

**Ecole Nationale Supérieure
Agronomique de Toulouse**

Avenue de l'Agrobiopôle,
31320 Auzeville-Tolosane
FRANCE

**Conservatoire Botanique National
des Pyrénées et de Midi-Pyrénées**

Vallon du Salut, BP 70315,
65203 Bagnères-de-Bigorre
FRANCE

Mémoire de fin d'études

Analyse des effets des pratiques agroécologiques sur les communautés de plantes messicoles

LONG Benjamin, élève-ingénieur agronome à l'ENSAT

spécialisation : **AGRoEcologie** : du **Système de production au Territoire (AGREST)**

Enseignant référant :

SARTHOU Jean-Pierre

Enseignant-chercheur
INRAE / INP-ENSAT : UMR AGIR

Maître de stage :

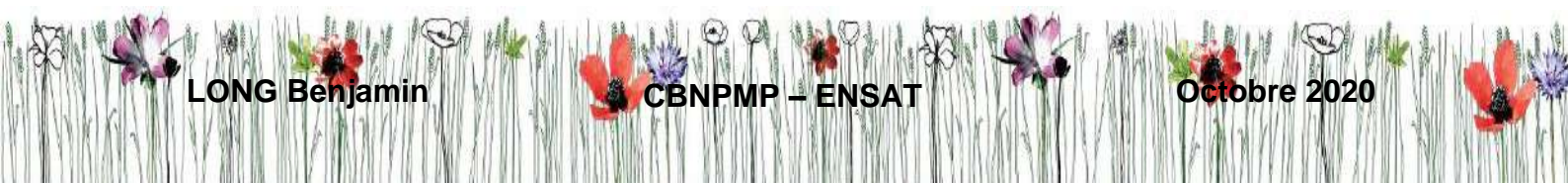
LANNUZEL Laura

Chargée de missions
en agroenvironnement

Période du 02 mars au 28 août 2020

Module : **Projet de Fin d'Etudes (AGIS661)**

Page de couverture : Plantes messicoles en bordure d'un champ d'orge : Nigelle de France (*Nigella gallica*), Adonis d'automne (*Adonis annua*) et Coquelicot (*Papaver rhoeas*) – juin 2020, Lautrec (81) (© B. Long).



LONG Benjamin

CBNPMP – ENSAT

Octobre 2020

Remerciements

Il me paraît ici opportun de remercier toutes les personnes qui ont su de près ou de loin participer au bon déroulement et à l'enrichissement de ce stage.

Je tiens tout d'abord à renouveler mes plus sincères remerciements à ma maître de stage, Laura Lannuzel, chargée de missions en agroenvironnement au Conservatoire Botanique Nationale des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (CBNPMP), pour l'attention qu'elle a porté à ma demande et l'encadrement dont elle a fait preuve tout au long de ce stage. Elle a su répondre à mes interrogations et fut d'une aide précieuse dans la compréhension des enjeux liés à la conservation des plantes messicoles. Je tiens également à lui témoigner toute ma sympathie en souvenir du bon temps passé ensemble sur le terrain ou lors de moments plus informels.

Je tiens d'autre part à remercier tout particulièrement Jocelyne Cambecèdes, coordinatrice du pôle Conservation et restauration écologique et initiatrice des premiers programmes en faveur des plantes messicoles au sein du CBNPMP. Son co-encadrement et son investissement sincère dans la problématique et le bon déroulement de mon stage n'ont – je l'espère – pas été vains. Au cours de nos échanges, elle a su me partager la passion pour son métier et à conformer mon intérêt pour les problématiques agroenvironnementales et agroécologiques.

Je remercie également toute l'équipe du CBNPMP pour la gentillesse et la qualité de leur accueil au quotidien malgré la rudesse (parfois) des mesures en ces temps de crise sanitaire. Ils ont eu l'estime de me faire partager leurs activités et leurs compétences.

J'adresse d'autre part mes remerciements à Alain Rodriguez, Fabrice Dessaint, Jean-Pierre Sarthou et Nathalie Bénat pour nos échanges et l'orientation qu'ils ont pu apporter à ce stage. Je tiens ici aussi à remercier les agriculteurs ayant participé à notre enquête et ayant pour certains eu la joie de transmettre l'amour de leur métier.

Un merci bien particulier enfin à Nathalie et Olivier, Eloïse, Gilles, Ella et Elisabeth, le Père Antoine, le Père Dominique et tous les autres pour leur accueil dans cette belle vallée pyrénéenne de Bagnères de-Bigorre !

Ce mémoire clôturant mon cycle de formation, je tiens pour finir à remercier ma famille, mes amis et l'équipe pédagogique de l'ENSAT pour leur accompagnement au cours de ces années.

Sommaire

Introduction.....	1
I – Contexte de l'étude.....	2
I.1 – Présentation de la structure d'accueil.....	2
I.1.1 – Les CBN : des organismes au service de la protection de la flore française	2
I.1.2 – Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées	2
I.1.3 – Service Conservation et restauration écologique	4
I.2 – Flore messicole et agriculture : une histoire de longue date	4
I.2.1 – Les plantes messicoles.....	4
I.2.2 – Menaces et enjeux de conservation	8
I.2.3 – Mesures de conservation.....	12
I.3 – Présentation du projet de fin d'études	14
I.3.1 – Objectifs	14
I.3.2 – Organisation de la mission	15
II – Evolution des pratiques agricoles : un pas vers plus d'agroécologie ? un bien pour les messicoles ?	17
II.1 – Pratiques agroécologiques : <i>qu'es aquò</i> ?	17
II.1.1 – L'agroécologie, un concept large mais aux applications concrètes	17
II.1.2 – Agriculture de Conservation des Sols (ACS)	19
II.1.3 – Agriculture intégrée	22
II.1.4 – Reconception de l'agroécosystème	26
II.1.5 – Synthèse des pratiques retenues	27
II.2 – Travail prospectif sur les pratiques agroécologiques et la flore messicole : élaboration de fiches de synthèse.....	27
II.2.1 – Présentation et objectifs	27
II.2.2 – Matériel et méthode	27
II.2.3 – Résultats	29
II.3 – Conclusion partielle sur les effets supposés des pratiques agroécologiques sur les communautés de plantes messicoles	30

II.3.1 – Résumé des principaux effets des pratiques agroécologiques.....	30
II.3.2 – Tableau de synthèse	33
II.3.3 – Effets globaux sur les systèmes de culture	35
II.3.4 – Limites de l’analyse et perspectives.....	36
III – Etude des effets des pratiques agroécologiques sur l’expression et la conservation de la flore messicole en Midi-Pyrénées	37
III.1 – Introduction.....	37
III.2 – Matériel et méthode	37
III.2.1 – Période et zone d’étude.....	37
III.2.2 – Protocole expérimental	38
III.2.3 – Analyse statistique des données	39
III.3 – Résultats.....	42
III.3.1 – Caractérisation du contexte pédologique et paysager	42
III.3.2 – Caractérisation des pratiques agricoles	43
III.3.3 – Résultats des relevés floristiques	44
III.3.4 – Analyse des effets des pratiques agricoles sur la flore messicole.....	45
III.4 – Discussion.....	50
III.5 – Conclusion partielle.....	52
Conclusion générale	54
Références	55
Références complémentaires : fiches de synthèse « pratiques agroécologiques et plantes messicoles ».....	62
Annexes.....	72
Annexe 1 : Présentation de quelques plantes messicoles de Midi-Pyrénées	72
Annexe 2 : Carte des enjeux de conservation des plantes messicoles de Midi-Pyrénées à l’échelle communale (version juin 2019) (© CBNPMP)	75
Annexe 3 : Synthèse des pratiques agroécologiques retenues pour leurs impacts <i>a minima</i> supposés sur les plantes messicoles.....	77
Annexe 4 : Fiches de synthèse « pratiques agroécologiques et plantes messicoles »	79

Annexe 5 : Traits biologiques des plantes messicoles de Midi-Pyrénées et sensibilité à certaines pratiques agricoles	183
Annexe 6 : Traits biologiques des plantes messicoles de France métropolitaine et sensibilité à certaines pratiques agricoles	187
Annexe 7 : Questionnaire d'enquête	190
Annexe 8 : Note explicative sur la construction de la note-espèce (<i>Lannuzel et al., 2020b</i>)	193
Annexe 9 : Pondération des notes-espèces et des classes d'abondance utilisée dans la construction des variables « Score MS » et « Score MS tardives »	200
Annexe 10 : Liste des communes et communes limitrophes directes des parcelles enquêtées, utilisée dans la construction des variables « Expression MS » et « Expression MS tardives »	201
Annexe 11 : Tableau de synthèse des pratiques agricoles des 31 parcelles enquêtées	202
Annexe 12 : Liste des taxons notés lors des relevés floristiques	204
Annexe 13 : Occurrence des adventices notées lors des relevés floristiques suivant leurs statuts messicole et de nuisibilité	206

Table des figures

Figure 1 : Territoire d'agrément et locaux du Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (CBNPMP) (© CBNPMP, 2019).	3
Figure 2 : Cycle biologique schématique des plantes messicoles et des cultures de céréales à paille d'hiver associées. (© J. Garcia - CBNPMP)	6
Figure 3 : Voies de diffusion historiques des plantes messicoles dans le Paléarctique occidental. Les grands axes comme le pourtour méditerranéen ou la vallée du Danube ont largement contribué à la diffusion des plantes messicoles. (© Cambecèdes et al., 2012)...6	6
Figure 4 : <i>Champ de bleuets et de coquelicots</i> , G.-E. Marché, 1897 (© R.-G. Ojéda – RMN Grande Palais). Malgré sa vision peut-être bucolique, cette peinture illustre que les plantes messicoles – ici Bleuet (<i>Cyanus segetum</i>) et Coquelicot (<i>papaver rhoeas</i>) – étaient autrefois communes dans les campagnes françaises. Quelques décennies plus tard, ces mêmes espèces seront reprises comme fleurs du souvenir des victimes de la Première guerre mondiale.....	8
Figure 5 : Evolution du parcellaire autour de Jonquières (81) entre 1950-1965 et 2018. Le remembrement des parcelles et la disparition des haies sont ici particulièrement visibles. (© IGN – Géoportail)	10
Figure 6 : Exemple de relation trophique et de services écosystémiques assurés par les plantes messicoles. (d'après Saatkamp et al., 2009).....	11
Figure 7 : Nigelle de France (<i>Nigella gallica</i>), juin 2014, Puylaurens (81). (© B. Long)	13
Figure 8 : Comparaison des différentes sources d'énergie dans un système de production industriel conventionnel et dans un système écologiquement intensif. L'énergie solaire (ES), l'énergie culturale biologique (ECB) et l'énergie culturale industrielle (ECI) fournies à / par l'agrosystème permettent la conversion d'énergie en denrées agricoles à la récolte (ER). (d'après Gliessman et al., 2000).....	18
Figure 9 : Principes agronomiques piliers de l'Agriculture de Conservation des Sols (ACS).	19
Figure 10 : Comparaison de différents itinéraires techniques suivant leur mode de travail du sol. Les pratiques accompagnées d'un (1) sont associées à l'Agriculture de Conservation des Sols (ACS), d'un (2) aux Techniques Culturelles Sans Labour (TCSL) et d'un (3) aux Techniques Culturelles Simplifiées (TCS).	20
Figure 11 : Exemple de rotation triennale (3 cultures) et des assolements associés lors des 3 campagnes.....	21

Figure 12 : Principes généraux de la Protection intégrée des cultures. (© *Ecophyto – PIC*) 24

Figure 13 : Cycle biologique simplifié d'un bioagresseur et leviers d'action de la Protection intégrée des cultures (pratiques de prévention, pratiques d'évitement, méthodes de lutte alternatives et gestion des infrastructures agroécologiques).....25

Figure 14 : Légende de l'échelle d'évaluation globale de l'impact d'une pratique agroécologique utilisé dans les fiches de synthèse « pratiques agroécologiques et plantes messicoles ».28

Figure 15 : Zone d'interface et de moindre intensification d'une parcelle type près de Lautrec (81) (© *IGN - Géoportail*).33

Figure 16 : Localisation des 12 exploitations agricoles enquêtées. Les codes correspondent aux initiales des chefs d'exploitation (ADSB : A. de Solan-Bethmale ; AG : A. Gayraud ; CR : C. Roulenq ; DG : D. Gonella ; FP : F. Peloux ; JC : J. Cordereau ; JDL : J. de Lozzo ; JH : J. Hamot ; JJG : J.-J. Garbay ; PP : P. Pujos ; SS : S. Saunal).38

Figure 17 : Richesse spécifique en plantes messicoles et en adventices des 31 parcelles étudiées.44

Figure 18 : Occurrence des plantes messicoles observées sur les 31 parcelles étudiées suivant leur note-espèce.44

Figure 19 : Richesse spécifique en plantes messicoles en zone d'interface (positif) et en plein champ (négatif) des 31 parcelles étudiées.45

Figure 20 : Contribution des notes-espèces des plantes messicoles observées lors des relevés par rapport au potentiel des peuplements locaux des 31 parcelles étudiées.45

Figure 21 : Cercle de corrélation des 6 variables représentatives de l'expression et la conservation des plantes messicoles utilisées dans l'ACP des 31 parcelles étudiées.46

Figure 22 : Corrélation entre la variable Score MS et la richesse spécifique en plantes messicoles des 31 parcelles étudiées.48

Figure 23 : Projection des 31 parcelles étudiées dans le plan des axes 1 et 2 de l'ACP.47

Figure 24 : Répartition des 31 parcelles étudiées suivant la présence significative de pierres dans la couche de terre arable (oui / non).47

Figure 25 : Lien entre la géométrie des parcelles (ratio périmètre (m) / aire (ha) x 10) et la richesse spécifique en plantes messicoles des 31 parcelles étudiées.48

Figure 26 : Répartition des 31 parcelles étudiées suivant la présence d'au moins un traitement herbicide en 2019 ou 2020 (oui / non).48

Figure 27 : Répartition des 31 parcelles étudiées suivant la pression azotée issue d'apports d'engrais minéraux et/ou organiques en 2019 et 2020 (0 uN/ha ; >200 uN/ha ; <200 uN/ha). La restitution des résidus de culture et la fixation symbiotique de l'azote par les légumineuses n'ont pas été évaluées dans ce calcul.48

Figure 28 : Répartition des 31 parcelles étudiées suivant la mise en place de pratiques d'Agriculture de précision (modulation des intrants) (oui / non) en 2019 ou 2020.48

Figure 29 : Répartition des 31 parcelles étudiées suivant le nombre de passages de travail du sol en 2019 et 2020 (0 passage ; 1-5 passages ; 6-10 passages ; <10 passages).49

Figure 30 : Répartition des 31 parcelles étudiées suivant le nombre de passages de déchaumage durant l'interculture 2019 - 2020 (0 passage ; 1-2 passages ; <2 passages)...49

Figure 31 : Répartition des 31 parcelles étudiées suivant le nombre de passages de faux-semis réalisés en 2019 et 2020 (0 passage ; 1-3 passages ; <3 passages).49

Figure 32 : Répartition des 31 parcelles étudiées suivant le nombre de passage de désherbage mécanique réalisés en 2019 et 2020 (0 passage ; 1-3 passages ; <3 passages).49

Figure 33 : Répartition des 31 parcelles étudiées suivant la part de céréales à pailles d'hiver dans la rotation culturale (0-25 % ; 25-50 % ; 50-75 % ; 75-100 %).....50

Figure 34 : Répartition des 31 parcelles étudiées suivant la perception par l'agriculteur d'un problème de gestion des adventices (oui / non).....50

Table des tableaux

Tableau 1 : Comparaison des caractéristiques des plantes messicoles vis-à-vis d'autres adventices fréquentes des cultures. (d'après Verlaque et Filosa, 1993)	7
Tableau 2 : Planification de l'étude.	16
Tableau 3 : Présentation des 6 indicateurs construits sur la base des traits biologiques des plantes messicoles des Listes nationale et régionale des plantes messicoles de France et de Midi-Pyrénées.	29
Tableau 4 : Synthèse des effets des pratiques agroécologiques étudiées dans les fiches de synthèse « pratiques agroécologiques et plantes messicoles ». Impacts : « + » : favorable ; « 0 » : neutre ; « - » : défavorable ; « v » : variable ; « ? » : indéterminé.....	34
Tableau 5 : Variables et modalités sélectionnées pour les analyses statistiques des parcelles étudiées.....	42

Introduction

Depuis le Néolithique, il y a près de 10 000 ans, les Hommes ont artificialisé leur habitat pour permettre le développement de l'agriculture. Les agroécosystèmes et la biodiversité qu'ils accueillent ont ainsi, depuis des siècles, coévolué au rythme des pratiques agricoles et de leurs évolutions. Au sortir des deux guerres mondiales, les choses s'accélérent et les pratiques agricoles subissent d'importants changements (Stoate *et al.*, 2001). L'utilisation massive d'intrants de synthèse (engrais et pesticides) couplée à la simplification des systèmes agricoles a entraîné dès les années 1950 une importante perte de biodiversité (Benton *et al.*, 2003 ; Tscharncke *et al.*, 2005), en particulier des espèces spécialisées des milieux agricoles (Robinson *et Sutherland*, 2002).

Plantes sauvages emblématiques des champs de céréales, autrefois répandues, les plantes messicoles telles que le Bleuet (*Cyanus segetum*), les coquelicots (*Papaver spp.*) ou les pieds d'alouette (*Delphinium spp.*) connaissent désormais un fort déclin (Cambecèdes *et al.*, 2012). Inféodées aux cultures de céréales à paille d'hiver dont elles dépendent, les plantes messicoles ont subi de plein fouet l'intensification de l'agriculture moderne. Pourvoyeuses de nombreux services écosystémiques (Marshall *et al.*, 2003 ; Maffre, 2011), la conservation des plantes messicoles est un enjeu agronomique et patrimonial (Armengot *et al.*, 2011). De nombreuses études et actions ont ainsi été menées pour préciser les effets des pratiques agricoles conventionnelles sur la flore messicole.

Aujourd'hui remis en question, les systèmes de production conventionnels se voient progressivement concurrencer par le développement de nouvelles pratiques agricoles plus « durables » et respectueuses de l'environnement, dites agroécologiques. Pour les plantes messicoles, ces évolutions interrogent inévitablement sur leur conservation : s'agit-il d'opportunités ? ou bien de menaces ? Les effets de ces pratiques sont largement documentés dans la littérature scientifique pour les communautés de plantes adventices ... mais ne le sont pas ou très peu pour les messicoles. Ce manque de références constitue un enjeu majeur pour la conservation de ces espèces dans les années à venir.

Au travers de ces actions en faveur des plantes messicoles, le Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (CBNPMP) propose ici une étude exploratoire préliminaire répondant à cette problématique : **Quels sont les effets des pratiques agroécologiques sur les communautés de plantes messicoles ?**

Après avoir rappelé quelques informations générales sur les plantes messicoles et le contexte de cette étude, ce rapport présentera une synthèse des différentes pratiques agroécologiques et de leurs effets sur la flore messicole. Ce travail se divise en deux parties :

- 1/ l'identification des pratiques agroécologiques et de leurs effets potentiels sur les communautés de plantes messicoles, au travers d'un travail de réflexion et de synthèse bibliographique ;
- 2/ une enquête de terrain visant à dégager les effets des pratiques agricoles et à les confronter à certaines hypothèses développées dans la phase précédente.

I – Contexte de l'étude

I.1 – Présentation de la structure d'accueil

I.1.1 – Les CBN : des organismes au service de la protection de la flore française

Les activités humaines sont responsables d'un déclin massif et généralisé de la biodiversité. Ces impacts sont nombreux : de la dégradation des écosystèmes et de la disparition d'espèces à la perte de diversité génétique au sein des populations (*IPBES, 2019*). Au cours du XX^{ème} siècle, l'érosion de la biodiversité s'accélère et devient de plus en plus manifeste. L'opinion publique française se mobilise alors dès les années 1960-1970 pour tenter d'enrayer ce constat (création des Parcs nationaux en 1960 ou loi fondatrice sur la protection de la nature de 1976 par exemple). C'est dans ce contexte que sont créés les premiers conservatoires botaniques en 1975, 1977 et 1980.

Initialement aux objectifs variés (conservation *ex situ* et *in situ*, amélioration des connaissances sur la flore sauvage et domestique, *etc.*), les premiers conservatoires n'ont pas de réel cadre juridique ni de politique commune. Ce n'est qu'en 1988 que les Conservatoires Botaniques Nationaux (CBN) sont officiellement institués et leurs missions définies (décret n°88-352). D'autres évolutions législatives suivront et les missions des CBN seront finalement intégrées au Code de l'Environnement en 2004 (articles D416-1 et suivants). La mission des CBN est centrée sur la connaissance, la protection, l'expertise et le transfert de connaissance en matière de flore sauvage et d'habitats associés, ce sur un territoire d'agrément propre. En complément de ces missions, les CBN peuvent également conduire des activités locales supplémentaires : conservation de variétés de plantes cultivées, conservation de plantes menacées à l'échelle internationale, ethnobotanique, mycologie, *etc.*

Aujourd'hui le réseau des CBN comprend 11 établissements répartis sur le territoire métropolitain et ultramarin. Ces derniers sont regroupés au sein de la Fédération des CBN (FCBN) et sont sous la coordination de l'Office Français de la Biodiversité (OFB).

I.1.2 – Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées

I.1.2.1 – Présentation générale

Le Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (CBNPMP) est un établissement public agréé par le Ministère de la transition écologique et solidaire. Créé en 1999, le CNPMP est un syndicat mixte constitué par 6 collectivités territoriales locales.

Le CNPMP a mandat sur le territoire de l'ex-région Midi-Pyrénées et la partie pyrénéenne du département des Pyrénées-Atlantiques (*figure 1*), soit près de 41 260 km². Une coordination biogéographique est de plus assurée avec le CBN Méditerranéen de Porquerolles pour la partie audoise et catalane des Pyrénées.

Le siège technique et administratif du CNPMP se situe à Bagnères-de-Bigorre (65), dans le site classé des anciens thermes de Salut. Le bâtiment abrite les bureaux de l'équipe ainsi qu'un centre de documentation, une banque de graines, des herbiers, un jardin et une serre conservatoires. Le CNPMP dispose également d'une antenne locale à Caylus (82).

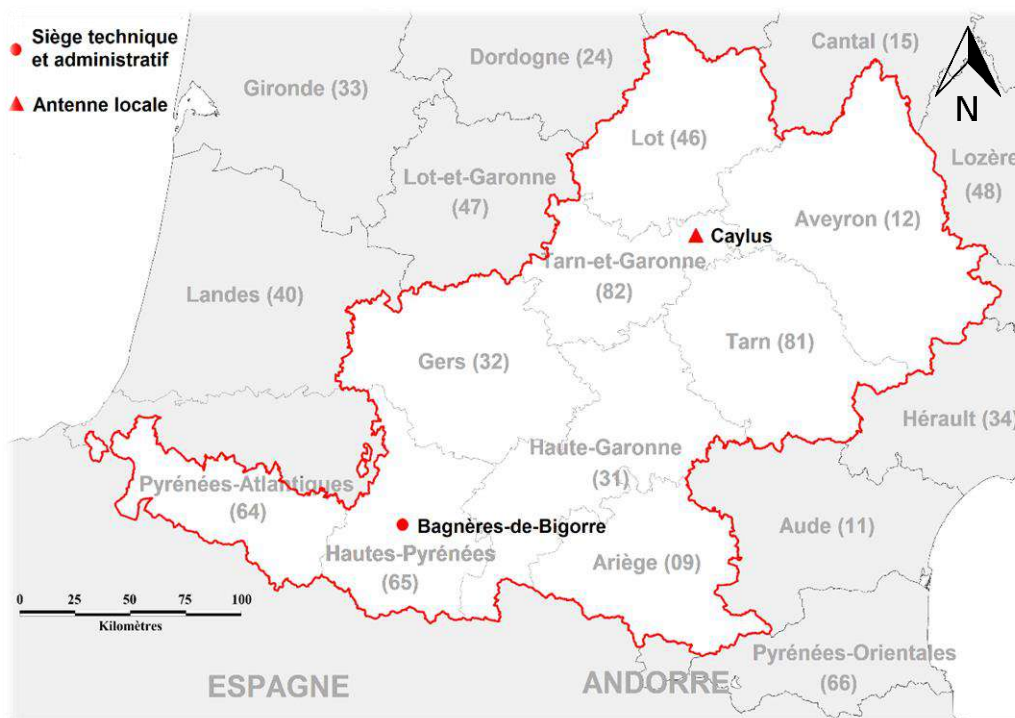


Figure 1 : Territoire d'agrément et locaux du Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (CBNPMP) (© CBNPMP, 2019).

I.1.2.2 – Objectifs et missions

Outils scientifique et technique au service de la flore et des habitats, le CBNPMP développe ses objectifs statutaires et les décline sur son territoire d'agrément. De manière schématique, ses missions sont les suivantes :

- améliorer les connaissances sur la flore sauvage et les habitats associés ;
- identifier et protéger les éléments rares et menacés de la flore sauvage et des habitats associés. La priorité est donnée à la conservation *in situ* (i.e. des écosystèmes) et au maintien de la diversité génétique (populations) ;
- fournir une expertise technique et scientifique sur la flore sauvage et les habitats associés auprès de l'État, de ses établissements publics, des collectivités territoriales, des gestionnaires et de leurs partenaires ;
- informer et sensibiliser le public aux enjeux floristiques.

Le CBNPMP opère ainsi un important travail d'amélioration des connaissances sur la flore sauvage et les habitats associés (naturels ou semi-naturels) de la région. Des inventaires et travaux de recherche sont régulièrement menés et complétés par les ressources issues des collections (herbiers et centre de documentation). Les données sont ensuite valorisées au sein de stratégies de conservation, d'appuis techniques, d'activités d'information ou encore d'éducation aux enjeux floristiques. En plus de ces missions – communes aux autres CBN – le CBNPMP participe également à la conservation de variétés anciennes de plantes cultivées (haricot tarbais, vesces) ou encore à des études ethnobotaniques, mycologiques et lichénologiques.

I.1.3 – Service Conservation et restauration écologique

Le service Conservation et restauration écologique est le service dans lequel a été spécifiquement réalisé ce stage, sous la direction de L. Lannuzel et J. Cambecèdes.

Au sein du CBNPMP, le service Conservation et restauration écologique assure de manière privilégiée la conservation *in situ* de la flore sauvage et des milieux associés mais aussi – lorsque cela est nécessaire – leur conservation *ex situ*, leur suivi voire leur restauration. Ces objectifs s’organisent autour de 6 grands points :

- la conservation *in situ* (en nature) ;
- la conservation *ex situ* (banque de graines et cultures conservatoires) ;
- la restauration écologique ;
- l’appui au programme Natura 2000 (suivis) ;
- la coordination régionale en faveur des plantes exotiques envahissantes ;
- l’animation nationale et régionale de la marque Végétal local®.

I.2 – Flore messicole et agriculture : une histoire de longue date

I.2.1 – Les plantes messicoles

I.2.1.1 – Un peu de terminologie : adventices, mauvaises herbes ou messicoles ?

Les milieux agricoles ou agroécosystèmes sont des écosystèmes plus ou moins modifiés par l’Homme afin d’en exploiter les ressources en biomasse. Ces espaces sont régulièrement perturbés par les activités agricoles (travail du sol, fauche, semis, élevage, etc.) de façon à orienter la production de matière organique et à la valoriser au mieux sous forme de biens agricoles et/ou de services.

Dans les champs cultivés, les pratiques agricoles doivent avant tout favoriser le développement d’une ou plusieurs espèces cultivées (la culture). Toute autre espèce végétale présente sans y avoir été intentionnellement implantée par l’agriculteur est alors qualifiée d’adventice¹ (Morlon, 2019). Les adventices font ainsi références à la fois à des repousses du précédent cultural comme à des espèces spontanées indigènes, archéophytes² ou néophytes³. La flore adventice regroupe en France métropolitaine environ 1 200 espèces dont un quart seulement peut être problématiques pour les cultures (Jauzein, 2001). Auquel cas, ces adventices sont souvent qualifiées de « mauvaises herbes » par le monde agricole. Ce terme vernaculaire n’a toutefois pas de réalité scientifique et sa connotation négative est relative à la nuisibilité dans un contexte donné. Les ray-grass (*Lolium* ssp.) sont par exemple d’excellentes plantes prairiales mais sont aussi des adventices particulièrement nuisibles dans les champs de céréales.

¹ Du latin *adventicius* : qui advient de surcroît, qui s’ajoute, supplémentaire.

² Non-indigène dont l’introduction est antérieure à l’an 1500.

³ Non-indigène dont l’introduction est postérieure à l’an 1500.

Les plantes messicoles (ou ségétales), littéralement « qui habitent les moissons », désignent, elles, un sous-ensemble au sein des adventices. Il s'agit d'un cortège d'espèces spécialistes strictement inféodées aux agroécosystèmes cultivés et en particulier aux cultures de céréales à paille d'hiver⁴ (Olivereau, 1996 ; Jauzein, 1997, Cambecèdes et al., 2012).

I.2.1.2 – Caractéristiques écologiques des plantes messicoles

Flore adventice spécialisée des cultures de céréales à paille d'hiver, les plantes messicoles ont sélectionné des traits fonctionnels mimétiques ou au moins partiellement convergents avec ceux de leurs cultures cibles (Fried et Maillet, 2018). Ces caractéristiques leur permettent d'être adaptées aux pratiques agricoles associées à ces cultures et agissant comme des filtres de sélection (travail du sol, semis, moisson, etc.).

Les plantes messicoles sont une communauté végétale caractérisée par une stratégie adaptative de type R à SR (Grime, 1977). Leurs traits biologiques leur permettent donc de résister aux perturbations sévères et régulières du milieu par les travaux agricoles (R) voire de supporter de surcroît des conditions climatiques ou édaphiques limitantes (SR). La plupart des messicoles sont des thérophytes, c'est-à-dire des plantes annuelles dont la survie d'une année sur l'autre est assurée par la production de graines. Ces espèces à cycle de vie court (quelques mois) ont une croissance rapide et investissent une part élevée de leur métabolisme dans la production de graines. Il s'agit donc généralement de plantes « pionnières » et peu compétitives, plutôt d'affinité oligotrophique. Les cortèges messicoles les plus diversifiés se rencontrent d'ailleurs sur sols calcaires superficiels (Cambecèdes et al., 2012) bien que des cortèges spécifiques aux sols silicoles existent⁵.

Bon nombre de messicoles ont une germination automnale à hivernale correspondant à la période traditionnelle des semis de céréales à paille d'hiver. Leur cycle biologique est ainsi calqué sur celui de leurs cultures hôtes (figure 2). D'autres espèces thérophytes à germination printanière et à floraison estivale complètent la liste.

Leur mode de reproduction est variable : autogamie, allogamie (entomogame ou anémogame) ou mixte (Julve, 1998 ; UFZ, 2010). Il s'agit pour la plupart de plantes à fleurs (annexe 1). L'anémochorie⁶ et la barochorie⁷ sont les principaux moyens de dissémination naturels des graines (Julve, 1998) mais ils demeurent très locaux. La diffusion des messicoles dans les agroécosystèmes est en fait grandement liée aux activités agricoles elles-mêmes via notamment la diffusion de semences céréalières mal triées (speirochorie), le travail du sol ou l'élevage (endo- / épi-zoochorie) (Jauzein, 2001a).

⁴ Céréales dont le semis est effectué à l'automne et la récolte en début d'été : blé, orge, seigle, triticale, avoine, épeautre, etc.

⁵ Jouet-du-vent (*Apera spica-venti*), Alchémille des champs (*Aphanes arvensis*), Scéranthe annuel (*Scleranthus annuus*), Spergule des champs (*Spergula arvensis*), Spergule des moissons (*Spergula segetalis*) ou Vesce articulée (*Vicia articulata*) par exemple.

⁶ Dissémination des graines par le vent.

⁷ Dissémination des graines par la gravité.

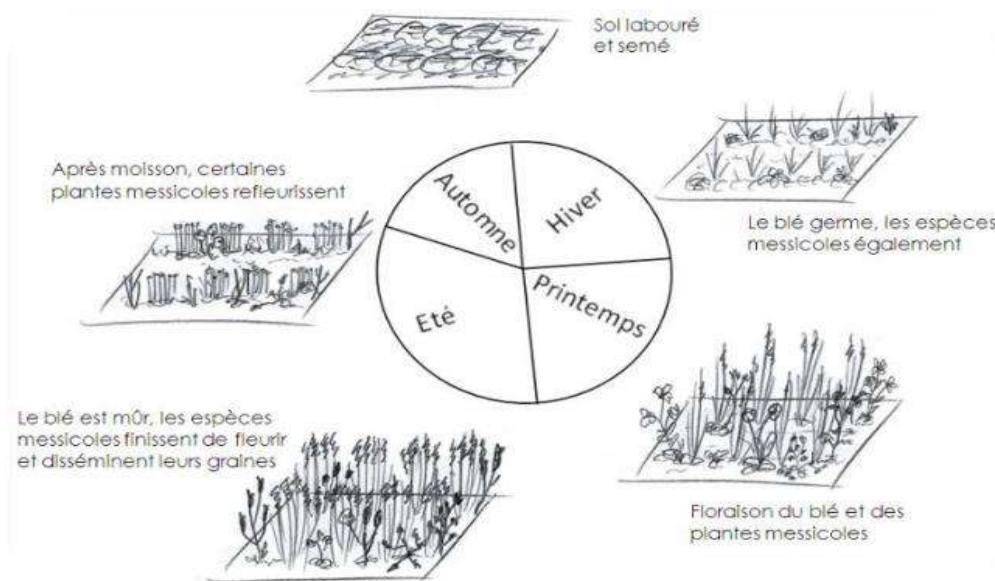


Figure 2 : Cycle biologique schématique des plantes messicoles et des cultures de céréales à paille d'hiver associées. (© J. Garcia - CBNPMP)

D'origines plus ou moins lointaines, les plantes messicoles ont accompagné la progression de l'agriculture ... les cortèges s'enrichissant au gré des contrées traversées. Les messicoles en disent ainsi beaucoup sur l'évolution nos pratiques et nos échanges passés. Certaines espèces indigènes initialement inféodées aux milieux écorchés méditerranéens ont trouvé dans les terres agricoles une niche écologique favorable leur permettant d'étendre leur aire de répartition vers le Nord à la faveur des champs cultivés⁸ (Verlaque et Filosa, 1997). D'autres espèces d'introduction ancienne (archéophytes) sont progressivement arrivées sur le territoire français dès la période néolithique (- 6000 à - 2200) puis au fil des migrations et des échanges humains successifs (figure 3). Ces espèces sont d'origines diverses : pourtour méditerranéen, Moyen-Orient voire Asie centrale. Certaines d'entre elles sont par ailleurs d'anciennes plantes cultivées comme la Cameline cultivée (*Camelina sativa*), les mâches (*Valerianella spp.*) ou la Vachère (*Vaccaria hispanica*).

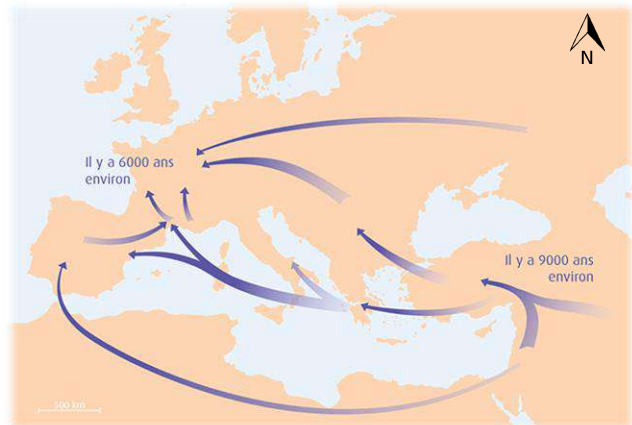


Figure 3 : Voies de diffusion historique des plantes messicoles dans le Paléarctique occidental. Les grands axes comme le pourtour méditerranéen ou la vallée du Danube ont largement contribué à la diffusion des plantes messicoles. (© Cambecèdes et al., 2012)

A ces espèces spécialistes des cultures de céréales à paille d'hiver s'ajoutent quelques espèces géophytes⁹. Celles-ci trouvent en effet dans les champs cultivés régulièrement

⁸ C'est notamment le cas de la Roémérie hybride (*Roemeria hybrida*), du Souci des champs (*Calendula arvensis*) ou du Chrysanthème des moissons (*Glebionis segetum*).

⁹ Plante vivace qui passe une partie de son cycle biologique enfouie dans le sol sous forme d'organe de réserve (bulbe, rhizome, tubercule ou racine tubérisée).

perturbés par les pratiques agricoles et le travail du sol des conditions favorables à leur maintien et leur propagation. Certaines de ces espèces comme les tulipes (*Tulipa spp.*) sont plus particulièrement associées aux cultures sarclées pérennes (vignes et vergers). Bien qu'elles ne soient donc pas *stricto sensu* messicoles (associées aux moissons) ces espèces y sont toutefois associées au vu de leur dépendance aux parcelles agricoles cultivées.

Les principales caractéristiques des plantes messicoles sont résumées dans le *tableau 1* (ci-après). Ces caractéristiques illustrent qu'à la différence des autres adventices, les plantes messicoles peuvent difficilement s'adapter aux modifications de leur environnement (pratiques agricoles).

Plantes messicoles	Autres adventices fréquentes
Spécialistes	Ubiquistes
Aires de réparation généralement restreintes	Aires de réparation larges
Commensales des céréales à paille d'hiver (maintien difficile dans d'autres cultures ou milieux)	Généralistes présentes dans de nombreuses cultures voire dans d'autres milieux
Annuelles (+ quelques vivaces géophytes)	Annuelles ou vivaces
Diploïdes (75%). Espèces peu polymorphes, stables et aux exigences écologiques strictes : vulnérables aux modifications de leur environnement	Polyploïdes (50 % à 75 %). Espèces polymorphes, plus vigoureuses et plus dynamiques voire envahissantes : niches écologiques plus larges
Rythme biologique strict. Faible à moyenne production de graines et semences peu persistantes	Forte plasticité écologique. Forte production de graines et semences parfois très persistantes / multiplication végétative
Germination automnale à hivernale	Germination printanière ou indifférentielle
Plutôt oligotrophes	En partie nitrophiles

Tableau 1 : Comparaison des caractéristiques des plantes messicoles vis-à-vis d'autres adventices fréquentes des cultures. (d'après Verlaque et Filosa, 1993)

I.2.1.1 – Listes de référence des plantes messicoles de France et de Midi-Pyrénées

Le terme messicole fait avant tout référence au comportement d'un taxon dans une aire biogéographique donnée. Le comportement messicole peut ainsi être hétérogène sur l'ensemble du territoire français métropolitain et des spécificités locales peuvent rendre une espèce « messicole » dans une région alors qu'elle ne le sera pas strictement dans une autre (espèces d'affinité méditerranéenne par exemple).

L'actuelle liste des plantes messicoles de France métropolitaine proposée par *Cambecèdes et al. (2012)* comprend 102 taxons (cf. annexe 6). Cette liste prend le parti de considérer le comportement messicole à l'échelle nationale. Des ajustements régionaux sont à considérer puisque la compilation des listes régionales comprend quant à elles au total 243 taxons.

Dans l'ex-région Midi-Pyrénées, ce travail a été réalisé par le CBNPMP et ses partenaires à partir de 2008. Lors de sa dernière révision, la liste des plantes messicoles de Midi-Pyrénées comprenait 114 taxons (*Lannuzel et al., 2020a*) (cf. annexe 5).

I.2.2 – Menaces et enjeux de conservation

I.2.2.1 – Des bouleversements profonds des pratiques agricoles au XX^{ème} siècle

La présence des plantes messicoles est intrinsèquement liée aux pratiques agricoles sans lesquelles elles ne pourraient se maintenir. Autrefois communes et largement répandues jusqu'à en imprégner l'imaginaire collectif (*figure 4*, ci-après), les plantes messicoles connaissent depuis le XX^{ème} siècle une forte régression suite aux profondes modifications du modèle agricole. Cette tendance à la raréfaction des messicoles est aussi vraie pour les autres adventices et la biodiversité de manière générale.



*Figure 4 : Champ de bleuets et de coquelicots, G.-E. Marché, 1897 (© R.-G. Ojéda – RMN Grand Palais). Malgré sa vision peut-être bucolique, cette peinture illustre que les plantes messicoles – ici Bleuets (*Cyanus segetum*) et Coquelicot (*papaver rhoeas*) – étaient autrefois communes dans les campagnes françaises. Quelques décennies plus tard, ces mêmes espèces seront reprises comme fleurs du souvenir des victimes de la Première guerre mondiale.*

Au sortir des deux guerres mondiales, les pouvoirs publics soutiennent la modernisation de l'agriculture et ses capacités de production pour en finir avec les pénuries alimentaires. Cet objectif est atteint dès les années 1970 grâce à la mécanisation, l'utilisation généralisée d'intrants de synthèse ainsi que la réorganisation profonde du milieu agricole par le remembrement et la spécialisation des territoires. Plusieurs facteurs expliquent alors la disparition des plantes messicoles :

- **l'intensification des pratiques de désherbage :**

Dans un champ cultivé, toute adventice a longtemps été considérée comme indésirable en raison des potentiels dommages qu'elle peut causer sur la récolte. En occupant simultanément l'espace, les adventices sont en compétition avec la culture pour l'eau, la lumière et les nutriments. Elles peuvent alors occasionner des pertes de rendement plus ou moins importantes (Cousens, 1985 ; Van Heemst, 1985) voire une dégradation de la qualité de la récolte (baisse du taux protéique, impuretés voire toxicité¹⁰). Partant de ce constat, les agriculteurs n'ont eu de cesse de perfectionner la lutte contre ces « mauvaises herbes » (Jauzein, 2001). La mécanisation (travail du sol) et l'utilisation généralisée d'herbicides ont de manière évidente permis l'accomplissement de cet objectif. A titre indicatif, en 2017 en France, 96% des surfaces en céréales ont reçu au moins un traitement herbicide (Agreste, 2019). Quel qu'il soit, le désherbage conduit à la destruction des adventices avant leur fructification peut en quelques années seulement épuiser la banque de graines du sol (Oliverau, 1996). Il s'agit là du principal facteur de disparition des messicoles (Pointereau et al., 2010). L'utilisation systématique de molécules herbicides simplifie par ailleurs les communautés adventices au profit d'espèces polymorphes capables de développer des résistances (Fried et al., 2009a).

¹⁰ L'ivraie enivrante (*Lolium temulentum*) et la Nielle des blés (*Agrostemma githago*), deux espèces messicoles autrefois répandues, présentent notamment un risque sanitaire pour l'alimentation humaine et animale en raison de la toxicité de leurs graines.

- **l'intensification des pratiques de travail du sol :**

Avec la mécanisation, le travail du sol s'est intensifié en fréquence et en profondeur. A l'instar du désherbage mécanique, la pratique répétée et de plus en plus profonde du labour a eu un effet négatif sur la diversité floristique. Ce type de pratique sélectionne en effet les espèces en fonction de la persistance de leurs graines et de la présence ou non d'une phase de dormance (Legast et al., 2008). Pour la plupart peu persistantes (Saatkamp et al., 2009) et dans l'incapacité de lever en profondeur, les messicoles sont pénalisées par ces travaux profonds et récurrents du sol. *A contrario*, l'arrêt du travail du sol est tout aussi préjudiciable.

- **l'intensification des pratiques de fertilisation et d'amendement :**

De prime abord favorable à la croissance des végétaux, la fertilisation s'avère néfaste dès lors qu'elle est excessive. La fertilisation azotée en est la principale cause et est négativement corrélée avec la richesse spécifique des champs cultivés (Kleijn et al., 2009). Les apports généralisés d'engrais azotés de synthèse (et organiques) ont en effet conduit à l'enrichissement excessif des sols et à l'homogénéisation des milieux : simplifiant encore les communautés adventices. Les espèces adaptées aux fortes charges en azote (nitrophiles) se développent. Les espèces plus oligotrophes réduisent leur production de biomasse (Kleijn et Van Der Voort, 1997) ou disparaissent tout simplement comme c'est le cas pour beaucoup de messicoles (Le Roux et al., 2008). D'autre part, le développement des amendements calcaïques (chaulage) nuit aux cortèges de messicoles silicoles (acidophiles).

- **l'amélioration du tri des semences et le développement des semences certifiées :**

Le tri du grain était autrefois réalisé manuellement ou à l'aide de trieuses (tarares) à la ferme. L'imperfection de ce mode de tri couplé à l'utilisation de semences fermières participait au réensemencement des plantes messicoles. Désormais plus perfectionné, le tri des semences a abaissé la tolérance aux impuretés (seuil de 14 graines d'adventices / kg de blé ou d'orge). De plus, beaucoup d'agriculteurs se sont tournés vers l'achat de semences certifiées répondant à des normes de qualité et propreté strictes. Ces pratiques ont ainsi éliminé les messicoles des lots semences et ont affecté leur maintien dans les exploitations.

- **la simplification du paysage :**

La modernisation de l'agriculture s'accompagne de profonds changements dans la structure et l'organisation du milieu agricole. A l'échelle des territoires, d'une part, avec la spécialisation des exploitations. Autrefois basées sur un modèle polyvalent de type polyculture-polyélevage, les exploitations agricoles ont été encouragées à se spécialiser suivant les potentialités agronomiques locales. Les territoires agronomiquement les plus intéressants (plaines) se sont alors majoritairement orientés vers les grandes cultures en simplifiant leurs rotations et en intensifiant leurs pratiques (cf. supra). Les territoires moins intéressants (montagnes) se sont eux tournés vers l'élevage voire l'abandon des terres les plus difficiles (déprise agricole). Ces zones ont observé un recul des céréales au profit des prairies ou de la forêt. Entre 1970 et 2000, les céréales à paille ont ainsi perdu 28% de leur surface pour les altitudes supérieures à 400m en Midi-Pyrénées. Ce constat est de plus accentué par le recul de cultures extensives comme l'avoine (-96%), le seigle (-96%), le méteil (-92%) ou le sarrasin (-100%) (Pointereau et al., 2010). Les cultures de céréales créant le milieu propice aux plantes messicoles, en leur absence, celles-ci disparaissent.

A l'échelle de la parcelle d'autre part. Le remembrement a en effet permis d'agrandir la surface des parcelles et de supprimer certains obstacles (haies, fossés) (figure 5). Initialement organisés en mosaïque de petites parcelles séparées par des éléments semi-naturels, les agroécosystèmes ont été largement simplifiés (Petit et al., 2008). L'hétérogénéité des habitats étant un facteur déterminant pour la biodiversité (Tscharntke et al., 2005), cette simplification conduit de fait à une importante perte de richesse spécifique en adventices (Gabriel et al., 2005 ; Roschewitz et al., 2005 ; Baessler et Klotz, 2006) à laquelle les messicoles n'échappent pas (Di Pietro et al., 2003 ; Gaba et al., 2009). Dans ces paysages homogènes, les parcelles plus grandes présentent généralement un ratio périmètre / aire moins élevé. Les bordures de champs aux pratiques moins intenses sont alors moins enclines à offrir des zones refuges propices aux messicoles les plus sensibles (Fried et al., 2009b).

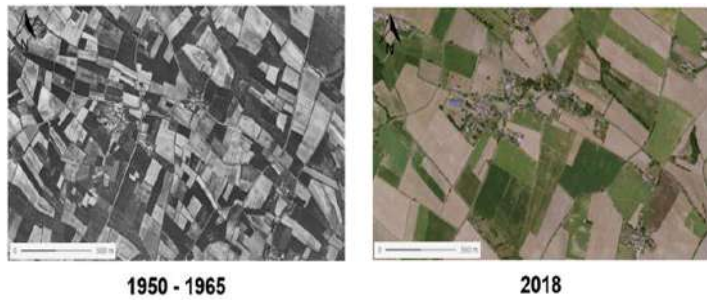


Figure 5 : Evolution du parcellaire autour de Jonquières (81) entre 1950-1965 et 2018. Le remembrement des parcelles et la disparition des haies sont ici particulièrement visibles. (© IGN – Géoportail)

- **le développement de nouvelles variétés :**

L'apparition de variétés modernes de céréales à haut rendement répond à l'intensification des pratiques agricoles (fertilisation et traitements phytosanitaires). Ces variétés ont une production de biomasse plus importante qui nuit aux messicoles par compétition (Lecomte et al., 2000). Le développement de variétés précoces a d'autre part conduit à un avancement des dates de récolte, pénalisant les messicoles à floraison tardive et ne regainant pas dans les chaumes. De même, la modification des dates de semis de l'ordre de quelques semaines depuis les années 1970 (Lorgeou et Maunas, 2017) est défavorable à la plupart des messicoles annuelles.

Ces changements de pratiques ont provoqué une profonde transformation du rapport entre agriculture et environnement (Le Roux et al., 2008). Hormis le développement de l'agriculture biologique (suppression de certains intrants de synthèse), on peut considérer l'évolution des pratiques agricoles depuis 1960 comme globalement néfastes aux communautés de plantes messicoles (Pointereau et al., 2010). Au niveau national, 29% des taxons sont actuellement à surveiller (30/102), 51% sont en situation précaire (52/102) et 8% ont même déjà disparu (8/102)¹¹ (Cambecèdes et al., 2012).

¹¹ Cameline du lin (*Camelina alyssum*), Céphalaire de Syrie (*Cephalaria syriaca*), Cuscute du lin (*Cuscuta epilinum*), Pied d'alouette à longs pédoncules (*Delphinium halteratum*), Ivraie du lin (*Lolium remotum*), Silène de Crète (*Silene cretica*), Silène du lin (*Silene linicola*) et Vesce articulée (*Vicia articulata*). Il s'agit pour plusieurs d'entre elles de messicoles spécialistes des cultures de lin.

I.2.2.2 – Des espèces pourvoyeuses de services écosystémiques et symboles d'un certain patrimoine agricole

Malgré les nuisances qu'elles peuvent occasionner à la production agricole, de nombreuses études mettent en évidence la contribution des espèces sauvages dans le fonctionnement direct ou indirect des agroécosystèmes pour réguler les ravageurs des cultures (*Chaubet, 1992 ; Altieri et Nicholls, 2004*) ou participer à la pollinisation (*Klein et al., 2007*). Les plantes messicoles assurent une partie la production primaire et sont au cœur d'un réseau complexe de relations entre les autres organismes de l'agroécosystème (*figure 6*).

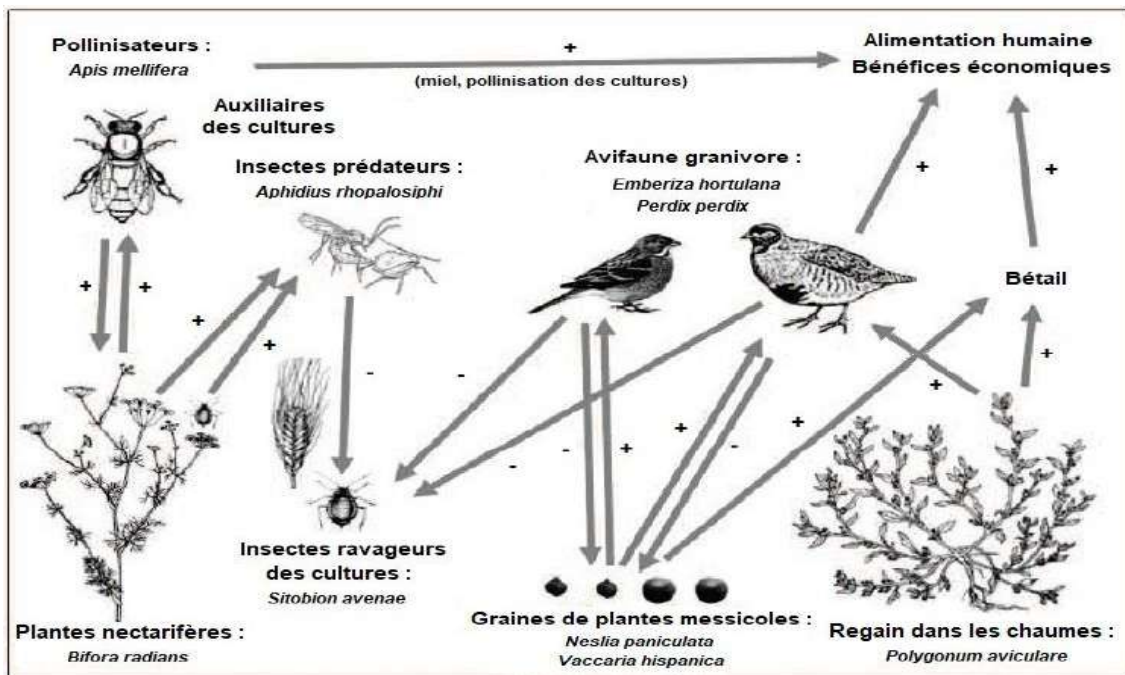


Figure 6 : Exemple de relation trophique et de services écosystémiques assurés par les plantes messicoles. (d'après *Saatkamp et al., 2009*)

Les plantes messicoles sont une ressource alimentaire importante dans l'agroécosystème, en particulier pour les insectes auxiliaires et pollinisateurs. *Guilbot et Coutin (1993)* identifient notamment 173 espèces d'arthropodes liés à 47 espèces de messicoles. Certaines d'entre elles comme le Bleuets (*Cyanus segetum*) offrent un nectar de très bonne qualité (*Gibson et al., 2006*), d'autres comme le Coquelicot (*Papaver rhoeas*) permettent de subvenir aux besoins des pollinisateurs entre les périodes de floraison des différentes cultures (*Marshall et al., 2003*). Espèces pour beaucoup dicotylédones, les messicoles attirent un grand nombre d'auxiliaires des cultures et favorisent la lutte biologique contre les ravageurs (*Dutoit et al., 2001 ; Marshall et al., 2003 ; Colignon et al., 2004*).

Oiseaux et mammifères profitent également des messicoles en se nourrissant de l'entomofaune et des graines produites. Cette ressource leur permet ainsi de réduire leur consommation des graines de la culture (*Oliverau, 1996 ; Wilson et al., 1999 ; Eraud et al., 2015*) et accroît leur survie hivernale. La présence de messicoles dans les chaumes peut aussi profiter au bétail en offrant une ressource fourragère supplémentaire, nutritionnellement intéressante (*Gerbaud et al., 2001*) en particulier lors de périodes où le pâturage est généralement restreint (sortie d'hiver et été).

Enfin n'oubliant pas que les plantes messicoles sont porteuses d'une certaine aménité de par leur aspect culturel, artistique et patrimonial. Excellentes plantes bioindicatrices, les messicoles reflètent nos pratiques agricoles passées, en disent beaucoup de nos pratiques présentes ... et figureront sans doute nos pratiques futures.

I.2.2.3 – Un enjeu régional fort

L'ex-région Midi-Pyrénées accueille aujourd'hui 110 espèces de plantes messicoles¹² dont certaines espèces rares et menacées comme la Dauphinelle de Verdun (*Delphinium verdunense*), la Nigelle de France (*Nigella gallica*), la Tulipe d'Agen (*Tulipa agenensis*), la Tulipe de l'Ecluse (*Tulipa clusiana*) ou encore la Tulipe précoce (*Tulipa raddii*). Bon nombre de ces espèces ont une distribution restreinte ou sont ici en marge de leur aire de répartition.

Avec ses 2,3 millions d'hectares de SAU¹³ l'ex-région possède donc un grand enjeu de conservation des plantes messicoles. Certains territoires comme les Grands-Causse, le Quercy ou les coteaux du Tarn et du Gers sont particulièrement concernés (*annexe 2*).

I.2.3 – Mesures de conservation

Dès les années 1960, plusieurs botanistes vont alerter de la disparition des plantes messicoles en France (*Aymonin, 1962*). En 1993, le colloque de Gap « Faut-il sauver les mauvaises herbes ? » adoptait un ton provocateur vis-à-vis de la conservation de ces espèces.

Malgré la loi fondatrice sur la protection de la nature de 1976, les plantes messicoles n'ont pas de statut de protection à quelques rares exceptions près. Et même pour ces espèces, la protection n'est que partielle puisque « les interdictions de destruction, de coupe, de mutilation et d'arrachage ne sont pas applicables aux opérations d'exploitation courante des fonds ruraux sur les parcelles habituellement cultivées » (Art. 2 - Arrêté du 31 août 1995).

Suivront quelques actions ponctuelles ou isolées en régions dans les années 1990 à 2000. Les choses s'accroissent ensuite au tournant des années 2010.

I.2.3.1 – Plan régional d'actions pour la conservation des plantes messicoles de Midi Pyrénées (2005 - 2010)

Coordonné par le CBNPMP et mise en œuvre de façon partenariale, un plan régional d'actions pour la conservation des plantes messicoles voit le jour en Midi-Pyrénées de 2005 à 2010. Ce dernier se décline en 2 phases :

- 1^{ère} phase (2005 - 2007) : la première phase du programme a permis de réaliser un premier état des lieux de la répartition des plantes messicoles et recueillir auprès des agriculteurs des informations sur les pratiques agricoles compatibles (*Cambecèdes et al., 2007*). En complément de l'enquête auprès des agriculteurs, des relevés de terrain ont été menés sur 75 parcelles ;

¹² 4 espèces ayant disparu parmi les 114 retenues dans la liste régionale (*Lannuzel et al., 2020*).

¹³ SAU : Surface Agricole Utile

- 2nd phase (2008 - 2010) : dans la continuité de la première phase, la deuxième phase avait pour objectif de mobiliser l'ensemble des acteurs autour de cette thématique et fournir à chacun des outils d'appréciation techniques. Une analyse des pratiques agricoles de 8 exploitations a permis d'identifier les pratiques favorables aux messicoles. Cette étude a donné lieu à la publication de *Pointereau et al. (2010)*.



Figure 7 : Nigelle de France (*Nigella gallica*), juin 2014, Puylaurens (81). (© B. Long)

Un suivi des stations de Nigelle de France (*Nigella gallica*) (figure 7) a également été entrepris pour affiner les connaissances sur la répartition et l'écologie de cette espèce rare et protégée.

En parallèle de ces actions, de vastes inventaires ciblés de la flore messicole ont été réalisés par les partenaires locaux (associations naturalistes, parcs naturels régionaux, etc.) pour mettre à jour l'état des connaissances sur la répartition de ces espèces. Les résultats ont conduit à l'identification de zones à fort intérêt (*annexe 2*).

I.2.3.2 – Plan National d'Actions en faveur des plantes messicoles (2012 - 2018)

Suit en 2012 la publication du premier Plan National d'Actions (PNA) en faveur des plantes messicoles (Cambecèdes et al., 2012), document cadre national inspiré de la stratégie proposée en Midi-Pyrénées. Coordonné par la Direction de l'eau et de la biodiversité du Ministère en charge de l'écologie et animé par le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, ce plan d'action propose de mettre en place des dispositifs et actions de niveau national et régional, afin de conserver et restaurer les populations de plantes messicoles. Les réseaux de partenariats établis durant la période du plan témoignent d'une prise de conscience autour des enjeux de la biodiversité et de son rôle essentiel dans le bon fonctionnement des agrosystèmes.

I.2.3.3 – Projet CASDAR¹⁴ « Conservation des plantes messicoles dans les parcelles cultivées » (2013 – 2015)

Complémentaire des actions menées dans le cadre du PNA, un projet CASDAR s'est déroulé de 2013 à 2015. Ses principaux objectifs étaient :

- définir et évaluer les liens entre systèmes de culture, pratiques culturales et plantes messicoles afin d'identifier les séquences les plus favorables ;
- concevoir et tester un outil de diagnostic en vue d'une évaluation de la biodiversité messicole à la parcelle et de son évolution ;
- tester des indicateurs de biodiversité et de caractérisation des pratiques agricoles, basés sur la richesse spécifique, la rareté des espèces et leurs traits ;
- identifier et évaluer le rôle fonctionnel et les services rendus des messicoles ;
- évaluer la perception des messicoles par le monde agricole.

¹⁴ CASDAR : Compte d'Affectation Spéciale au Développement Agricole et Rural.

I.2.3.4 – Projet Messiflore

Le plan régional d'actions évolue à partir de 2015 et devient un programme régional de gestion de sous-trames : Messiflore. Coordonné par le CBNPMP et mis en œuvre de manière partenariale, le programme se décline en 3 thématiques :

- disposer d'outils permettant d'évaluer l'état et l'évolution des populations de plantes messicoles à l'échelle régionale ;
- promouvoir les pratiques favorables au maintien de la sous-trame ;
- proposer un appui technique aux acteurs intervenant dans le maintien ou la restauration des continuités écologiques de bord de champs.

Après deux premières phases (2015 - 2017 puis 2017 - 2019) ayant permis d'actualiser les enjeux et d'élaborer un indicateur messicole communal (*cf. annexes 2 et 8*), le programme Messiflore est actuellement dans sa 3^{ème} phase (juin 2019 - juin 2021). Un des objectifs pour cette nouvelle phase est d'analyser les effets des nouvelles pratiques de gestion agro-écologiques.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent projet de fin d'études.

I.3 – Présentation du projet de fin d'études

I.3.1 – Objectifs

I.3.1.1 – Attentes du commanditaire

L'identification des effets des pratiques agricoles conventionnelles sur les communautés de plantes messicoles a fait l'objet de nombreux travaux en France (*Pointereau et al., 2010 ; Lannuzel, 2015 ; Rodriguez et al., 2018 ; etc.*) comme à l'étranger (*Rotchés-Ribalta et al., 2015a ; 2015b ; 2015c ; etc.*) afin de déterminer une stratégie de conservation. Hormis certaines pratiques liées à l'agriculture biologique (réduction des intrants), le développement de nouvelles pratiques agricoles plus agroécologiques n'est pas ou très peu documenté dans la littérature scientifique concernant ses effets sur les communautés de plantes messicoles.

Dans un contexte de prise de conscience agroenvironnementale et de progression croissante des pratiques agroécologiques, le manque de références à ce sujet constitue un enjeu majeur pour la conservation des plantes messicoles dans les années à venir. Au travers de ce stage, le CBNPMP propose une étude exploratoire préliminaire autour de la problématique suivante :

Quels sont les effets des pratiques agroécologiques sur les communautés de plantes messicoles ?

Ainsi, les objectifs retenus sont :

- réaliser une synthèse bibliographique sur les pratiques agroécologiques et les analyser au regard de leurs effets potentiels sur les communautés de plantes messicoles ;
- recueillir des références techniques auprès de différents acteurs ;

- élaborer un protocole de suivi et le mettre en place ;
- participer à l'inventaire et au suivi des plantes messicoles ;
- analyser et restituer les résultats.

I.3.1.2 – Attentes pédagogiques

Ce projet de fin d'études clôture mes 3 ans de formation en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse (ENSAT). Ce stage d'une durée de 6 mois (26 semaines) parachève ma 3^{ème} année de formation en spécialisation AGREST. L'objectif de stage est triple :

- approfondir l'acquisition de compétences dans les domaines de l'agroécologie et de la protection de l'environnement
- acquérir une expérience de nature professionnelle de longue durée
- expérimenter ses capacités à conduire un travail de grande ampleur.

I.3.1.3 – Attentes personnelles

Le présent stage s'inscrit pour moi dans un parcours universitaire, professionnel et personnel plus large. Naturaliste depuis mon plus jeune âge, la connaissance et la protection de la biodiversité sont des domaines que j'affectionne tout particulièrement et qui ont motivé mon investissement associatif depuis plus d'une dizaine d'années maintenant. Constatant par ailleurs l'inexorable érosion de la biodiversité, en particulier celle des milieux agricoles, les politiques environnementales actuelles ont aujourd'hui – je l'estime – atteint leurs limites. A mon sens, questions environnementales et activités humaines ne devraient pas être dissociées. Cette réflexion a tout naturellement suscité mon intérêt pour l'agroécologie et la promotion de modèles agricoles plus durables. De ce point de vue, ce stage et sa problématique s'intègrent parfaitement à mon projet et mes attentes.

Enfin, je suis heureux de renouer avec les plantes messicoles puisque, jeune naturaliste, j'avais participé aux inventaires de terrain lors du premier plan régional d'actions, en 2007 - 2008, avec P. Durand et la Société Tarnaise des Sciences Naturelles (STSN).

I.3.2 – Organisation de la mission

Afin de répondre à la problématique posée et aux objectifs retenus, cette étude se divise en 2 phases principales :

- 1/ l'identification des pratiques agroécologiques et de leurs effets potentiels sur les communautés de plantes messicoles au travers d'un travail de réflexion et de synthèse bibliographique (fiches de synthèse) ;
- 2/ une enquête de terrain visant à dégager les effets des pratiques agricoles et à les confronter à certaines hypothèses développées dans la phase précédente.

La répartition dans le temps des différentes tâches de travail est présentée dans le *tableau 2*. En raison de la crise sanitaire (Covid-19), des périodes de restriction de déplacement et/ou de télétravail ont été imposées et ont inopportunément retardé voire écourté certaines activités (terrain et rencontre d'acteurs).

	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.
Appropriation de la problématique et des études antérieures							
Recherches bibliographiques							
Rédaction des fiches de synthèse							
Compilation des tableaux messicoles et traits biologiques							
Elaboration du protocole expérimental							
Recherche et prise de contact des agriculteurs à enquêter							
Prospections messicoles							
Enquête partiques agricologiques et relevés floristiques							
Identification des échantillons récoltés sur le terrain							
Mise en forme des matrices de données							
Traitement des données							
Rédaction du mémoire de fin d'études							

Tableau 2 : Planification de l'étude.



Période de restriction sanitaire (Covid-19)
(confinement, déplacement restreint, télétravail)

En parallèle de ces activités, d'autres tâches plus ponctuelles ont pu m'être confiées en appui aux équipes du CBNPMP. Citons par exemple :

- la contribution aux prospections messicoles dans des communes sans donnée, pour compléter l'indicateur communal des enjeux messicoles (*cf. annexe 2*) ;
- la participation à une journée d'appui à la Fédération des Chasseurs d'Occitanie dans le cadre d'un semis de plantes sauvages et locales dans le Tarn-et-Garonne ;
- une expertise agricole sur les plantes exotiques envahissantes en vue de la parution d'un article dans le Bulletin de Santé du Végétal (BSV) d'Occitanie ;
- un appui à la communication, par la participation à l'élaboration de publications de vulgarisation sur les plantes messicoles pour la page Facebook du CBNPMP (<https://www.facebook.com/CBNPMP/>).

II – Evolution des pratiques agricoles : un pas vers plus d'agroécologie ? un bien pour les messicoles ?

L'agriculture intensive moderne répond à un fort besoin de productivité mais induit en contrepartie une artificialisation et/ou une simplification croissante des (agro-)écosystèmes et l'utilisation massive d'intrants. Ce système de production n'est donc pas sans poser des questions en termes de durabilité, de gestion des ressources naturelles, de fertilité des sols, d'érosion du sol, de déclin de la biodiversité ou encore de santé publique. Face à ce constat, de nouvelles pratiques agricoles plus « durables », dites agroécologiques, se développent.

Pour les plantes messicoles ayant coévolué durant des siècles avec les pratiques agricoles, ces évolutions interrogent inévitablement sur leur conservation : opportunités ? menaces ? Ces changements sont largement documentés dans la littérature scientifique pour les communautés adventices ... mais ne le sont pas ou très peu pour les messicoles. Au travers de cette partie, nous proposons donc de faire un inventaire (non-exhaustif) des pratiques agroécologiques et de leurs effets potentiels sur les communautés de plantes messicoles.

II.1 – Pratiques agroécologiques : *qu'es aquò* ?

II.1.1 – L'agroécologie, un concept large mais aux applications concrètes

II.1.1.1 – Définition

L'agroécologie se développe dans le champ scientifique dans les années 1990 - 2000 comme une approche intégrative de concepts et de méthodes issus de l'agronomie, de l'écologie et des sciences humaines et sociales (*Tomich et al., 2011*). L'agroécologie se définit alors comme « une science d'application [...] pour la construction de systèmes alimentaires durables » (*Francis et al., 2003 ; Gliessman, 2007*). Son domaine d'application s'étend de l'agroécosystème (parcelle, exploitation, territoire) au système alimentaire dans son ensemble (agroalimentaire, distribution, consommateur). L'agroécologie propose ainsi une alternative au modèle agricole industriel et appelle à une véritable transition des secteurs agricoles et agro-alimentaires.

Dans la sphère publique, l'agroécologie est portée par divers mouvements sociaux promouvant par ailleurs la souveraineté alimentaire, l'agriculture paysanne ou le retour à plus de lien social. L'agroécologie possède ici une triple dimension : technique, éthique et politique. Cette ambivalence entretient le risque de confusion entre science, pratiques agricoles et mouvement social.

Dans cette étude, nous nous restreindrons à l'approche scientifique de l'agroécologie et à ses applications sur les agroécosystèmes seulement. Dans ce cadre, l'agroécologie peut être définie comme un « ensemble de pratiques agricoles privilégiant les interactions biologiques [et les processus naturels] et visant à une utilisation optimale des possibilités offertes par les agrosystèmes » (*RF, 2015*). L'agroécologie peut être qualifiée d'agriculture écologiquement intensive. L'objectif est ainsi de réduire l'énergie culturelle industrielle (intrants : carburant, produits phytosanitaires, engrais) en maximisant l'énergie culturelle fournie par l'agroécosystème même (*figure 8*).

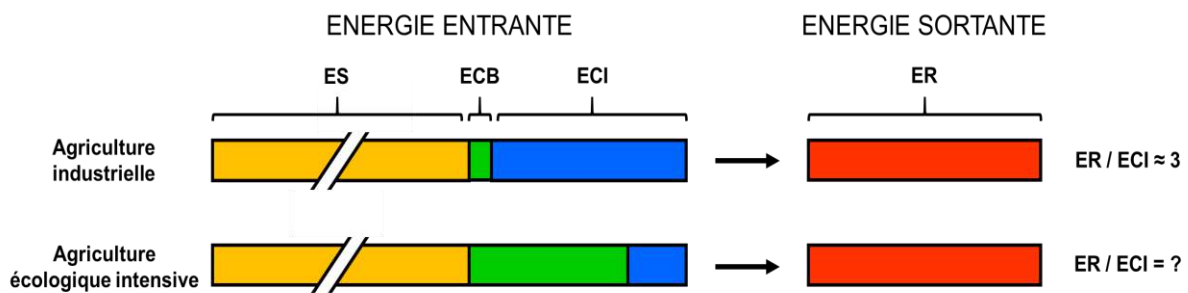


Figure 8 : Comparaison des différentes sources d'énergie dans un système de production industriel conventionnel et dans un système écologiquement intensif. L'énergie solaire (ES), l'énergie culturale biologique (ECB) et l'énergie culturale industrielle (ECI) fournies à / par l'agrosystème permettent la conversion d'énergie en denrées agricoles à la récolte (ER). (d'après Gliessman et al., 2000)

De Schutter (2011) résume cette définition par « la recherche des moyens d'améliorer les performances environnementales et techniques des systèmes agricoles en imitant les processus naturels, créant ainsi des interactions et synergies biologiques bénéfiques entre les composantes de l'agroécosystème ». Il s'agit notamment de :

- mobiliser les interactions biologiques à l'échelle de l'agroécosystème : compétition, association, résilience, équilibre proies / prédateurs, services écosystémiques, etc. ;
- boucler les cycles biogéochimiques : eau, carbone, azote et autres éléments minéraux ;
- gérer les territoires agricoles en les considérant à diverses échelles : de la parcelle au paysage, à court terme et à long terme.

II.1.1.2 – Terminologie et pratiques retenues

L'agroécologie n'est pas un mode de production défini par un ensemble précis de pratiques comme peuvent l'être l'Agriculture biologique ou la Production Intégrée (modèle IP-Suisse®). Aucune réglementation ni certification n'est en effet associée à ce terme. Dans cette étude, nous ne considérerons donc que les pratiques culturales de grandes cultures et/ou de polyculture-élevage répondant à la définition ci-dessus et dont les effets peuvent impacter la flore messicole.

De manière schématique, les pratiques agroécologiques retenues peuvent être regroupées en 3 ensembles :

- les pratiques associées à l'Agriculture de Conservation des Sols (ACS) ;
- les pratiques associées à l'Agriculture intégrée ;
- les pratiques de reconception de l'agroécosystème.

II.1.2 – Agriculture de Conservation des Sols (ACS)

II.1.2.1 – Définition et principes agronomiques

L'Agriculture de Conservation des Sols (ACS) – ou plus simplement Agriculture de Conservation – est un modèle agricole conceptualisé dès les années 1940 aux Etats-Unis suite à d'importants phénomènes d'érosion hydrique et éolienne (*Dust Bowl*). Son objectif principal est de lutter contre les dégradations des sols agricoles voire de contribuer à leur régénération. Pour se faire, l'ACS s'ingénie à accroître l'agrobiodiversité (sauvage comme cultivée) et à stimuler les processus biologiques naturels tout en augmentant la quantité de matière organique des sols. En plus d'assurer la fertilité, l'ACS doit également garantir une production agricole régulière et performante sur les plans technique et économique. Elle vise notamment à long terme une meilleure rentabilité économique en réduisant le besoin d'intrants (engrais, produits phytosanitaires et carburant) sans pour autant les interdire.

Dans les faits, l'ACS repose sur l'application simultanée de 3 grands principes agronomiques : la suppression du travail du sol, la couverture permanente du sol et la diversification des rotations culturales (*Rooks et al., 2016*) (figure 9).

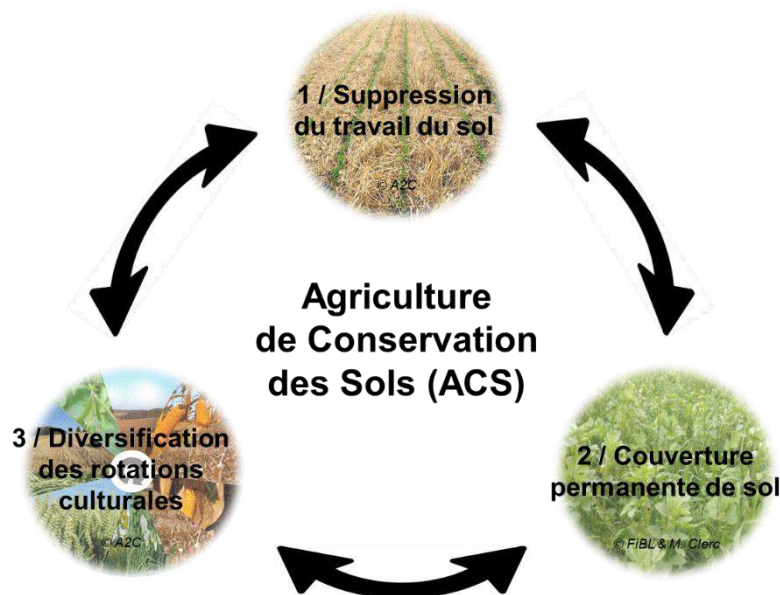


Figure 9 : Principes agronomiques piliers de l'Agriculture de Conservation des Sols (ACS).

L'ACS est un mode de production largement répandu en Amérique du Nord, au Brésil et en Australie. D'apparition plus récente en Europe, l'ACS y est en plein développement et a déjà été adoptée par environ 2 % des agriculteurs français (*APAD, 2016*).

II.1.2.2 – Suppression du travail du sol

La suppression du travail du sol est sans nul doute le principe agronomique phare de l'ACS. Dans une perspective où le sol n'est plus un simple substrat, la réduction puis la suppression de travail du sol doivent permettre au sol et à ses processus naturels de contribuer par eux-mêmes au bon développement de la culture (lit de semences et structure favorables, fertilité, gestion des bioagresseurs, etc.).

Ce principe agronomique s'inspire et vise à reconstituer le fonctionnement et les dynamiques du sol en tant qu'écosystème, comme dans une forêt ou une prairie par exemple. L'arrêt des perturbations agricoles du sol doit ainsi permettre de recréer la stratification naturelle des horizons (accumulation de matière organique dans la litière) tout en favorisant l'activité biologique (services écosystémiques). Plusieurs objectifs sont notamment recherchés :

- l'amélioration de la structure du sol (agrégation, mésoporosité, portance) ;
- une meilleure nutrition de la culture ;
- la réduction du risque de battance ;
- l'augmentation de la Réserve Utile (RU) en eau ;
- l'accroissement des flux de nutriments entre les horizons (racines et pédofaune) ;
- des séquences plus favorables aux auxiliaires des cultures (régulation biologique) ;
- la réduction des phénomènes d'érosion éolienne et hydrique ;
- la réduction des frais de mécanisation et un gain de temps de travail.

Dans les faits, le semis direct est la pratique culturale qui répond le mieux à cet objectif puisque le travail du sol dans ses itinéraires techniques¹⁵ est généralement limité au seul semis, c'est-à-dire à l'implantation sur le rang des semences (0-5cm). Lorsque la suppression totale du travail du sol n'est pas réalisable, un gradient d'autres pratiques permettent sa réduction progressive grâce au travail superficiel (0-15 cm) ou au travail en bandes (*strip-till*) (figure 10).

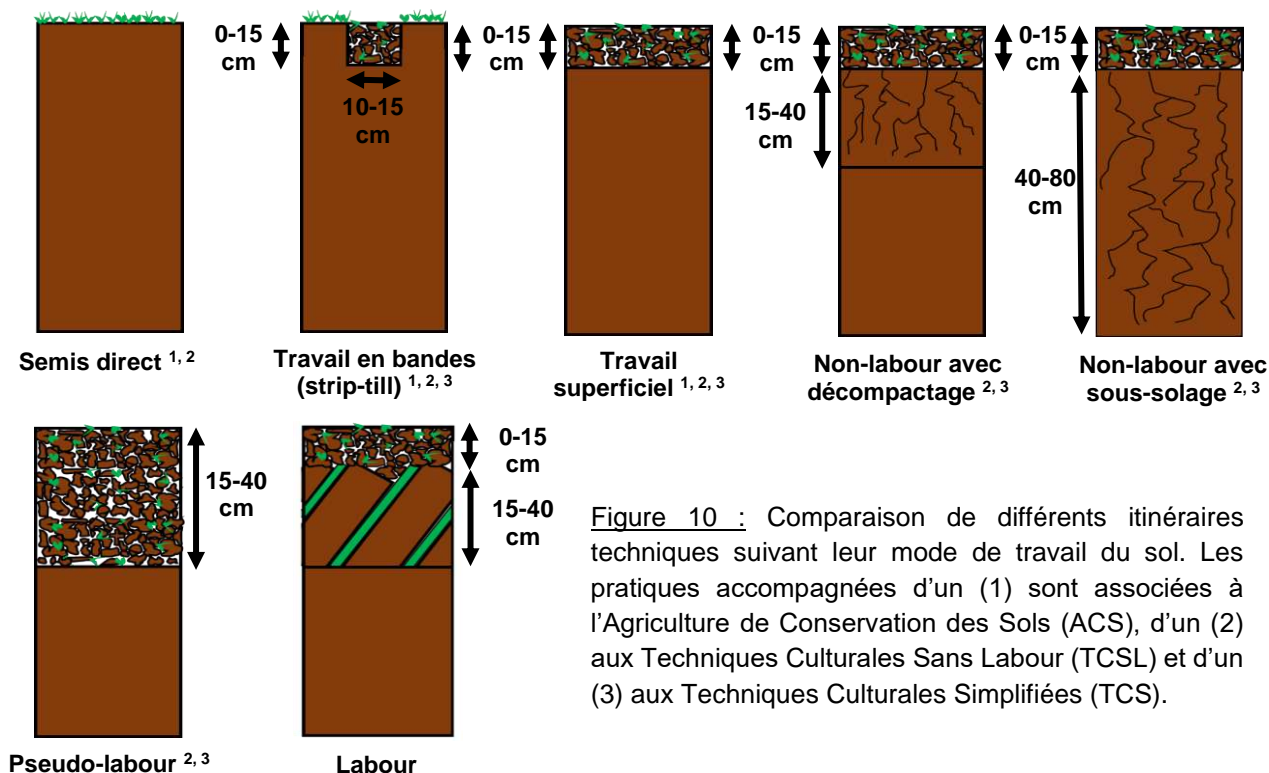


Figure 10 : Comparaison de différents itinéraires techniques suivant leur mode de travail du sol. Les pratiques accompagnées d'un (1) sont associées à l'Agriculture de Conservation des Sols (ACS), d'un (2) aux Techniques Culturelles Sans Labour (TCSL) et d'un (3) aux Techniques Culturelles Simplifiées (TCS).

¹⁵ L'itinéraire technique est la « combinaison logique et ordonnée d'opérations culturales mises en œuvre pour la conduite d'une culture » (Sébillotte, 1974). Bien que ce terme désigne un ensemble de pratiques, il est en général désigné par l'opération principale de travail du sol (labour, semis direct, etc.).

II.1.2.3 – Couverture permanente du sol

La couverture permanente du sol consiste à disposer en tout temps d'un couvert végétal c'est-à-dire d'un ensemble de végétaux semés ou spontanés, vivants ou morts, couvrant le sol de manière temporaire ou permanente. Ce principe s'applique en particulier lorsque le sol n'est pas occupé par la culture spatialement (inter-rang) ou temporellement (interculture). Plusieurs pratiques peuvent alors permettre la couverture permanente du sol : le maintien des chaumes, les couverts végétaux d'inter-rang, les cultures relais, les cultures intermédiaires, les cultures dérobées ou encore le semis direct sous couvert.

D'un point de vue agronomique, la couverture permanente des sols doit permettre de :

- limiter les phénomènes d'érosion (couvert physique du sol et enracinement) ;
- limiter la pression adventice : le couvert entre en compétition avec les adventices et limite leur développement ;
- augmenter de la teneur en matière organique du sol (résidus de culture) ;
- améliorer la fertilité chimique (recyclage des éléments et fixation symbiotique de l'Azote par les légumineuses) ;
- limiter les pertes de nutriments par lixiviation (nitrates notamment) ;
- améliorer la structure du sol (système racinaire, matière organique) ;
- accueillir la faune auxiliaire (habitat et ressources alimentaires).

II.1.2.4 – Diversification des rotations culturales

La rotation ou rotation culturale retranscrit la succession des cultures sur une parcelle suivant un cycle régulier plus ou moins long. Ce terme est intrinsèquement lié à celui d'assolement, c'est-à-dire à l'organisation et la répartition spatiale des culturales (sole) au cours d'une campagne donnée (*figure 11*).

La diversification des rotations culturales est un levier agronomique majeur dont l'objectif est d'améliorer la résilience du système en augmentant l'agrobiodiversité cultivée (*i.e.* le nombre d'espèces cultivées). La réflexion de ce principe est primordiale et contribue entre autres à :

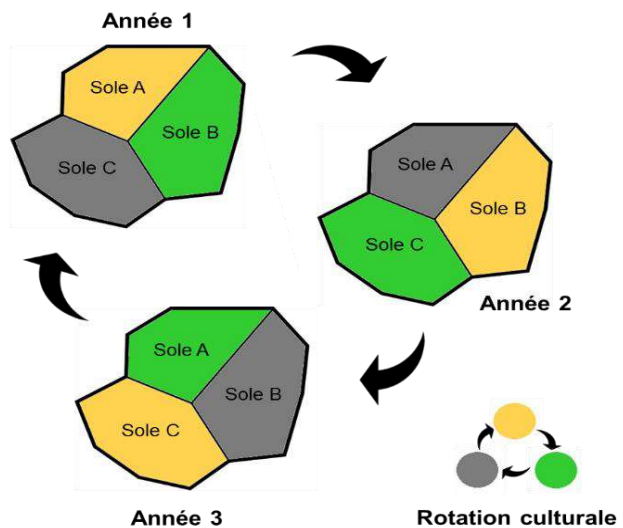


Figure 11 : Exemple de rotation triennale (3 cultures) et des assolements associés lors des 3 campagnes.

- adapter et diversifier les débouchés économiques ;
- adapter le système de production aux contraintes climatiques et aux évolutions techniques (équipements, savoirs, *etc.*) ;

- améliorer la structure du sol : par l'alternance de cultures à enracinements différents (racines pivots ou racines fasciculées) dont l'action mécanique sur le sol varie ;
- contribuer à la fertilité : toutes les cultures n'ont pas les mêmes besoins et une gestion raisonnée des rotations participe à la bonne nutrition des cultures en alternant des espèces aux besoins contrastés. Certaines cultures – exigeantes – tendront ainsi à diminuer le stock d'éléments minéraux du sol, là où d'autres espèces auront une action neutre voire améliorante (e.g. légumineuses et fixation symbiotique de l'azote) ;
- concourir à la gestion de la flore adventice : l'alternance et la diversification de cultures aux caractéristiques variées (culture d'hiver / de printemps ou d'été ; monocotylédone / dicotylédone) permet de casser les cycles des adventices. Ceci permet de plus de varier les pratiques culturales en termes de travail du sol et/ou de lutte chimique, empêchant la sélection d'une flore spécifique ;
- concourir à la lutte contre les autres bioagresseurs : de même que pour la flore adventice, la diversification et l'alternance des familles et espèces cultivées permet de briser le cycle de nombreux bioagresseurs qui ne trouvent pas assez régulièrement leur culture hôte pour se maintenir.

En pratique, la diversification des rotations culturales peut être mise en place *via* l'introduction de nouvelles cultures, les cultures associées, les cultures dérobées, les couverts végétaux, les cultures intermédiaires ou encore le choix variétal.

II.1.3 – Agriculture intégrée

II.1.3.1 – Définition et principes

L'Agriculture intégrée repose sur une approche systémique de la gestion des exploitations agricoles comme unités de base devant tendre à un maximum d'autonomie. Au centre d'un agroécosystème, l'exploitation doit par son fonctionnement interne concourir à son propre équilibre afin de limiter le recours aux intrants extérieurs (carburant, engrais, produits phytosanitaires, aliments pour le bétail, *etc.*). Cette approche s'appuie en particulier sur la diversification et la complémentarité des ateliers de production dans le temps et l'espace. Les synergies culture-élevage ou la diversification des rotations doivent notamment permettre de se substituer autant que possible aux intrants extérieurs à l'exploitation pour boucler les flux de nutriments et réduire les risques liés aux bioagresseurs des cultures. La conservation et/ou restauration d'un agroécosystème fonctionnel, capable d'assurer ses services écosystémiques, est d'autre part un aspect essentiel.

En Agriculture intégrée, la primauté est donnée aux moyens biologiques et techniques. Le recours aux intrants extérieurs à l'exploitation (chimiques notamment) n'est pas proscrit mais doit être fait avec parcimonie en tenant compte des exigences économiques, sociales et environnementales. Ce principe s'inspire de l'Agriculture raisonnée : les intrants ne sont utilisés qu'en dernier recours lorsque le seuil d'intervention est dépassé, c'est-à-dire lorsque les moyens biologiques et techniques sont insuffisants et que les pertes (économiques) sont supérieures au coût d'intervention.

Comparativement aux systèmes spécialisés, les systèmes en polyculture-(poly)élevage sont les plus propices à l'Agriculture intégrée. Les complémentarités et synergies entre cultures, entre élevages et entre cultures et élevages permettent de réduire les consommations d'intrants extérieurs (Long, 2018). Par exemple :

- les cultures fournissent fourrages, concentrés (céréales et protéagineux) et litière (paille) au bétail qui restitue en contrepartie ses déjections pour fertiliser les cultures ;
- l'intégration de prairies temporaires (de légumineuses) dans les rotations permet d'améliorer la fertilité (azotée) et de lutter contre les adventices tout en valorisant la ressource herbagère par les herbivores ;
- les différentes espèces d'herbivores consomment différemment et de manière complémentaire les ressources.

Il est par ailleurs intéressant de noter que les exploitations en polyculture-élevage sont parmi celles qui conservent la plus grande richesse spécifique en plantes messicoles (Fried, 2007 ; Pointereau et al., 2010). Leur étude est donc d'autant plus intéressante.

D'autre part, bien que l'accent y soit plus porté sur la fertilité des sols, l'ACS peut dans certains cas être considérée comme une forme d'Agriculture intégrée dès lors que l'utilisation d'intrants extérieurs à l'exploitation y est fortement raisonnée. De même, l'interdiction de certains intrants de synthèse en Agriculture biologique contraint sous certains aspects à une forme poussée d'Agriculture intégrée (gestion par les moyens biologiques et techniques ou par les intrants extérieurs autorisés). L'Agriculture biologique étant en grande partie incluse dans l'Agriculture intégrée, les pratiques qui lui sont associées sont considérées dans cette partie.

Les pratiques associées à l'Agriculture intégrée retenues pour leurs impacts *a minima* supposés sur les plantes messicoles peuvent être distinguées en 4 catégories :

- les pratiques de Protection intégrée des cultures ;
- les pratiques de gestion intégrée de la fertilisation des cultures ;
- les pratiques liées aux semences fermières ;
- les pratiques de gestion intégrée de l'alimentation du bétail (autonomie alimentaire).

II.1.3.2 – Protection intégrée des cultures

L'intensification de l'agriculture a permis un fort accroissement des niveaux de production grâce, notamment, à des stratégies de lutte contre les bioagresseurs non plus basées sur la prévention mais sur l'utilisation curative et quasi systématique de produits phytosanitaires à grande efficacité (Lucas, 2007). Le recours répété à ces produits pesticides fragilise les systèmes de cultures face aux bioagressions et les rend d'autant plus dépendant à leur utilisation. Ceci n'est pas non plus sans poser de problèmes en termes d'efficacité agronomique (apparition de résistance), de respect de l'environnement (pollution, destruction d'organismes non-cibles), de viabilité économique et d'attentes sociétales. Dans ce cadre,

l'exigence de qualité et de régularité de la production est maintenue mais impose de considérer tous les moyens de lutte alternatifs et de raisonner leur mise en œuvre.

La Protection intégrée des cultures se définit comme « un système de lutte contre les organismes nuisibles [...] réservant la priorité à la mise en œuvre délibérée des éléments naturels de limitation et respectant les seuils de tolérance » (Ferron, 1999). Il ne s'agit donc plus seulement de traiter les dégâts (symptômes) au-delà d'un seuil d'intervention pour éviter les dommages (pertes) mais de mettre en œuvre tous les leviers possibles afin que ce seuil ne soit pas atteint. La lutte chimique n'est alors utilisée qu'en dernier recours lorsque les mesures prophylactiques et les moyens de lutte alternatifs sont insuffisants.

Les bases réglementaires de la Protection intégrée des cultures ont été fixées par la Directive européenne 2009/128/CE et comprennent 8 principes généraux (figure 12).

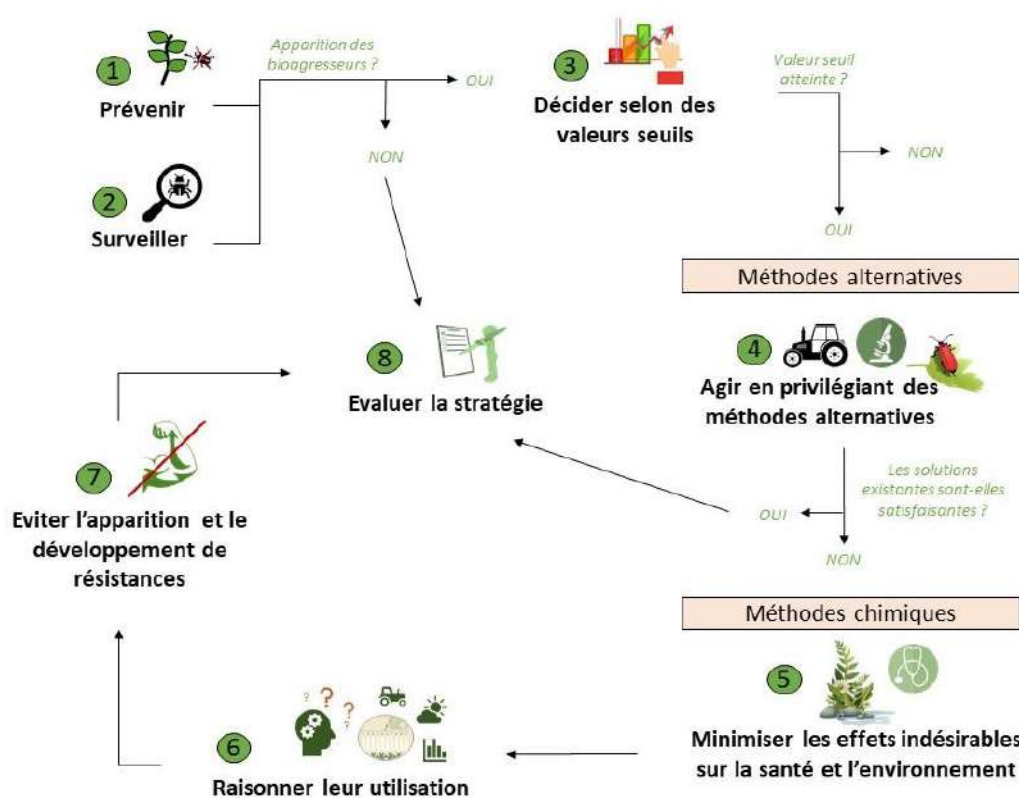


Figure 12 : Principes généraux de la Protection intégrée des cultures. (© Ecophyto – PIC)

Du point de vue des pratiques culturales, celles-ci doivent permettre de réguler le cycle des bioagresseurs afin qu'ils demeurent à des niveaux faibles où ils ne causent pas de dommage (figure 13). Ces pratiques peuvent être distinguées selon 4 leviers :

- les pratiques de prévention ;
- les pratiques d'évitement ;
- les méthodes de lutte alternatives ;
- la gestion des infrastructures agroécologiques.

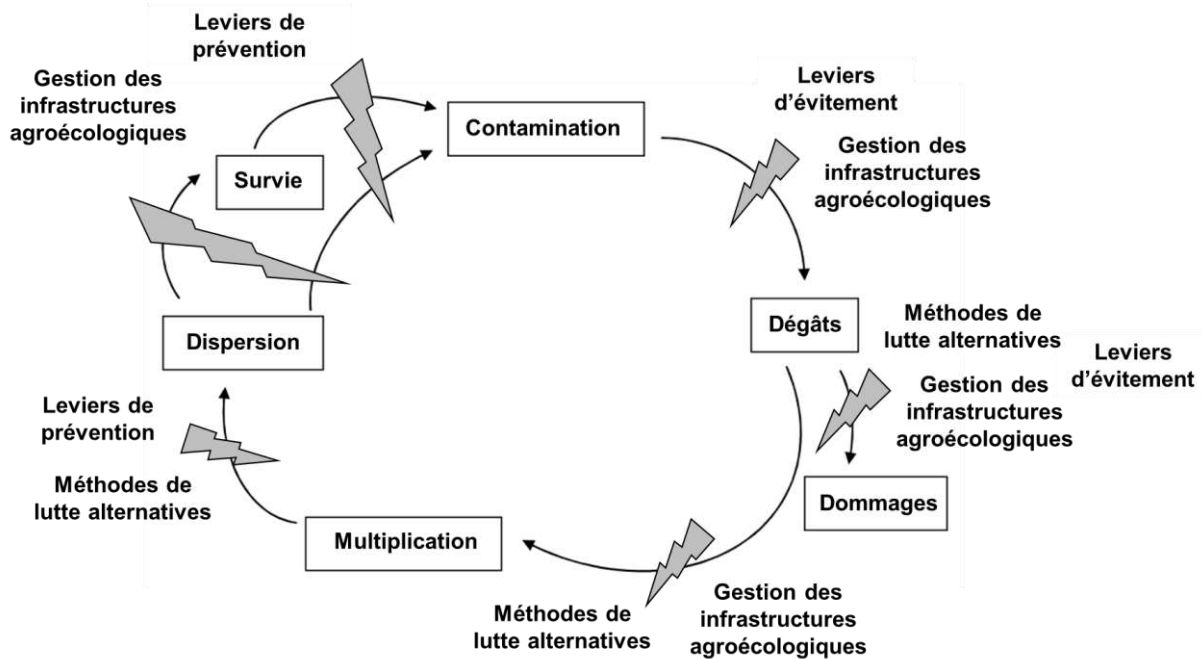


Figure 13 : Cycle biologique simplifié d'un bioagresseur et leviers d'action de la Protection intégrée des cultures (pratiques de prévention, pratiques d'évitement, méthodes de lutte alternatives et gestion des infrastructures agroécologiques).

La plupart des pratiques de Protection intégrée des cultures retenues pour leurs impacts les plantes messicoles sont (sans grande surprise) associées à la gestion de la flore adventice.

II.1.3.3 – Gestion intégrée de la fertilisation des cultures

La gestion de la fertilité est un autre enjeu majeur des systèmes de culture pour maintenir des niveaux de production satisfaisants (quantité et qualité). Dans les systèmes agricoles intensifs, la nutrition des cultures est essentiellement basée sur l'apport d'engrais de synthèse (N) ou issus de ressources naturelles limitées (P et K). En Agriculture intégrée, au contraire, les exportations de nutriments hors de l'exploitation doivent être compensés autant que possible par un recyclage en interne (restitution des résidus de cultures ou des déjections animales) ou bien par un enrichissement endogène (fixation symbiotique de l'Azote par les légumineuses). Certaines pratiques culturales répondant aux principes de l'ACS contribuent d'autre part en interne à améliorer la fertilité des sols et à réduire les besoins d'intrants extérieurs à l'exploitation pour la fertilisation.

II.1.3.4 – Semences fermières

Les semences fermières ou semences de ferme sont des semences prélevées lors de la récolte par l'agriculteur et destinées à être ressemées. Lorsque la sélection se passe également à la ferme, on parle de semences paysannes. Ces pratiques permettent de ne pas recourir à l'achat de semences certifiées à chaque nouvelle campagne. L'échange de semences entre exploitations ou le tri du grain à la ferme sont des pratiques en lien avec cette thématique.

II.1.3.5 – Autonomie alimentaire du bétail

L'autonomie alimentaire du bétail est un des points clés de l'application de l'Agriculture intégrée à l'élevage. Les productions végétales de l'exploitation doivent ainsi permettre de fournir fourrages, concentrés (céréales, protéagineux) et litière (paille) aux animaux afin de limiter les achats de produits extérieurs.

L'insertion de prairies temporaires ou de cultures fourragères (annuelles) dans les rotations sont par exemple de bons moyens d'accroître l'autonomie fourragère. Augmenter la part des productions végétales autoconsommées ou développer leurs cultures sont d'autre part des solutions intéressantes pour assurer l'autonomie en concentrés. Les cultures de légumineuses peuvent à ce titre particulièrement contribuer à combler les besoins protéiques de l'alimentation du bétail. Ceci participe également à réduire les coûts de production (autoproduction vs achat).

II.1.4 – Reconception de l'agroécosystème

En complément des pratiques affectant l'agroécosystème dans son fonctionnement (*cf. supra*), il est également possible d'intégrer les concepts de l'agroécologie en modifiant plus en profondeur la structure et l'organisation des milieux agricoles. Plusieurs pratiques ou ensembles de pratiques sont notamment à considérer sur ce plan :

- **le remembrement environnemental :**

A l'instar d'un remembrement « classique », le remembrement environnemental est un aménagement foncier permettant la réorganisation des parcelles agricoles (généralement pour les regrouper et/ou les agrandir). En plus, il doit également contribuer au remailage écologique du territoire par le maintien et la réimplantation d'infrastructures agroécologiques (haies, talus, marre, etc.). La plantation de haies ou l'agroforesterie entrent typiquement dans ces pratiques puisque réintégrant des linéaires d'arbres ou d'arbustes dans les agroécosystèmes.

- **la réintégration de la polyculture-élevage à l'échelle de l'exploitation :**

L'intensification de l'agriculture moderne a poussé bon nombre d'exploitations à se spécialiser dans les grandes cultures ou l'élevage, au détriment du modèle agricole antérieur auparavant basé sur la polyculture-polyélevage. La réintégration d'ateliers d'élevage dans les exploitations de grandes cultures et *vice-versa* pourrait alors permettre d'ensuite développer certains leviers agroécologiques notamment conceptualisés dans le cadre de l'Agriculture intégrée.

- **la réintégration de la polyculture-élevage à l'échelle du territoire :**

De même, il est également possible d'envisager la polyculture-élevage à l'échelle du territoire, avec des exploitations agricoles dissociant les ateliers de production mais fonctionnant en coopération les unes avec les autres. L'interaction peut d'autre part n'être que temporaire avec le passage de bergers itinérants dans les zones de cultures. Encore (très) rare en grandes cultures, le pâturage itinérant (d'ovins) est actuellement en plein (re-)développement, notamment dans certains zones viticoles¹⁶ (*ENSAT, 2020*).

¹⁶ Bien que cela dépasse le cadre de cette étude, l'impact de ce pâturage sur les communautés messicoles de vigne serait intéressant à documenter.

II.1.5 – Synthèse des pratiques retenues

Les pratiques agroécologiques retenues pour leurs impacts *a minima* supposés sur les plantes messicoles sont colligées en *annexe 3*.

En plus de ces pratiques – et bien que ne répondant pas *stricto sensu* aux attentes de l'agro-écologie – l'Agriculture de précision est également présentée pour son intérêt à moduler l'usage des intrants (engrais, herbicides).

II.2 – Travail prospectif sur les pratiques agroécologiques et la flore messicole : élaboration de fiches de synthèse

II.2.1 – Présentation et objectifs

Suite à cette présentation générale, chaque pratique ou ensemble de pratiques agro-écologiques similaires a fait l'objet d'une analyse propre. Au travers de la rédaction de fiches de synthèse, il s'agit de disposer de documents de quelques pages présentant chaque pratique, son contexte, ses effets sur les communautés de plantes messicoles ainsi que des propositions d'enjeux de conservation.

Ces fiches sont un travail préliminaire à destination du CBNPMP et de ses partenaires. Ces documents s'adressent donc à un public familier des plantes messicoles mais pas nécessairement des questions agricoles. Outre la restitution des effets sur les plantes messicoles, chaque fiche s'attardera à vulgariser et à recontextualiser au maximum la ou les pratiques d'un point de vue purement agricole. Ce travail prend en effet le parti de considérer les tenants et les aboutissants d'une pratique agricole comme indispensable pour proposer des mesures de conservation cohérentes tant pour les plantes messicoles que pour les agriculteurs.

II.2.2 – Matériel et méthode

II.2.2.1 – Fiches de synthèse « pratiques agroécologiques et plantes messicoles »

La rédaction de ces fiches présente le fruit d'un conséquent travail de synthèse et de réflexion basé sur une large revue de la littérature scientifique concernant les effets des pratiques agroécologiques. Les fiches de synthèse s'articulent autour d'une structure commune en 6 à 9 parties¹⁷ :

- **Description** : donne une définition et/ou une description de la pratique traitée ;
- **Intérêt(s) agronomique(s)** : présente un abrégé des principaux objectifs agronomiques recherchés au travers de la mise en œuvre de la pratique. Cette partie doit permettre de saisir l'essentiel du « pourquoi » d'une pratique ;
- **Date d'opération** : contextualise temporellement l'application d'une pratique au cours des campagnes agricoles ;
- **Mise en œuvre en Midi-Pyrénées** : contextualise spatialement l'application de la pratique sur le territoire de l'ex-région Midi-Pyrénées (territoire d'agrément du CBNPMP).

¹⁷ Suivant les pratiques agroécologiques, certaines parties non-pertinentes n'ont pas été conservées.

Ce paragraphe s'appuie les différents recensements agricoles et doit permettre d'avoir quelques repères sur la fréquence et la répartition d'une pratique donnée. Ce travail ne constitue pas un inventaire exhaustif ;

- **Impact(s) sur la flore messicole** : cette partie passe en revue les différents effets d'une pratique agroécologique sur les communautés de plantes messicoles. Cette analyse repose autant que possible sur la littérature scientifique (française et étrangère) concernant les plantes messicoles. Lorsque les données sont insuffisantes, le diagnostic s'appuie sur les études disponibles sur la flore adventice, en extrapolant les résultats aux communautés de messicoles suivant leurs traits biologiques ;
- **Enjeu(x) de conservation** : propose quelques pistes de réflexion autour de possibles mesures conservatoires conciliant pratiques agroécologiques et plantes messicoles. Cette partie soumet également quelques points d'amélioration des connaissances lorsque cela est nécessaire pour affiner le diagnostic ;
- **Fiche(s) en lien** : redirige vers d'autres fiches de synthèse en lien avec la thématique ;
- **Références** : références bibliographiques citées dans la fiche ;
- **Lien(s) utiles** : ressources documentaires complémentaires intéressantes pour approfondir le sujet.

Chaque fiche dispose d'autre part d'un en-tête récapitulatif :

- le type de pratique (travail du sol, désherbage, couverture du sol, gestion de la fertilité, rotation culturale, autres) (*cf. annexe 3*) ;
- une échelle d'évaluation globale de l'impact de la pratique (*figure 14*) ;
- une brève note sur la fréquence de la pratique en Midi-Pyrénées.

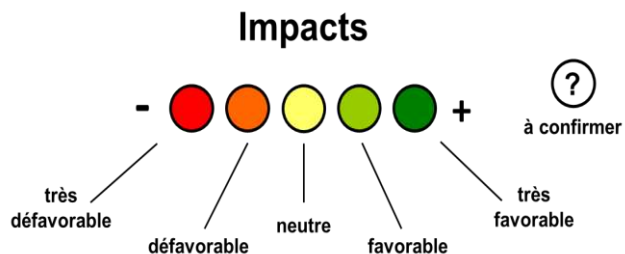


Figure 14 : Légende de l'échelle d'évaluation globale de l'impact d'une pratique agroécologique utilisé dans les fiches de synthèse « pratiques agroécologiques et plantes messicoles ».

II.2.2.2 – Compilation des traits biologiques des plantes messicoles

En complément des fiches de synthèse, un travail de compilation des traits biologiques a été entrepris sur la base de la Liste régionale des plantes messicoles de Midi-Pyrénées (*Lannuzel et al., 2020a*) et de la Liste nationale des plantes messicoles de France métropolitaine (*Cambecèdes et al., 2012*).

Le recueil de ces données permet pour chaque taxon messicole de déterminer la sensibilité à 6 indicateurs en lien avec les pratiques agroécologiques (*tableau 3*).

D'autres informations concernant les statuts de conservation ou la nuisibilité agricole ont par ailleurs également été compilées pour enrichir ces listes.

Indicateur	Description	Modalités	Construction de l'indicateur
Floraison tardive	Floraison tardive pour laquelle certaines opérations culturales tardives peuvent impacter le cycle de repro.	X (certain)	Taxon dont le début de floraison a lieu en juillet ou après OU dont la fin de floraison a lieu en août ou après.
Regain dans les chaumes	Capacité à poursuivre son cycle biologique dans les chaumes après la moisson des céréales	X (certain)	Taxon connu pour regagner dans les chaumes (Garcia J., Lannuzel L. et Long B., comm. pers). OU Taxon de petite taille (hauteur maximale < 40 cm) ET dont la fin de floraison a lieu en août ou après
		? (à confirmer)	Taxon dont la fin de floraison a lieu en août ou après
Déchaumage précoce	Sensibilité aux déchaumages précoces (destruction des chaumes peu après la moisson)	X (certain)	Taxon à floraison tardive ET à regain dans les chaumes
		? (à confirmer)	Taxon à floraison tardive ET à regain dans les chaumes à confirmer
Ecimage	Sensibilité à l'écimage	X (certain)	Taxon dont la hauteur est supérieure celle des céréales (réf. ≈ 90 cm ; Arvalis et ITAB, 2015) (hauteur maximale > 90 cm) ET dont la fructification est antérieure à la moisson (début de floraison en juillet ou avant).
Récupération des menues pailles	Sensibilité à la récupération des menues pailles lors de la moisson	X (certain)	Taxon dont la hauteur maximale est supérieure ou égale celle du rail de coupe de la moissonneuse-batteuse (15 cm) ET dont le début de floraison a lieu en juin ou avant ET dont la fin de floraison a lieu en mai ou après.
		? (à confirmer)	Taxon dont la hauteur maximale est supérieure à 20 cm
Dissémination pâturage ovin	Capacité de dissémination par épizoochorie par les ovins (toisons)	X (certain)	Taxon cité dans la bibliographie (Dutoit et al., 2002 ; Affre et al., 2003). OU
		? (à confirmer)	Taxon disséminé par épizoochorie ET dont les graines à crochets, fuselées ou à barbes sont capables de s'accrocher dans les toisons ovines.

Tableau 3 : Présentation des 6 indicateurs construits sur la base des traits biologiques des plantes messicoles des Listes nationale et régionale des plantes messicoles de France et de Midi-Pyrénées.

II.2.3 – Résultats

II.2.3.1 – Fiches de synthèse « pratiques agroécologiques et plantes messicoles »

Ce travail a abouti à la rédaction de 21 fiches de synthèse (annexe 4). Certaines pratiques comme l'utilisation de produits phytosanitaires, le tri des semences ou l'utilisation de semences fermières n'ont pas été traitées dans cette étude car l'ayant déjà été de manière satisfaisante par Pointereau et al. (2010).

II.2.3.2 – Compilation des traits biologiques des plantes messicoles

Les traits biologiques des plantes messicoles de Midi-Pyrénées et de France sont respectivement présentés en *annexe 5* et en *annexe 6*.

II.3 – Conclusion partielle sur les effets supposés des pratiques agroécologiques sur les communautés de plantes messicoles

II.3.1 – Résumé des principaux effets des pratiques agroécologiques

II.3.1.1 – Travail du sol

Le travail du sol est indispensable au maintien des plantes messicoles dans l'agroécosystème tant qu'il demeure restreint à certaines périodes de l'année (juillet-novembre) et qu'il est modéré en fréquence (2-3 passages ?) et en profondeur (5-10 cm). Ces perturbations du sol entretiennent un milieu assez peu compétitif, tout en plaçant les graines de messicoles dans des conditions de conservation et de germination favorables. L'intensification du travail du sol ou *a contrario* sa suppression sont ainsi néfastes à la plupart des messicoles.

Bon nombre de stratégies agroécologiques de gestion de la flore adventice reposent – au moins en partie – sur le travail du sol. Il existe dans ces itinéraires techniques un fort risque d'intensification du travail du sol. De par leur fréquence, certaines pratiques comme le faux-semis ou le désherbage mécanique participent à la destruction des plantules levées ainsi qu'à termes à l'épuisement de la banque de graines du sol et la perte de son potentiel de résilience.

De même, un travail du sol « standard » peut avoir des conséquences similaires s'il est opéré trop tardivement, pendant ou après la période de germination des plantes messicoles (préférentiellement en automne / hiver). Dans la majorité des cas, un travail du sol antérieur au semis des céréales est préférable (juillet-novembre). Attention toutefois, pour certaines espèces à fructification tardive (*cf. annexes 6 et 7*), les travaux du sol trop précoces en post-moisson (déchaumages) peuvent interrompre le cycle reproductif de ces espèces et menacer leur pérennité. La conservation des chaumes est alors nécessaire et les déchaumages doivent être repoussés le plus tard possible en fin d'été.

La profondeur du travail du sol est un paramètre qui influe également sur la conservation des plantes messicoles. Un travail du sol superficiel (5-10 cm) est *a priori* optimal car l'enfouissement superficiel des graines les place dans de meilleures conditions de conservation que si elles étaient restées à la surface (*Rodriguez A., comm. pers.*). A l'abri des prédateurs (*Alignier et al., 2008*), de la lumière (UV) et de l'humidité, les graines de messicoles se conservent mieux et sont de plus idéalement placées pour ensuite germer. Les itinéraires sans travail du sol (semis direct) sont de ce fait particulièrement défavorables aux messicoles. Il y a là non plus une simple évolution de l'intensité des perturbations du sol mais une modification profonde de l'habitat, au profit de communautés adventices d'affinité rudérale voire prairiale. A l'opposé, les travaux du sol profonds (<15 cm) et/ou avec retournement peuvent s'avérer tout aussi néfastes. En enfouissant les graines trop en profondeur, ces opérations risquent de les placer dans des conditions où elles ne pourront ni germer ni lever et où leur faible persistance (TAD¹⁸ élevé) (*Saatkamp et al., 2009*) ne leur permettra pas de se maintenir. Il existe alors un

¹⁸ **TAD** : Taux Annuel de Décroissance. Pourcentage du stock de graines d'une espèce qui se dégrade et perd sa viabilité au cours d'une année.

fort risque d'épuisement et de dégénérescence de la banque de graines du sol. Pour les communautés géophytes, ces travaux du sol plus profonds (15-20 cm) avec retournement sont favorables s'ils demeurent occasionnels. Ils permettent en effet la dispersion des bulbes et des propagules¹⁹, tout en les remontant à la surface (ces derniers s'enfonçant ensuite dans le sol au fil des années). Ces perturbations ne doivent cependant pas être trop fréquentes au risque alors de devenir néfastes (épuisement des organes de réserve).

II.3.1.2 - Désherbage

La mise en œuvre des pratiques agroécologiques s'accompagne dans la plupart des cas d'une réduction voire d'une suppression de la lutte chimique. Cette dernière étant connue comme un facteur majeur du déclin des plantes messicoles, ce constat est donc dans son ensemble plutôt positif. Le développement de pratiques de désherbage alternatives n'est toutefois pas nécessairement aussi bénéfique qu'escompté.

Bien que leur efficacité soit moindre que celle des désherbants chimiques, les pratiques alternatives de désherbage en plein et non-sélectif peuvent tout autant impacter les plantes messicoles en détruisant les plantules et/ou en appauvrissant la banque de graines du sol (faux-semis, désherbage mécanique, déchaumage, récupération des menues pailles, etc.). L'intérêt de ces pratiques pour les messicoles s'illustre lorsqu'elles sont opérées hors des périodes de sensibilité et/ou que leur impact propre est négligeable : déchaumages tardifs, faux-semis précoces, désherbages mécaniques sur cultures de printemps ou d'été caducs aux travaux préparatoires du sol déjà rédhibitoires, etc. Cet intérêt est renforcé par des pratiques de désherbage sélectives – comme l'écimage – dont le mode d'action n'affecte pas ou seulement quelques espèces messicoles. Le développement de ces pratiques est de fait plutôt favorable puisqu'il permet de réguler la flore adventice tout en étant assez clément avec les messicoles (non-cibles). En réprimant les adventices autres, ces pratiques limitent la compétition vis-à-vis des messicoles et rendent d'autre part la pression adventice (probablement) plus acceptable pour l'agriculteur (désherbages ultérieurs moindres).

II.3.1.3 – Couverture du sol

Les pratiques agroécologiques augmentant la couverture du sol présentent un risque d'intensification de la compétition pour l'accès à l'eau, la lumière et les nutriments entre la culture, les couverts végétaux, les plantes messicoles et les autres adventices. Généralement peu compétitives, les messicoles sont défavorisées par de telles séquences. L'introduction de certains couverts végétaux durant l'interculture peut par exemple être comparable à de courtes phases prairiales très compétitives et déjà connues pour être défavorables aux plantes messicoles (*Dutoit et al., 2003 ; Pointereau et al., 2010*).

Un autre point soulevé par ces pratiques est leur mode d'implantation. Lorsque les couverts végétaux sont semés après un travail préparatoire du sol (cultures intermédiaires, cultures dérobées, etc.), ce dernier risque de détruire les plantes messicoles déjà présentes (plantules pour les couverts hivernaux ou plantes matures n'ayant pas encore fructifié pour les couverts estivaux). L'implantations par semis direct ou par semis à la volée est alors la plus favorable. De même, le mode de destruction des couverts concourt également à la conservation des

¹⁹ Organes de dissémination végétative : bulbilles, rhizomes, tubercules, boutures, etc.

plantes messicoles y ayant crû. Conjointement aux phénomènes de compétition, la destruction totale des couverts par désherbage chimique ou mécanique peut alors lourdement impacter les populations de messicoles.

II.3.1.4 – Gestion de la fertilité

Dans une approche agroécologique de la fertilité, la bonne nutrition des cultures repose sur la qualité des sols, leur activité biologique et la présence suffisante d'éléments nutritifs sans apports d'intrants extérieurs à l'exploitation. Dans ces systèmes, la consommation d'engrais minéraux est de fait théoriquement réduite au profit de pratiques de recyclage des nutriments (restitution des résidus de cultures et des déjections animales) et d'enrichissement endogène (fixation symbiotique de l'azote par les légumineuses).

L'azote est en particulier un facteur limitant de premier ordre pour les cultures (*Barroin, 2004*) ... mais aussi pour les plantes messicoles. Près de 30% des messicoles de Midi-Pyrénées (>34/112) sont en effet des plantes d'affinité oligotrophique à mésotrophique tolérant mal les charges en azote trop importantes (*Aymonin, 1962 ; Meerts, 1997*). Une charge en azote disponible supérieure à 60 kg/ha leur est d'ailleurs préjudiciable (*Pointereau et al., 2010*). Pour les autres espèces (>69/112) la charge en azote est moins problématique voire favorable (espèces meso-eutrophiles à pereutrophiles). Avec les pratiques agroécologiques, la charge en azote auparavant essentiellement sous forme minérale rapidement disponible pour les végétaux (engrais de synthèse) est substituée par de l'azote sous forme organique à restitution plus lente (effluents d'élevage, résidus de culture, légumineuses, *etc.*). Comparativement aux engrais minéraux et à teneur équivalente, les apports d'azote organique diminuent la charge disponible à un instant t en l'étalant dans le temps la minéralisation et la restitution de la fraction organique. Les pratiques agroécologiques pourraient donc limiter les effets de l'azote sur les plantes messicoles les plus oligotrophes tout en ne défavorisant pas trop les plus eutrophes. Cette hypothèse confirmerait alors les résultats de *Pointereau et al. (2010)* qui mettent en évidence l'effet négatif de l'apport d'azote minéral (engrais minéraux) et dans une moindre mesure ceux d'azote organique (fumiers, composts).

Plusieurs de ces pratiques agroécologiques contribuent par ailleurs à augmenter la teneur en matière organique des sols ainsi qu'à modifier leur structure et leur activité biologique. L'effet de ces paramètres sur les messicoles n'est pas été évalué mais est sans doute mineur.

II.3.1.5 – Modification des rotations culturales

Les plantes messicoles sont un cortège d'espèces spécialistes strictement inféodées aux agroécosystèmes cultivés et en particulier aux cultures de céréales à paille d'hiver. Les traits fonctionnels de ces espèces sont mimétiques ou au moins partiellement convergents avec ceux de leurs cultures cibles. Toute modification dans les rotations et les assolements peut donc conduire à l'espacement des séquences culturales favorables aux messicoles. Les évolutions indirectes induites en termes des pratiques culturales (date de semis, travail du sol, compétition, date de moisson, *etc.*) ne doivent pas être négligées.

Signalons toutefois que la pertinence du raisonnement agronomique des rotations et de l'assolement participe également à réduire les besoins en intrants (pesticides et engrais notamment). Ces effets sur les communautés de messicoles seraient alors indirectement positifs.

II.3.1.6 – Autres pratiques

Parmi les principaux autres effets des pratiques agroécologiques sur les communautés de plantes messicoles, citons :

- **la dissémination de graines :**

Plusieurs pratiques culturales influent sur la dispersion et la circulation des graines de messicoles au sein des exploitations. La réintroduction d'animaux dans les systèmes de production est le principal levier qui pourrait positivement contribuer à une plus large dissémination des plantes messicoles. D'une part par épizoochorie lors du pâturage des chaumes notamment (transport dans les toisons ovines) ; et d'autre part – bien que cela reste à démontrer – par endozoochorie au travers de l'épandage de fumiers dans lesquels seraient présentes des graines de messicoles consommées par le bétail (pâturage des chaumes ou consommation de céréales autoproduites). A ce titre, le compostage des fumiers peut nuire aux messicoles en annihilant la viabilité du stock semencier.

La récupération des menues pailles est une autre pratique qui pourrait gravement affecter les populations de plantes messicoles en réduisant très fortement le réensemencement lors de la moisson. De même, le nettoyage du matériel agricole d'une parcelle à l'autre pourrait limiter les échanges interparcellaires entre populations de messicoles.

- **la restauration de zones refuges :**

Les plantes messicoles sont des espèces qui tolèrent généralement mal l'intensification des pratiques agricoles (désherbage, travail du sol, fertilisation, densité du couvert cultural, etc.). Les zones d'interface où les pratiques agricoles sont moins intensives (angles et bords de champs) jouent ainsi souvent le rôle de zones refuges (Fried et al., 2008) (figure 15). L'effet lisière y est non-significatif sur la richesse spécifique (Gerbaud et al., 2001) mais les densités y sont généralement plus importantes (Talichet, 2008 ; Pointereau et al., 2010). La restauration des infrastructures agroécologiques et les remembrements parcellaires contribuant à augmenter la part des interfaces dans les parcelles agricoles sont donc indirectement très favorables aux messicoles qui trouveront là davantage de zones propices à leur développement.




 Zone d'interface et de moindre intensification des pratiques agricoles

Figure 15 : Zone d'interface et de moindre intensification d'une parcelle type près de Lautrec (81) (© IGN - Géoportail).

Par ailleurs, ces pratiques pourraient – à plus long terme – contribuer à rétablir les corridors biologiques favorables à la dissémination et aux échanges entre populations (parcelles). Bien que cela reste à démontrer, la continuité biologique et/ou la zoochorie alors engendrées pourraient être favorables aux messicoles.

II.3.2 – Tableau de synthèse

Le résumé des effets des pratiques agroécologiques étudiées dans les fiches de synthèse « pratiques agroécologiques et plantes messicoles » est présenté dans le *tableau 4*.

Fiche n°	Pratique	Impacts								
		Travail du sol	Désherbage	Compétition	Physico-chimie du sol	Dissémination des graines	Banque de graines du sol	Restauration zones refuges	Séquence cult. optimale	GLOBAL
1	Labour	v	v		?		v		v	- ● ● ● ● ● +
2	Techniques Culturelles Simplifiées (TCS)	+			?		+		+	- ○ ● ● ● ● +
3	Semis direct	-	-	-	?		-		-	- ● ● ○ ○ ○ +
4	Faux-semis	-	-				-			- ● ● ? ○ ○ +
5	Déchaumage	v	v				+			- ● ● ● ● ● +
6	Désherbage mécanique	-	-				-			- ● ● ○ ○ ○ +
7	Ecimage		+			0 / - 0 / -				- ○ ● ● ● ● +
8	Récupération des menues pailles		+			-	-			- ○ ● ● ○ ○ +
9	Nettoyage du matériel agricole		+			-				- ○ ? ● ○ ○ +
10	Déprimage des céréales		-		?	?				- ○ ● ● ○ ○ +
11	Pâturage des chaumes		0 / -		?	0 / +				- ○ ● ● ? ○ +
12	Compostage des fumiers		+		v	-	-			- ? ? ● ○ ○ +
13	Modification des rotations et des assolements		v	0 / -	?			v		- ○ ● ● ● ● +
14	Couvert végétal & culture intermédiaire		v	-	?		v		-	- ● ● ● ● ○ +
15	Biofumigation		-				?			- ? ? ? ○ ○ +
16	Culture dérobée			-	?			0 / -		- ○ ● ● ○ ○ +
17	Culture associée		+	-	+			v		- ○ ● ● ● ● +
18	Date de semis (précoce / tardif)		0 / -	v				v		- ○ ● ● ? ○ +
19	Profondeur et densité de semis		-	v						- ○ ? ● ? ○ +
20	Gestion des infrastructures agroécologiques					+		+		- ○ ○ ● ● ● +
21	Agriculture de précision		+		+					- ○ ? ● ● ○ +

Tableau 4 : Synthèse des effets des pratiques agroécologiques étudiées dans les fiches de synthèse « pratiques agroécologiques et plantes messicoles ». Impacts : « + » : favorable ; « 0 » : neutre ; « - » : défavorable ; « v » : variable ; « ? » : indéterminé.

II.3.3 – Effets globaux sur les systèmes de culture

Ce travail prend le parti d'étudier les pratiques agroécologiques indépendamment les unes des autres pour faciliter la compréhension de leurs effets propres. Dans la réalité, cette approche est assez artificielle puisque les pratiques agricoles ne sont jamais isolées mais sont articulées entre elles au sein d'itinéraires techniques réfléchis. L'accumulation des efficacités partielles de chaque pratique rend de fait difficile de les étudier une à une au sein d'une seule et même analyse globale.

Par la suite, nous proposons 4 itinéraires techniques types avec une brève dissertation de leurs effets potentiels cumulés sur la flore messicole.

II.3.3.1 – Exemple d'un itinéraire technique type conventionnel en grandes cultures

En France, les systèmes conventionnels de grandes cultures se définissent généralement par des itinéraires techniques avec labour plus ou moins régulier et utilisation récurrente de produits phytosanitaires et d'engrais minéraux. Dans ce contexte, le développement de certaines pratiques agroécologiques – parmi les moins radicales – pourrait avoir un effet bénéfique les communautés de plantes messicoles. La réduction du travail du sol, l'introduction de cultures intermédiaires ou encore la diversification des rotations pourraient par exemple permettre de désintensifier certaines des pratiques conventionnelles parmi les plus défavorables comme le labour, la fertilisation azotée minérale ou le désherbage chimique.

II.3.3.2 – Exemple d'un itinéraire technique type en Agriculture biologique en grandes cultures

L'Agriculture biologique est un mode de production excluant l'utilisation de la plupart des produits chimiques de synthèse (produits phytosanitaires et engrais minéraux). Il s'agit là d'un point plutôt positif qui réduit les pressions exercées sur la flore messicole (*Pointereau et al., 2010*). Néanmoins, il convient d'être vigilant à ce que cette suppression ne se substitue pas par l'intensification d'autres pratiques culturales. En l'absence de produits herbicides, certains itinéraires techniques biologiques basent en grande partie leur stratégie de lutte contre les adventices sur le travail du sol (labour, désherbage mécanique, faux-semis, etc.), au risque de rendre ces opérations excessives et alors nuisibles aux messicoles. De même, en Agriculture biologique, la gestion de la fertilité azotée nécessite de prendre en compte les légumineuses et la diversification des rotations culturales. Couplées à certaines contraintes économiques comme le choix préférentiel de cultures à forte valeur ajoutée (soja, lentille), ces modifications peuvent conduire à diminuer la fréquence des séquences culturales favorables aux plantes messicoles. En somme, les systèmes biologiques présentent des caractéristiques mitigées suivant leur intensité, qui selon les cas, peuvent les rendre tout aussi défavorables que certains systèmes conventionnels.

II.3.3.3 – Exemple d'un itinéraire technique type en Agriculture de Conservation des Sols en grandes cultures

Si l'on considère un itinéraire technique mettant en œuvre de manière « idéale » les principes de l'ACS, celui-ci serait sans nul doute très défavorable au maintien des plantes

messicoles. L'application conjointe de la suppression du travail du sol, de la couverture du sol et de la diversification des rotations revient à cumuler les effets de 3 paramètres connus pour être défavorables. Leur mise en œuvre modifie en profondeur les caractéristiques et les pressions de sélection en jeu dans l'agroécosystème, au détriment des plantes messicoles qui ne trouvent plus les conditions nécessaires à leur maintien dans de tels milieux.

II.3.3.4 – Exemple d'un itinéraire technique type en polyculture-élevage

Les systèmes de polyculture-élevage sont parmi ceux dont les pratiques culturales sont les moins intensives et permettent de conserver une grande richesse spécifique en plantes messicoles (*Fried, 2007 ; Pointereau et al., 2010*). Etant donné l'extensivité de leurs pratiques, ces systèmes sont les moins susceptibles d'être affectés par l'introduction de « nouvelles » pratiques de gestion agroécologique. Sans que cela soit quantifiable, la densification des interactions entre les ateliers de culture et d'élevage pourrait favoriser les plantes messicoles en réintroduisant davantage de cultures dans certains secteurs d'élevage ou en accroissant les phénomènes de circulations des graines (autoconsommation du grain et épandage des effluents d'élevage, pâturage des chaumes, *etc.*).

II.3.4 – Limites de l'analyse et perspectives

Ce travail exploratoire offre un premier état des lieux des pratiques agroécologiques et de leurs effets potentiels sur les communautés de plantes messicoles.

Un premier point à souligner est le manque général de références pour bon nombre de pratiques concernant les plantes messicoles. Ceci s'explique probablement par la relative faible mise en œuvre de ces pratiques (encore en développement) ainsi que par la méconnaissance générale des plantes messicoles par le monde agricole. Ce constat motive davantage l'intérêt de cette étude préliminaire ainsi qu'à approfondir le sujet au travers d'études complémentaires ultérieures.

Un autre point important pour la conservation des plantes messicoles consiste à quantifier la mise en œuvre de ces pratiques pour évaluer prospectivement à plus large échelle leurs impacts. Ce rapport présente quelques éléments en ce sens mais les pratiques agro-écologiques sont pour la plupart peu voire pas renseignées dans les recensements agricoles passés. Le recensement agricole de 2020 – dont les résultats ne sont pas encore publiés – apportera peut-être des données chiffrées plus précises sur la dynamique des pratiques agroécologiques. Cet aspect mériterait alors probablement une étude à part entière.

A la consultation de nombreuses études, il apparaît également nécessaire d'être attentif à la terminologie et la distinction des pratiques culturales, en particulier pour le travail du sol (semis direct parfois mal défini, techniques culturales largement agglomérées, *etc.*). Ces imprécisions, déjà soulignées par *Labreuche et al. (2007)*, n'aident par ailleurs pas à la compréhension des effets des différentes pratiques agroécologiques.

Enfin, pour étoffer la compréhension des effets des pratiques agroécologiques à l'échelle des itinéraires techniques des études phytosociologiques pourraient être entreprises. Elles pourraient alors permettre d'éclairer sur les relations entre espèces, traits fonctionnels et paramètres environnementaux (pratiques agricoles).

III – Etude des effets des pratiques agroécologiques sur l’expression et la conservation de la flore messicole en Midi-Pyrénées

III.1 – Introduction

Au vu des informations lacunaires sur les pratiques agroécologiques et leurs effets potentiels sur les communautés de plantes messicoles, une étude de terrain a été entreprise sur plusieurs exploitations agricoles de Midi-Pyrénées. Cette enquête doit permettre de confronter les faits aux hypothèses et aux résultats développés dans les fiches de synthèse « pratiques agroécologiques et plantes messicoles ».

Déjà traitées dans diverses autres études, les pratiques de désherbage et de fertilisation chimiques ne seront ici abordées que succinctement. L’accent est porté sur les pratiques agroécologiques de travail du sol, de couverture du sol et sur l’importance des interfaces comme zones refuges. Cette étude vise donc à répondre aux problématiques suivantes :

Quels sont les effets des pratiques agroécologiques sur l’expression et la conservation des plantes messicoles ? Dans quelle mesure les paramètres de certaines pratiques peuvent-ils nuancer ces effets ?

La géométrie de parcelles isosurfaciennes influent-elles sur l’expression et la conservation des plantes messicoles ?

III.2 – Matériel et méthode

III.2.1 – Période et zone d’étude

La présente enquête a été réalisée durant l’été 2020 sur 12 exploitations agricoles de l’ex-région Midi-Pyrénées (*figure 16*). Ces exploitations ont été sélectionnées pour leur mise en œuvre de pratiques agroécologiques depuis plusieurs années et leur localisation dans des zones à enjeux messicoles (*cf. figure 16 et annexe 2*). La combinaison de ces critères doit ainsi permettre de souligner les effets des pratiques agroécologiques en s’abstrayant autant que possible des filtres de sélection antérieurs opérés par les pratiques culturales « conventionnelles » ces 50 dernières années.

Parmi les exploitations enquêtées, onze se situent en coteaux argilo-calcaires dans l’unité naturelle des Poches de sécheresse de la Garonne (*CBNPMP, 2019*). Une seule exploitation, située dans les Monts de Lacaune (exploitation CR, *cf. figure 16*), fait exception et appartient à l’unité naturelle Massif central – affinités méridionales. Malgré ces quelques disparités, l’impact des variations climatiques de la zone d’étude a été négligé.

Pour chaque exploitation, 2 à 4 parcelles ont été enquêtées sur la base de la présence d’une céréale à paille lors de la campagne en cours (2020) et suivant la disparité des pratiques observées sur l’exploitation. Chaque parcelle est nommée suivant les initiales du chef d’exploitation auxquelles s’ajoute un numéro d’identification (exemple : Prénom Nom : PN1, PN2, ...). Au final, 31 parcelles ont été étudiées.

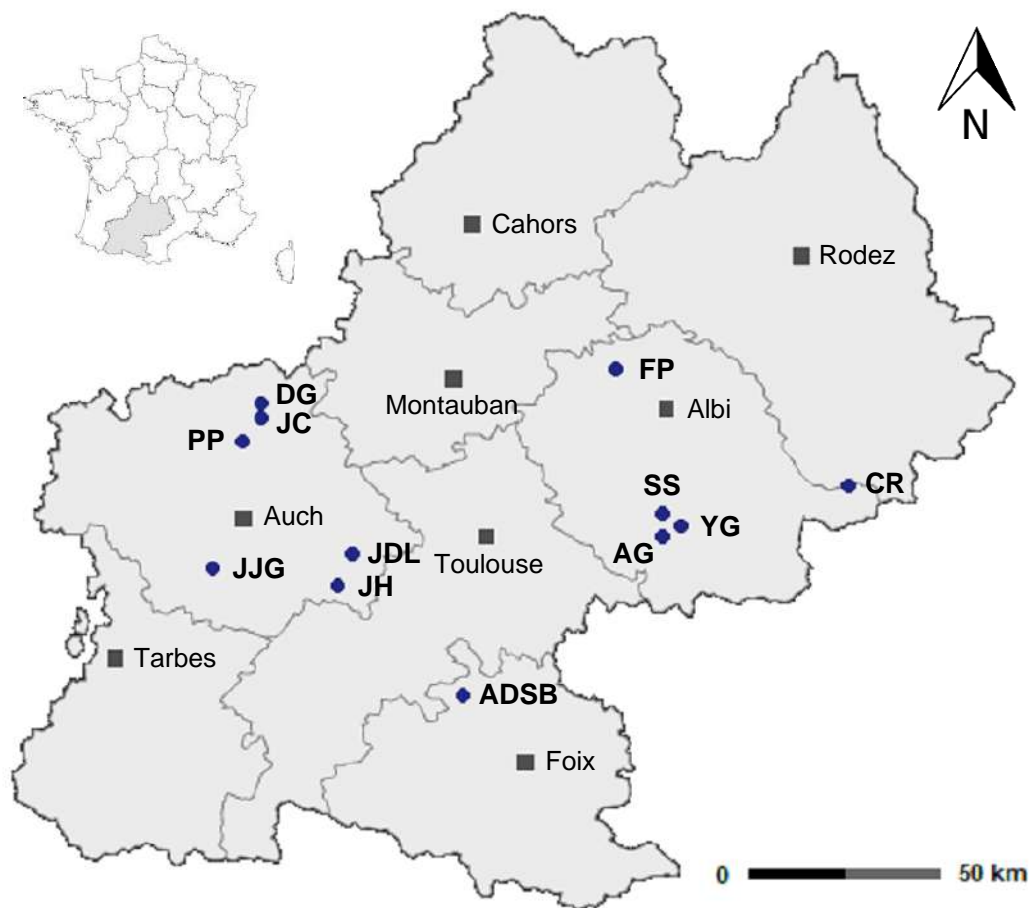


Figure 16 : Localisation des 12 exploitations agricoles enquêtées. Les codes correspondent aux initiales des chefs d'exploitation (ADSB : A. de Solan-Bethmale ; AG : A. Gayraud ; CR : C. Roulenq ; DG : D. Gonella ; FP : F. Peloux ; JC : J. Cordereau ; JDL : J. de Lozzo ; JH : J. Hamot ; JJG : J.-J. Garbay ; PP : P. Pujos ; SS : S. Saunal).

Concernant les pratiques agricoles, les données ont été collectées pour la campagne en cours (2020), la campagne précédente (2019) ainsi que l'interculture intermédiaire. D'autres paramètres généraux pouvant expliquer les peuplements messicoles ont également été consignés.

III.2.2 – Protocole expérimental

III.2.2.1 – Questionnaire d'enquête

Afin de collecter les informations propres à chaque parcelle, un questionnaire d'enquête normalisé a été réalisé (*annexe 7*). Il renseigne les pratiques culturales de chaque parcelle ainsi que des éléments du contexte pédologique et paysager.

Ce questionnaire est élaboré pour être complété avec l'agriculteur au cours d'un entretien d'une dizaine de minutes par parcelle. Etant donné la faible disponibilité des agriculteurs lors de l'enquête (travaux agricoles et déclarations PAC en cours + crise sanitaire Covid-19), les questionnaires sont volontairement concis pour pouvoir être complétés « de tête » par l'agriculteur, sans documents complémentaires lourds à déployer. Les informations relatives aux engrais ou aux désherbages chimiques sont par exemple ainsi volontairement rudimentaires.

III.2.2.2 – Relevés floristiques

Chacune des 31 parcelles sélectionnées a fait l'objet d'un relevé floristique exhaustif entre mi-juin et début-juillet 2020, lors de la période la plus favorable à la prospection des plantes messicoles (floraison et/ou fructification de ces dernières).

Le protocole retenu pour cette étude est adapté de celui mis en œuvre lors du programme CASDAR « Conservation des plantes messicoles dans les parcelles cultivées ». Pour des raisons inhérentes à la nature de cette étude (stage de 6 mois), les inventaires floristiques n'ont été effectués que lors d'un seul passage, malgré les biais occasionnés sur l'exhaustivité du peuplement messicole global²⁰. Les relevés sont divisés en 2 zones :

- **la zone d'interface** (bordure de parcelle) : zone située entre la limite de la parcelle cultivée et le premier rang de la culture. Cette bande de terre a souvent l'avantage d'être travaillée sans pour autant recevoir par la suite de pratiques agricoles aussi intenses qu'en plein champ ;
- **le plein champ** (cœur de parcelle) : commence à au moins 5m du premier rang de la culture. Cet espace est représentatif de l'intensité des pratiques culturales.

Chaque relevé est effectué le long d'un transect d'environ 50 m sur une largeur de 2 m, ce qui correspond à ce qui est visible de part et d'autre pour un observateur. Les transects peuvent être discontinus pour tenir compte des disparités topographiques de la parcelle le cas échéant (parcelle à cheval entre pied et haut de coteau par exemple). Pour chaque transect, un inventaire exhaustif de la flore adventice est réalisé. Les taxons messicoles considérés sont ceux de la Liste régionale des plantes messicoles de Midi-Pyrénées (*Lannuzel et al., 2020a*). L'abondance des taxons est par ailleurs relevée selon 5 classes :

- **1** : 1 pied sur le relevé ($\approx 0,01$ pied/m²) ou observation du taxon hors relevé ;
- **2** : 2 à 10 pieds sur le relevé ($\approx 0,02 - 0,1$ pied/m²) ;
- **3** : 11 à 100 pieds sur le relevé ($\approx 0,1 - 1$ pied/m²) ;
- **4** : 101 à 1000 pieds sur le relevé ($\approx 1 - 10$ pieds/m²) ;
- **5** : au moins 1000 pieds sur le relevé (>10 pieds/m²).

III.2.3 – Analyse statistique des données

III.2.3.1 – Généralités

Ce jeu de données comporte peu d'individus (31 parcelles) et s'escrime à identifier les effets de pratiques culturales articulées au sein d'itinéraires techniques complexes. Ces données ne permettent ainsi pas d'analyse statistique inférentielle concluante (significative). Les résultats de cette enquête ne sont donc présentés qu'au travers d'une analyse statistique

²⁰ *Pointereau et al. (2010)* ont montré que le peuplement messicole d'une même parcelle n'était pas stable dans le temps. Lors de leur étude sur un réseau de 8 fermes entre 2009 et 2010, en moyenne un tiers des espèces n'étaient observées que la première année, un autre tiers uniquement la seconde année et le dernier tiers les deux années. Un inventaire sur 2-3 ans est alors optimal pour connaître le peuplement messicole exhaustif d'une parcelle.

descriptive multivariée. Ils sont analysés par Analyse en Composantes Principales (ACP) grâce au logiciel R (version 4.0.2).

L'ACP est un outil statistique qui permet de condenser l'information de différentes variables quantitatives corrélées les unes aux autres (variables explicatives) dans un espace vectoriel moindre composé de nouvelles variables décorréées (composantes principales). Sous réserve que les deux premières composantes principales expliquent la majeure partie de la variance, la projection est généralement réalisée dans un plan. Les individus sont ensuite projetés dans ce plan, où ils peuvent alors être regroupés suivant leur valence à différentes variables qualitatives (variables descriptives). En somme, l'ACP permet d'établir des corrélations entre variables explicatives et variables descriptives, en condensant des informations multidimensionnelles dans un plan. Il ne s'agit là que de corrélations dont la significativité n'est pas démontrée. Les résultats obtenus par la suite sont donc à considérer avec prudence, comme des tendances.

Dans le cas présent, les variables explicatives correspondent à l'expression et la conservation des plantes messicoles, et les variables descriptives au contexte environnemental et aux pratiques agricoles.

III.2.3.2 – Variables explicatives

Cette analyse est construite de manière à mettre en lumière les effets des pratiques agroécologiques sur l'expression et la conservation des plantes messicoles. Dans l'idéal, les pratiques culturales doivent donc permettre de :

- maximiser la valeur conservatoire messicole de chaque parcelle (conservation) ;
- minimiser la pression de sélection sur la flore messicole existante (expression) ;
- limiter le développement d'adventices problématiques pouvant conduire à une hausse de la pression de désherbage (conservation).

Une attention particulière a par ailleurs été apportée aux plantes messicoles tardives pour l'impact spécifique que certaines pratiques peuvent avoir sur ces espèces (déchaumage, culture intermédiaire, *etc.*).

6 variables explicatives sont retenues pour cette ACP :

- **Score MS**: cette variable correspond, pour chaque parcelle, au cumul des notes-espèces pondérées par la classe d'abondance des taxons messicoles observés. Ce score additionne les relevés effectués en zone d'interface et en plein champ. Il illustre la valeur de chaque parcelle pour la conservation des messicoles.

La note espèce est un indicateur créé par le CBNPMP sur la base de l'indice de menace, l'évolution de la répartition, le statut national de protection et l'indice de rareté de chaque plante messicole de Midi-Pyrénées (*annexe 8 ; cf. annexe 5*). Plus cette note est élevée plus un taxon est rare et menacé sur ce territoire. La note-espèce de chaque taxon est ensuite pondérée suivant la classe d'abondance notée lors des relevés floristiques (*annexe 9*). Plus un taxon a une note-espèce élevée et est abondant, plus la valeur de sa pondération sera importante. Si un taxon est toutefois trop abondant au risque d'en être nuisible (classe 5), sa pondération est dévaluée ;

- **Score MS tardives** : *idem* appliqué aux plantes messicoles retenues comme pouvant être impactées par le déchaumage précoce (cf. *annexe 5*) ;
- **Expression MS** : cette variable présente le pourcentage d'expression des notes-espèces cumulées des taxons messicoles observées lors des relevés par rapport aux notes-espèces cumulées des peuplements locaux potentiels. Cette variable transcrit le filtre de sélection opéré par les « nouvelles » pratiques agroécologiques, en supposant les pratiques conventionnelles auparavant mises en œuvre comme homogènes sur le territoire.

Le référentiel local est établi sur la base des données de plantes messicoles de la commune où se situe la parcelle et des communes limitrophes directes (*annexe 10*). Ces données proviennent des présents relevés floristiques ainsi que de données bibliographiques postérieures à 2005 issues de la base de données du CBNPMP. Parmi les exploitations enquêtées, cinq avaient déjà fait l'objet de relevés floristiques antérieurs par le CBNMP. Pour les autres exploitations, des relevés ponctuels complémentaires ont été réalisés sur des parcelles d'exploitations agricoles voisines ;

- **Expression MS tardives** : *idem* appliqué aux plantes messicoles retenues comme pouvant être impactées par le déchaumage précoce (cf. *annexe 5*) ;
- **ADV problématiques** : cette variable quantifie le nombre d'adventices (messicoles incluses) pouvant nuire à la production agricole. Sont retenues les espèces présentant un risque sanitaire pour la santé humaine ou animale (toxicité, allergénicité) (seuil de nuisibilité nul), les plantes exotiques à caractère envahissant (seuil de nuisibilité nul) (*Fontaine et al., 2014*) ainsi que les espèces dont la densité dépasse leur seuil de nuisibilité SN5 (5% de perte de rendement) (*Caussanel, 1989 ; ACTA, 2011*) ;
- **Rapport MS/ADV** : présente le rapport entre le nombre total de taxons messicoles observés et le nombre total d'adventices (zone d'interface et plein champ confondus).

III.2.3.3 – Variables descriptives

Caractérisation du contexte pédologique et paysager

Le contexte pédoclimatique est un facteur majeur en mesure d'expliquer le peuplement floristique de chaque parcelle. Dans cette étude, les paramètres climatiques ont été considérés comme négligeables. Les informations relatives au type de sol, à sa profondeur ou à la présence significative de cailloux ont, elles, été consignées.

Afin de caractériser l'influence des zones d'interface dans la conservation des plantes messicoles, la surface (ha) et le périmètre (m) de chaque parcelle ont été relevés et permettent de calculer le ratio périmètre / aire. La présence (oui / non) et le type d'infrastructures agro-écologiques bordant chaque parcelle ont également été notés.

Caractérisation des pratiques agricoles

Chaque agriculteur a été interviewé afin de connaître les pratiques culturelles mises en œuvre sur chacune des parcelles enquêtées. Sur la base de ces informations, plusieurs variables explicatives ont été retenues (*tableau 5*, ci-après).

Variables	Modalités
Typologie de l'exploitation	Grandes cultures / Polyculture-élevage
Agriculture biologique	Oui / Non
Durée de la rotation actuelle	Courte (>5 ans) / Longue (<5 ans) / Indéterminée
Part des céréales dans la rotation (%)	[0 ; 25[/ [25 ; 50[/ [50 ; 75[/ [75 ; 100]
Culture 2020	Blé / Orge / Autres céréales / Culture associée / Pois / Luzerne / Ail / Soja
Culture 2019	Céréale d'hiver / Autres cultures d'hiver / Culture d'été / Prairie temporaire
Période de semis 2020	Automne / Hiver / Printemps / Eté
Origine des semences 2020	De ferme / Certifiée
Récolte 2019	Fin printemps / Début été / Fin été / Début d'automne
Labour	Oui / Non
Faux-semis 2020	0 / 1-2 / <2
Désherbage mécanique 2020	0 / 1-2 / <2
Déchaumage_nombre	0 / 1-2 / <2
Déchaumage_profondeur (cm)	Nul / 1-5 / 6-10 / <10
Semis direct	Oui / Non
Pâturage des chaumes	Oui / Non
Déprimage des céréales	Oui / Non
Culture intermédiaire	Oui / Non
Récupération des menues pailles 2019	Oui / Non
Ecimage 2019 - 2020	Oui / Non
Passages de travail du sol 2020	0 / 1-5 / 6-10 / <10
Passages de travail du sol 2019 - 2020	0 / 1-5 / 6-10 / <10
Faux-semis 2019 - 2020	0 / 1-3 / 4-5 / <5
Désherbage mécanique 2019 - 2020	0 / 1-3 / 4-5 / <5
Fertilisation 2019 - 2020	0 / >200 uN/ha / <200 uN/ha
Traitement herbicide 2019 - 2020	Oui / Non
Agriculture de précision	Oui / Non
Perception d'un problème d'adventices	Oui / Non

Tableau 5 : Variables et modalités sélectionnées pour les analyses statistiques des parcelles étudiées.

III.3 – Résultats

III.3.1 – Caractérisation du contexte pédologique et paysager

Les parcelles enquêtées sont représentatives des zones de coteaux de Midi-Pyrénées situées entre 150 m et 300 m d'altitude. 24 des 31 parcelles étudiées sont en sols argilo-calcaires moyens à profonds (<30 cm à <100 cm), 2 en boubènes profondes (<100cm) et 3 en sol de cause superficiel (>30 cm). Seules 2 parcelles (exploitation CR) localisées dans les Monts de Lacaune à 910 m d'altitude font exception et sont en sol alcalin acide superficiel. Parmi ces parcelles, 14 ont une présence significative de pierres dans la couche de terre arable et 17 n'en ont pas.

La superficie moyenne des parcelles est de $5,09 \pm 4,25$ ha et leur périmètre de 1280 ± 943 m. Toutes les parcelles sont par ailleurs bordées d'infrastructures agro-écologiques (haies et/ou bandes enherbées dans la majorité des cas).

III.3.2 – Caractérisation des pratiques agricoles

Les parcelles enquêtées appartiennent de manière assez équilibrée à des systèmes de grandes cultures (17/31) et de polyculture-élevage (14/31). Près de la moitié des parcelles sont par ailleurs en Agriculture biologique, bien que les deux tiers d'entre elles aient reçu aucun traitement herbicide en 2019 et 2020.

Plus de la moitié des parcelles sont inscrites dans des rotations culturales courtes (>5 ans), les autres l'étant dans des rotations plus longues (<5 ans) ou indéfinies. Les céréales à paille d'hiver occupent généralement 25% à 75% des rotations. La campagne 2020 fut particulière à cet égard puisque la météo (très) pluvieuse de l'automne 2019 a largement perturbé les semis et a conduit à une diminution globale de la sole de céréales d'hiver dans bon nombre de secteur. Malgré ces désagréments, le blé est la culture la plus retrouvée lors de l'enquête (15/31), suivi de l'orge (5), d'autres céréales à paille d'hiver (3), de cultures associées céréales / légumineuses (4) et enfin d'autres cultures d'hiver (4). Ces résultats correspondent aux cultures types ciblées dans le protocole. Le semis de ces cultures est, dans les deux tiers des parcelles, opéré grâce à des semences de ferme. Le déprimage, lui, n'a été pratiqué que sur 2 parcelles, par des ovins.

Le précédent cultural est dans la moitié des parcelles une autre culture d'hiver, dans un tiers une culture d'été et dans le reste des cas une prairie temporaire. Cette configuration, couplée à la difficulté d'implanter des couverts végétaux estivaux dans la région et à l'automne pluvieux, explique la faible proportion de cultures intermédiaires constatées (5 parcelles).

Concernant le travail du sol, aucune des parcelles enquêtées n'a été labourée et seulement 6 sont en semis direct. A l'exception de ces dernières, toutes les autres parcelles subissent un déchaumage systématique, généralement en 1 à 2 passages. Le faux-semis et le désherbage mécanique sont respectivement pratiqués sur 55% et 39% des parcelles. D'autres pratiques de désherbage alternatives comme l'écimage ou la récupération des menues pailles n'ont pas été mises en œuvre.

Pour la fertilisation, plus de la moitié des parcelles ne reçoivent pas de fertilisation minérale ni d'apport d'engrais ou d'amendements organiques. La fertilité azotée de ces parcelles est généralement basée sur les légumineuses et/ou la restitution des résidus de culture.

Enfin, à dire d'acteur, 20 des 31 parcelles ont un problème ressenti de gestion des adventices par l'exploitant agricole. Parmi les espèces citées : l'Ambroisie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia*), la Folle-avoine (*Avena fatua*), le Chardon des champs (*Cirsium arvense*), le Picris fausse-helminthie (*Helminthotheca echioides*), les ray-grass (*Lolium spp.*) ou encore le Rumex crépu (*Rumex crispus*).

La synthèse des pratiques agricoles des 31 parcelles étudiées est disponible en *annexe 11*.

III.3.3 – Résultats des relevés floristiques

Les adventices observées lors des relevés floristiques sont référencées suivant leurs codes EPPO (*EPPO*, 2020). Certains taxons n'ayant pas pu être identifiés jusqu'au niveau spécifique, ils sont reconnus au genre (ex.: 1CENG), à la famille (ex.: 1LEGF) et/ou au morphotype (ex.: 1BROG1 / 1BROG2, 1LEGF1 / 1LEGF2).

Les relevés floristiques ont permis l'observation de 192 taxons dont 28 espèces de plantes messicoles (*annexe 12*). En moyenne les parcelles accueillent $28,6 \pm 9,0$ adventices dont $5,5 \pm 3,3$ messicoles (*figure 17*). Les messicoles représentent en moyenne $18,4 \pm 6,4$ % des cortèges observés. Les adventices problématiques ne représentent, elles, en moyenne que $2,8 \pm 1,6$ taxons par parcelle (*annexe 13*).

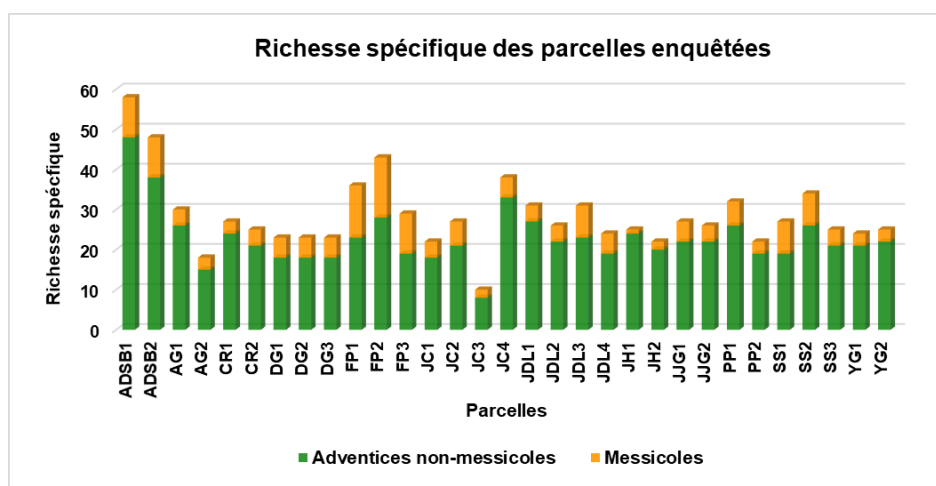


Figure 17 : Richesse spécifique en plantes messicoles et en adventices de 31 parcelles étudiées.

L'occurrence des taxons messicoles est illustrée en *figure 18*. Les espèces les plus fréquentes sont celles avec des notes-espèces faibles, c'est-à-dire parmi les plus communes et les moins menacées. Signalons parmi les espèces plus rares, l'observation d'une dizaine de pieds de Nigelle de France (*Nigella gallica*) à Noilhan (32) (exploitation JDL). Cette découverte ajoute une nouvelle station de cette espèce rare et menacée pour le département du Gers.

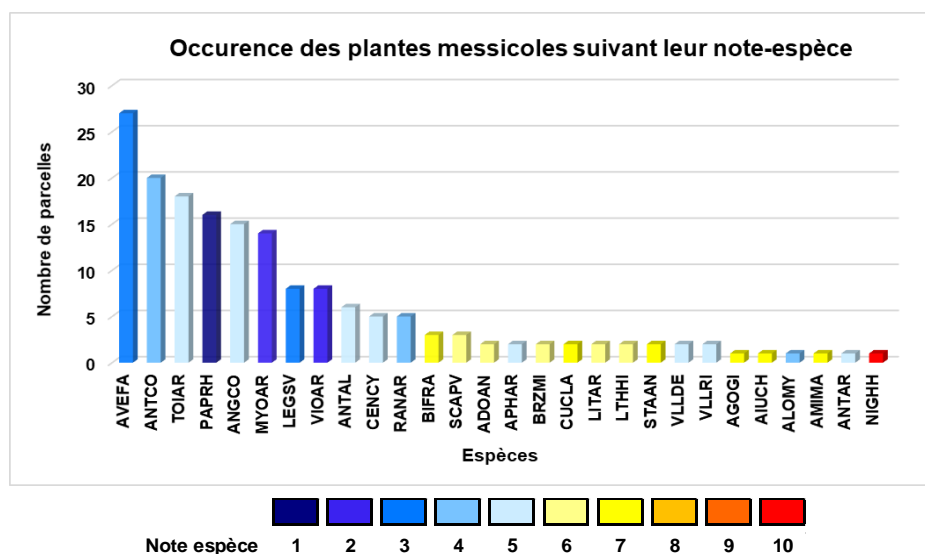


Figure 18 : Occurrence des plantes messicoles observées sur les 31 parcelles étudiées suivant leur note-espèce.

Les zones d'interface (angles et bords de champs) expriment généralement davantage de messicoles que les zones de plein champ ($4,9 \pm 3,0$ vs $3,7 \pm 3,7$ espèces) (figure 19). Les parcelles accueillant autant d'espèces en bordure qu'au centre des parcelles connaissent des pratiques parmi les moins intensives. Le gradient d'intensité des pratiques agricoles entre les interfaces et le plein champ y est alors sans doute moindre.

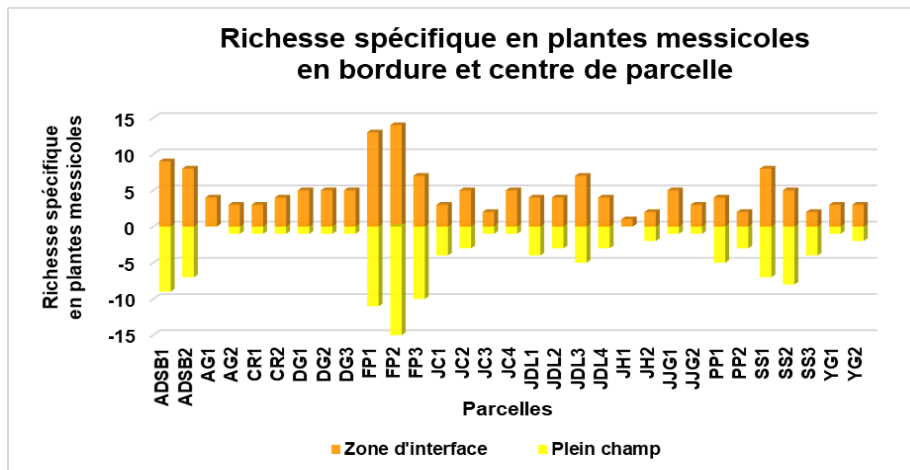


Figure 19 : Richesse spécifique en plantes messicoles en zone d'interface (positif) et en plein champ (négatif) des 31 parcelles étudiées.

En moyenne, les cortèges messicoles observés lors des relevés ont des notes-espèces cumulées moyennes sont de $29,6 \pm 23,7$ et contribuent pour $33,8 \pm 20,5$ % du potentiel du peuplement messicole local (figure 20). La plupart des espèces non-observées sont rares et particulièrement sensibles à l'intensification des pratiques agricoles. Leur contribution au potentiel local en termes de note-espèce est élevée.

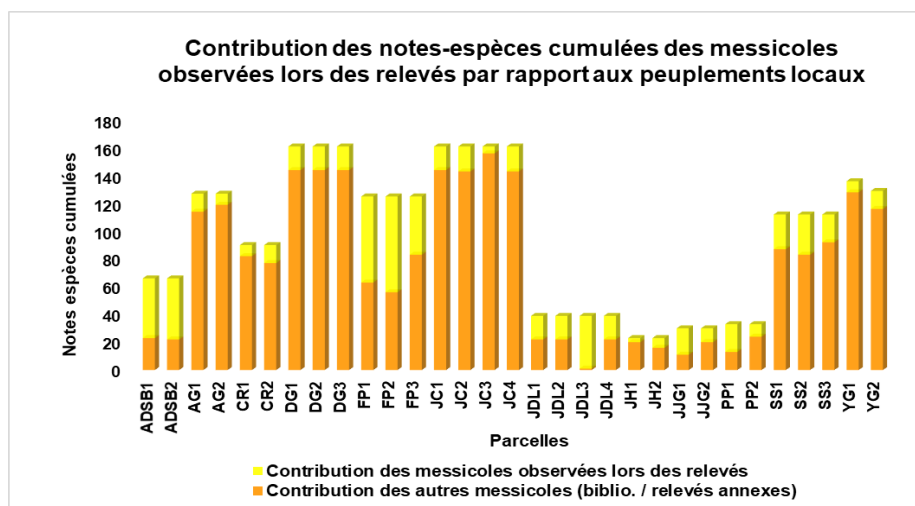


Figure 20 : Contribution des notes-espèces des plantes messicoles observées lors des relevés par rapport au potentiel des peuplements locaux des 31 parcelles étudiées.

III.3.4 – Analyse des effets des pratiques agricoles sur la flore messicole

Les deux premiers axes de l'ACP expliquent respectivement 54,3 % et 18,1 % de la variance (figure 21). L'axe 1 se structure par une forte contribution des variables *Score MS*, *Score MS tardives*, *Expression MS*, *Expression MS tardives* et *Rapport MS/ADV*. Notons par

ailleurs une très forte corrélation entre *Score MS* et *Score MS tardives* d'une part, et *Expression MS* et *Expression MS tardives* d'autre part. Ceci suggère donc qu'il n'y a pas de grande différence entre les communautés messicoles globales et tardives. L'axe 2 se définit quasi exclusivement par la variable *ADV problématiques*.

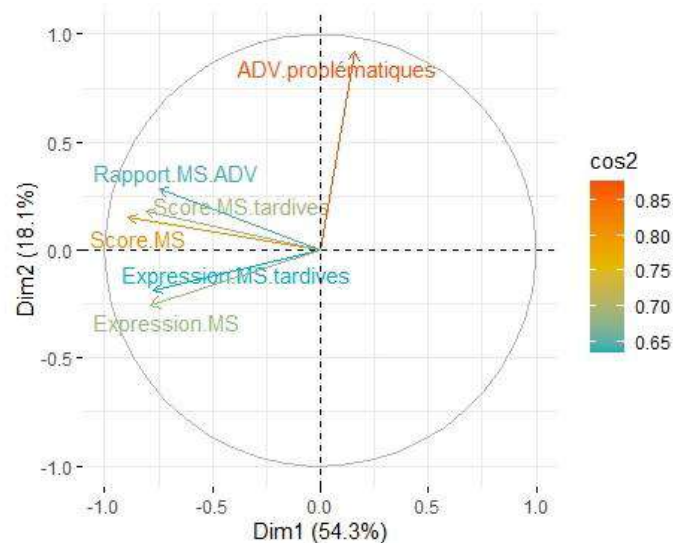


Figure 21 : Cercle de corrélation des 6 variables représentatives de l'expression et la conservation des plantes messicoles utilisées dans l'ACP des 31 parcelles étudiées.

Le recours aux variables *Score MS* et *Score MS tardives* plutôt qu'aux richesses spécifiques n'est pas aberrant car ces paramètres sont fortement corrélés entre eux (figure 22). Le choix des variables *Score MS* et *Score MS tardives* permet donc d'inclure de surcroît l'effet de l'abondance dans l'expression et la conservation des taxons messicoles.

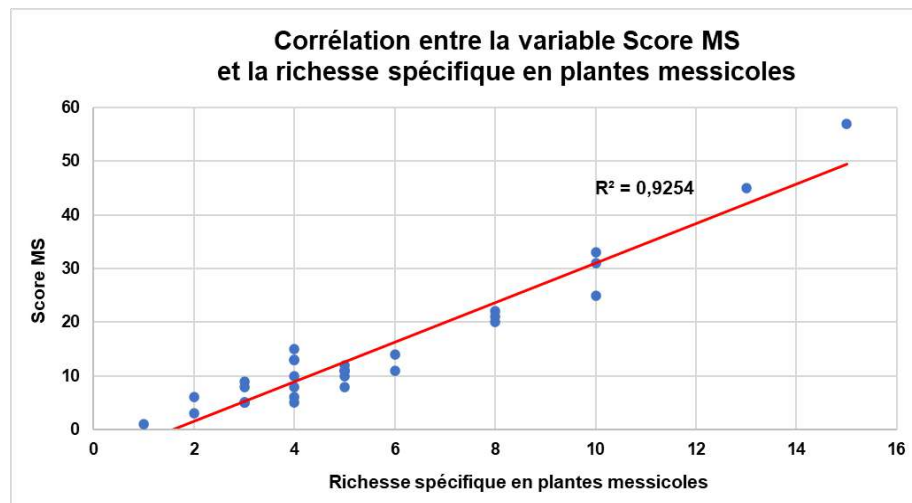


Figure 22 : Corrélation entre la variable *Score MS* et la richesse spécifique en plantes messicoles des 31 parcelles étudiées.

Pour le plan des individus (figure 23), l'axe 1 présente une opposition entre les parcelles à fort intérêt messicole (corrélées négativement, à gauche) et celles à valeurs plus faibles (corrélées positivement, à droite). L'axe 2 s'organise entre les parcelles ayant de nombreuses adventices problématiques (corrélées positivement, en haut) et celles n'en ayant pas ou peu (corrélées négativement, en bas).

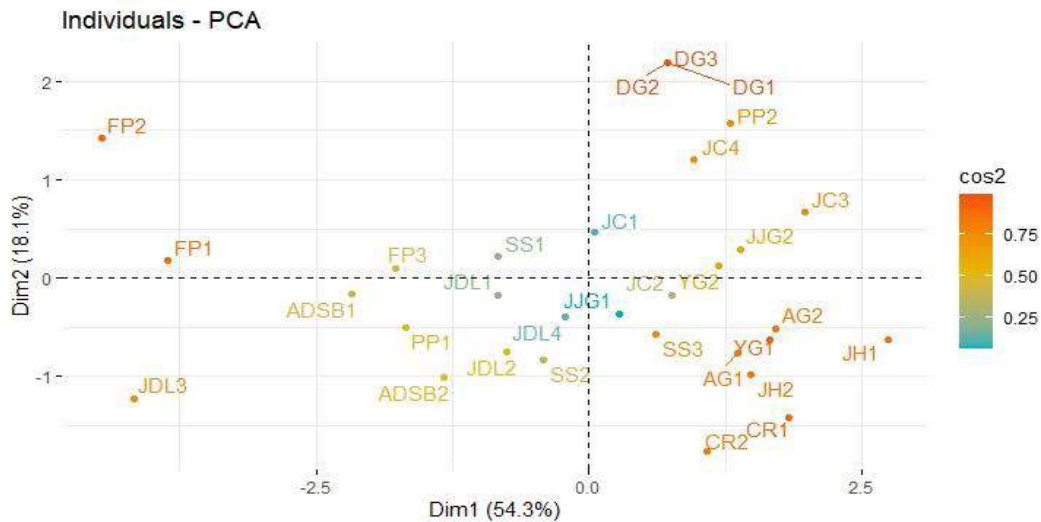


Figure 23 : Projection des 31 parcelles étudiées dans le plan des axes 1 et 2 de l'ACP.

Parmi les graphiques de projection des individus suivant leur valence à telle ou telle variable descriptive, beaucoup présentent des ellipses trop superposées pour permettre de discriminer l'impact des modalités sur l'expression et la conservation des plantes messicoles. Par la suite, ne sont donc présentés que les graphiques les plus manifestes.

III.3.4.1 – Contexte pédologique et paysager

La présence significative de pierres dans la couche de terre arable est une variable qui semble influencer le peuplement adventice des parcelles enquêtées (figure 24). Les parcelles caillouteuses apparaissent en effet corrélées avec une présence importante d'adventices problématiques.

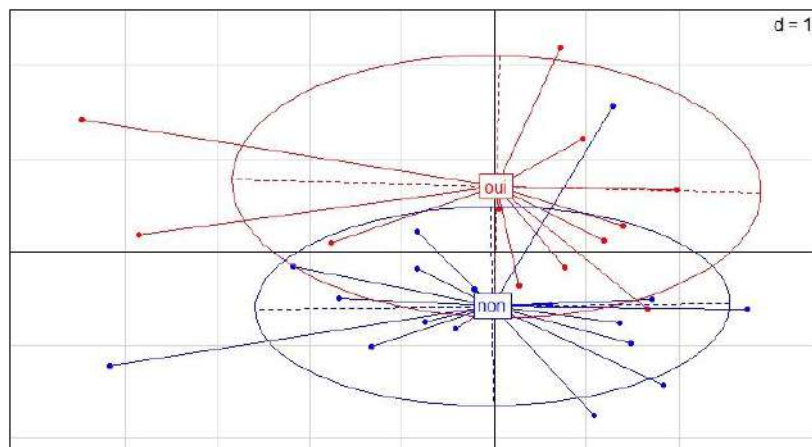


Figure 24 : Répartition des 31 parcelles étudiées suivant la présence significative de pierres dans la couche de terre arable (oui / non).

L'ACP de la géométrie des parcelles n'est pas concluante. Le lien entre géométrie des parcelles et richesse spécifique en plantes messicoles est toutefois présenté en figure 25. Malgré la grande variabilité des données, notons que les parcelles ayant des richesses spécifiques parmi les plus faibles sont également parmi celles avec des ratios périmètre / aire les moins élevés (i.e. grandes parcelles avec peu d'interfaces).

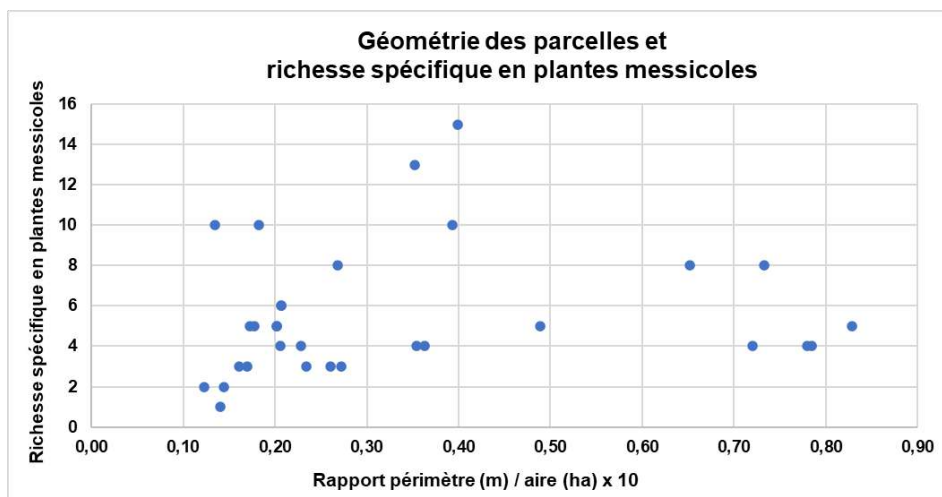


Figure 25 : Lien entre la géométrie des parcelles (ratio périmètre (m) / aire (ha) x 10) et la richesse spécifique en plantes messicoles des 31 parcelles étudiées.

III.3.4.2 – Pratiques agricoles

Conformément à ce qui est connu dans la littérature scientifique, cette ACP montre l'impact négatif de pratiques culturales conventionnelles telles que l'utilisation de produits herbicides (*figure 26*) ou la fertilisation azotée (*figure 27*) sur l'expression et la conservation des plantes messicoles. Fortement liés à ces pratiques, les effets de l'Agriculture de précision sont illustrés en *figure 28*.

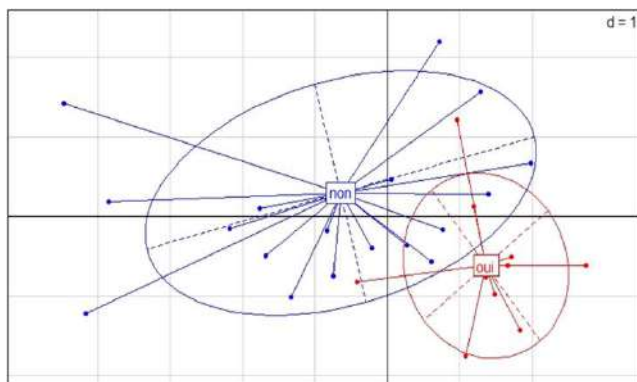


Figure 26 : Répartition des 31 parcelles étudiées suivant la présence d'au moins un traitement herbicide en 2019 ou 2020 (oui / non).

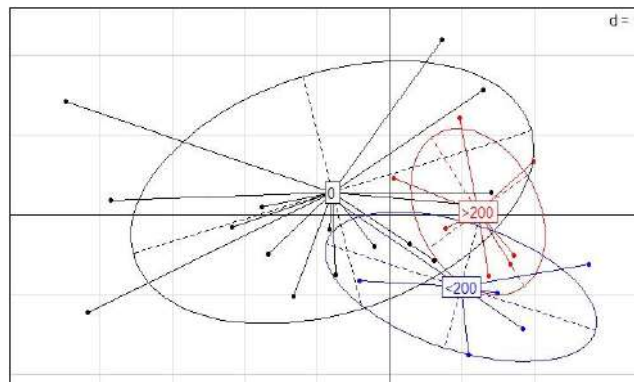


Figure 27 : Répartition des 31 parcelles étudiées suivant la pression azotée issue d'apports d'engrais minéraux et/ou organiques en 2019 et 2020 (0 uN/ha ; >200 uN/ha ; <200 uN/ha). La restitution des résidus de culture et la fixation symbiotique de l'azote par les légumineuses n'ont pas été évaluées dans ce calcul.

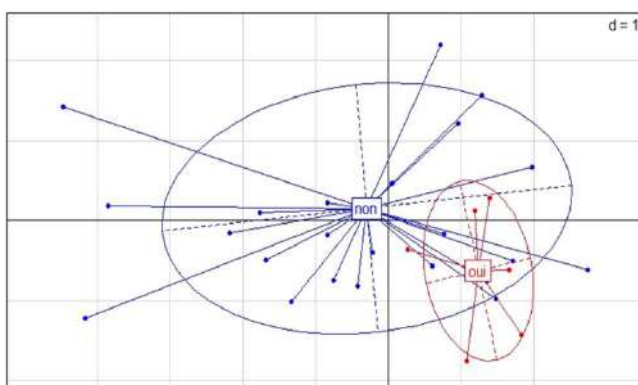


Figure 28 : Répartition des 31 parcelles étudiées suivant la mise en place de pratiques d'Agriculture de précision (modulation des intrants) (oui / non) en 2019 ou 2020.

Le travail du sol est un autre facteur semblant corrélé à l'expression et à la conservation des plantes messicoles dans les parcelles étudiées (figure 29). Parmi les paramètres retenus, seuls le type d'intervention et le nombre de passages présentent des résultats intéressants. La date d'intervention, la profondeur du travail du sol ou le type d'outil utilisé ne sont pas concluants. Le semis direct (0 passage de travail du sol) est la pratique corrélée le plus négativement pour les plantes messicoles. Le travail du sol est corrélé plus positivement, notamment lorsqu'il demeure peu intensif en nombre de passages. Ceci s'illustre en particulier pour le déchaumage (figure 30) et dans une moindre mesure pour le faux-semis (figure 31) et le désherbage mécanique (figure 32).

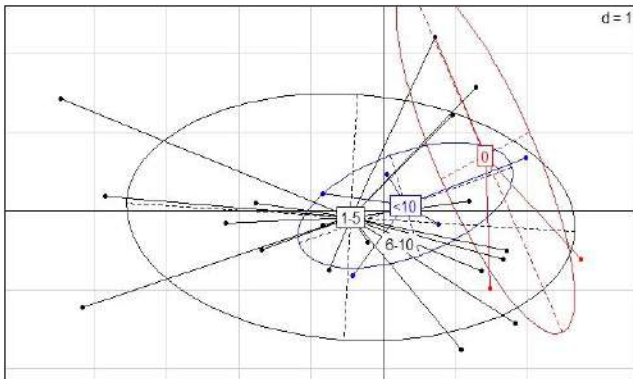


Figure 29 : Répartition des 31 parcelles étudiées suivant le nombre de passages de travail du sol en 2019 et 2020 (0 passage ; 1-5 passages ; 6-10 passages ; <10 passages).

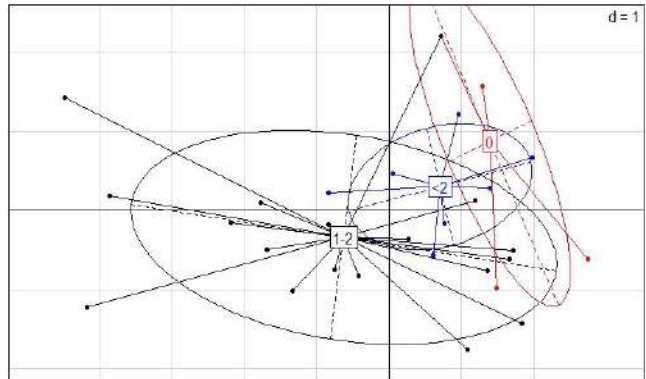


Figure 30 : Répartition des 31 parcelles étudiées suivant le nombre de passages de déchaumage durant l'interculture 2019 - 2020 (0 passage ; 1-2 passages ; <2 passages).

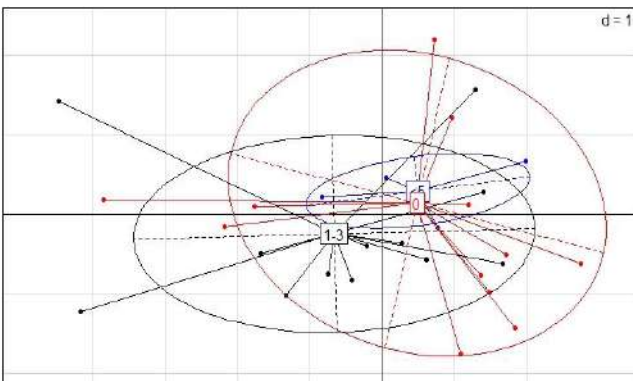


Figure 31 : Répartition des 31 parcelles étudiées suivant le nombre de passages de faux-semis réalisés en 2019 et 2020 (0 passage ; 1-3 passages ; <3 passages).

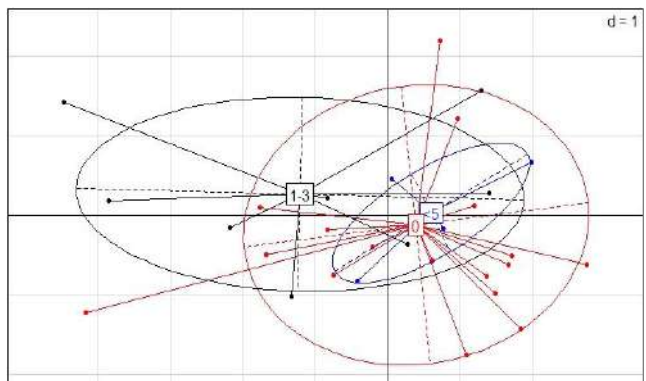


Figure 32 : Répartition des 31 parcelles étudiées suivant le nombre de passage de désherbage mécanique réalisés en 2019 et 2020 (0 passage ; 1-3 passages ; <3 passages).

Concernant les rotations culturales et la couverture des sols, ces paramètres n'apparaissent pas corrélés aux plantes messicoles. La part de céréales dans les rotations semble quant à elle toutefois corrélée au nombre d'adventices problématiques par parcelle (figure 33). Les rotations peu diversifiées, c'est-à-dire avec des proportions de céréales faibles (>25 %) ou au contraire élevés (<50 %), sont les plus sujettes à cette problématique.

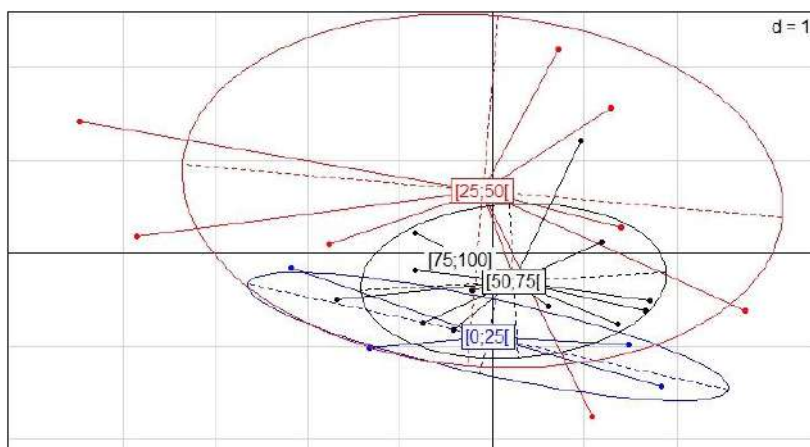


Figure 33 : Répartition des 31 parcelles étudiées suivant la part de céréales à pailles d'hiver dans la rotation culturale (0-25 % ; 25-50 % ; 50-75 % ; 75-100 %).

Il est enfin intéressant de constater que la perception d'un problème de gestion des adventices par l'agriculteur (réel ou ressenti) est positivement corrélée à la présence effective d'adventices problématiques dans les parcelles (figure 34). Une gestion jugée problématique des adventices (oui) semble de plus plutôt négativement corrélée à l'expression et la conservation des plantes messicoles.

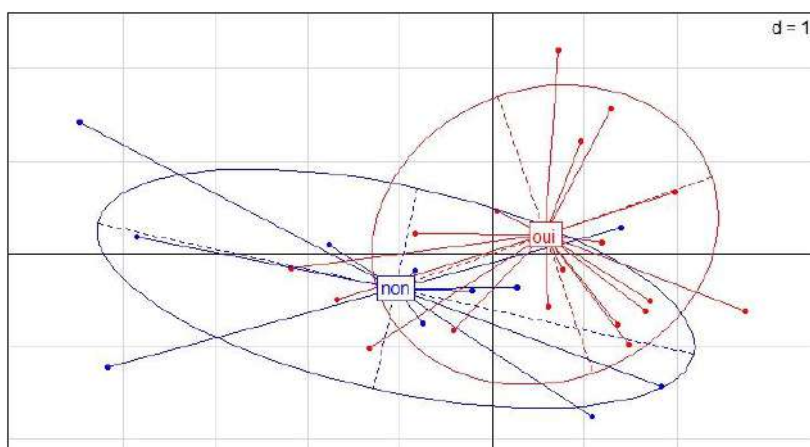


Figure 34 : Répartition des 31 parcelles étudiées suivant la perception par l'agriculteur d'un problème de gestion des adventices (oui / non).

III.4 – Discussion

Nous avons focalisé notre étude sur l'influence du contexte environnemental et des pratiques agricoles sur l'expression et la conservation des plantes messicoles. Malgré la faible envergure de cette étude (31 parcelles), les résultats permettent de dégager quelques grandes tendances en termes de pratiques agroécologiques. La superposition et le dimorphisme des ellipses obtenues lors de l'ACP suggère néanmoins une grande variabilité des parcelles dans leurs réponses aux variables descriptives retenues. En l'absence de test statistique, la significativité de ces résultats n'est pas démontrée et ils doivent donc être considérés comme tels : à savoir des tendances.

La comparaison des enquêtes réalisées aux moyennes régionales (Mas et al., 2019) montre que les exploitations étudiées s'inscrivent dans des systèmes particulièrement extensifs en

intrants de synthèse (engrais et produits phytosanitaires), dans lesquels le recours aux pratiques agroécologiques est une nécessité. Les pratiques agroécologiques de travail du sol sont celles dont les effets sur la flore messicole sont les plus nets dans cette étude. Le faible échantillon et la complexité des pratiques liées aux rotations culturales ou à la couverture des sols ne permettent pas de résultats concluants sur ces points.

Les relevés floristiques effectués permettent de considérer la zone d'étude comme plutôt riche en plantes messicoles. Ceci est à relier avec la relative extensivité des pratiques agricoles des parcelles étudiées comparativement aux pratiques conventionnelles ailleurs mises en œuvre. Signalons que les cortèges observés cette année sont assez singuliers et ne sont peut-être pas totalement représentatifs des parcelles étudiées. Certaines espèces assez répandues²¹ n'ont en effet été que peu rapportées cette année par rapport à ce qui s'observe en moyenne. Cette observation dépasse d'ailleurs le simple cadre de cette étude (*Dessaint F., comm. pers.* ; *Lannuzel L., comm. pers.*). Les conditions météorologiques particulières de la campagne 2020 expliquent probablement ce constat, à cause d'un automne très pluvieux ayant causé des retards voire un abandon des semis de céréales à paille d'hiver. Les cortèges messicoles observés ne contribuent de plus jamais pour plus de la moitié du peuplement messicole local potentiel, ce qui semble confirmer les résultats de *Pointereau et al. (2010)* sur l'expression temporelle du peuplement messicole d'une même parcelle et les limites d'un inventaire en un seul passage.

Nos résultats illustrent également l'intérêt des zones d'interface dans l'expression et la conservation des plantes messicoles puisque leur richesse spécifique et leur abondance y sont en moyenne comparativement plus élevées qu'en plein champ. Cette différence peut s'expliquer par le fait que les pratiques agricoles (travail du sol, fertilisation, désherbage, etc.) sont généralement effectuées avec moins de succès en bordure de parcelle. Ceci met en exergue la moindre intensité des pratiques agricoles dans les angles et bord de champ et confirme la littérature scientifique sur l'intérêt de ces espaces (*Fried et al., 2008* ; *Fried et al., 2009b*). L'ACP de la géométrie des parcelles n'est pas concluante et ne permet pas ici d'affirmer que les parcelles avec une proportion importante d'interfaces (petites parcelles et/ou parcelles en agroforesterie) sont comparativement plus favorables. Notons cependant que les grandes parcelles (*i.e.* avec peu d'interfaces) sont parmi celles ayant les plus faibles richesses spécifiques, sans que cela puisse être imputable à leur géométrie plus qu'à l'intensité de leurs pratiques culturales. Conserver et/ou recréer de telles zones de refuge dans les systèmes les plus « intensifs » seraient alors un levier favorable au maintien des plantes messicoles dans ces espaces. En revanche, dans les systèmes plus extensifs, la présence de plantes messicoles est plus homogène au sein des parcelles (exploitations ADSB, FP, JDL et SS notamment). Les pratiques étant peu intensives, le gradient d'intensité est moindre entre le bord et le centre des parcelles et lisse sans doute la répartition des espèces. Dans certains cas, il est même constaté que la faible pression opérée par les pratiques agricoles sur les bordures crée une zone d'interface à végétation herbacée dense dans laquelle les messicoles croissent difficilement du fait de la compétition. Dans ces systèmes, les zones d'interface se révèlent moins importantes pour servir de refuges aux plantes messicoles (*Gerbaud et al., 2001* ; *Romero et al., 2008*).

Concernant les pratiques agricoles, notre étude confirme l'impact majeur de pratiques culturales conventionnelles telles que le désherbage chimique ou la fertilisation azotée. Ces pratiques

²¹ Spéculaire miroir-de-Vénus (*Legousia speculum-veneris*) ou Coquelicot (*Papaver rhoeas*) notamment.

sont en effet assez nettement corrélées négativement à l'expression et à la conservation des plantes messicoles, ce qui confirme la littérature scientifique à ce sujet. Associée à ces pratiques, dont elle module l'utilisation des intrants, l'Agriculture de précision devrait en théorie réduire les pressions sur la flore messicole et donc lui être favorable. Dans les faits, l'Agriculture de précision est elle aussi corrélée négativement aux plantes messicoles. Ayant un coût de mise en œuvre relativement élevé, l'Agriculture de précision n'est développée que dans les grandes exploitations (intensives) où elle présente un intérêt (la modulation de pratiques extensives n'étant pas pertinente). L'aspect défavorable de l'Agriculture de précision est donc à interpréter sous cet angle indirect plutôt que sous l'effet propre de cette pratique.

Concernant les pratiques agroécologiques, les principaux résultats de cette étude concernent le travail du sol et notamment son gradient d'intensité. Indispensable au maintien des conditions environnementales favorables aux plantes messicoles, le travail du sol est corrélé plutôt positivement tant qu'il demeure « modéré » en nombre de passages. A l'opposé, le semis direct et dans une moindre mesure le travail du sol plus intensif sont corrélés négativement. Ces résultats semblent confirmer les hypothèses émises lors de la rédaction des fiches de synthèse : le maintien du travail du sol est indispensable mais ce dernier ne doit pas être trop intensif pour ne pas nuire aux plantes messicoles. Ce constat est particulièrement marqué pour le déchaumage, ce qui suggère l'importance de cette pratique dans le cycle biologique des plantes messicoles pour l'enfouissement et la conservation de leurs graines. Un affinement des autres paramètres de cette pratique (date, profondeur, outils) serait toutefois appréciable pour préciser son diagnostic. A l'instar du faux-semis et du désherbage mécanique, ces pratiques de désherbage semblent dans une certaine mesure (1 à 3 passages) plutôt favorables aux messicoles. Bien qu'ils puissent contribuer à éliminer certains pieds, ces quelques passages pourraient permettre de réduire la pression adventice directe (compétition) et indirecte (désherbages ultérieurs moindres). Le fait qu'ils soient favorables s'explique aussi peut-être car plusieurs exploitations n'opéraient qu'un ou deux passages hâtifs de herse étrille à l'automne (avant la période de germination des messicoles), là où plusieurs autres opérés des passages supplémentaires de bineuse plus tardivement. Bien que les résultats ne permettent pas de l'assurer, c'est probablement la période d'opération plus que le nombre de passages qui est ici en jeu.

Enfin, il est intéressant de constater que la perception des adventices par l'agriculteur est un autre paramètre important qui semble conditionner l'expression et la conservation des plantes messicoles. La perception d'un problème de gestion des adventices est certes effectivement corrélée au nombre d'adventices problématiques mais celle-ci semble également influencer le maintien des messicoles. La notion de seuil d'intervention, propre à chaque agriculteur, explique sans doute ce constat en lien avec les pratiques de désherbage mises en œuvre en conséquence.

III.5 – Conclusion partielle

Cette étude ne permet pas de conclure de manière significative sur l'impact des pratiques agroécologiques sur l'expression et la conservation des plantes messicoles. La faible taille de l'échantillon (31 parcelles) et la complexité des pratiques étudiées au sein d'itinéraires techniques complexes rendent les résultats particulièrement variables et délicats à interpréter. Une tendance intéressante concernant cependant les effets de l'intensité des pratiques agroécologiques de travail du sol sur la flore messicole. Les résultats obtenus ne

sont pas significatifs mais ils semblent toutefois conforter l'hypothèse selon laquelle le travail du sol est indispensable aux messicoles tant qu'il demeure « modéré ». Un travail du sol limité à 1 à 5 passages apparaît ainsi comme le plus favorable. Nos résultats montrent par ailleurs que l'intensification du travail du sol (nombreux passages) ou *a contrario* sa suppression (semis-direct) sont négativement corrélés à la flore messicole. La pratique du déchaumage et l'importance de la temporalité des opérations sont également des paramètres qui ressortent de cette étude.

En l'absence de test statistique, on ne peut pour l'heure parler que de tendances générales. Ces résultats mériteraient d'être approfondis lors d'études complémentaires de plus grande envergure, regroupant notamment un échantillon plus important de parcelles (<100 ?) sur un pas de temps de 2 à 3 ans minimum.

Conclusion générale

Les plantes messicoles sont un cortège de plantes adventices spécialistes inféodées aux cultures de céréales à paille d'hiver. Ces espèces ont sélectionné des traits fonctionnels mimétiques ou au moins partiellement convergents avec ceux de leurs cultures cibles (*Fried et Maillet, 2018*), ce qui les rend particulièrement adaptées aux pratiques agricoles « historiquement » associées à ces cultures et agissant comme des filtres de sélection (travail du sol, semis, moisson, *etc.*). Peu compétitives et peu polymorphes, les messicoles sont cependant vulnérables aux changements de leur environnement (pratiques agricoles).

Apparues en réaction aux limites des systèmes de production conventionnels, les pratiques agroécologiques se veulent plus durables et plus respectueuses de l'environnement. Elles se définissent comme « des moyens d'améliorer les performances environnementales et techniques des systèmes agricoles en imitant les processus naturels, créant ainsi des interactions et synergies biologiques bénéfiques entre les composantes de l'agroécosystème » (*De Schutter, 2011*). Les pratiques agroécologiques regroupent ainsi un ensemble divers de pratiques ayant pour moyen et/ou objectif communs de limiter la consommation d'intrants en maximisant l'énergie culturale naturellement fournie par l'agroécosystème. Encore anecdotiques pour certaines, les pratiques agroécologiques sont en plein développement et leur progression devrait se poursuivre dans les années à venir étant donné la prise de conscience environnementale croissante ainsi que l'orientation des dernières politiques agricoles vers un verdissement des pratiques.

A notre connaissance, cette étude est la première à s'intéresser aux effets de ces « nouvelles » pratiques sur les communautés de plantes messicoles. Le travail exploratoire de synthèse et de réflexion entrepris dans la deuxième partie de ce rapport dresse un premier panorama des pratiques agroécologiques pouvant impacter les messicoles. Les effets de ces pratiques sont divers et concernent aussi bien le travail du sol et le désherbage que la couverture du sol, les rotations culturales, la structure du paysage ou encore l'organisation des ateliers de production. Tout comme les pratiques conventionnelles, c'est avant tout l'intensité de ces pratiques qui conditionne leurs impacts. Le travail du sol est par exemple indispensable au maintien des plantes messicoles mais sa suppression ou *a contrario* son intensification à outrance sont néfastes. Il en va de même pour bon nombre d'autres pratiques. Celles-ci sont détaillées dans 21 fiches de synthèse.

En complément de ce travail, une enquête de terrain réalisée sur 31 parcelles de l'ex-région Midi-Pyrénées n'a pas permis de dégager de résultat significatif en mesure d'appuyer avec force les hypothèses émises dans la partie précédente. Certaines tendances concernant notamment le travail du sol sont toutefois encourageantes et suggèrent la réalisation d'études complémentaires de plus grande envergure.

Finalement, les résultats mis en exergue dans ce rapport présentent des pistes de réflexion intéressantes qu'il convient encore d'appuyer par des références techniques (enquêtes de terrain, études approfondies des traits biologiques, études phytosociologiques, *etc.*). Espérons alors que ce travail prospectif puisse contribuer – même modestement – à la conservation de ces si jolies fleurs !

Références

Affre L., Dutoit T., Jagër M. et Garraud L. (2003). *Ecologie de la reproduction et de la dispersion, et structure génétique chez les espèces messicoles : propositions de gestion dans le Parc Naturel Régional du Lubéron.* Les Actes du BRG, 4 : 405-428.

Agreste (2019). *Enquête pratique culturale 2017* (en ligne). Disponible sur : <https://www.cnis.fr/enquetes/pratiques-culturelles-en-grandes-cultures-et-prairies-en-2017-pk-gc-2017-enquete-sur-les/> [consulté en septembre 2020].

Alignier A., Meiss H., Petit S. et Reboud X. (2008). *Variation of post-dispersal weed seed predation according to weed species, space and time.* Journal of Plant Diseases and Protection, 21 : 221-226.

Altieri M. A. et Nicholls C. I. (2004). *Biodiversity and pest management in agroecosystems.* The Haworth Press. 236 p.

Armengot L., Jose-Mara L., Blanco-Moreno J., Bassa, Chamorro et Sans F. (2011). *A novel index of land use intensity for organic and conventional farming of Mediterranean cereal fields.* Agronomy for sustainable development, 31 : 699–707.

Arvalis et Institut Technique de l'Agriculture Biologique (ITAB) (2015). *Classement 2015 des variétés de blé tendre conduites en AB selon leur hauteur – Essais variétés de blé – Récolte 2015* (en ligne). Disponible sur : https://www.evenements-arvalis.fr/file/galleryelement/pj/12/82/8f/01/fig2_itab6828231314297484508.pdf [consulté en septembre 2020].

Association de Coordination Technique Agricole (ACTA) (2011). *Eléments de biologie des mauvaises herbes – Les leviers de gestion de la flore adventice* (en ligne). Disponible sur : http://www.florad.org/moodle/pluginfile.php/429/mod_resource/content/0/Biologie_des_mauvaises_herbes.pdf [consulté en septembre 2020].

Association pour la Promotion d'une Agriculture Durable (APAD) (2016). *Les 3 piliers de l'Agriculture de Conservation des Sols* (en ligne). Disponible sur : <https://www.apad.asso.fr/agriculture-de-conservation-3/principes-de-lac> [consulté en septembre 2020].

Aymonin G. G. (1962). *Les plantes messicoles vont-elles disparaître ?* Science & Nature, 49 : 3-9.

Baessler C. et Klotz S. (2006). *Effects of changes in agricultural land-use on landscape structure and arable weed vegetation over the last 50 years.* Agriculture, Ecosystems and Environment, 115 : 43-50.

Barroin G. (2004). *Phosphore, azote, carbone ... du facteur limitant au facteur de maîtrise.* Courrier de l'environnement de l'INRA, 52 : 23-30.

Benton T. G., Vickery J. A. et Wilson J. D. (2003). *Farmland biodiversity : is habitat heterogeneity the key?* Trends in Ecology & Evolution, 4 (18) : 182-188.

Cambecèdes J., Leblond N., Gire L. et Corriol G. (2007). *Etat des lieux des plantes messicoles et plantes remarquables liées aux cultures en Midi-Pyrénées.* Monde des plantes, 494 : 15-2.

Cambecèdes J., Largier G. et Lombard A. (2012). *Plan national d'Actions en faveur des plantes messicoles.* Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées – Fédération des Conservatoires Botaniques Nationaux – Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie. 242 p.

Caussanel J.-P. (1989). *Nuisibilité et seuils de nuisibilité des mauvaises herbes dans une culture annuelle : situation de concurrence bispécifique.* Agronomie, 9 (3) : 219-240.

Chaubet B. (1992). *Diversité écologique, aménagement des agro-écosystèmes et favorisation des ennemis naturels des ravageurs : cas des aphidiphages.* Courrier de la cellule environnement de l'INRA, 18. 21 p.

Colignon P., Francis F., Fadeur G. et Haubruge E. (2004). *Aménagement de la composition floristique des mélanges agri-environnementaux afin d'augmenter les populations d'insectes auxiliaires.* Parasitica, 60 (3) : 3-18.

Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (CBNPMP) (2019). *Carte des unités naturelles de France.* In : Agence Française pour la Biodiversité (2019). *Référentiel technique associé au Règlement d'usage de la marque collective simple Végétal local®.* Agence Française pour la Biodiversité. 19 p. + 20 p. annexes.

Cousens R. (1985). *A simple model relating yield loss to weed density.* Annals of Applied Biology, 107 (2) : 239-252.

De Schutter O. (2011). *Agroécologie et droit à l'alimentation.* Rapport présenté à la 16ème session du Conseil des droits de l'Homme de l'ONU. 23 p.

Di Pietro F., Genin A. et Botte F. (2003). *La flore de champ en zone de grande culture : structuration et effet des facteurs agricoles et paysagers.* Symbioses, 8 : 49-54.

Dutoit T., Gerbaud E., Ourcival J. M., Roux M. et Alard D. (2001). *Recherche prospective sur la dualité entre caractéristiques morphologiques et capacités de compétition des végétaux : le cas des espèces adventices et du blé.* Life Sciences, 324 : 261-272.

Dutoit T., Jägger M., Gerbaud E. et Poschold P. (2002). *Rôles des ovins dans le transport de graines d'espèces messicoles : le cas d'une exploitation agricole du Parc Naturel Régional du Lubéron.* Courrier scientifique du Parc Naturel Régional du Lubéron et de la Réserve du Lubéron-Lure, 7 : 68-75.

Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse (ENSAT) (2020). *AGREST 2019–2020 : Projet d'Ingénierie territoriale. Etude de l'intégration de l'élevage en zone céréalière et viticole du Minervois.* Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse. 42 p. + 5 p. annexes.

Eraud C., Cadet E., Powolny T., Gaba S., Bretagnolle F. et Bretagnolle V. (2015). *Weed seeds, not grain, contribute to the diet of wintering skylarks in arable farmlands of Western France.* European journal of wildlife research, 61(1) : 151-161.

European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) (2020). *EPPO Global data base, page d'accueil* (en ligne). Disponible sur : <https://gd.eppo.int/search?k=> [consulté en septembre 2020].

Ferron P. (1999). *Protection intégrée des cultures : évolution du concept et de son application.* Dossiers de l'Environnement de l'INRA, 19 : 19-28.

Fontaine M., Cambecèdes J., Barascud Y., Birlinger A. et Tribolet L. (2014). *Plan régional d'actions : Plantes Exotiques Envahissantes en Midi-Pyrénées – 2013-2018.* Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL). 201 p.

Francis C., Lieblein G., Gliessman S., Breland T. A., Creamer N., Harwood, Salomonsson L., Helenius J., Rickerl D., Salvador R., Wiedenhoef M., Simmons S., Allen P., Altieri M., Flora C. et Poincelot R. (2003). *Agroecology : the ecology of food systems.* *Journal of Sustainable Agriculture*, 22 (3) : 99-118.

Fried G. (2007). *Variations spatiales et temporelles des communautés adventices des cultures annuelles en France.* Thèse de doctorat. Université de Bourgogne – Institut National de Recherche Agronomique. 398 p.

Fried G., Chauvel B. et Reboud X. (2009a). *A functional analysis of large-scale temporal shifts from 1970 to 2000 in weed assemblages of sunflower crops in France.* *Journal of Vegetation Science*, 20 (1) : 49-58.

Fried G., Petit S., Dessaint F. et Reboud X. (2009b). *Arable weed decline in Northern France : crop edges as refugia for weed conservation ?.* *Biological Conservation*, 142 : 238-243.

Fried G. et Maillet J. (2018). *Diversité et réponses de la flore des champs cultivés à l'évolution des pratiques agricoles en France.* In : Chauvel B., Darmency H., Munier-Jolain N. et Rodriguez A. (coord.) (2018). *Gestion durable de la flore adventice des cultures.* Quae. 39-55.

Gaba S., Chauvel B., Dessaint F. et Bretagnolle V. (2009). *Weed species richness depends on the spatial heterogeneity of the landscape mosaics.* 3rd Workshop of the European Weed Research society Working Group : Weeds and Biodiversity, Lleida (Espagne), 12-13 mars 2009.

Gabriel D., Thies C. et Tschardt T. (2005). *Local diversity of arable weeds increases with landscape complexity.* *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 2 (7) : 85-93.

Gerbaud E., Dutoit T., Barrois A. et Toussaint B. (2001). *Teneurs en minéraux des fourrages de chaume et de leurs adventices : l'exemple d'une exploitation agricole du sud-est de la France (Vaucluse).* *Animal Research*, novembre-décembre 2001, 6 (50) : 495-505.

Gibson R. H., Nelson I. L., Hopkins G. W., Hamlett B.J. et Memmott J. (2006). *Pollinator webs, plant communities and the conservation of rare plants : arable weeds as a case study.* *Journal of Applied Ecology*, 43 : 246-257.

Gliessman S. R. (2000). *Agrosystem sustainability : developing practical strategies.* CRC Press. 209 p.

Gliessman S. R. (2007). *Agroecology : the ecology of sustainable food systems.* CRC Press. 384 p.

Grime J. P. (1977). *Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory.* The American Naturalist, 111 : 1169-1195.

Guilbot R. et Coutin R. (1993). *Insectes et plantes messicoles.* In : Dalmass J.-P. (1997). *Actes du Colloque de Gap, 9-12 juin 1993, Gap (France).* Conservatoire Botanique National de Gap-Charance. 167-172.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) (2019). *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services.* IPBES.

Jauzein P. (1997). *La notion de messicole : tentative de définition et de classification.* Monde des plantes, 458 : 19-23.

Jauzein P. (2001). *Biodiversité des champs cultivés : l'enrichissement floristique.* Dossier de l'environnement de l'INRA, 21 : 43-64.

Julve P. (1998). *Baseflor : Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France. Version Septembre 2020* (en ligne). Disponible sur : <http://perso.wanadoo.fr/philippe.julve/catminat.htm> [consulté en septembre 2020].

Kleijn D. et Van Der Voort L. A. C. (1997). *Conservation headlands for rare arable weeds : the effects of fertilizer application and light penetration on plant growth.* Biological Conservation, 81 (1-2) : 57-67.

Kleijn D., Kohler F., Báldi A., Batáry P., Concepción E. D., Clough Y. et Verhulst J. (2009). *On the relationship between farmland biodiversity and land-use intensity in Europe.* Proceedings of the Royal Society of London B, Biological Sciences, 1658 (276) : 903-909.

Klein A. M., Vaissière B., Cane J. et al., (2007). *Importance of pollinators in changing landscapes for world crops.* Proceedings of the Royal Society of London B, Biological Sciences, 1608 (274) : 303-313.

Labreuche J., Le Souder C., Castillon P., Ouvry J.-F., Real B., Germon J.-C., Tourdonnet S., Schubetzer C., Feix I., Galienne J. et al. (2007). *Evaluation des impacts environnementaux des Techniques Culturelles Sans Labour (TCSL) en France – Partie 1.* Agence De l'Énergie et de la Maîtrise de l'Environnement. 390 p.

Lannuzel L. (2015). *Influence des pratiques agricoles sur la composition et la diversité en plantes messicoles dans des systèmes agricoles extensifs.* Mémoire de stage de Master. Université de Picardie – Jules Verne. Août 2015. 58 p. + 2 p. annexes.

Lannuzel L., Rudi-Dencausse A.-S. et Cambecèdes J. (2020a). *Liste des plantes messicoles de Midi-Pyrénées – révision avril 2020.* Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées.

Lannuzel L., Rudi-Dencausse A.-S. et Cambecèdes J. (2020b). *Elaboration et renseignement d'un indicateur communal d'évaluation des enjeux de préservation de la biodiversité messicole en Midi-Pyrénées.* Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées.

Lecomte C., Heumez E. et Pluchard P. (2000). *Identification des différences génotypiques dans la réponse aux contraintes environnementales : cas de la concurrence due aux mauvaises herbes dans une culture de blé tendre d'hiver.* In : Maillard P. et Bonhomme R. *Fonctionnement des peuplements végétaux sous contraintes environnementales.* Les colloques, 20-21 janvier 1998, Paris (France). INRA éditions. 539-558.

Legast M., Mahy G. et Bodson B. (2008). *Les messicoles : fleurs des moissons.* Région Wallonne, collection Agrinature, 1. 124 p.

Le Roux X, Barbault R., Baudry J., Burel F., Doussan I., Garnier E., Herzog F., Lavorel S., Lifran R., Roger-Estrade J., Sarthou J.-P. et Trommetter M. (2008). *Agriculture et biodiversité : valoriser les synergies.* Expertise scientifique collective – Synthèse du rapport d'expertise réalisée par l'INRA à la demande du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche et du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire. 114p.

Long B. (2018). *Rapport de stage en exploitation agricole : diagnostic d'une exploitation agricole en polyculture-polyélevage à dominante ovin laitier de l'Est Aveyron – diagnostic global.* Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse. 54 p. + 12 p. annexes.

Lorgeou J. et Maunas L. (2017). *Les précautions à prendre pour réaliser des semis « ultra précoces ».* Arvalis-info.fr (en ligne). Disponible sur : <https://www.arvalis-infos.fr/les-precautions-a-prendre-pour-realiser-des-semis-ultra-precoces--@/view-23595-arvarticle.html> [consulté en septembre 2020].

Lucas P. (2007). *Le concept de la protection intégrée des cultures.* Innovations agronomiques, 1 : 15-21.

Maffre C. (2011). *Fréquentation des plantes adventices par les abeilles en plaine céréalière intensive - focus sur le bleuet.* Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse (UAPV), Avignon (France). 32 p.

Marshall E. J. P., Brown V. K., Boatman N. D., Lutman P. J., Squire G. R. et Ward R. K. (2003). *The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields : abstract.* Weed Research, 43 (2) : 77-89.

Mas N., Dinaucourt M. et Cassagne J.-P. (2019). *Premiers résultats – Occitanie : pratiques culturales en grandes cultures en 2017.* Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt (DRAAF) – Service régional de l'information statistique, économique et territoriale. 3 p.

Meerts P. (1997). *La régression des plantes messicoles en Belgique.* Actes du Colloque du Conservatoire Botanique National de Gap-Charance : « Faut-il sauver les mauvaises herbes ? ». 49-55.

Morlon P. (2019). *Adventice.* Les mots de l'agronomie. INRAE (en ligne). Disponible sur : <https://lorexplor.istex.fr/mots-agronomie.fr/index.php/Adventice> [consulté en septembre 2020].

Olivereau F. (1996). *Les plantes messicoles des plaines françaises.* Courrier de l'environnement de l'INRA, 28 : 5-18.

Petit S., Thenail C., Chauvel B., Le Cœur D. et Baudry J. (2008). *Les apports de l'écologie du paysage pour comprendre la dynamique de la flore adventice.* Innovations Agronomiques, 3 : 49-60.

Pointereau P., Coulon F. et André J. (2010). Analyse des pratiques agricoles favorables aux plantes messicoles en Midi-Pyrénées – rapport technique final. Solagro. 94 p. + 24 p. annexes.

République Française (RF) (2015). *Avis et communications : Avis divers : Vocabulaire de l'agriculture et de la pêche (liste de termes, expressions et définitions adoptés).* Journal Officiel de la République Française n°0190 du 19 août 2015.

Robinson R. A. et Sutherland W. J. (2002). *Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain.* Journal of Applied Ecology 39 : 157-176.

Rodriguez A., Dessaint F., Darmency H., Jean-Philippe Guillemain J.-P., Cambecèdes J., Garetta R., Gire L., Huclin S., Jammes D., Pointereau P. et al. (2018). *Conservation des plantes messicoles dans les parcelles cultivées : caractérisation des systèmes de cultures favorables, rôles fonctionnels, perception par la profession.* Innovations Agronomiques, 63 : 293-305.

Romero A., Chamorro L. et Sans F. X. (2008). *Weed diversity in crop edges and inner fields of organic and conventional dryland winter cereal crops in NE Spain.* Agriculture, Ecosystems & Environment, 1 (124) : 97-104.

Roocks F., Salva H. et Sarthou J.-P. (2016). *Agriculture de conservation des sols : définition.* Dico AE – Dictionnaire d'Agroécologie (en ligne). Disponible sur : <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/agriculture-de-conservation/> [consulté en septembre 2020].

Roschewitz I., Gabriel D., Tschardt T. et Thies C. (2005). *The effects of landscape complexity on arable weed species diversity in organic and conventional farming.* Journal of Applied Ecology, 5 (42) : 873-882.

Rotchés-Ribalta R., Blanco-Moreno J. M., Armengot L. et Sans F. X. (2015a). *Responses of rare and common segetal species to wheat competition and fertiliser type and dose.* Weed Research, 56 : 114-123.

Rotchés-Ribalta R., Blanco-Moreno J. M., Armengot L., Chamorro L. et Sans F. X. (2015b). *Both farming practices and landscape characteristics determine the diversity of characteristic and rare arable weeds in organically managed fields.* Applied Vegetation Science, 18 : 423-431.

Rotchés-Ribalta R., Boutin C., Blanco-Moreno J. M., Carpenter D. et Sans F. X. (2015c). *Herbicide impact on the growth and reproduction of characteristic and rare arable weeds of winter cereal fields.* Ecotoxicology, 24 : 991-1003.

Saatkamp A., Affre L., Dutoit T. et Poschlod P. (2009). *The seed bank longevity index revisited : limited reliability evident from a burial experiment and database analyses.* Annals of Botany, 104 : 715-724.

Sébillotte M. (1974). *Agronomie et agriculture : essai d'analyse des tâches de l'agronome.* Cahiers ORSTOM, série Biologie, 24 : 3-25.

Stoate C., Boatman N. D., Borralho R. J., Rio Carvalho C., de Snoo G. R. et Eden P. (2001). *Ecological impacts of arable intensification in Europe.* Journal of Environmental Management, 63 : 37-365.

Tomich T. P., Brodt S., Ferris H., Galt R., Horwath WR., Kebreab E., Leveau J., Liptzin D., Lubell M., Merel P., Michelmore R., Rosenstock T., Scow K., Six J., Williams N. et Yang J. (2011). *Agroecology : a review from a global-change perspective.* Annual Review of Environment and Resources, 36 : 193-222.

Tscharntke T., Klein A., Kruess A., Steffan-Dewenter I. et Thies C. (2005). *Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management.* Ecology letters, 8 (8) : 857-874.

Van Heemst H. J. D. (1985). The influence of weed competition on crop yield. Agricultural Systems, 18 (2) : 81-93.

Verlaque R. et Filosa D. (1993). *Mediterranean chromosome number reports (228-233).* In Kamari G., Felber F. et Garbari F. (1993). *Mediterranean chromosome number reports.* Flora Mediterranea, 3 : 364-373.

Verlaque R. et Filosa D. (1997). *Caryologie et biogéographie des messicoles menacées du Sud-Est de la France (comparaison avec les autres mauvaises herbes).* In : Dalmas J.-P. (1997). *Actes du Colloque de Gap, 9-12 juin 1993, Gap (France).* Conservatoire Botanique National de Gap-Charance. 105-124.

Wilson J. D., Morris A. J., Arroyo B. E., Clark S. C. et Bradbury R. B. (1999). *A review of the abundance and diversity of invertebrate and plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to agricultural change.* Agriculture, Ecosystems and Environment, 75 : 13-30.

Références complémentaires : fiches de synthèse « pratiques agroécologiques et plantes messicoles »

Affre L., Dutoit T., Jagër M. et Garraud L. (2003). *Ecologie de la reproduction et de la dispersion, et structure génétique chez les espèces messicoles : propositions de gestion dans le Parc Naturel Régional du Lubéron*. Les Actes du BRG, 4 : 405-428.

Agreste (2014a). *Enquête Teruti-Lucas : utilisation du territoire* (en ligne). Disponible sur : <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/agreste-teruti-lucas-utilisation-du-territoire-1/> [consulté en septembre 2020].

Agreste (2014b). *Enquête pratiques culturelles 2011 : principaux résultats*. Agreste Les Dossiers, juillet 2014, n°21. 72 p.

Agreste (2017). *Résultats d'enquête région Occitanie : Chiffres clés – Pratiques culturelles en grandes cultures*. Enquête Pratiques culturelles en grandes cultures 2011 et 2014.

Agreste (2018). *Méthodes de culture, éléments de paysage par canton : Recensement Agricole 2010* (en ligne). Disponible sur : https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/disaron/RA_3026/detail/ [consulté en septembre 2020].

Agreste (2019). *Enquête pratique culturelle 2017* (en ligne). Disponible sur : <https://www.cnis.fr/enquetes/pratiques-culturelles-en-grandes-cultures-et-prairies-en-2017-pk-gc-2017-enquete-sur-les/> [consulté en septembre 2020].

Agro-transfert (2007a). *La herse étrille* (en ligne). Disponible sur : http://www.agro-transfert-rt.org/wp-content/uploads/2016/02/La_herse_%C3%A9trille.pdf [consulté en septembre 2020].

Agro-transfert (2007b). *La houe rotative* (en ligne). Disponible sur : http://www.agro-transfert-rt.org/wp-content/uploads/2016/02/La_houe_rotative.pdf [consulté en septembre 2020].

Agro-transfert (2007c). *La bineuse* (en ligne). Disponible sur : http://www.agro-transfert-rt.org/wp-content/uploads/2016/02/La_bineuse.pdf [consulté en septembre 2020].

Agrotransfert (2017). *Les légumineuses pour apporter de l'azote dans la rotation*. Projet Agri-Bio : de la connaissance à la performance (en ligne). Disponible sur : <http://www.agro-transfert-rt.org/wp-content/uploads/2017/01/Fiche-l%C3%A9gumineuses.pdf> [consulté en septembre 2020].

Amossé C., Jeuffroy M.-H. et David C. (2013a). *Relay intercropping of legume cover crops in organic winter wheat: effects on performance and resource availability*. Field crops research, 145 : 78-87.

Amossé C., Jeuffroy M.-H., Celette F. et David C. (2013b). *Relay-intercropped forage legumes help to control weeds in organic grain production*. European Journal of Agronomy, 49 : 158-167.

André J. (2007). *Compétitivité des messicoles avec le blé et conséquences pour leur conservation.* Rapport de stage DUT Génie Biologique Agronomie. Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléoécologie – Institut Universitaire de Technologie d'Avignon. 58 p.

Arbres et Haies Champêtres (AHC) Midi-Pyrénées (2013). *L'arbre champêtre dans la Trame Verte et Bleue en Midi-Pyrénées* (en ligne). Disponible sur : http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/references_bibliographiques/arbres_tvb_livrets_reunis_interactif_cle2d4db8_0.pdf [consulté en septembre 2020].

Arvalis (2019). *Le faux-semis est-il efficace pour lutter contre les adventices ?*. Terres-net (en ligne). Disponible sur : <https://www.terre-net.fr/observatoire-technique-culturale/strategie-technique-culturale/article/pratiquer-les-faux-semis-pour-diminuer-le-stock-semencier-des-parcelles-217-140583.html> [consulté en septembre 2020].

Association Lorraine pour la Promotion en Agriculture (ALPA) et Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine (CRAL) (2011). *Et si j'optais pour l'agriculture de précision ?* (en ligne). Disponible sur : https://www.alpa-is4a.fr/upload/produit_fiche/lq_1_1499335970_Plaquette_AP_g%C3%A9n%C3%A9rale.pdf [consulté en septembre 2020].

Aymonin G. (1962). *Les plantes messicoles vont-elles disparaître ?* Science et Nature, 49 : 3-9.

Bayer-agri (2018). *Labour : dans quels cas est-il efficace ?* (en ligne). Disponible sur : https://www.bayer-agri.fr/cultures/labour-dans-quels-cas-est-il-efficace_1028/ [consulté en septembre 2020].

BeAPI (2016). *Intérêts économiques de la modulation intra-parcellaire* (en ligne). Disponible sur : <https://beapi.coop/l-essentiel-de-l-agriculture/interet-economique-de-modulation/> [consulté en septembre 2020].

Bedoussac L. (2019). *Cultures associées, du champ à l'assiette : comment un chercheur agronome s'empare d'une problématique socio-scientifique en intégrant les enjeux des agriculteurs et de la filière.* Support de cours. Institut National de la Recherche Agronomique – Ecole National Supérieure Agronomique de Toulouse.

Bedoussac L. et Justes E. (2010). *The efficiency of a durum wheat-winter pea intercrop to improve yield and wheat grain protein concentration depends on N availability during early growth.* Plant and Soil, 330 : 19-35.

Bedoussac L., Viguier L., Journet E.-P., Justes E. et Larribeau A. (2016). *Quand chercheurs, coopérative et agriculteurs travaillent ensemble pour améliorer la production de la lentille par le biais des associations.* 1^{ères} rencontres des grandes cultures bio, 24 juin 2016, Paris (France).

Bedoussac L., Journet E.-P. (2017). *Culture associée : Définition.* Dico AE – Dictionnaire d'Agroécologie (en ligne). Disponible sur : <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/culture-associee/> [consulté en septembre 2020].

Benvenuti S. (2007). *Weed seed movement and dispersal strategies in the agricultural environment.* Weed Biology and Management, 3 (7) :141-157.

Billa P., Chatain C., Dersigny C., Dumoulin F., Le Mouel L., Salitot G. et Schmitt B. (2010). *Le semis direct : une technique à cultiver dans l'Oise ?* Chambre d'Agriculture de l'Oise. 20 p.

- Bonte J.-B. (2010).** *La rotation des cultures dans les systèmes céréaliers biologiques : peut-on combiner performances économiques, agronomiques et environnementales ? première approche d'analyse multicritère.* Mémoire de fin d'études. Institut Supérieur d'Agriculture de Lille – Arvalis. 60 p.
- Bouas A., Helias R., Killmayer M. et Verdier J.-L. (2019).** *Céréales : calculer la densité de semis selon le PMG.* Arvalis-info.fr (en ligne). Disponible sur : <https://www.arvalis-infos.fr/cereales-calculer-la-densite-de-semis-selon-le-pmg-@/view-31104-arvarticle.html> [consulté en septembre 2020].
- Bouilloux O. (2015).** *L'écimage : piste prometteuse contre la folle avoine.* InterAgri, janvier-février 2015 : 26-29.
- Boyd N. S. et White S. (2009).** *Impact of wild blueberry harvesters on weedseed dispersal within and between fields.* Weed Science, 5 (57) : 41-46.
- Bricout M., Roussel R. et Monteils C. (2018).** *Agriculture de précision : Définition.* Dico AE – Dictionnaire d'Agroécologie (en ligne). Disponible sur : <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/agri-culture-de-precision/> [consulté en septembre 2020].
- Brun D., Boillet P., Couture D. et Fleury C. (2010).** *Outils de déchaumage et adventices : Valoriser au mieux les passages d'outils en interculture.* Perspectives Agricoles, 369 : 12-18.
- Cacheux-Leger V. (2017).** *Argumentaire en faveur de la conservation des plantes messicoles en vue de la révision des politiques publiques agricoles.* Mémoire de fin d'études : Ecole d'Ingénieurs de Purpan, Toulouse (France). p.16-18.
- Cadoux S., Sauzet G., Valantin-Morison M., Pontet C., Champolivier L., Robert C., Lieven J., Flenet F., Mangenot O., Fauvin P. et Lande N. (2015).** *Intercropping frost-sensitive legume crops with winter oilseed rape reduces weed competition, insect damage, and improves nitrogen use efficiency.* Oilseeds and fats, Crops and Lipids, 3 (22).
- Carter M. R. et Ivany J. A. (2006).** *Weed seed bank composition under three long-term tillage regimes on a fine sandy loam in Atlantic Canada.* Soil & Tillage Research, 90 (1-2) : 29-38.
- Caubel V. (2001).** *Influence de la haie de ceinture de fond de vallée sur le transfert d'eau et de nitrate.* Thèse de doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes. 164 p.
- Chambre d'Agriculture du Gers (2016).** *Faux semis* (en ligne). Disponible sur : https://gers.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/067_Inst-Gers/documents/grandes-cultures/Techniques_culturelles_innovantes/fiche_techniques_culturelles/Faux-semis.pdf [consulté en septembre 2020].
- Chambre d'Agriculture du Nord-Pas-de-Calais (2013).** *Le déchaumage, une méthode de désherbage - Fiche descriptive* (en ligne). Disponible sur : http://www.nord-pas-de-calais.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Hauts-de-France/028_Inst-Nord-Pas-de-Calais/Telechargements/Agriculture-biologique/Brochures-desherbage-dechaumage.pdf [consulté en septembre 2020].
- Chapelle-Barry C. (2008).** *Dans le sillon du non-labour.* Agreste Primeur, février 2008, 207. 4 p.

Charles R., Montfort F. et Sarthou J.-P. (2012). *Effets biotiques des cultures intermédiaires sur les adventices, la microflore et la faune.* In : Justes E., Beaudoin N., Bertuzzi P., Charles R., Constantin J., Dürr C., Hermon C., Joannon A., Le Bas C., Mary B., Mignolet C., Montfort F., Ruiz L., Sarthou J.P., Souchère V. et Tournebize J. (2012). *Réduire les fuites de nitrate au moyen de cultures intermédiaires : conséquences sur les bilans d'eau et d'azote, autres services écosystémiques.* Rapport d'étude. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). 193-261.

Chauvel B., Munier-Jolain N.M., Letouze A. et Grandgirard D. (2000). *Developmental pattern of leaves and tillers in a black grass population (Alopecurus myosuroides Huds.).* Agronomie, 20 (3) : 247-257.

Chauvel B., Tschudy C. et Munier-Jolain N. (2011). *Gestion intégrée de la flore adventice dans les systèmes de culture sans labour.* Cahiers Agricultures, 20 (3) : 194-203.

Chauvel B., Darmency H., Munier-Jolain N. et Rodriguez A. (coord.) (2018). *Gestion durable de la flore adventice des cultures.* Quae. 354 p.

Collet P. (2012). *Nitrates : la très difficile révision des zones vulnérables et des programmes d'actions.* Actu-environnement.com (en ligne). Disponible sur: <https://www.actu-environnement.com/ae/news/revision-zonage-programmes-actions-nitrates-syndicats-agricoles-electio ns-17252.php4> [consulté en septembre 2020].

Corre-Hellou G., Dibet A., Hauggaard-Nielsen H., Crozat Y., Gooding M., Ambus P., Dahlmann C., Von Fragstein P., Pristeri A., Monti M. et Jensen E. S. (2011). *Competitive ability of pea-barley intercrops against weeds and interactions with crop productivity and soil N acquisition.* Field Crops Research, 122 : 264-272.

Corre-Hellou G., Bedoussac L., Bousseau D., Chaigne G., Chataigner C., Celette F., Cohan J.-P., Coutard J.-P., Emile J.-C., Floriot M. et al. (2013) *Associations céréale-légumineuse multi-services.* Innovations Agronomiques, 30 : 41-57.

Couëdel A., Seassau C., Wirth J. et Alletto L. (2017). *Potentiels de régulation biotique par allélopathie et biofumigation ; services et dis-services produits par les cultures intermédiaires multiservices de crucifères.* Innovations Agronomique, 62 : 71-85.

David P., Descombe C. et Bedoussac L. (2016). *Semis direct sous couvert végétal : Définition.* Dico AE – Dictionnaire d'Agroécologie (en ligne). Disponible sur : <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/semis-direct-sous-couvert-vegetal/> [consulté en septembre 2020].

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.* Thèse de doctorat. Université d'Angers. 195 p.

Debaeke P. et Orlando D. (1994). *Simplification du travail du sol et évolution de la flore adventice : conséquences pour le désherbage à l'échelle de la rotation.* In : Institut National de la Recherche Agronomique (1994). *Simplification du travail du sol : colloque, 16 mai 1991, Paris (France).* 35-62.

De Cauwer B., Vanbesien J, De Ryck S. et Reheul D. (2019). *Impact of Brassica juncea biofumigation on viability of propagules of pernicious weed species.* Weed research, 3 (59) : 209-221.

Decoopman B. (2012). *Le point sur la récupération des menues pailles.* Terra, 8 juin 2012 : 42-43.

Deswarte J.-C. (2016). *Jusqu'où peut-on baisser les densités de semis sans risque ?.* Arvalis-info.fr (en ligne). Disponible sur : <https://www.arvalis-infos.fr/jusqu-o-peut-on-baisser-les-densites-de-semis-sans-risque--@/view-22975-arvarticle.html> [consulté en septembre 2020].

Di Pietro F., Genin A. et Botte F. (2003). *La flore de champ en zone de grande culture : structuration et effet des facteurs agricoles et paysagers.* Symbioses, 8 : 49-54.

Dorado J. et Lopez-Fando C. (2006). *The effect of tillage system and use of a paraplow on weed flora in a semiarid soil from central Spain.* Weed Research, 46 (5) : 424-431.

Douville Y. (2002). *Prévention des mauvaises herbes en grandes cultures.* Syndicat des producteurs de grains biologiques du Québec. p. 6 (en ligne). Disponible sur : [https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/slv09-108\[1\].pdf](https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/slv09-108[1].pdf) [consulté en septembre 2020].

Dumanski J., Peiretti R.A., Benetis J., McGarry D. et Pieri C. (2006). *The paradigm of conservation tillage.* Proceedings of the World Association of Soil and Water Conservation. 58-64.

Dutoit T., Gerbaud E., Buisson E. et Roche P. (2003). *Dynamique d'une communauté d'adventices dans un champ de céréales créé après le labour d'une prairie semi-naturelle : rôle de la banque de graines permanente.* Ecoscience, 10 : 225-235.

Emile J. C., Walczak P., Trillaud A. et Novak S. (2011). *Pâturer une céréale sans trop pénaliser le rendement grain : effet de la date d'exploitation et de l'espèce.* 18^{ème} journée 3R : Rencontres autour de la Recherche sur les Ruminants, 8 décembre 2011, Paris (France). 146.

Fédération Départementale des Coopératives d'Utilisation de Matériel Agricole de l'Aveyron (2006). *Etude sur les déchaumeurs portés à disques indépendants* (en ligne). Disponible sur : <http://www.midi-pyrenees.cuma.fr/sites/default/files/224/documents-et-publications/machinisme/grandes-cultures/enquete-dechaumeur-fdcuma-12.pdf> [consulté en septembre 2020].

Fontaine L., Le Champion A., Bernicot M.-H., Bonin L., Du Cheyron P., Dehay G., Falchetto L., Gapin J.-C. Lein V., Maillard A., Moreau D., Morlais J.-Y., Moulin V., Prieur L., Quirin T., Rolland B. et Vidal R. (2017). *Caractérisation et sélection de variétés de blé tendre plus compétitives vis-à-vis des adventices.* Actes de la 5^{ème} Rencontre Scientifique du Fond de Soutien pour l'Obtention Végétale (FSOV), 23 mars 2017, Paris (France).

FranceAgriMer (2018). *Céréales : Chiffres-clés 2016/17 de FranceAgriMer / Prévisions 2017/18 – Occitanie.* FranceAgriMer. 20 p.

Frank A. B. et Willis W. O. (1978). *Effect of winter and summer windbreaks on soil water gain and spring wheat yield.* Soil Science Society of America Journal, 42 : 950-953.

Fried G., Chauvel B et Reboud X. (2008). *Evolution de la flore adventice des champs cultivés au cours des dernières décennies : vers la sélection de groupes d'espèces répondant aux systèmes de culture.* Innovations agronomiques, 3 : 15-26.

Fried G., Kazakou E. et Gaba S. (2012). *Trajectories of weed communities explained by traits associated with species' response to management practices.* Agriculture, Ecosystems & Environment, 158 : 147-155.

Fuchs J. (2012). *Comment détruire les graines de rumex présentes dans les engrais organiques ?* BIOActualités.ch (en ligne). Disponible sur : <https://www.bioactualites.ch/cultures/herbages-bio/adventices-prairies/semencesrumex-engrais.html> [consulté en septembre 2020].

Gaborit A., Arino J., Barbot C., Betencourt E., Boissinot F., Champion J., Glachant C., Dupont A., Glandieres A., Guimas A., Labrosse J.-M., Lebeau N., Lecat A., Martinez L., Salitot G. et Thibaud O. (2018). *Grandes cultures biologiques : les clés de la réussite.* Réseau agriculture biologique des Chambres d'Agricultures. 143 p.

Gasc D., Lasseur J. et Dutoit T. (2010). *Plantes messicoles, semences fermières et logiques productives des agriculteurs du Luberon.* Courrier scientifique du Parc naturel régional du Luberon, 9 : 70-86.

Gasquez J. (2018). *Historique de la gestion de la flore adventice.* In : Chauvel B., Darmency H., Munier-Jolain N. et Rodriguez A. (coord.) (2018). *Gestion durable de la flore adventice des cultures.* Quae. 25.

Gfeller A. et Wirth J. (2017). *Les cultures intermédiaires allélopathiques : un moyen de lutte contre les adventices ?* Innovations agronomiques, 62 : 33-41.

Gooding M., Kasynova E., Ruske R., Hauggaard-Nielsen H., Jensen E.-S., Dahlmann C., Von Fragstein P., Dibet A., Corre-Hellou G., Crozat Y., Pristeri A., Romeo M., Monti M. et Launay M. (2008). *Intercropping with pulses to concentrate nitrogen and sulphur in wheat.* Journal of Agricultural Science, 145 (5) : 469-475.

Grimaldi C., Baudry J. et Pinay G. (2012). *Des zones tampons dans les paysages ruraux pour la régulation de la pollution diffuse.* Innovations Agronomiques 23 : 55-68.

Gulinck H. et Pauwels F. (1993). *Agricultural transport and landscape ecological patterns.* In : Bunce R., Ryszkowski L. et Paoletti M. (1993). *Landscape Ecology and Agroecosystems.* Lewis Publishers. 49–59.

Guyot G. (1963). *Les brise-vent. Modification du microclimat et amélioration de la production agricole.* Annals of agronomy, 14 : 429-488.

Hallgren E., Palmer M. W. et Milberg P. (1999). *Data diving with cross validation : an investigation of broad-scale gradient in Swedish weed communities.* Journal of Ecology, 87 : 1037-1051.

Hiltbrunner J., Liedgens M., Bloch L., Stamp P. et Streit B. (2007). *Legume cover crops as living mulches for winter wheat: components of biomass and the control of weeds.* European Journal of Agronomy, 26 (1) : 21-29.

Hobbs P. R., Sayre K. et Gupta R. (2008). *The role of the conservation agriculture in sustainable agriculture.* Philosophical Transactions of the Royal Society, Society B, 363 (1491) : 543-555.

Husson O., Seguy L., Charpentier H., Rakotondramanana, Michellon R., Raharison T., Naudin K., Frank E., Moussa N., Razanamparany C., Rasolomanjaka J., Bouzinac S., Chabanne A., Boulakia S., Tivet F., Chabierski S., Razafintsalama H., Rakotoarinivo C., Andrianasolo H. et Ramaroson I. (2013). *Manuel pratique du Semis direct sur Couverture Végétale permanente (SCV). Application à Madagascar*. Edition GSDM / CIRAD. 716 p.

Ismail I., Blevins L. R. et Frye W.W. (1996). *Long-term no-tillage effects on soil properties and continuous corn yields*. Soil Sciences Society of America Journal, 58 (1) : 193-198.

Justes E., Beaudoin N., Bertuzzi P., Charles R., Constantin J., Dürr C., Hermon C., Joannon A., Le Bas C., Mary B., Mignolet C., Montfort F., Ruiz, L., Sarthou J.-P., Souchère V. et Tournebize J. (2012). *Réduire les fuites de nitrate au moyen de cultures intermédiaires : conséquences sur les bilans d'eau et d'azote, autres services écosystémiques*. Institut National de la Recherche Agronomique.

Kleijn D. (1997). *Species richness and weed abundance in the vegetation of arable field boundaries*. Thèse Doctorat : Wageningen Agricultural University. 177 p.

Kristiansen P. (2020). *Brassicas limited in weed control* (en ligne). Disponible sur : <https://orgprints.org/14044/1/14044.pdf> [consulté en septembre 2020].

Labreuche J., Laurent F. et Roger-Estrade J. (2014). *Faut-il travailler le sol ? Acquis et innovations pour une agriculture durable*. Collection Savoir faire. Quae. 113-124.

Leclerc B. (2001). *Guide des matières organiques - tome 1*. Deuxième édition. Institut Technique de l'Agriculture Biologique. 238 p.

Lecomte C., Heumez E. et Pluchard P. (2000). *Identification des différences génotypiques dans la réponse aux contraintes environnementales : cas de la concurrence due aux mauvaises herbes dans une culture de blé tendre d'hiver*. In : Maillard P. et Bonhomme R. *Fonctionnement des peuplements végétaux sous contraintes environnementales*. Les colloques, 20-21 janvier 1998, Paris (France). INRA éditions. 539-558.

Lefebvre M., Maryse L. Leblanc et A. K. Watson (2017). *Seed Dormancy and Seed Morphology Related to Weed Susceptibility to Biofumigation*. Weed Science, 2 (66) : 199-214.

Lorin M., Butier A., Jeuffroy M.-H. et Valantin-Morison M. (2017). *Choisir et gérer des légumineuses gélives associées au colza d'hiver pour le contrôle des adventices et la fourniture d'azote*. Innovations agronomiques, 6 : 77-89.

Maufras J.-Y. (2018). *Maladie des céréales – Gestion du risque : activer tous les leviers agronomiques*. Arvalis-info.fr (en ligne). Disponible sur : https://www.arvalis-infos.fr/etat-des-lieux-et-marges-de-man-uvre-pour-regagner-en-rentabilite-@/view-3819-arvarticle.html#ancree_2 [consulté en septembre 2020].

Metais P. et Brun D. (2019). *La récolte des menues pailles : un levier complémentaire de gestion des adventices à moyen terme*. Arvalis-info.fr (en ligne). Disponible sur : <https://www.arvalis-infos.fr/la-recolte-des-menues-pailles-un-levier-complementaire-de-gestion-des-adventices-a-moyen-terme-@/view-22132-arvarticle.html> [consulté en septembre 2020].

Misra R. V., Roy N. R. et Hiraoka H. (2005). *Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole.* Document de travail sur les terres et les eaux. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. 2 (en ligne). Disponible sur : http://permabox.res.sources-permaculture.fr/3-PRODUCTION---SAVOIR-FAIRE-ET-TECHNIQUES/CULTIVER/GENERALITES/COMPOST/GUIDE_Methode-de-compostage-au-niveau-de-l-exploitation-agricole_par-FAO.pdf [consulté en septembre 2020].

Montégut J. (1997). *Evolution et régression des messicoles.* In : Dalmas J.-P. (1997). *Actes du Colloque de Gap, 9-12 juin 1993, Gap (France).* Conservatoire Botanique National de Gap-Charance. 11-32.

Munier-Jolain N. (2018). *Leviers de la protection intégrée en grandes cultures : principes, modes d'action, efficacité.* In : Chauvel B., Darmency H., Munier-Jolain N. et Rodriguez A. (coord.) (2018). *Gestion durable de la flore adventice des cultures.* Quae. 111-128.

Murphy S. D., Clements D. R., Belaoussoff S., Kevan P. G. et Swanton C. J. (2006). *Promotion of weed species diversity and reduction of weed seedbanks with conservation tillage and crop rotation.* *Weed Science*, 54 (1) : 69-77.

Naudin C., Corre-Hellou G., Pineau S. et Jeuffroy M.-H. (2010). *The effect of various dynamics of N availability on winter pea-wheat intercrops: crop growth, N partitioning and symbiotic N₂ fixation.* *Field Crops Research*, 119 : 2-11.

Norsworthy J. K. (2008). *Effect of tillage intensity and herbicide programs on changes in weed species density and composition in the southeastern coastal plains of the United States.* *Crop Protection*, 27 (2) : 151-160.

Pelzer E., Bazot M., Makowski D., Corre-Hellou G., Naudin C., Al Rifai M., Baranger E., Bedoussac L., Biarnes V., Boucheny P., Carrouee B., Dorvillez D., Foissy D., Gaillard B., Guichard L., Mansard M.-C., Omon B., Prieur L., Yvergniaux M., Justes E. et Jeuffroy M.-H. (2012). *Pea-wheat intercrops in low-input conditions combine high economic performances and low environmental impacts.* *European Journal of Agronomy*, 40 : 39-53.

Pessel F. D. et Lecomte J. (2000). *Towards an understanding of the dynamics of colza populations that have "escaped" from large-scale cultivation in an agricultural region.* *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, 7 : 324-328.

Petit S., Alignier A., Colbach N., Joannon A., Le Cœur D. et Thenail C. (2012). *Weed dispersal by farming at various spatial scales. A review.* *Agronomy for Sustainable Development*, 33 (1) : 205-217.

Pointereau P. (2002). *Les haies, évolution du linéaire en France depuis quarante ans.* *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, juin 2002, 46 : 69-73.

Ratier F. (2019). *Des céréales pâturées par les brebis ?* *Volonté Paysanne du Gers*, 05 mai 2019, 1321 : 11.

Robin A. (2017). *L'impact du Semis-Direct Sous Couvert Végétal sur la qualité de l'eau et des sols. Mise en place de protocoles de suivi sur le territoire du Groupe d'Intérêt Économique et Environnemental Saulce-Baulche dans l'Yonne (89).* Mémoire de stage. Institut National Supérieur des Sciences Agronomiques, de l'Alimentation et de l'Environnement de Dijon – Université de Bourgogne Franche-Comté. 54 p. + 15 p. annexes.

Sarthou J.-P. (2016). *Infrastructure agroécologique : Définition.* Dico AE – Dictionnaire d'Agroécologie (en ligne). Disponible sur : <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/infrastructure-agroecologique-2/> [consulté en septembre 2020].

Schwen A., Bodner G., Scholl P., Buchan G. D. et Loiskandl W. (2011). *Temporal dynamics of soil hydraulic properties and the water-conducting porosity under different tillage.* Soil and Tillage Research, 113 (2) : 89-98.

Seguy L., Bouzinac S. et Maronezzi A.C. (2002). *Systèmes de culture et dynamique de la matière organique.* In : *Land use, erosion and carbon sequestration.* Colloque international sur l'influence de la gestion de la biomasse sur l'érosion et la séquestration du carbone, 23-28 septembre 2002, Montpellier (France).

Shiralipour A. et McConnell D. B. (1991). *Effects of compost heat and phytotoxins on germination of certain Florida weed seed.* Proceedings – Soil and Crop Sciences Society of Florida, 50 : 154-157.

Sicard H., Fontaine L., Arino J., Aubert C., Bonin L., Gall J., Glachant C., Johan G., Leclech N., Le Moine R., Lieven J., Ménétiér P., Poter M., Rolland C. et Zaganiacz V. (2012). *Désheerber mécaniquement les grandes cultures.* Projet « optimiser et promouvoir le désherbage mécanique », CASDAR 2009/2011, éditions mars 2012. Institut Technique de l'Agriculture Biologique (ITAB). 82 p.

Sirami C., Gross N, Boses Bailod A., Bertrand C., Carrié R Hass A., Henckel L., Miguët P., Vuillot C., Alignier A., Girardj., Batáry P., Clough Y., Violle C., Giralt D., Bota G., Badenhauer I., Lefebvre G., Gauffre B., Vialatte A., Calatayud F., Gil-Tena A., Tischendorf L., Mitchell S., Lindsay K., Georges R., Hilaire S., Recasens J., Oriol Solé-Senan X., Robleño I., Bosch J., Barrientos J. A., Ricarte A., Ángeles Marcos-García M., Miñano J., Mathevet R., Gibon A., Baudry J., Balent B., Poulin B., Burel F., Tschardt T., Bretagnolle V., Siriwardena G., Ouin A., Brotons L., Martin J.-L. Et Fahrig L. (2019). *Increasing crop heterogeneity enhances multitrophic diversity across agricultural regions.* Proceedings of the National Academy of Sciences, 33 (16) : 16442-16447.

Solagro (2018a). *Synthèse technique : Semis Direct sur Couvert Végétal (SDCV)* (en ligne). Disponible sur : https://osez-agroecologie.org/images/imagesCK/files/syntheses/f451_synthese-technique-semis-direct-sous-couverture-vegetale.pdf [consulté en septembre 2020].

Solagro (2018b). *Association blé/lentille en agriculture biologique.* Osaé – osez l'agroécologie (en ligne). Disponible sur : <https://osez-agroecologie.org/pratique-pdf-auzeville-pratique738.pdf> [consulté en septembre 2020].

Streit B., Rieger S.B., Stamp P. et Richner W. (2002). *The effect of tillage intensity and time of herbicide application on weed communities and populations in maize in central Europe.* Agriculture, Ecosystems & Environment, 92 (1-2) : 211-224.

Sudres M., Bastian A., Bedoussac L. et Justes E. (2016). *Culture intermédiaire : Définition.* Dico AE – Dictionnaire d'Agroécologie (en ligne). Disponible sur : <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/culture-intermediaire/> [consulté en septembre 2020].

Talichet M. (2008). *Pratiques agricoles et plantes messicoles dans l'Embrunais.* Rapport final de stage. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse. 29 p. + 29 p. annexes.

Teasdale J.R. (1993). *Reduced herbicide weed management systems for no tillage corn (Zea mays) in a hairy vetch (Vicia villosa) cover crop.* Weed Technology, 7 : 879-883.

Thill C. (2015). *Influence des pratiques agricoles sur la composition et la diversité des plantes messicoles dans des systèmes extensifs.* Mémoire de fin d'études. AgroSup Dijon. 36 p. + 8 p. annexes.

Trichard A., Alignier A., Chauvel B. et Petit S. (2013). *Identification of weed community traits reponse to conservation agriculture.* Agriculture, Ecosystems & Environment, 179 : 179-186.

Valantin-Morison M., Guichard L. et Jeuffroy M.-H. (2008). *Comment maîtriser la flore adventice des grandes cultures à travers les éléments de l'itinéraire technique ?.* Innovations Agronomiques, 3 : 27-41.

Viaux P. (1999). *Une 3ème voie en Grande Culture : Environnement, Qualité, Rentabilité.* Editions Agrodécisions. 211 p.

Walsh M., Aves C. et Powles S. (2017). *Harvest weed seed control systems are similarly effective on Rigid ryegrass.* Weed Technology, 31 (2) : 178-183.

Witmer G., Saylor R., Huggins D. et Capelli J. (2007). *Ecology and management of rodents in no-till agriculture in Washington, USA.* Integrative Zoology, 2 (3) : 154-164.