bien »

Ce qui aurait pu permettre de mieux gérer les adventices :

« - Rajouter une année de luzerne pour encore mieux gérer le chardon
- Ecimer de façon systématique pour ne pas se laisser envahir par les folles avoines et limiter la grenaison des chardons »

Hiérarchie des leviers de la rotation utilisés à Boigneville :



Essais système d'Archigny (86)

Entretien de Thierry Quirin

Contexte pédoclimatique :

- Climat océanique
- Limons de plateau sur argile
- Hydromorphe (parcelles drainées)
- pH entre 6,5/7
- %MO autour de 1,6/1,8

Adventices problématiques :

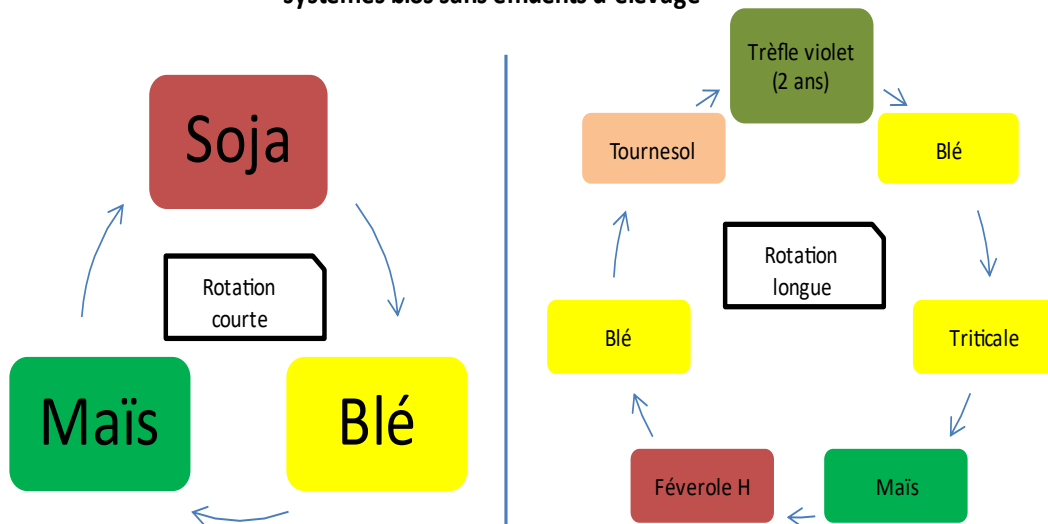
- Ray-Grass
- Matricaire
- Chardon
- Rumex
- Panic pied de coq

Caractéristiques du système:

- Système céréalier non irrigué
- Fertilisation basée sur des produits commerciaux
- Utilisation exclusive de semences certifiées
- Labour systématique

2 systèmes visant « à tester la durabilité des systèmes bios sans apports d'effluents d'élevage »

Objectif: Obtenir des références sur le long terme ni sur la durabilité des systèmes bios sans effluents d'élevage



Une troisième rotation est testée mais est évolutive selon les résultats des essais

Gestion mécanique des adventices :

- Labour systématique : Pour implantation d'hiver, labour juste avant le semis. Pour implantation de printemps, labour mi -décembre et reprise en sortie d'hiver.
- Faux-semis uniquement en reprise de labour avant implantation de printemps (Fréquents sur la rotation courte et occasionnels sur la rotation longue)
- Dérogations auprès de la DDTM pour ne pas faire de couverts et passer des outils à dents pour gérer les vivaces (intercultures courtes et longues)
- Stratégie de désherbage mécanique moyenne, binage du maïs, du soja et du tournesol. Inefficacité de la herse étrille en sortie d'hiver.

Satisfaction du salissement de la rotation

Salissement	Pas satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Général	Rotation courte		Rotation longue	
Vivaces	Rotation longue		Rotation courte	
Graminées	Rotation courte		Rotation longue	
Dicotylédones			Rotation courte / longue	

Rotation courte : Quels effets des leviers mis en place sur les adventices ?

« On a fait des couverts entre blé et maïs mais jamais sans très grande réussite. Je pense qu'on avait trop de limites en azote pour qu'on ait un couvert qui se développe (malgré un couvert pluri espèces). Donc l'effet des couverts sur la pression adventice était très limité. De plus, ce n'était pas l'objectif, on les a mis pour des aspects de fertilité »

« On a sélectionné une flore de printemps à force de répéter les cultures de printemps . »

Rotation non définie :

« La rotation non définie cherchait à limiter le travail du sol. Donc on a sans arrêt fait bouger les choses donc c'est difficile de répondre aux questions pour cette rotation-là. Dès qu'on a arrêté le labour, on a fait des terrains de golf avec des pelouses de ray-grass. Donc ça n'a pas été une réussite »

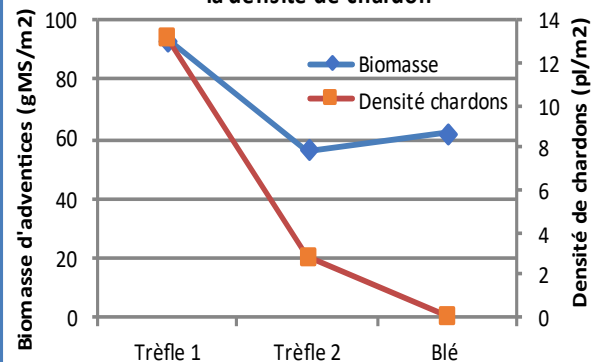
Ce qui aurait pu permettre de mieux gérer les adventices :
« Rajouter une seconde culture d'hiver »

Rotation longue : Quels effets des leviers mis en place sur les adventices ?

« Les cultures de printemps sont peu présentes. Sur ces cultures on a très peu de salissement. C'est peut-être la fréquence des cultures d'hiver qui fait qu'on a peu de salissement dans les cultures de printemps. Mais ce n'est pas suffisant pour maîtriser le salissement dans les cultures d'hiver »

« Le trèfle violet permet bien de gérer le chardon mais je ne sais pas si il y a un gros impact sur les graminées »

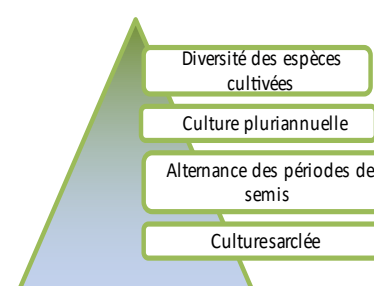
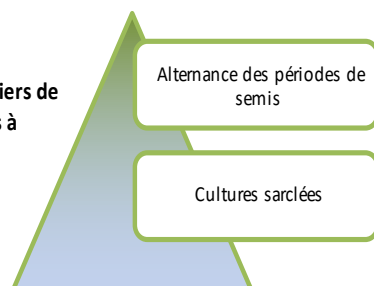
Effet du trèfle violet sur la biomasse adventice et la densité de chardon



Ce qui aurait pu permettre de mieux gérer les adventices :
« Rajouter une seconde culture de printemps »

« Pour le nouveau système, on a donc fait suivre deux cultures d'hiver et deux cultures de printemps. C'est vraiment le levier le plus important pour moi »

Hiérarchie des leviers de la rotation utilisés à Archigny :



Essais système de Dunières (43) Entretien de Jean Champion

Contexte pédoclimatique :

- Climat méditerranéen dégradé (70 80% d'influence)
- Sol équilibré limono-argilo-sableux
- Pas d'hydromorphie, sols drainants (terrasses d'alluvions)
- Pas de cailloux
- pH très basique
- %MO <2

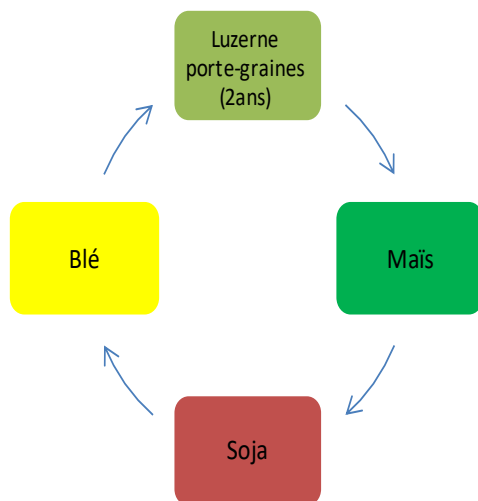
Adventices problématiques :

- DATURA
- XANTHIUM
- Chardon
- Ray-grass

Caractéristiques du système:

- Système céréalier avec irrigation
- Fertilisation avec des produits commerciaux
- Utilisation exclusive de semences certifiées
- Labour systématique
- Tous les termes de la rotation présents chaque année

« A Dunière, l'enjeu est sur la gestion de la fertilité et surtout du phosphore mais comme on est en bio, on doit gérer prioritairement les adventices, sinon c'est même pas la peine de faire de l'expé. On s'est créé des carences en phosphore de manière arbitraire depuis 15 ans et on veut des cultures qui soient capables de montrer ces carences. »



« Sur cette rotation on a fait en sorte d'enlever les cultures qui entraînent un biais sur l'essai (colza). On s'est dit qu'il serait intéressant d'expérimenter sur le colza pour trouver un itinéraire technique en bio dans la région mais la réussite était aléatoire (récolte une année sur deux uniquement)»

« On récolte les maïs très tardivement ici car on fait des variétés très tardives et on ne peut pas planter de couvert. Le soja libère le sol plus tôt que maïs et permet une meilleure implantation des blés. Et la luzerne est semée sous couvert de blé»

Gestion mécanique des adventices :

- Labour systématique : Pour implantation d'hiver, labour juste avant le semis. Pour implantation de printemps, labour en sortie d'hiver (début mars).
- Faux-semis systématiques en reprise de labour avant implantation de printemps (vibro à 4 -5 cm et passage de herse étrille pour le dernier faux semis)
- Forte stratégie de désherbage mécanique, plusieurs passages sur blé, binage du maïs et du soja.*
- Désherbage manuel des Xanthiums et Daturas
- Aucun écimage réalisé ni prévu

Satisfaction du salissement de la rotation

Salissement	Pas satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Général				
Vivaces				
Graminées				
Dicotylédones				

Quels effets des leviers mis en place sur les adventices ?

« Globalement, la culture la moins sensible est le blé, on n'a jamais de soucis. Les plus sales sont les cultures de printemps avec le xanthium et le datura. Mais de suite ce qui est le plus problématique c'est le ray-grass dans la luzerne car même si le maïs est sal, il va faire 120 qx mais pour la luzerne, le semencier ne veut pas de graine d'adventice (le lot peut être refusé). »

« La présence des xanthiums et daturas n'est pas due aux espèces cultivées ni à un échec de désherbage mécanique. On sait que ces adventices d'été vont être présentes car elles vont germer plus tard dans la culture. »

« La luzerne porte-graine nous apporte des adventices qu'on n'avait pas avant. On a beaucoup de mal à savoir pourquoi il y a des ray-grass dans la luzerne alors qu'on en a aucun sur les autres cultures. Peut-être y-a-t-il une interaction entre la luzerne et les ray-grass qui favoriserait la germination de ces adventices »

« Les faux-semis aident sur certaines adventices printanières mais ils n'ont aucun effet sur le xanthium et le datura. Il faut vraiment distinguer ces deux adventices du reste »

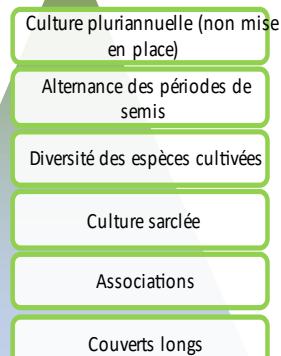
« Vis-à-vis du ray-grass dans la luzerne, on a dû changer l'itinéraire technique en adaptant la date de la pré-fauche. Pour l'instant on en est là sans savoir si ça règlera le problème. Peut-être qu'à l'avenir on sera obligés d'enlever la luzerne »

« Le désherbage mécanique n'est pas efficace sur ces espèces mais ce n'est pas un échec du désherbage mécanique. Tous les céréaliers bio dans la Drôme désherbent ces espèces-là à la main. »

Ce qui permettrait de mieux gérer les adventices :

« On enlèverait la luzerne porte-graine pour la remplacer par une porte-graine annuelle et rajouter une céréale à paille pour avoir une interculture d'été pour pouvoir faire des déchaumages »

Hiérarchie des leviers de la rotation utilisés à Dunières :



Essais système de Thorigné d'Anjou (49) Entretien d'Aloïs Artaux & Médéric Letellier

Contexte pédoclimatique :

- Climat océanique dégradé (600 m/an)
- Limons sableux (49 limon, 39 sable, 12 argile)
- Sols hydromorphes
- Présence de cailloux
- pH autour de 6,3 (apport de 1,5T de carbonates humides tous les 3 ans)
- %MO entre 1,4 et 2

Adventices problématiques :

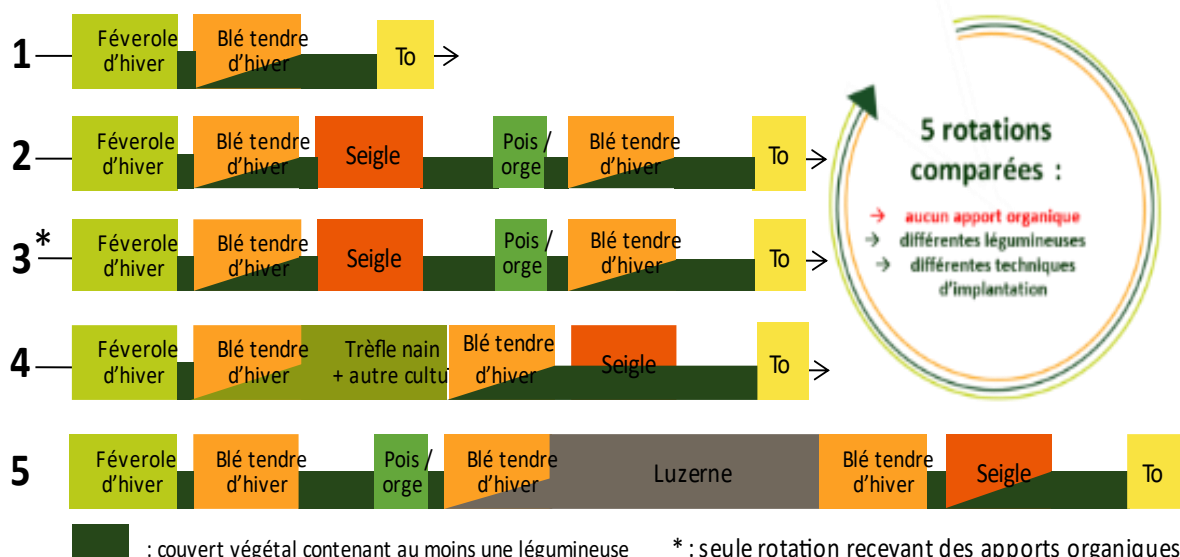
- Folle avoine
- Rumex
- Chardon
- Ravenelle
- Matricaire
- Agrostis
- Pâturin

Caractéristiques des systèmes

- Système céréalier non irrigué
- Couverture des sols en interculture quasiment systématique
- Utilisation exclusive de semences certifiées
- Labour systématique (sauf sur R4)

5 systèmes visant « à améliorer la fertilité des sols »

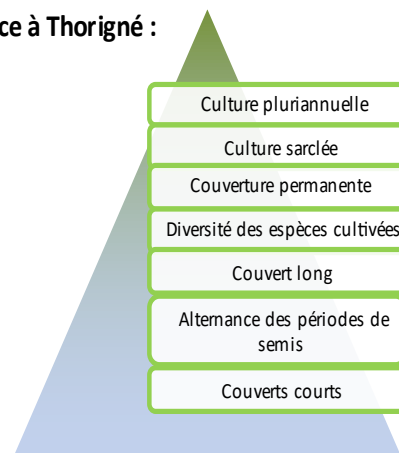
Objectif : Optimiser l'intégration des légumineuses dans des rotations de grandes cultures biologiques conduites sans apport de matières organiques



Gestion mécanique des adventices :

- Labour systématique avant implantation sauf sur Rotation 4 (TCS)
- Faux-semis peu pratiqués → La couverture des sols est favorisée (principalement pour des aspects de fertilité)
- Stratégie de désherbage mécanique faible, binage du tournesol uniquement. Très faible utilisation des outils de désherbage mécanique en plein sur cultures d'hiver (hydromorphie). Passage réalisé uniquement si les conditions sont réunies avec une efficacité limitée en sortie d'hiver
- Réflexion autour de l'écimage → Réalisé une fois manuellement sur ravenelles avec une bonne efficacité.

Hiérarchisation des leviers de la rotation mis en place à Thorigné :

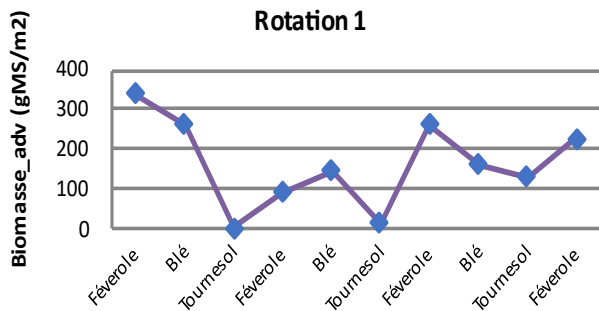


Satisfaction du salissement des rotations

Salissement	Pas satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Général	Rotation 3	Rotations 1,2,4	Rotation 5	
Vivaces	Rotation 1	Rotation 2,3,4	Rotation 5	
Graminées	Rotation 3	Rotation 1,2,5		Rotations 1,2,3,4
Dicots			Rotation 4	

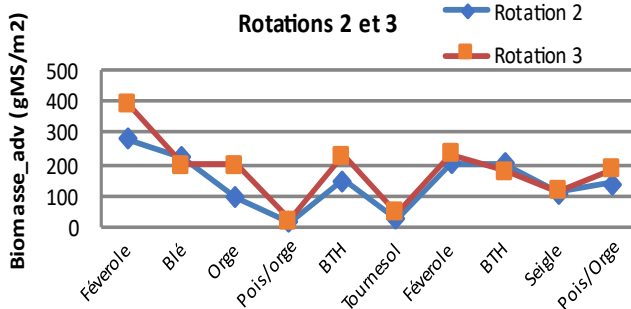
ATTENTION: Considération de la folle avoine comme une vivace

Quels effets des leviers mis en place sur les adventices ?

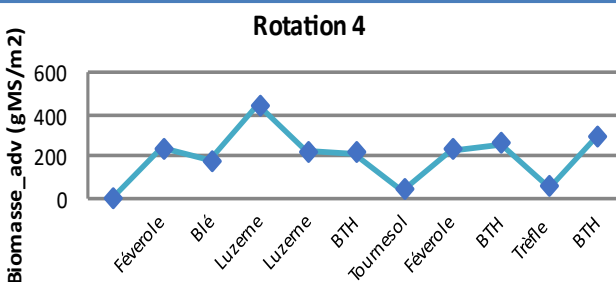


« Sur tournesol, à part en 2020, on est satisfait du salissement pour toutes les espèces »

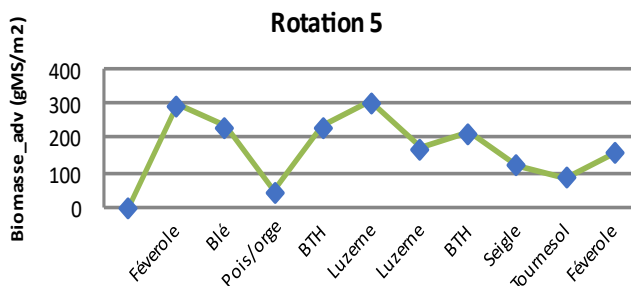
« L'alternance sur la 1 et même sur les autres est 2H/1P. C'est presque dommage de ne pas avoir une alternance 2/2. Sur culture d'hiver c'est sale et sur culture de printemps c'est propre. C'est satisfaisant parce que quand on alterne on est satisfait, ça nous permet de maintenir la pression »



« Les couverts sont en partie mis en place pour gérer les adventices. Ce sont souvent des trèfles qu'on broie. Ils sont souvent implantés dans les cultures précédentes afin de maximiser les chances de restitution azotée et de pouvoir faire un broyage pour gérer les adventices. Si on sème ces couverts après récolte, c'est plutôt aléatoire donc peu satisfaisant. On n'a en revanche pas pu comparer par rapport à une stratégie sans couvert. Le couvert ne dégrade pas la situation. »



« Le labour est important pour gérer les graminées. On a un bon moyen de comparaison avec la 4 où il y a beaucoup plus de graminées. Je pense que sur rumex, le labour aide à les gérer. Sur les chardons et folles avoines ça n'a aucun effet »



Ce qui permettrait de mieux gérer les adventices :

« - Alternier 2 cultures d'hiver et deux cultures de printemps

- Associer la féverole
- Plus désherber les céréales en sortie d'hiver
- Agir plus vite si salissement trop important »

Essais systèmes de la Hourre (32)

Entretien de Cécile Burtin

Contexte pédoclimatique :

- Climat océanique dégradé sensible aux sécheresses estivales
- Argilo-calcaire
- Hydromorphie localisée
- pH basique (jusqu'à 8)
- %MO <2%

Adventices problématiques:

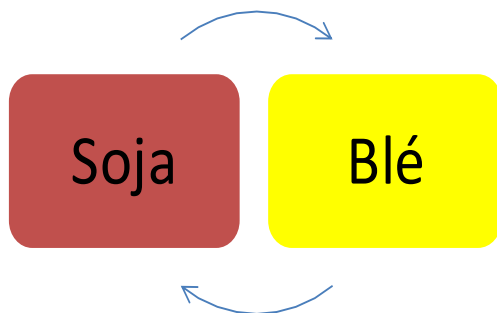
- Moutarde
- Chardon
- Folle avoine
- Pâturin
- Xanthium (1 parcelle)
- Cuscute
- Rumex
- Anthémis

Caractéristiques des systèmes

- Système céréalier non irrigué
- Forte proportion de semences fermières (qui ont apporté de la cuscute)
- Choix des rotations adapté aux caractéristiques des parcelles (stage)

3 systèmes visant « à maximiser la marge économique selon le type de parcelle »

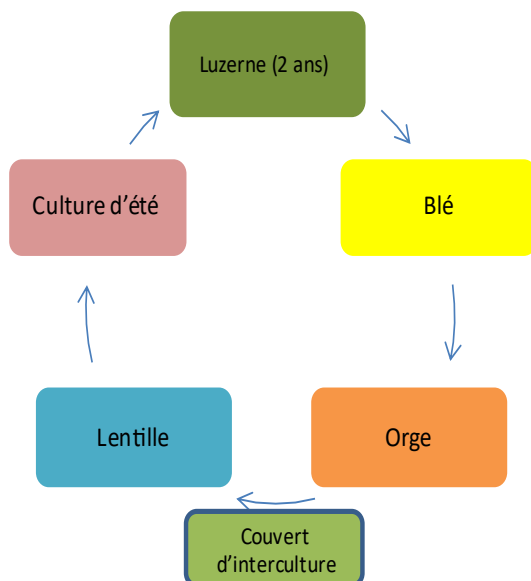
Système vallée



Gestion mécanique des adventices :

- Labour occasionnel
- Faux-semis : Déchaumages faisant office de faux semis mais non considéré comme tel
- Désherbage mécanique : Binage du soja et passages en plein sur céréales si les conditions le permettent.
- Désherbage manuel des daturas et xanthiums
- Aucun écimage réalisé

Système coteaux et érosif



Gestion mécanique des adventices :

- Labour occasionnel sur le système coteaux , en ultime recours sur les système érosif.
- Faux-semis : Déchaumages faisant office de faux semis mais non considéré comme tel
- Désherbage mécanique : binage sur féverole, tournesol et pois chiche ; Passages en plein sur céréales si les conditions le permettent
- Désherbage manuel des daturas et xanthiums
- Ecimage déjà réalisé en sortie d'hiver sur blé pour limiter l'impact des moutardes

Système érosif : Couverture systématique en interculture et associations

Satisfaction du salissement des rotations

Salissement	Pas satisfaisant	Peu satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Général		Coteaux, Erosif	Vallée	
Vivaces	Coteaux, Erosif		Vallée	
Graminées		Coteaux, Erosif	Vallée	
Dicotylédones		Vallée	Coteaux, Erosif	

« Le problème de cuscute vient de semences de luzerne. On l'a donc détruite rapidement pour implanter un sarrasin. La pression diminue d'année en année »

« La lentille est sensible au salissement. On l'associe parfois avec de la caméline mais c'est généralement sale. Les blés sont parfois également associés mais avec de la féverole et cette association permet bien de gérer le salissement »

« La luzerne a tendance à se salir en graminées en fin de cycle. Si on ne laboure pas pour détruire la luzerne, on se retrouve avec une forte pression en graminées. En revanche, elle permet bien de gérer le chardon. »

« On retrouve du datura sur les parcelles du système vallée. Alternier la culture d'été avec une céréale d'hiver ne suffit pas à le gérer »

« Dans le système érosif, le lycée a mis en place de l'agroforesterie mais ces bandes sont pour le moment mal entretenues, entraînant un salissement des parcelles »

« Les parcelles de sarrasin sont toujours propres. Même si il est peu couvrant par moment, il n'y a rien dedans. »

« Les parcelles les plus propres sont celles du système Vallée alors que c'est celui sur lequel on n'actionne pas le levier rotation »

Ce qui aurait pu permettre de mieux gérer les adventices :

« - Rallonger la rotation Vallée en introduisant une féverole binée ou en rajoutant une seconde céréale d'hiver

- Dans les systèmes Coteaux et Erosif, mieux gérer l'entretien des haies et labourer plus souvent »

Hiérarchie des leviers de la rotation utilisés à La Hourre:

Diversité des espèces cultivées

Alternance des périodes de semis

Culture pluriannuelle

Associations