

## Table des matières

I. Introduction .....	1
1.1 Contexte général.....	1
1.2 Le bleuet, une espèce candidate intéressante pour les pollinisateurs.....	3
1.3 Projet CASDAR Centaure (2015-2017) .....	6
1.4 Projet ECOPHYTO EXPE DEPHY-Abeille (2013-2018) .....	7
1.5 Contexte du stage .....	7
II. Matériels et méthodes .....	8
2. Présentation et localisation de la zone d'étude.....	8
2.1. Elaboration de l'étude des déterminants agronomiques influençant la présence du bleuet	9
a) Création du jeu de données des pratiques sur des parcelles avec et sans bleuet .....	9
b) Analyse statistique des pratiques des parcelles avec et sans bleuet .....	9
2.2. Description du dispositif expérimental des semis de bleuet en plein champ .....	10
a) Mise en place en parcelles de céréales des placettes avec semis de bleuet.....	10
b) Notations de suivi de la flore adventice et des bleuets sur les placettes.....	10
c) Relevé d'observation des insectes pollinisateurs en action de butinage sur les placettes et suivi de la floraison du bleuet.....	11
d) Analyse statistique des relevés d'observation des insectes pollinisateurs et de la floraison du bleuet.....	12
2.3. Enquêtes de perception des plantes messicoles par les exploitants agricoles.....	12
III. Résultats .....	13
3.1 Pratiques culturales pouvant influencer la présence du bleuet .....	13
a) En parcelles de colza.....	13
b) En parcelles de céréales.....	15
3.2. Attractivité du bleuet pour les insectes pollinisateurs en parcelle de céréales.....	16
3.3. Perception des messicoles et plus particulièrement du bleuet par les agriculteurs .....	18
IV. Discussion .....	19
4.1. Attractivité du bleuet en parcelle de céréales pour les insectes pollinisateurs .....	33
4.2. Pratiques agronomiques ayant un effet significatif sur la présence du bleuet .....	21
4.3. Perception des plantes messicoles et plus particulièrement du bleuet.....	24
V. Conclusion .....	26
Références bibliographiques.....	27



## Glossaire

**Adventice** : (étymologiquement du latin *adventium* : supplémentaire). Plante qui s'ajoute à un peuplement végétal auquel elle est initialement étrangère. En agriculture, sert à désigner tous les végétaux qui se développent accidentellement dans les cultures sans y avoir été intentionnellement semés (Cambecèdes *et al.*, 2012).

**Butin annuel** : Ensemble des ressources de pollen, nectar et propolis (substance visqueuse récoltée sur les bourgeons ou résine de conifères) ramenés à la ruche par les abeilles durant une année (Odoux, 2014).

**Coévolution** : Complexe relation d'interdépendance au cours de l'évolution, par exemple entre les plantes à fleurs et les pollinisateurs (Thompson, 1994).

**Disette alimentaire** : Pénurie de disponibilité florale, agissant négativement sur la fitness des colonies d'abeilles, et sans doute responsable du syndrome d'effondrement de leurs populations (Requier, 2016). Une première disette a lieu lors des mois de mai et juin entre la floraison du colza et du tournesol survenant lors du pic démographique des colonies d'abeilles domestiques, et une seconde au mois d'août liée à la fin de la floraison des grandes cultures et à une raréfaction des plantes sauvages disponibles (Decourtye *et al.*, 2011 ; Odoux *et al.*, 2014).

**Dormance** : Graine dormante définie comme n'ayant pas la capacité de germer sans une combinaison de facteurs physiques et environnementaux qui sont favorables à sa germination (Bellanger, 2011).

**Effets sublétaux des pesticides** : Exposition à une molécule pesticide à des concentrations non mortelles, mais dont l'exposition régulière peut avoir une incidence sur le taux de mortalité (Henry *et al.*, 2012 a).

**Encapsulation** : Réponse immunitaire enzymatique à des envahisseurs étrangers tels que les virus ou des blessures et affectée par une déficience en protéines (Di Pasquale, 2014).

**Entomophile (adjectif entomogame)** : Mode de reproduction d'une plante dans lequel le pollen est essentiellement transporté par les insectes (Cambecèdes *et al.*, 2012).

**Héliophile** : Espèce végétale aimant la lumière. Compatible en parcelle agricole avec des inter-rangs importants comme en tournesol (Fried *et al.*, 2008).



**Messicoles** : (du latin messi, moisson et cole, habitat) Plantes annuelles ou plus rarement vivaces, qui ont un cycle biologique similaire à celui des céréales et qui vivent de façon exclusive ou préférentielle dans les milieux soumis à la moisson (Olivereau, 1996).

**Nectar** : Sécrétion aqueuse sucrée qui sert d'intermédiaire aux interactions entre de nombreuses espèces d'angiospermes et de gymnospermes avec les pollinisateurs et insectes auxiliaires (Heil, 2011).

**Nectaire** : Lieu de sécrétion du nectar extrêmement diversifié en localisations, structures et probablement même en mécanismes de sécrétion. Le nectar peut être sécrété sur pratiquement tous les organes végétaux sauf les racines (Heil, 2011). Structure sécrétant des hydrates de carbone par un organe qui est plus ou moins spécialisé pour cette fonction (Nepi *et al.*, 2009).

**Plante de service** : Espèce accompagnant une culture principale (culture de rente) et remplissant des fonctions d'amélioration des processus de développement de la culture ou de régulation des bioagresseurs. Les plantes de service en association sont aussi appelées « plantes compagnes » (Morison & Verret, 2017).

**Pollinisation** : Transfert du pollen (gamètes mâles) des étamines aux pistils des fleurs. La pollinisation est le préalable à la production de fruits et de graines (ITSAP, 2015).

**Rudérale** : Se dit d'une plante qui croît en dehors des zones cultivées, à l'exclusion des bois et forêts (Mamarot & Rodriguez, 2014).

**QGIS** : Logiciel de bureautique de système d'information géographique libre d'accès (QGIS, 2017).

**Services écosystémiques** : Ils sont définis comme les avantages pour le bien-être humain fournis par les organismes qui interagissent dans les écosystèmes (Klein *et al.*, 2007). Ce sont les bénéfiques que les hommes tirent des écosystèmes, ici de l'agro-écosystème (régulation des maladies, adventices et insectes, purification de l'eau, pollinisation et régulation du climat) (Morison & Verret, 2017).

**Thérophyte** : Plante à cycle court et développement rapide qui survit durant l'hiver sous forme de graines (Cambecèdes *et al.*, 2012).

**Zone refuge** : Lieu d'habitat et/ou de corridor pour de nombreux taxons. Dans les paysages fortement anthropisés, les éléments linéaires tels que bords de route et de parcelles agricoles, les prairies, les jachères et les bandes enherbées, offrent un refuge et des ressources à la faune entomologique utile et permettent de favoriser le contrôle biologique (Collignon *et al.*, 2004 ; Scheid, 2010 ; Le Féon, 2010).



## Liste des abréviations

**ACTA** : Association de Coordination Technique Agricole  
**ADA** : Association de Développement de l'Apiculture  
**ADL** : Analyse Discriminante Linéaire  
**ACM** : Analyse des Correspondances Multiples  
**AFB** : Agence Française pour la Biodiversité  
**ANOVA** : Analyse de la variance (*ANalysis Of VAriance*)  
**AUC** : Aire sous la courbe (*Area Under Curve*)  
**CASDAR** : Compte d'Affectation Spéciale pour le Développement Agricole et Rural  
**CEBC** : Centre d'Etudes Biologiques de Chizé  
**CNRS** : Centre National de Recherche Scientifique  
**DGAL** : Direction Générale de l'Alimentation  
**FEAGA** : Fonds Européen Agricole de Garantie  
**GPS** : Géo-positionnement par satellite (*Global Positioning System*)  
**HSD** : Différence significativement significative (*Honestly Significant Difference*)  
**GLM** : Modèle Linéaire Généralisé (*Generalized Linear Model*)  
**GLMM** : Modèle Linéaire Généralisé Mixte (*Generalized Linear Mixed Model*)  
**ha** : hectare  
**IFT** : Indice de Fréquence de Traitements  
**INEE** : Institut Ecologie et Environnement  
**INRA** : Institut National de Recherche Agronomique  
**ITSAP** : Institut Technique et Scientifique de l'Apiculture et de la Pollinisation  
**LISEA** : Ligne à Grande Vitesse Sud Europe Atlantique  
**LTER** : Long Term Ecosystem Research  
**m<sup>2</sup>** : mètre carré  
**MAE** : Mesures Agro-Environnementales  
**PAC** : Politique Agricole Commune  
**pmg** : Poids de Mille Grains  
**PNDAR** : Programme National de Développement Agricole et Rural  
**SIE** : Surfaces d'Intérêt Ecologique  
**SIG** : Système d'Information Géographique  
**TAD** : Taux Annuel de Décroissance  
**ZA PVS** : Zone Atelier Plaine & Val de Sèvre



## Annexes

**Annexe I.** Présentation de l'ITSAP – Institut de l'abeille

**Annexe II.** Exemple de tableau de données

**Annexe III.** Tableau de toutes les variables

**Annexe IV.** Tableau synthétique des moyennes et écarts-types de toutes les variables disponibles

**Annexe V.** Questionnaire à destination des exploitants du réseau ECOPHYTO EXPE DEPHY-Abeille pour connaître leurs pratiques

**Annexe VI.** Classe de pollinisateurs

**Annexe VII.** Questionnaires de perception des messicoles

## Table des figures

<b>Figure 1.</b> Photo d'une fleur de bleuet le 16 juin 2017 Boisseroles (79) par S. Rousselet.....	4
<b>Figure 2.</b> Photo d'un fleuron fertile (à gauche) et stérile de bleuet (à droite) le 15 juin 2016 Saint-Sauvant.....	4
<b>Figure 3.</b> Nectar extra-floral sur les bractées d'un bouton de bleuet, d'après C. Géneau, Basel, Suisse, 2012.....	4
<b>Figure 4.</b> Schéma des caractéristiques favorables à réintroduction du bleuet comme dans les agrosystèmes.....	4
<b>Figure 5.</b> Représentation schématique de la problématique de stage : interactions de l'attractivité du bleuet pour les insectes pollinisateurs et les pratiques agricoles associées.....	7
<b>Figure 6.</b> Localisation de la Zone Atelier Plaine & Val de Sèvre en France et localisation des patchs de bleuet de 2014 à 2017 et des parcelles pour laquelle il y a eu une enquête des pratiques cultural et soit eu 1 patch de 2014 à 2017 soit sans bleuet.....	8
<b>Figure 7.</b> Localisation des parcelles ECOPHYTO EXPE DEPHY-Abeilles au sein la ZA-PVS et assolement 2017.....	10
<b>Figure 8.</b> Variété de bleuet semé sur les placettes de 40 m <sup>2</sup> sur 8 parcelles de céréales (NOVA-FLORE, 2016).....	11
<b>Figure 9.</b> Schéma d'une parcelle EXPE DEPHY-Abeille avec placette de semis de bleuet.....	12
<b>Figure 10.</b> Schéma d'un transect d'observation des insectes pollinisateurs sur une placette de bleuet de 40 m <sup>2</sup> .....	12
<b>Figure 11.</b> Nuage de points des parcelles avec (couleur bleu) et sans bleuet (couleur rouge) en cultures de colza.....	13
<b>Figure 12.</b> Cercle des corrélations des variables pour la culture de colza.....	13
<b>Figure 13.</b> Nuage de points des parcelles avec (couleur bleu) et sans bleuet (couleur rouge) en cultures de blé et d'orges.....	15
<b>Figure 14.</b> Cercle des corrélations des variables pour les cultures de blé et d'orges.....	15
<b>Figure 15.</b> Nombre moyen de plantes de bleuet et nombre moyen de fleurs/m <sup>2</sup> par placette et parcelle.....	16
<b>Figure 16.</b> IFT herbicide pour les zones témoin, DEPHY-Abeille et placettes de semis de bleuet, ainsi qu'unités d'azote/ha des zones témoin et DEPHY -Abeille.....	16
<b>Figure 17.</b> Total d'insectes et nombre de fleurs de bleuet lors des suivis de butinage par parcelle.....	16
<b>Figure 18.</b> Nombre moyen d'insectes par classe de pollinisateurs et groupes homogènes entre classe d'insectes au sein des parcelles avec bleuet et erreur standard.....	17



<b>Figure 19.</b> Nombre moyen d'insectes par placette par relevé et groupes homogènes selon la parcelle et par classe de pollinisateurs et erreur standard.....	17
<b>Figure 20.</b> Nombre de pollinisateurs par placette par relevé en fonction du nombre de fleurs par relevé et par placette ; Droite de régression par parcelle et intervalle de confiance (partie grisée).....	18
<b>Figure 21.</b> Hauteur de la culture et des messicoles (bleuet et coquelicot) sur les parcelles avec suivi de butinage des placettes de bleuet.....	18
<b>Figure 22.</b> Perception du bleuet par les exploitants en fonction de la présence perçue sur leur parcellaire.....	19
<b>Figure 23.</b> Perception du bleuet par les exploitants en fonction de la présence perçue sur leur parcellaire.....	19
<b>Figure 24.</b> Log de la somme des plantes de bleuet observées de 2014 à 2017 en fonction de la perception de la présence du bleuet par les exploitants sur leur parcellaire. ....	19

#### Table des tableaux

<b>Tableau I.</b> Numéro de classe, classe et moyenne géométrique des patchs de bleuet inventoriés par l'INRA du Magneraud.....	8
<b>Tableau II.</b> Détail de la composition des jeux de données des parcelles colza et céréales.....	9
<b>Tableau III.</b> Variables testées pour les parcelles de colza et céréales avec et sans bleuet.....	9
<b>Tableau IV.</b> Stade de développement noté lors des relevés adventices.....	11
<b>Tableau V.</b> Notes calculées en fonction des réponses cochées.....	13
<b>Tableau VI.</b> Notes calculées en fonction des réponses cochées.....	13
<b>Tableau VII.</b> Variables testées dans les modèles glm pour les parcelles de colza avec et sans bleuet.....	14
<b>Tableau VIII.</b> Valeurs du résumé du modèle pour les variables retenus par la fonction step.....	14
<b>Tableau IX.</b> Variables aux effets significatifs selon les modèles glm pour les parcelles de colza.....	14
<b>Tableau X.</b> Variables testées dans les modèles glm pour les parcelles de céréales avec et sans bleuet.....	15
<b>Tableau XI.</b> Valeurs du résumé du modèle pour les variables retenus par la fonction step.....	15
<b>Tableau XII.</b> Variables aux effets significatifs selon les modèles glm pour les parcelles de céréales.....	16
<b>Tableau XIII.</b> Pour chaque classe de pollinisateurs : facteurs testés et valeurs obtenues.....	16



### 1.1. Contexte général

L'équilibre des agrosystèmes et écosystèmes naturels repose sur de nombreux services écologiques rendus par la biodiversité, et qui interagissent entre eux. Parmi eux, la pollinisation entomophile - issue d'une longue coévolution entre fleurs et animaux - est une relation d'interdépendance façonnée au cours de l'évolution entre les plantes à fleurs et les pollinisateurs, qui par leur action de butinage transportent le pollen permettant ainsi la fécondation (Thompson, 1994).

Ce service écosystémique est fondamental en assurant plus du tiers de la production agricole à l'échelle mondiale (Garibaldi *et al.*, 2016) et en permettant le maintien des communautés végétales (Biesmeijer *et al.*, 2006). En effet, à l'échelle de l'Europe, la pollinisation permet la fécondation de 84% des espèces cultivées et de plus de 80% des espèces sauvages (Klein *et al.*, 2007). La valeur économique de sa contribution s'élèverait même à 153 milliards de dollars, ce qui représenterait 9,5% de la valeur de la production agricole mondiale utilisée pour l'alimentation humaine en 2005, et en Europe à environ 12% de la valeur économique totale de la production agricole (Gallai *et al.*, 2009).

Parmi les pollinisateurs les plus importants des plantes à fleurs, l'abeille domestique (*Apis mellifera*) et l'ensemble des abeilles sauvages (incluant les abeilles solitaires et les bourdons) (Ollerton *et al.*, 2011) subissent un préoccupant déclin de leur population tant en diversité qu'en abondance, et ce dans le monde entier (Gonzalez-Varo *et al.*, 2013). Ainsi aux Etats-Unis, les colonies d'abeilles domestiques ont diminué de 59% entre 1947 et 2005, et en Europe de 25% entre 1985 et 2005 (Potts *et al.*, 2010). Ce phénomène est dû à de multiples facteurs concomitants, complexes, non hiérarchisables entre eux, et qui peuvent agir en interaction voire en synergie (Vanbergen *et al.*, 2013 ; Goulson *et al.*, 2015) : facteurs environnementaux, nutritionnels (perte d'abondances et de diversité des ressources alimentaires disponibles), sanitaires (parasites, agents pathogènes), pratiques agricoles et apicoles (Gerster, 2012).

Les pratiques agricoles peuvent induire certains de ces facteurs et avoir une incidence importante sur la santé des abeilles domestiques : changements d'usage des sols avec simplification du paysage provoqué par le regroupement des parcelles - entraînant la fragmentation et la perte d'espaces semi-naturels, bordures enherbées et haies (Steffan-Dewenter *et al.*, 2002) - et à la simplification de la diversité des cultures (Kremen *et al.*, 2002). Les abeilles domestiques sont également exposées aux produits phytopharmaceutiques et plus particulièrement les insecticides aux effets à la fois létaux et sublétaux (Henry *et al.*, 2012 a ; Desneux *et al.*, 2007), enfin le désherbage, réduit le développement des ressources alimentaires (les fleurs, qui produisent nectar et pollen) accessibles tout au long de la saison (Gabriel et Tscharrntke 2007). Concernant les pollinisateurs sauvages, les principales raisons de leur déclin seraient également la perte



d'habitats naturels constituant une source de nidification et de butinage (Steffan-Dewenter *et al.*, 2002 ; Kremen *et al.*, 2002). La préservation des insectes pollinisateurs constitue donc un enjeu majeur pour le maintien de la production agricole et de la diversité des espèces végétales et paraît être indissociable de la préservation de leur habitat.

L'une des sources de nourriture pour les insectes pollinisateurs dans les agrosystèmes est la flore adventice. En effet, cette flore (poussant dans une culture sans y avoir été semée (Olivereau, 1996)) est reconnue comme source de nourriture pour les abeilles domestiques (Requier *et al.*, 2013) et peut même représenter près de la moitié des ressources de pollen en période de disette alimentaire (entre la floraison du colza et du tournesol), voire plus d'un quart du butin annuel d'après des suivis réalisés dans les agrosystèmes céréaliers de la Zone Atelier Plaine & Val de Sèvre (ZA PVS) (Odoux, 2015). Il a notamment été montré que la période de pénurie de pollen au printemps, entre la floraison du colza et du tournesol, entraînait une diminution des populations des abeilles domestiques, ainsi que des réserves de miel - réduisant la santé des colonies et augmentant leur risque de perte en hiver (Requier *et al.*, 2016). En effet, le pollen est la principale source de protéines utilisées pour nourrir la reine, les larves et les jeunes adultes, et permet l'activation de leurs défenses immunitaires basées sur des réactions enzymatiques comme l'encapsulation. Une carence peut ainsi les rendre plus sensibles aux pesticides et aux parasites (Di Pasquale *et al.*, 2014).

Une étude menée dans le département du Gers a démontré que les adventices sont très recherchées par les abeilles pour leur pollen. Leur diversité étant très appréciable en milieux agricoles où les cultures comme le maïs et le tournesol fournissent un pollen de faible valeur nutritionnelle, les adventices permettraient alors la complémentarité entre les pollens de faible et de haute valeur (Rhoné, 2015). Ces différentes ressources florales sont donc indispensables afin d'éviter les carences alimentaires à l'origine de nombreux dysfonctionnements des colonies : maladies, perte de population, mortalité accrue en hiver (Chauzat *et al.*, 2005 ; Alaux *et al.*, 2010).

L'un des leviers pour lutter contre le déclin des insectes pollinisateurs dont celui de l'abeille domestique pourrait être l'augmentation de la ressource alimentaire dans les agroécosystèmes à des moments stratégiques de pénurie. La flore adventice pourrait être adaptée pour combler ce manque de ressource alimentaire puisqu'elle produit du nectar et du pollen et est naturellement présente en parcelles agricoles.

Or, de nombreuses espèces d'adventices ont fortement régressé, un tiers d'entre elles a disparu du Nord-Ouest de la France et un autre tiers est menacé en raison de l'intensification des pratiques agricoles (Jauzein, 2001). De même, certaines plantes messicoles, flore inféodée aux moissons, telles que la Nielle des blés (*Agrostemma githago* L.), l'Adonis d'été (*Adonis aestivalis* L.), la Renoncule des champs (*Ranunculus arvensis* L.), le Scandix Peigne-de-Vénus (*Scandix pecten-veneris* L.), ou encore le Bleuet (*Cyanus segetum* Hill) sont actuellement en régression dans l'ouest de l'Europe (Sutcliffe & Kay, 2000). Plusieurs études ont par ailleurs montré qu'une

**Rapport-Gratuit.com**

augmentation des ressources en pollen et nectar intéressant pour un large éventail d'insectes influençait directement les services éco-systémiques comme la pollinisation, mais aussi les régulations biologiques, phénomènes clés d'une production agricole durable (Tscharntke *et al.*, 2005). De plus, ces adventices permettent la protection des sols contre l'érosion, et contribuent à la qualité de l'eau en atténuant la lixiviation des produits phytopharmaceutiques et de l'azote (Wratten *et al.*, 2012). Elles sont également au centre des réseaux trophiques agricoles en tant que producteurs primaires et donc essentielles aux herbivores, granivores et pollinisateurs de ces milieux (Bretagnolle & Gaba, 2015). Pour autant, leur présence peut être aussi préjudiciable à la production agricole en concurrençant directement la culture, en gênant la récolte et en occasionnant une perte de qualité (taux d'humidité, pureté spécifique) ou indirectement en hébergeant des insectes ravageurs ou agents pathogènes (Arvalis, 2016). Cependant, des études de plus en plus nombreuses indiquent que la réduction de l'usage des herbicides est possible sans impacter le rendement (Gaba *et al.*, 2016). C'est pourquoi, une bonne connaissance des interactions entre les insectes et les plantes est indispensable afin de sélectionner les espèces végétales les plus bénéfiques pour les pollinisateurs. En effet, ces plantes doivent à la fois fournir une source de nourriture pour les insectes adultes et aux stades larvaires (Brunet-Dunand, 2013), constituer une zone refuge (Collignon *et al.*, 2004 ; Scheid, 2010), sans pour autant favoriser les insectes ravageurs, et enfin, avoir un impact le plus négligeable possible sur le potentiel des productions agricoles (Romeis & Wäckers, 2002).

Cette volonté de protéger la biodiversité est aujourd'hui croissante. Les pouvoirs publics ont notamment mis en place un plan national d'actions en faveur des plantes messicoles (2012-2017). L'Union Européenne, incite quant à elle, à préserver davantage la biodiversité des systèmes agricoles par le biais du verdissement de la Politique Agricole Commune (PAC). Ainsi, en complément du paiement de base, un paiement vert est versé aux exploitations agricoles à condition d'avoir au minimum 5% de Surfaces d'Intérêt Ecologique (SIE) comme des haies, des jachères fleuries ou des bandes végétalisées en bordure de champs (Agreau, 2015). Mais les états membres peuvent aussi indépendamment adopter des Mesures Agro-Environnementales (MAE), comme en Belgique où les agriculteurs perçoivent une indemnité financière pour le maintien ou la réintroduction d'espèces messicoles sur leurs parcelles (Terzo & Rasmont, 2007).

## 1.2. Le bleuet, une espèce candidate intéressante pour les pollinisateurs

Parmi les espèces végétales qui pourraient être utilisées comme levier pour lutter contre le manque de ressource pour les pollinisateurs, le bleuet est une espèce présentant des caractéristiques favorables. C'est l'une des espèces les plus connues du genre *Centaurea* de la famille botanique des Astéracées. Elle est présente partout en Europe de l'ouest et originaire du nord-est de la Méditerranée. Cette espèce est messicole et est donc parfaitement adaptée aux agrosystèmes puisqu'elle est inféodée de façon exclusive ou préférentielle aux milieux soumis à la moisson (Olivereau, 1996). C'est une thérophyte et a donc un développement rapide et un



**Figure 1.** Photo d'une fleur de bleuet le 16 juin 2017 Boisseroles (79) par S. Rousselet.



**Figure 2.** Photo d'un fleuron fertile (à gauche) et stérile de bleuet (à droite) le 15 juin 2016 Saint-Sauvant.



**Figure 3.** Nectar extra-floral sur les bractées d'un bouton de bleuet, d'après C. Géneau, Basel, Suisse, 2012.

### Intérêts patrimoniaux

Messicole emblématique (Sutcliffe et Kay, 2000)

Taxon à surveiller, en voie de raréfaction en Europe de l'ouest (Aboucaya *et al.*, 2000)

### Intérêts agro-écologiques

Pour les pollinisateurs et auxiliaires :

- Zone de refuge et de nidification (Colignon *et al.*, 2004 ; Scheid, 2010)
- Source de nourriture (plante nectarifère et pollinifère (Melin, 2012 ; Rolin, 2013))

Fleuri en juin, période de restriction alimentaire en plaine céréalière pour l'abeille domestique (Requier, 2013)

## Caractéristiques favorables à la réintroduction du bleuet dans les agrosystèmes

### Intérêts sociétaux

Volonté de préserver la biodiversité :

- Union Européenne (verdissement de la PAC, MAE)
- Plan national d'actions en faveur des plantes messicoles (Cambecèdes *et al.*, 2012)
- Aménagements fleuris en espaces périurbains

### Intérêts pratiques

Plante peu concurrentielle (Olivereau, 1996)

Espèce déjà expérimentée :

- Plante de service contre la noctuelle sur chou (Géneau *et al.*, 2012 ; Luka *et al.*, 2016)
- Bande fleurie contre les pucerons sur melon (Schoeny *et al.*, 2014)

**Figure 4.** Schéma des caractéristiques favorables aux semis de bleuet dans les agrosystèmes.

cycle court similaire à celui des céréales. La longévité des graines (les akènes) est faible (Pointereau, 2014 ; Jauzein 2001) et n'excède pas trois ans si elles sont enfouies à plus de 30 cm de profondeur (Bellanger, 2011). Les akènes sont généralement dispersés par gravité sur de courtes distances, limitant ainsi les risques de développement non maîtrisé. Sa floraison a lieu de mai à juillet lors de la période de pénurie alimentaire, une des causes de mortalité des abeilles domestiques en plaine céréalière (Requier, 2013). C'est également une plante avec une bonne qualité nectarifère (Melin, 2012), qui présente à la fois des nectaires intra-floraux, mais aussi extra-floraux (figures 1, 2 et 3) permettant l'accessibilité d'un nectar à forte valeur nutritive à différentes classes d'arthropodes (Kopta *et al.*, 2012). Le nectar intra-floral peut être exploité par un large cortège d'espèces apiformes : abeilles domestiques, abeilles sauvages et bourdons (Rollin, 2013). Les nectaires extra-floraux excrètent eux du nectar accessible à un plus large éventail d'insectes et offrent ainsi une importante source de glucides aux auxiliaires, prédateurs et parasitoïdes (Heil, 2011 ; Pointereau *et al.*, 2010), mais pas ou peu aux insectes phytophages pour lesquels le bleuet serait moins attractif ou moins bénéfique nutritionnellement (Pfiffner *et al.*, 2014 ; Winkler *et al.*, 2003). Le pollen de bleuet est aussi une source de nourriture pour de nombreux vertébrés. Toutefois, il ne serait pas suffisant pour un développement optimal des abeilles domestiques et des abeilles sauvages *Osmies* rousses (*Osmia bicornis* L.), puisque carencé en éléments nutritifs (Bukovinszky *et al.*, 2017 ; Di pasquale, 2014). Pour toutes ces raisons, étudier la fréquentation des fleurs de bleuet par les insectes pollinisateurs en parcelles agricoles semble donc essentiel dans l'optique d'une éventuelle réintroduction (figure 4).

Pour autant, l'utilisation du bleuet, espèce sensible à l'intensification des pratiques agricoles, ne peut avoir lieu sans une adaptation des itinéraires techniques. En effet, les pratiques culturales agissent comme des filtres environnementaux et sélectionnent les espèces végétales selon leurs caractéristiques biologiques et phénologiques (Fried *et al.*, 2007 ; Cambecèdes *et al.*, 2012). Les cultures d'hiver, notamment les céréales et le colza, sont les cultures où les espèces messicoles sont le plus fréquemment retrouvées, leur cycle étant mimétique à celui de la culture (Jauzein, 2001 ; Fried *et al.*, 2009). Par contre, d'autres cultures sont trop compétitives pour permettre le développement du bleuet comme le maïs, le seigle, l'avoine et le triticale (Pointereau *et al.*, 2010). La densité de semis de la culture influencerait également la compétitivité à laquelle le bleuet serait sensible, mais selon d'autres études, elle n'aurait pourtant aucune incidence puisqu'il a coévolué avec les cultures (Pointereau *et al.*, 2010). Le travail du sol est lui aussi déterminant au développement des plantes messicoles (aux graines de faible durée de vie comme le bleuet) en créant un milieu plus ou moins propice à leur développement. L'idéal pour cette flore serait un travail du sol automnal entre 15 et 20 cm de profondeur, qui enfouit suffisamment les graines pour permettre leur dormance, et diminuer le développement des adventices comme les poacées très compétitives (Dutoit *et al.*, 2003). L'usage des produits phytopharmaceutiques est un facteur déterminant : l'application d'herbicides peut expliquer 24% de la variation d'un couvert de bleuet



(Bellanger, 2011). De plus, les insecticides participent eux aussi à l'affaiblissement de la flore messicole en affectant ou même en éliminant une partie des insectes pollinisateurs, or 73% des plantes messicoles sont à fécondation entomogame (Pointereau *et al.*, 2010).

Le tri des semences est l'une des autres raisons du déclin des espèces messicoles, puisque la réglementation de l'Union Européenne et internationale impose la commercialisation de semences certifiées répondant à des exigences de pureté spécifique de 95 et 99% du lot (Cambecèdes *et al.*, 2012). L'utilisation de semences fermières triées ou non (le tri par les agriculteurs étant moins discriminant) a un rôle très important dans la dispersion des plantes messicoles sur les parcelles des exploitations ou du réseau de troc des semences (Pointereau *et al.*, 2010).

L'influence pédoclimatique serait assez négligeable, le bleuet pouvant se rencontrer sporadiquement partout en France et sur tous types de sols, calcaires ou acides (Olivereau, 1996). Il est un peu nitrophile (Fried *et al.*, 2008 ; Schweitzer, 2014), et devrait donc être favorisé par la fertilisation azotée. C'est aussi une espèce messicole mésophile à xérophile, présente sur les sols limono-argileux, sableux ou calcaires (Housset, 2010), mais ayant une préférence pour les sols siliceux des zones bocagères et calcaires caillouteux (Mamarot & Rodriguez, 2014). Les amendements calciques n'auraient pas d'impact puisqu'il est indifférent au pH du sol (Fried *et al.*, 2008).

Le bleuet est observé particulièrement à l'intérieur des parcelles, bien qu'il soit apte à se développer en interface, soit entre la limite de la parcelle et la première rangée de semis, et dans les six premiers mètres de la parcelle lorsque la compétition n'est pas trop importante (Bellanger, 2011). La richesse des bordures de champs est aussi liée aux paysages qui l'entourent, et parfois également à la taille des parcelles (Di Pietro, 2003). De fait, la diversité en plantes messicoles augmente significativement quand la taille des parcelles diminue (Gaba *et al.*, 2010) puisque les marges concentrent la majorité des espèces et que le milieu y est moins intensifié (Jauzein, 2001 ; Fried *et al.*, 2007).

Les déterminants agronomiques influençant la présence du bleuet sont multifactoriels et n'auraient pas la même incidence selon les études. De plus, les différents seuils d'intensification des pratiques permettant la présence du bleuet restent encore assez mal connus, des études complémentaires permettraient de distinguer plus finement les pratiques compatibles de celles incompatibles.

Quant au type d'agriculture : conventionnelle, intégrée ou biologique, il ne semble pas être un facteur déterminant à la présence d'espèces messicoles parcellaires (Waymel & Zambettakis, 2015). Toutefois, en agriculture biologique, le seuil de tolérance des agriculteurs à la présence d'adventices serait plus élevé. En effet, plus sensibles à la préservation de la biodiversité, et bénéficiant de plus-values financières en production labellisée, ils accepteraient plus facilement une baisse de rendement liée à des pratiques plus extensives (Cambecèdes *et al.*, 2012). Par



ailleurs, le désherbage y est également moins efficace qu'en agriculture conventionnelle (Pointereau *et al.*, 2010).

Par contre, certains types d'exploitation semblent plus favorables à la flore messicole comme les exploitations en polyculture-élevage qui produisent des céréales d'hiver destinées principalement à être auto-consommées et impliquant des pratiques plus extensives : peu d'intrants, rotations courtes, pratiques du re-semis des semences fermières (Cambecèdes *et al.*, 2012 ; Pointereau *et al.*, 2010). Même si ces systèmes ont davantage recours à des pesticides de synthèse que les systèmes en agriculture biologique, ils sont souvent liés à une mosaïque paysagère et des linéaires de bordures de champs plus denses, et donc favorables à ces plantes messicoles (Fried *et al.*, 2009).

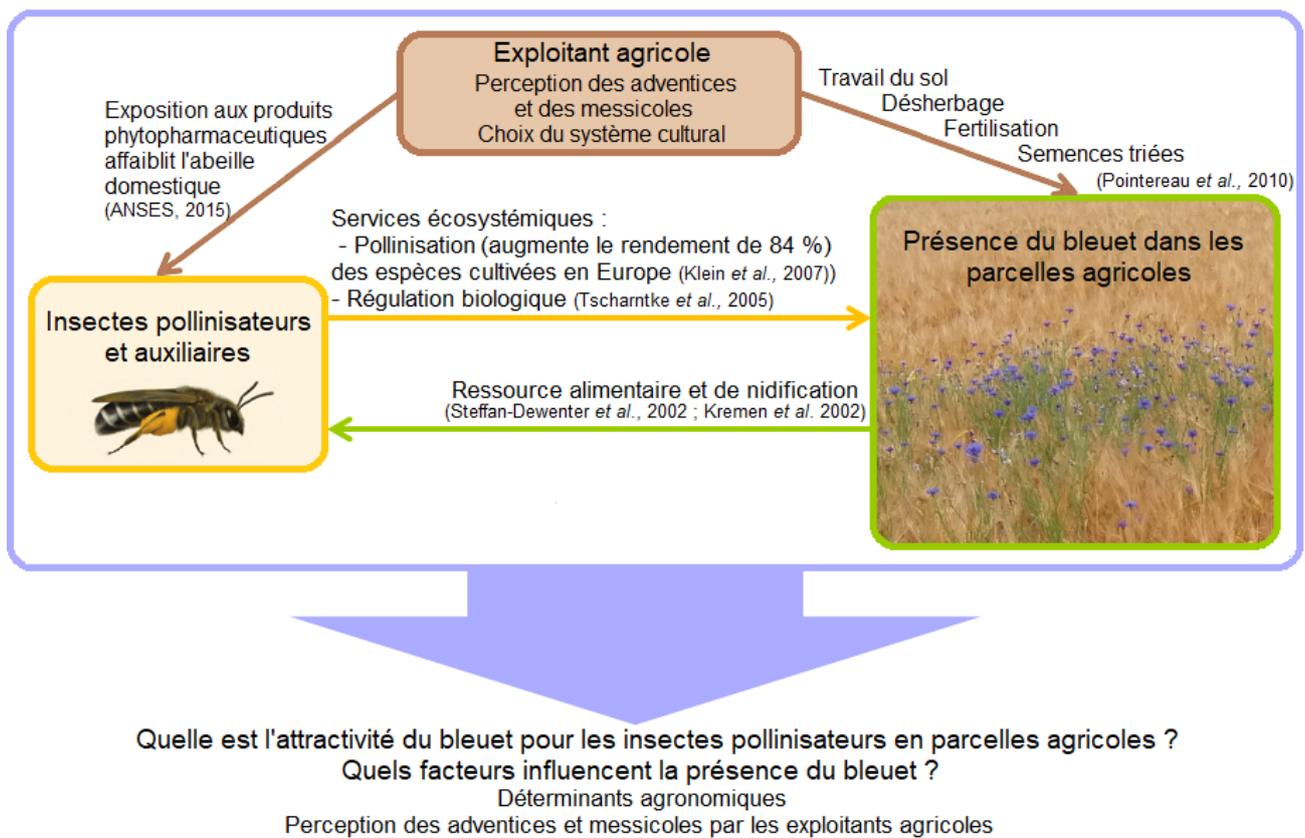
Cependant, le maintien des espèces messicoles ne peut être durable que si la présence des adventices dans les cultures est tolérée par les agriculteurs. Mais, leur présence est souvent sociologiquement mal perçue, quel que soit leur impact réel sur la culture. La concurrence du bleuet sur la biomasse du blé est elle très variable d'une année à l'autre selon les conditions climatiques. Par conséquent, il est difficile de déterminer une situation de consensus : densité de présence versus perte de rendement (Bellanger, 2011). Une meilleure connaissance des bénéfices de la flore adventice liés à la présence d'auxiliaires pourrait être un élément enclin à sensibiliser les exploitants à la présence de certaines espèces dans leurs parcelles (Waymel & Zambettakis, 2015).

La présence d'espèces messicoles dans les agrosystèmes ne semble donc pérenne que si celle-ci est tolérée par les agriculteurs. C'est pourquoi, apprécier la perception du bleuet et son abondance selon les exploitants serait un préalable indispensable à sa réintroduction et renseignerait s'il nécessite un changement de paradigme.

C'est dans ce contexte que différentes structures de recherche et de développement mènent en partenariat des travaux sur le sujet. L'Institut Technique et Scientifique pour l'Apiculture et la Pollinisation (ITSAP) – Institut de l'abeille, structure d'accueil de ce stage, est l'une d'entre elles (annexe I). Cet organisme a pour objectif le développement de l'apiculture. Il étudie notamment le lien entre les abeilles et les agrosystèmes afin de proposer des solutions pour maintenir durablement les activités de productions agricoles et apicoles au sein d'un même territoire. L'institut recherche des solutions pour combler entre autres le manque de ressources alimentaires pour les abeilles en période de disette. La présence d'adventices dans les cultures pourrait répondre à ce besoin tout en cherchant à ne pas pénaliser le niveau de rentabilité des exploitations agricoles.

### 1.3. Projet CASDAR Centaure (2015-2017)

L'un des projets actuellement en cours est le projet CASDAR Centaure (CASDAR CTPS - Compte d'Affectation Spéciale pour le Développement Agricole et Rural, Semences et sélection végétale, 2015-2017) « Sélection du bleuet (*Centaurea cyanus*) comme plante de service » dont



**Figure 5.** Représentation schématique de la problématique de stage : interactions de l'attractivité du bleuet pour les insectes pollinisateurs et les pratiques agricoles associées.

l'entreprise semencière Jouffray-Drillaud est chef de file. L'ITSAP-Institut de l'abeille, le Centre d'Etudes Biologiques et le Centre National de Recherche Scientifique (CEBC-CNRS) de Chizé et l'Institut National de la Recherche Agronomique (l'INRA) sont partenaires. Ce projet est financé par les fonds CASDAR du ministère de l'agriculture et a pour objectif l'utilisation du bleuet comme plante de service bénéfique aux pollinisateurs, aux parasitoïdes et auxiliaires des cultures.

L'un des volets de ce projet porte sur l'étude de la maîtrise et la gestion d'une population de bleuet en parcelles agricoles et leur attractivité vis-à-vis des insectes pollinisateurs. Pour des contraintes liées à l'expérimentation, les semis de bleuet et suivis de butinage sont réalisés au sein de parcelles de céréales engagées dans le projet EXPE DEPHY-Abeille.

#### **1.4. Projet ECOPHYTO EXPE DEPHY-Abeille (2013-2018)**

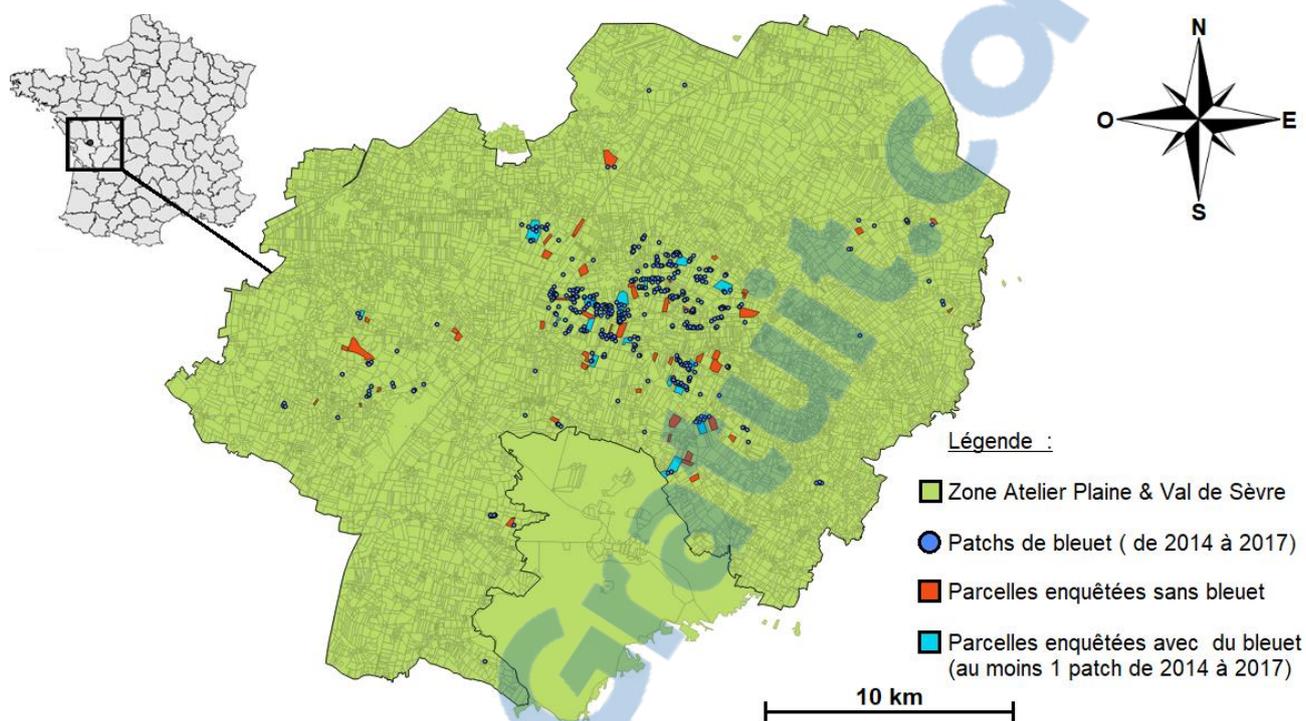
Le projet ECOPHYTO EXPE DEPHY-Abeille vise quant à lui à tester et évaluer des systèmes de cultures céréalières, favorables aux abeilles, économes en produits phytopharmaceutiques et économiquement viables. Il est piloté par l'ITSAP - Institut de l'abeille en collaboration avec de nombreux partenaires scientifiques et professionnels agricoles : CNRS, INRA, ACTA, Chambre d'agriculture 79, et financé en partie par l'AFB (l'Agence Française pour la Biodiversité).

Les objectifs sont de mener une expérimentation pluriannuelle chez un réseau d'exploitants agricoles volontaires pour tester des systèmes de culture réduisant l'usage des produits phytopharmaceutiques, ceci dans le but de diminuer l'exposition des abeilles à des substances toxiques, et de favoriser la diversité de leurs ressources alimentaires nectarifères et/ou pollinifères (flore adventice, couverts d'interculture...) tout au long de l'année.

Le dispositif expérimental est composé de 27 parcelles réparties sur l'ensemble des 450 km<sup>2</sup> de la ZA PVS (79). Les systèmes de culture sont co-conçus avec 9 exploitations agricoles libres de tester différents leviers sur la zone expérimentale de leur parcelle d'une superficie minimale de 2 hectares (ha) comme la diminution des traitements insecticides, l'utilisation de semences non traitées, la diminution couplée d'herbicides et de la fertilisation azotée, ou encore la mise en place de cultures associées. Sur la surface restant de la parcelle, l'itinéraire technique habituel est maintenu et constitue la partie témoin. La baisse générale de l'IFT (Indice de Fréquence de Traitements) et de la fertilisation azotée doivent permettre le développement d'une flore adventice plus abondante dont l'attractivité et l'exploitation par les pollinisateurs sont également suivies. C'est pourquoi, les semis de bleuet sont réalisés sur ces parcelles en expérimentation.

#### **1.5. Contexte du stage**

La problématique abordée dans ce rapport concerne l'étude des interactions entre l'attractivité du bleuet pour les insectes pollinisateurs et les pratiques agricoles associées (figure 5). En effet, l'utilisation du bleuet pour combler le manque de ressources alimentaires entre la floraison du



**Figure 6.** Localisation de la Zone Atelier Plaine & Val de Sèvre en France et localisation des patches de bleuet de 2014 à 2017 et des parcelles pour laquelle il y a eu une enquête des pratiques cultural et soit eu 1 patch de 2014 à 2017 soit sans bleuet.

**Tableau I.** Numéro de classe, classe et moyenne géométrique des patches de bleuet inventoriés par l'INRA du Magneraud.

Numéro de la classe	Classe	Moyenne géométrique
1	1-10	3,16
2	11-100	31,62
3	101-1000	316,23 4
4	1001-10 000	3162,78 5
5	10 001-100 000	31627,8

colza et du tournesol pour les insectes pollinisateurs ne peut s'envisager que si le bleuet est exploité par les pollinisateurs.

Le bleuet est également une plante sensible aux pratiques agricoles. L'étude de ces dernières est donc un préalable nécessaire possible grâce à la mise à disposition d'enquêtes agronomiques et de localisations de patches de bleuet par les partenaires du projet CASDAR Centaure. Par ailleurs, dans le cadre de ce projet, une enquête sur la perception de la flore messicole est réalisée auprès d'agriculteurs afin d'apprécier notamment leur tolérance à la présence du bleuet. A travers ces questionnements, l'objectif général est de mieux apprécier la pertinence de la réintroduction du bleuet en agrosystèmes céréaliers.

Plusieurs hypothèses peuvent être émises :

- Le bleuet est attractif pour les insectes pollinisateurs.
- Certaines pratiques agronomiques influencent la présence du bleuet.
- La diminution des traitements herbicides sur les parcelles DEPHY-Abeille permet le développement du bleuet.
- La perception des adventices messicoles par les agriculteurs dont celle du bleuet a une influence sur leur présence.

Dans ce rapport, est tout d'abord détaillée la méthodologie d'exploitation du recensement des bleuets de la ZA PVS, couplée aux données d'enquêtes des pratiques culturales. Puis, les différents modes opératoires d'expérimentation en parcelles agricoles (notation et suivi de la flore adventice, suivis de butinage du bleuet par les pollinisateurs) et les enquêtes perception messicoles sont développés. Enfin, les résultats sont présentés et les observations discutées.

## **II. Matériels et méthodes**

### **2. Présentation et localisation de la zone d'étude**

La ZA PVS animée par le CEBC-CNRS de Chizé est située dans le département des Deux-Sèvres (figure 6). Labellisée « Zone Atelier » en 2008, de nombreuses données biologiques sont collectées sur cette zone d'étude depuis 1994. Elle comprend environ 450 exploitations et 15 500 parcelles agricoles localisées en plaine céréalière et s'étend sur 450 km<sup>2</sup>. Elle étudie l'écologie, l'agro-paysage, l'usage des terres et les pratiques agricoles.

Les Zones Ateliers sont actuellement au nombre de 13 en France et font également partie du réseau européen Long Term Ecosystem Research (LTER). Il s'agit d'un dispositif de l'Institut Ecologie et Environnement (INEE) du CNRS, destiné à favoriser la recherche interdisciplinaire et inter-partenaire autour d'un projet commun comme l'Agro-écologie des territoires. Ces Zones Ateliers doivent à la fois répondre aux besoins de recherche fondamentale, de recherche appliquée et aux demandes sociétales.

**Tableau II.** Détail de la composition des jeux de données des parcelles colza et céréales.

Descriptif parcelle	Colza	Céréales
Nombre total de parcelles	45	37
Nombre de parcelles sans bleuet	28	28
Nombre de parcelles avec bleuet	17	9
Parcelle avec bleuet la même année que l'enquête	9/17	1/9
Parcelle avec bleuet où l'enquête porte sur la même culture que celle où est observé le patch	2/17	7/9
Parcelle avec bleuet où l'enquête ne porte pas sur la même culture que celle où est observé le patch	6/17	1/9

**Tableau III.** Variables testées pour les parcelles de colza et céréales avec et sans bleuet.

Nom de la variable	Descriptif de la variable	Hill et Smith	ADL	GLM
Type_Exploit	Type d'exploitation : grande culture ou polyculture élevage			
Type_Sol	Type de sol de la parcelle			
Culture_Hiver	Nombre de cultures d'hiver (céréales et colza) de l'année n à n-10			+
Surface_Ha	Superficie de la parcelle en hectare			+
Densite_Semis	Densité de grains semés par m <sup>2</sup>			+
Rdt_Qtx	Rendement en quintaux par hectare			
Profondeur_Max	Profondeur de travail du sol maximale			+
Semaine_Semis	Semaine de semis, correspondant ici au dernier travail du sol			
Azote	Nombre d'unités d'azote par hectare			
Fongicide	IFT des produits fongicides			--
Insecticide	IFT des produits insecticides			
Herbicide	IFT des produits herbicides			
Date_Desherb	Période de désherbage d'hiver et ou de printemps			
SA_B	Substance active de mode d'action B : Inhibiteurs ALS (acétolactate synthétase)			--
SA_O	Substance active de mode d'action O : Action similaire acide indole acétique			
SA_C2	Substance active de mode d'action C2 : Inhibition photosynthèse au niveau du photosystème II			
SA_C3	Substance active de mode d'action C3 : Inhibition photosynthèse/photosystème II			
SA_F3	Substance active de mode d'action F3 : Inhibition de la biosynthèse des caroténoïdes (cibles inconnues)			--
SA_K3	Substance active de mode d'action K3 : Inhibition de la division cellulaire(VLCFAs)			+

**Légende :**

Variables disponibles dans les enquêtes

Variables calculées ou recherchées à partir des enquêtes

■ variables sélectionnées pour l'analyse des parcelles de colza

■ variables sélectionnées pour l'analyse des parcelles de céréales

+ effet significatif positif de la variable selon le modèle glm

-- effet significatif négatif de la variable selon le modèle glm



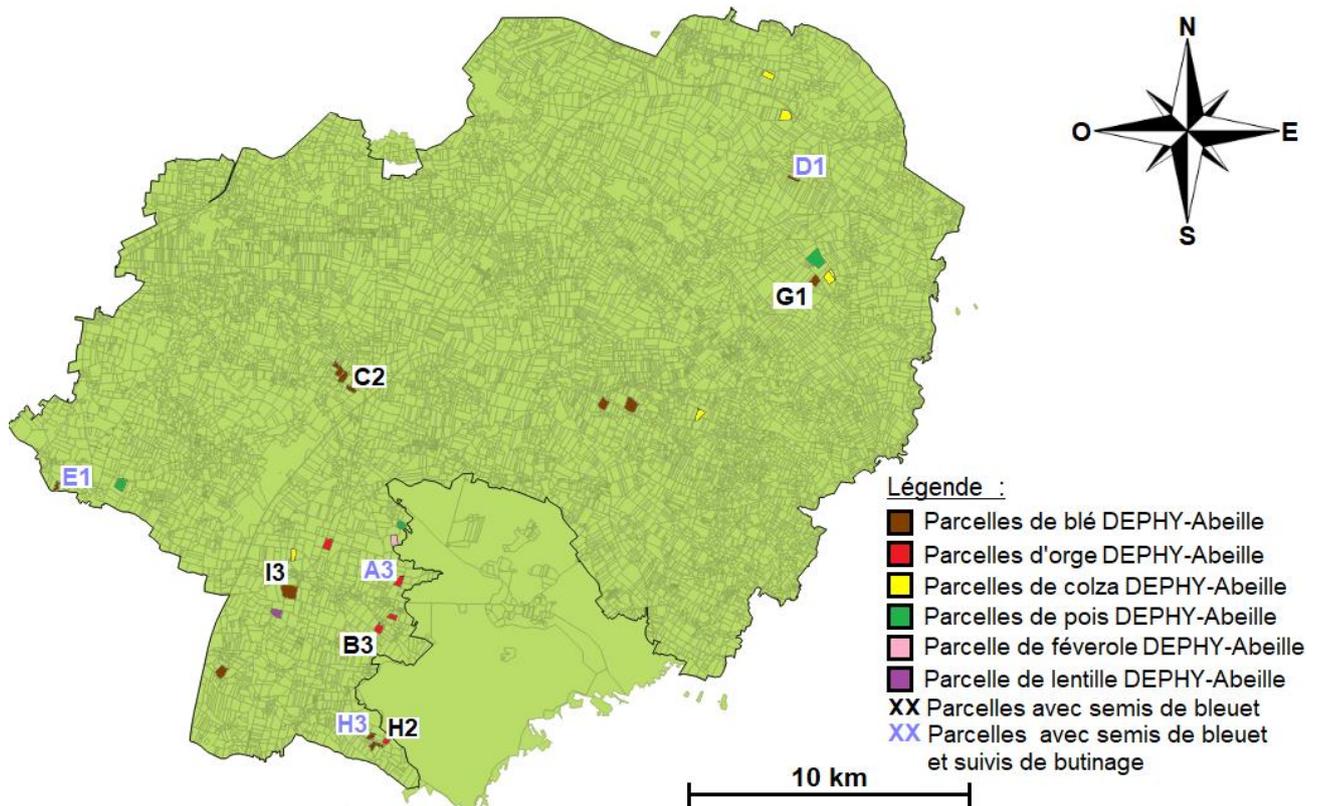
## 2.1 Elaboration de l'étude des déterminants agronomiques influençant la présence du bleuet

### a) Création du jeu de données des pratiques sur des parcelles avec et sans bleuet.

L'INRA du Magneraud a réalisé de 2014 à 2017 l'inventaire exhaustif de la présence du bleuet sur toute la ZA PVS et relève chaque année en parcourant les chemins et les routes environ 130 points par Géo-Positionnement par Satellite (GPS). Les patches de bleuet sont classés selon 5 classes de densité de 1 à 100 000 individus (tableau I) et leur milieu est renseigné : bord de route, bord de champ, ou champ/culture. Par ailleurs, l'assolement de la ZA PVS est suivi par le CEBC-CNRS de Chizé depuis 1994, chaque parcelle de la zone a un identifiant d'attribué et la culture présente l'année n est enregistrée. Depuis 2011, le CEBC-CNRS réalise également environ 120 enquêtes pas an sur les pratiques culturales de parcelles de la ZA PVS.

Dans un premier temps, grâce au logiciel de Système d'Information Géographique (SIG) QGIS version 2.18.5, les données de localisation spatiale des points d'observation de l'inventaire sont reportées et recoupées par localisation spatiale avec le *shape* assolement de la ZA PVS du CEBC-CNRS de Chizé, ceci afin d'attribuer une parcelle à chacun des patches. Ensuite, sous R version 3.3.1, cette liste de parcelles avec bleuet est comparée à partir de la fonction *setdiff* à un second fichier. Ce dernier contient les identifiants et l'année de toutes les parcelles pour lesquelles le CEBC-CNRS de Chizé a enquêté les pratiques agronomiques. Le nouveau fichier obtenu (annexe II) est par la suite trié pour obtenir une liste de parcelles avec à la fois du bleuet et une enquête. Enfin, une seconde liste de parcelles avec enquête des pratiques est sélectionnée, mais sans bleuet lors des relevés de 2014 à 2017 et à proximité de parcelles avec bleuet (tableau II). L'objectif est ainsi d'étudier quels seraient les déterminants agronomiques favorisant ou non la présence du bleuet et dans quelles mesures. Ne sont retenues que les parcelles pour lesquelles l'enquête des pratiques agronomiques concerne une culture de colza ou de céréales (blé ou orge) (figure 6), les patches de bleuet y étant le plus fréquemment retrouvés.

Les variables pouvant influencer la présence du bleuet sont d'abord sélectionnées à partir des informations disponibles dans la bibliographie (annexe III et IV). Pour les analyses statistiques, certaines variables retenues sont déjà renseignées dans les enquêtes des pratiques agronomiques effectuées par le CEBC-CNRS (rendement, taille des parcelles...). D'autres indicateurs ont quant à eux été calculés (IFT, unités d'azote/ha, densité de grains/m<sup>2</sup>...) ou recherchés (type de sol, mode d'action des substances actives des produits herbicides...) (tableau III). Les analyses des parcelles de colza et de céréales sont effectuées séparément puisque les pratiques culturales de ces deux cultures sont différentes (date de semis, densité de semis, substances actives herbicides spécifiques...).



**Figure 7.** Localisation des parcelles ECOPHYTO EXPE DEPHY-Abeilles au sein la ZA-PVS et assolement 2017.

## b) Analyse statistique des pratiques des parcelles avec et sans bleuet.

Des représentations graphiques des données sont d'abord réalisées afin de sélectionner les variables à retenir pour les analyses, avec en abscisse : présence et absence du bleuet, et en ordonnée : chacune des variables. Lorsque la variable est qualitative et qu'il n'y a pas de différence entre les parcelles avec et sans bleuet, la variable n'est pas retenue pour les analyses multivariées.

Une analyse multivariée de Hill et Smith est ensuite réalisée. Ce type d'analyse permet de croiser des données quantitatives et qualitatives, soit une Analyse des Correspondances Multiples (ACM) et une Analyse en Composantes Principales (ACP) en une seule analyse, la variable "présence de bleuet" n'est pas considérée dans la construction des plans factoriels et est projetée a posteriori sur le plan factoriel à l'aide de la fonction `s.class`. Les variables qui expliquent le plus les différences entre les parcelles avec et sans bleuet d'après cette analyse, sont retenues pour effectuer une Analyse Discriminante Linéaire (ADL), et voir ainsi quelles variables seraient les plus discriminantes. Enfin, sont calculés différents Modèles Linéaires Généralisés (GLM) où la variable réponse que l'on cherche à expliquer : présence ou non de bleuet, est de type binomial. Le modèle prend 0 comme référence et calcule la probabilité de passer à 1 selon les valeurs des variables explicatives. Le nombre de variables étant trop important pour permettre le calcul d'un modèle robuste, un premier modèle comprenant les variables intervenant directement dans la lutte contre les adventices est réalisé, puis un second sur les variables traduisant l'intensité des pratiques culturales. Un nouveau modèle est ensuite sélectionné à partir de la fonction `step` où chaque variable restante explique une part significative de la variabilité totale du modèle. Une ANOVA permet de tester la variabilité expliquée par chaque variable, la fonction `ROC$auc`, la puissance du modèle, le `summary` du modèle, l'effet des variables, et enfin les résidus du modèle sont vérifiés à l'aide de la fonction `qqPlot`.

## 2.2. Description du dispositif expérimental des semis de bleuet en plein champ

### a) Mise en place en parcelles de céréales des placettes avec semis de bleuet

L'expérimentation est mise en place sur 9 parcelles de céréales : 5 de blé tendre d'hiver (*Triticum aestivum* L.) et 4 d'orge d'hiver à 6 rangs, escourgeon (*Hordeum vulgare* sub sp. *Hexastichum* L.) chez 8 des 9 exploitations du réseau ECOPHYTO EXPE DEPHY-Abeille réparties sur l'ensemble de la ZA PVS. Ceci permet ainsi d'avoir une plus grande variabilité de conditions pédoclimatiques et de pratiques culturales (figure 7). Les semis de bleuet sont effectués en parcelles de céréales, milieu où le bleuet se développe préférentiellement (Pointereau *et al.*, 2010). La réduction, notamment des produits herbicides sur la partie en expérimentation des parcelles en DEPHY-Abeille, doit permettre le développement d'une flore adventice plus abondante et donc du bleuet.



**Figure 8.** Variété de bleuet semé sur les placettes de 40 m<sup>2</sup> sur 8 parcelles de céréales (NOVA-FLORE, 2016).

**Tableau IV.** Stade de développement noté lors des relevés adventices.

Dicotylédones	Graminées
Cotylédons à 2 feuilles	1 à 3 feuilles
3 à 6 feuilles	1 à 2 talles
Au-delà de 6 feuilles	Plein tallage
Floraison	Floraison

Sur chacune des 8 parcelles sélectionnées, ont été semées le 2 novembre 2016 des graines de bleuet sur 2 placettes mesurant 10 mètres de long et 4 mètres de large, à raison de 12,5 grammes pour 40 m<sup>2</sup>, soit 80 graines par m<sup>2</sup> d'un Poids de Mille Graines (PMG) de 4 g. L'objectif est d'avoir un taux d'établissement de 25%.

Le bleuet utilisé est de variété ou cultivar : forme sauvage produite par la société française Nova-flore sous la dénomination « bleuet sauvage ». Il n'a pas été sélectionné comme les bleuets horticoles pour des caractères ornementaux, mais vendu comme fleur source de nectar et de pollen pour les insectes pollinisateurs (Nova-flore, 2016) (figure 8).

Suite à la récolte, un questionnaire (annexe V) est renseigné par les 9 agriculteurs du réseau DEPHY-Abeille soit par mail, soit lors d'un rendez-vous téléphonique ou chez l'exploitant. L'objectif de ce questionnaire est de connaître l'itinéraire technique des 17 parcelles de céréales, et de comparer les pratiques culturales entre les parcelles qui ont permis aux semis de bleuet de s'exprimer et dans quelle mesure.

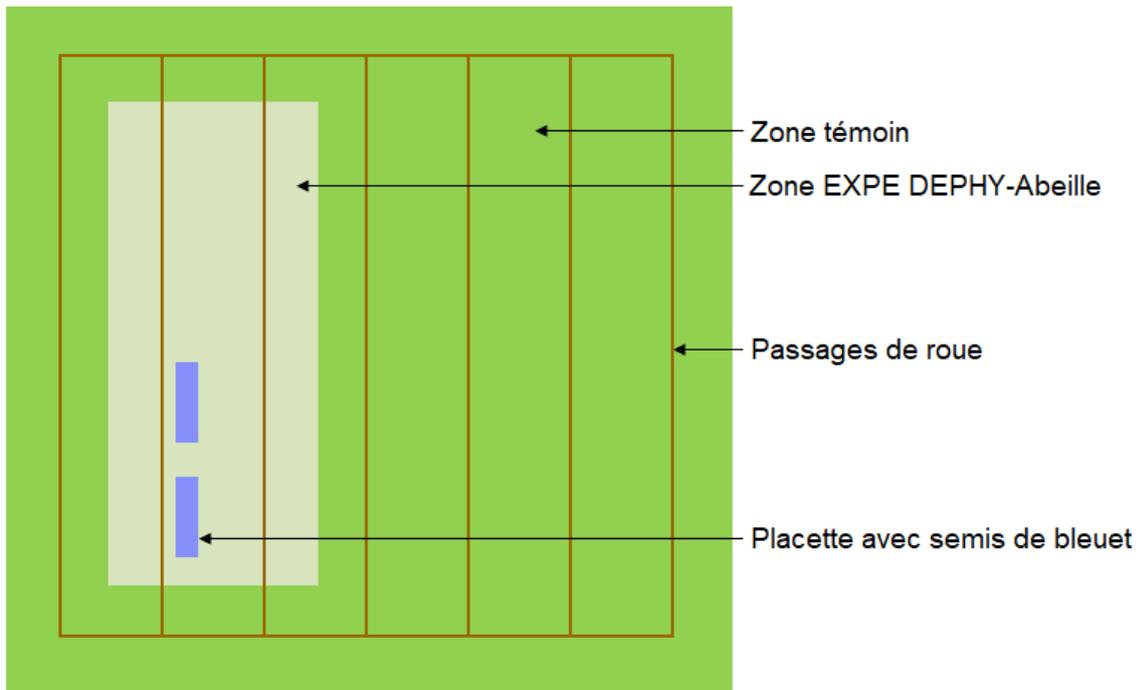
#### b) Notations de suivi de la flore adventice et des bleuets sur les placettes

Une première notation est réalisée le 14 mars 2017 sur les placettes afin de noter la présence et le stade de développement des bleuets et de la flore adventice spontanée. Une seconde notation a lieu le 19 avril 2017, après les interventions de désherbage de printemps. Toutes les plantes autres que la culture présentes dans un quadrat de 1 mètre carré sont identifiées au minimum jusqu'au genre et si possible jusqu'à l'espèce. Afin d'apprécier la densité, le nombre d'individus est compté de 0 à 30, au-delà, une estimation est réalisée : inférieure ou supérieure à 50 ou 100. Le stade de développement de chaque espèce d'adventice est noté selon 4 classes : du stade cotylédon à floraison (tableau IV). Cette opération est réalisée 4 fois par placette en diagonale et sur les 2 placettes de chaque parcelle.

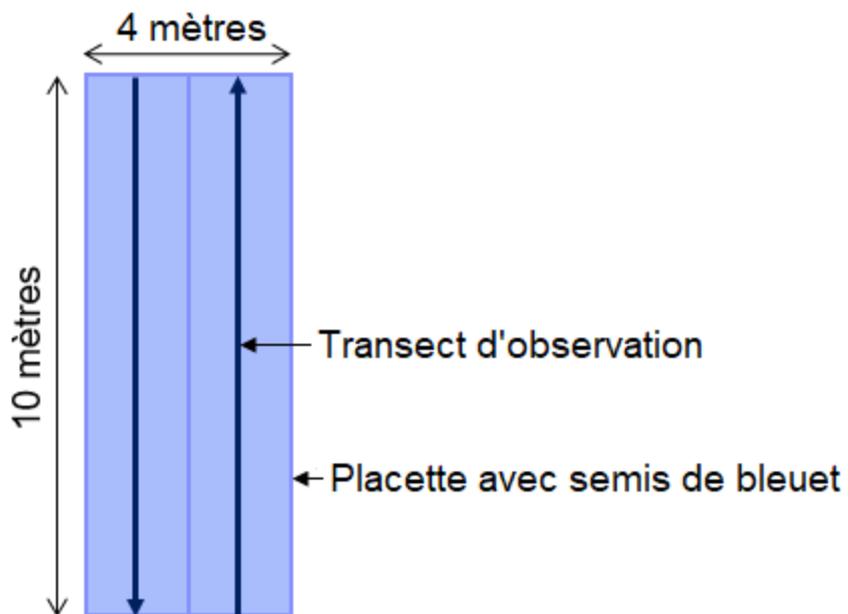
Pour suivre le développement et le début de floraison des adventices et du bleuet, des observations visuelles sont réalisées toutes les semaines à partir du mois de mai. L'objectif est également de voir quelles adventices sont présentes et pourraient pénaliser la culture et ou le bleuet. Une mesure de la hauteur a lieu le 6 juin lorsque le bleuet a atteint le stade pleine floraison et que la culture est à sa taille maximale. La hauteur est mesurée sur 10 plantes de bleuet et 10 plantes de céréale situées à côté, prises aléatoirement et réparties sur l'ensemble de la placette. Cette opération est réalisée sur les 2 placettes des 4 parcelles où plus de 10 fleurs sont observées par placette.

#### c) Relevé d'observation des insectes pollinisateurs en action de butinage sur les placettes et suivi de la floraison du bleuet

Les suivis de butinage sont effectués 1 à 2 fois par semaine dès le début des floraisons et jusqu'à la récolte. Les relevés ont lieu à 2 observateurs, chacun notant l'une des deux placettes, en



**Figure 9.** Schéma d'une parcelle EXPE DEPHY-Abeille avec placette de semis de bleuet



**Figure 10.** Schéma d'un transect d'observation des insectes pollinisateurs sur une placette de bleuet de 40 m<sup>2</sup>.

inversant les placettes lors du prochain comptage sur cette parcelle. De même, l'ordre dans lequel les relevés sont effectués sur les différentes parcelles est alterné, puisque pouvant influencer le nombre d'insectes dénombré et leur diversité. Les relevés d'observation sont réalisés entre 9h30 et 18h30 lors de journées présentant des conditions météorologiques sans pluie ni vent (Winkler *et al.*, 2005). En outre, pour toutes les notations butinage, sont renseignés pour chaque parcelle, le pourcentage de couverture nuageuse, la température et la force du vent, ainsi que l'éventuelle présence à proximité de la parcelle, de rucher, de haie ou de bordure en fleurs.

Les durées d'observation sont de 10 minutes par placette de 40m<sup>2</sup>. L'observateur réalise un transect en forme de "U" en regardant 1 mètre à sa gauche et 1 mètre à sa droite, sur 2 fois 10 mètres de long (figures 9 et 10.). Tout insecte en action de butinage sur une fleur ou en recherche active de nectar extra-floral sur les sépales de bleuet est dénombré. Les insectes ne sont pas identifiés jusqu'à l'espèce, mais notés par groupe fonctionnel selon les classes suivantes : abeilles domestiques, abeilles sauvages, bourdons, syrphes, coléoptères, papillons, mouches, autres hyménoptères (annexe VI). De plus, pour chaque jour d'observation, le nombre de fleurs ouvertes est dénombré pour chaque placette.

#### d) Analyse statistique des relevés d'observation des insectes pollinisateurs et de la floraison du bleuet

Concernant les relevés d'abondance des pollinisateurs, l'objectif est d'apprécier l'attractivité du bleuet et les facteurs influençant le nombre d'insectes. Pour cela, des corrélations de Pearson sont réalisées, ainsi que des Modèles Linéaires Généralisés Mixtes (GLMM), ANOVA à mesures répétées à un facteur à l'aide de la fonction `glmer`. En effet, la distribution suit la loi de Poisson et les relevés ne sont pas indépendants, les mêmes patchs sont comptés plusieurs fois. Des GLMM avec effet aléatoire sont aussi réalisés pour contrôler l'effet des pollinisateurs entre eux et ne pas prendre en compte le nombre de fleurs et la température. Dans le cas de l'étude descriptive des variables quantitatives, un histogramme des résidus est d'abord effectué pour voir s'il n'y a pas de données aberrantes, puis la normalité de la distribution est vérifiée à l'aide du test de Shapiro, et un test de Bartlett est fait pour contrôler l'homogénéité des variances. La p-value est considérée au risque alpha égale 0,05. Enfin, un test post-hoc Honestly Significant Difference (HSD) de Tuckey est réalisé afin de comparer les moyennes par paire et d'obtenir les groupes homogènes.

### 2.3. Enquêtes de perception des plantes messicoles par les exploitants agricoles

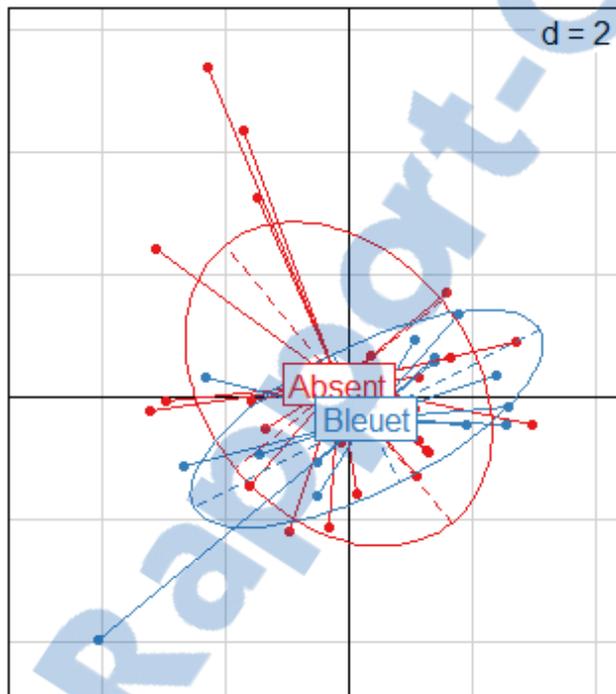
Le questionnaire de perception des messicoles (annexe VII) à destination des exploitants agricoles a été utilisé lors des campagnes 2016 et 2017 d'enquêtes sur les pratiques agricoles du CEBC-CNRS de Chizé en ZA PVS.

**Tableau V.** Notes calculées en fonction des réponses cochées

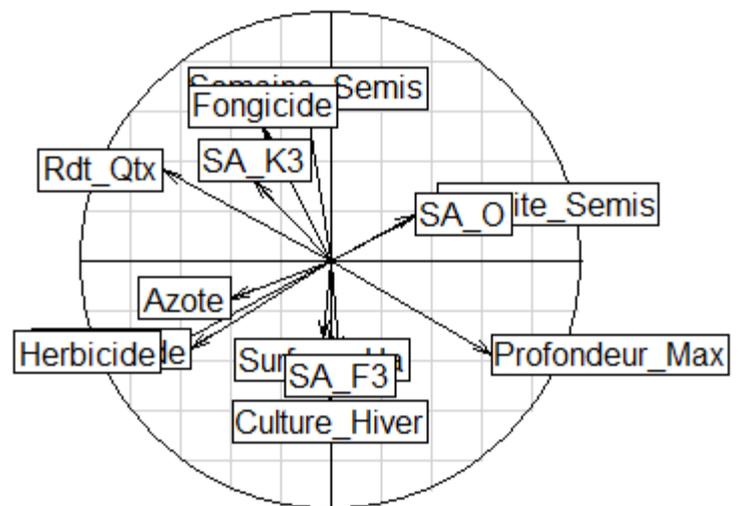
Notes calculées	Réponses cochées
0	Non gênant
0,5	Non gênant + Tolérable
1	Tolérable
1,5	Tolérable + Gênant
2	Gênant
2,5	Non tolérable + Non gênant
3	Non tolérable
3,5	Non tolérable + Gênant

**Tableau VI.** Notes calculées en fonction des réponses cochées

Notes calculées	Réponses cochées
0	Inconnue sur leur parcellaire
1	Localisé sur leur parcellaire
2	Très fréquent sur leur parcellaire



**Figure 11.** Nuage de points des parcelles avec (couleur bleu) et sans bleuet (couleur rouge) en cultures de colza.



**Figure 12.** Cercle des corrélations des variables pour la culture de colza.

Le questionnaire comprend 7 questions, dont 2 libres sur la perception des adventices et messicoles : perception générale, besoin d'informations et d'appui technique, et des questions fermées : problème de gestion des adventices, stratégie de lutte, densité d'adventices acceptable dans la parcelle, proposition de révision de leur itinéraire technique. Enfin, ce questionnaire comporte une question plus générale sur la présence et le niveau d'acceptabilité de 15 espèces adventices et messicoles différentes. Les agriculteurs pouvant cocher plusieurs réponses, ces dernières sont transformées en notes globales (tableau V et VI) pour les analyser et les comparer. Afin d'apprécier si leur perception de la densité de bleuet dans leur parcellaire est proche de la réalité, le nombre total de bleuet inventorié par l'INRA du Magneraud de 2014 à 2017 sur leur parcellaire est calculé, puis passé en log pour minimiser l'écart entre les valeurs. Sous QGIS, le nom des exploitations est joint à partir des identifiants parcelles au shape de l'assolement pour attribuer un nom d'exploitation aux patches de bleuet présents sur une parcelle.

### III. Résultats

#### 3.1 Pratiques culturales pouvant influencer la présence du bleuet

##### a) En parcelles de colza

Une analyse descriptive mixte de Hill et Smith est réalisée pour les parcelles de colza à partir de 16 variables (tableau III). Seuls les 2 premiers axes avec les valeurs propres les plus fortes sont retenus pour l'analyse respectivement 17,318 % et 14,060 %, soit 31,38 % de l'inertie totale du nuage. Les autres axes ne sont pas retenus, puisque selon la règle du coude, ils sont situés après un décrochage des valeurs propres.

Le cercle des corrélations (figure 12) synthétise les liaisons entre les variables. Les variables allant dans la même direction sont corrélées positivement et celles opposées corrélées négativement. Par ailleurs, les variables ne sont pas toutes aussi bien représentées par les axes. Les variables contribuant le plus à la détermination de l'axe 1 sont : l'IFT herbicide (14,877 %), le rendement/ha (14,611 %), la profondeur maximum de travail du sol (13,211 %), et l'IFT insecticide (10,124 %) ; pour l'axe 2 : la semaine de semis (14,729 %), le nombre de cultures d'hiver (12,460 %) et l'IFT fongicide (11,461 %). Sur le diagramme de dispersion du nuage de points (figure 11) est projetée la variable présence ou absence de bleuet, non prise en compte dans la construction du plan factoriel. Les points de couleur rouge représentent les parcelles où le bleuet est absent, et les points bleus, ceux où il est présent. Les ellipses entourent environ 67 % des points du nuage. Les parcelles sans bleuet sont, comme explicité sur la figure, légèrement décalées par rapport au nuage de points avec bleuet. Le groupe sans bleuet correspond à des parcelles avec des rendements élevés, des dates de semis tardives, à l'utilisation de molécules de mode d'action de type K3, et à un IFT fongicide

**Tableau VII.** Variables testées dans les modèles glm pour les parcelles de colza avec et sans bleuet.

Nom de modèle	Variables testées dans le modèle
<b>Modèle n°1</b>	Presence~Profondeur_max+IFT_herbicide+SA_O+SA_K3+SA_F3
<b>Modèle n°1 bis</b>	Presence~Profondeur_max+SA_K3+SA_F3
<b>Modèle n°2</b>	Presence~Type_Sol + Surface_Ha + Exploitation + Densite_Semis + Rdt_Qtx +Semaine_Semis + Azote + Fongicide + Insecticide + Culture_Hiver
<b>Modèle n°2 bis</b>	Presence~Surface_Ha + Densite_Semis + Culture_Hiver

**Tableau VIII.** Valeurs du résumé du modèle pour les variables retenus par la fonction step.

Variables testés	Std.Error	z value	Pr(> z )
<b>Profondeur de travail du sol maximum</b>	0,07581	2,363	0,0181 *
<b>Substances actives aux modes d'action K3</b>	0,39457	1,866	0,0621.
<b>Substances actives aux modes d'action F3</b>	0,72890	-1,736	0,0826.
<b>Densité de semis</b>	0,01725	1,851	0,0415*
<b>Nombre de cultures d'hiver sur 11 ans</b>	0,19162	1,910	0,05611.
<b>Surface des parcelles</b>	0,06881	1,533	0,12523

**Tableau IX.** Variables aux effets significatifs selon les modèles glm pour les parcelles de colza.

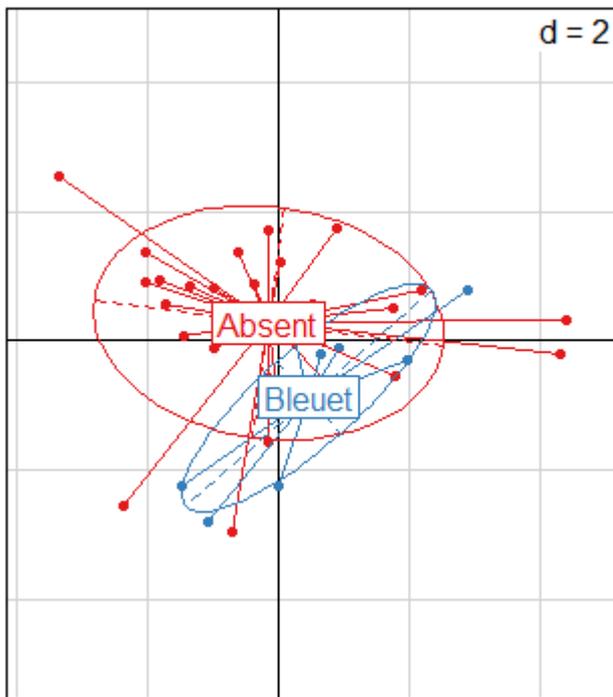
Colza		Profondeur de travail du sol (cm)	Densité de semis (gr/m <sup>2</sup> )	Culture d'hiver de l'année n à n-10	Substance active de mode d'action K3	Substance active de mode d'action F3
<b>Absent</b>	Moyenne	10,571	46,071	0,571	2,214	7,25
	Ecartype	6,021	19,31	0,504	0,956	2,303
	min	0	20	0	1	3
	max	17	80	1	4	11
<b>Bleuet</b>	Moyenne	13,647	58,75	0,412	2,647	8,529
	Ecartype	4,415	24,187	0,507	0,931	1,231
	min	0	20	0	1	6
	max	20	90	1	4	10
<b>Coefficient</b>		<b>0,217</b>	<b>0,026</b>	<b>0,285</b>	<b>0,785</b>	<b>-1,733</b>

plus élevé. De plus, ces variables sont corrélées négativement avec la profondeur maximale de travail du sol. Sur le quart gauche inférieur sont représentées 4 parcelles avec du bleuet, caractérisées par plus d'exploitations en système de grande culture, à un IFT herbicide et insecticide élevés, à un nombre d'unités d'azote plus important, sur des sols plutôt de type groie moyenne à profonde. Parmi ces 4 parcelles avec du bleuet, 2 sont localisées vers le milieu de la partie inférieure, surtout en raison des variables : taille des parcelles, à l'utilisation de substances actives de mode d'action F3 et à une rotation comprenant un plus grand nombre de cultures d'hiver.

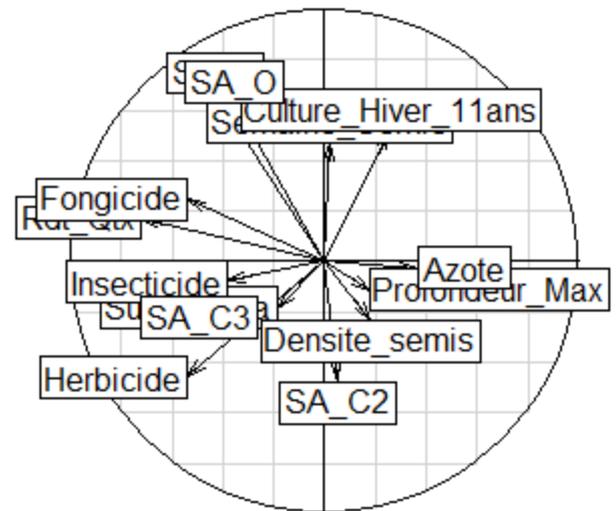
A l'opposé, donc corrélé négativement sur le quart droit supérieur, est localisé le plus grand nombre de parcelles avec bleuet, davantage représenté par des parcelles d'exploitations en polyculture élevage, avec des densités de semis élevées, plus de substances actives de mode d'action de type O, ainsi que des désherbages exclusivement d'hiver.

Une ADL est ensuite réalisée à partir des 7 variables quantitatives les mieux représentées par les 2 premiers axes de l'analyse de Hill et Smith (tableau III). Pour l'ADL, selon la règle du coude, les 3 premiers axes sont conservés. La discrimination est significative, la somme des valeurs propres vaut 0,291, or plus la valeur est proche de 1, plus la discrimination est importante, elle est donc faible ici. Le poids canonique permet de mesurer les contributions des variables à la discrimination, et le cercle des corrélations : l'effet des variables. Le nombre de substances actives de type F3 (-0,704), la semaine de semis (-0.254), et enfin le rendement (0,045) seraient corrélés négativement avec la présence du bleuet. Ainsi, la densité de semis (0,603), la profondeur maximum de travail du sol (0,535), l'IFT herbicide (0,400), le nombre de cultures d'hiver sur 11 ans (0,305), et enfin le rendement (0,045) seraient elles plus importantes dans les parcelles avec bleuet.

Par la suite, sont effectuées des régressions logistiques. Le premier modèle *glm* calculé prend en compte les variables ayant une incidence directe sur la gestion des adventices modèle n°1 (tableau VII) (Profondeur de travail du sol maximum, IFT herbicide, substances actives de mode d'action de classes O, K3 et F3). La fonction *step* a ensuite permis de conserver 3 des 5 variables les plus explicatives de la variance : le modèle n°1bis (profondeur de travail du sol et les substances actives aux modes d'action K3 et F3). La puissance du modèle n°1bis est estimée, c'est-à-dire le pouvoir discriminant de la régression logistique à partir de l'aire sous la courbe pour une valeur seuil de 0,5. La valeur obtenue est de 0,7532, le modèle permet donc de discriminer la présence et l'absence du bleuet 3 fois sur 4. L'effet des variables sélectionnées a du sens, et d'après le résumé du modèle, auraient toutes un effet significatif (tableau VIII). Un second modèle est calculé à partir des variables n'agissant pas directement dans la lutte contre les adventices (type de sol, surface des parcelles, type d'exploitation, densité de semis, rendement, semaine de semis, unités d'azote, IFT fongicide et insecticide, et nombre de cultures d'hiver sur 11 ans).



**Figure 13.** Nuage de points des parcelles avec (couleur bleu) et sans bleuet (couleur rouge) en cultures de blé et d'orges



**Figure 14.** Cercle des corrélations des variables pour les cultures de blé et d'orges.

**Tableau X.** Variables testées dans les modèles glm pour les parcelles de céréales avec et sans bleuet.

Nom de modèle	Variables testées dans le modèle
Modèle n°3	Presence~Profondeur_max+IFT_herbicide+SA_B+SA_O+SA_C2+SA_C3
Modèle n°3 bis	SA_B
Modèle n°4	Presence~Type_Sol + Surface_Ha + Exploitation + Densite_Semis + Rdt_Qtx +Semaine_Semis + Azote + Fongicide + Insecticide + Culture_Hiver
Modèle n°4 bis	Surface_Ha + Rdt_Qtx + Fongicide +Culture_Hiver

**Tableau XI.** Valeurs du résumé du modèle pour les variables retenus par la fonction step.

Variables testés	Std.Error	z value	Pr(> z )
Substances actives aux modes d'action F3	0,4383	-1,342	0,180
L'IFT fongicide	2,08765	-2,255	0,0242*
Surface des parcelles	0,19466	2,051	0,0402*
Nombre de cultures d'hiver sur 11 ans	0,33348	-1,876	0,0607.
Rendement	0,05592	1,467	0,1423

La fonction step a ensuite permis de conserver 3 des 9 variables expliquant le mieux la variance : le modèle n°2bis. L'aire sous la courbe obtenue est 0,7626, le modèle permet donc de discriminer la présence et l'absence de bleuet 3 fois sur 4. Des 3 variables, seules 2 ont un effet significatif : la densité de semis et le nombre de cultures d'hiver sur 11 ans, la surface des parcelles n'a pas un effet significatif.

Statistiquement, la présence de bleuet en parcelle de colza serait ici significativement plus grande dans les parcelles avec une profondeur de travail du sol plus importante, une densité de semis plus élevée, un nombre de cultures d'hiver plus important de l'année n à n-10 et à plus de désherbages à modes d'action de type K3 et F3 (tableau IX).

#### b) En parcelles de céréales

L'analyse mixte de Hill et Smith est réalisée avec 17 variables (tableau III) et 2 axes sont retenus par rapport à la règle du coude, leurs valeurs propres sont respectivement de 14,79 % et 11,71 %, soit 26,5 % de la somme des valeurs propres. La figure 13 montre les parcelles où le bleuet est absent (en rouge), et là où il est présent (en bleu). Les variables les mieux représentées sont pour le premier axe : le rendement (16,296 %), l'IFT fongicide (9,1%) et herbicide (9,081 %), puis pour le second axe : les substances actives de mode d'action herbicide B (17,187 %), les substances actives de mode d'action herbicide O (15,288 %), et le nombre de cultures d'hiver sur 11 ans (10,425 %) (figure 14).

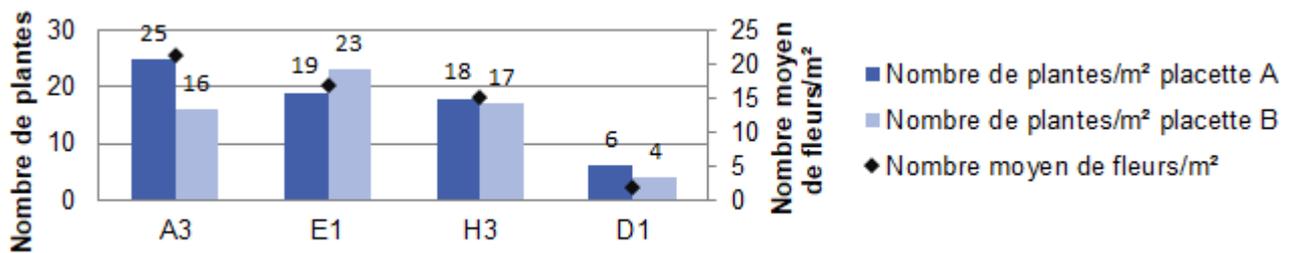
Le plus grand nombre de parcelles où le bleuet est absent est situé dans le quart supérieur gauche expliqué pas les variables : des IFT fongicides élevés, des moyennes de rendements plus élevées, des désherbages ayant lieu plus souvent exclusivement au printemps, l'utilisation de plus de produits herbicides de mode d'action de type O et B, et enfin des dates de semis plus tardives.

A l'opposé, sur le quart inférieur droit, se situent 4 parcelles avec bleuet ayant une profondeur de travail du sol supérieure, un nombre d'unités d'azote plus élevé, une densité de semis plus grande, et des sols de type groie moyenne à profonde. Des parcelles avec bleuet, 3 sont aussi dans la partie gauche inférieure, c'est-à-dire avec des variables : IFT herbicide plus élevé, l'utilisation de plus de substances actives de type C2 et C3, des désherbages d'hiver et de printemps, des surfaces de parcelles plus importantes et des exploitations en polyculture élevage.

Ensuite, une ADL est effectuée avec les 7 variables quantitatives (tableau III) les mieux représentées par les 2 premiers axes de l'analyse de Hill et Smith. Pour l'analyse, les 2 premiers axes sont conservés selon la règle du coude. La discrimination est significative, mais la somme des valeurs propres vaut 0,329, ce qui signifie que la discrimination est faible, la valeur n'étant pas proche de la valeur 1. Le poids canonique permet d'apprécier la contribution des variables à la discrimination : l'IFT fongicide (-0,831) serait la plus discriminante des variables, puis le nombre de cultures d'hiver sur 11 ans (-0,655), les substances actives de type B, (0,348), O (0,343), puis

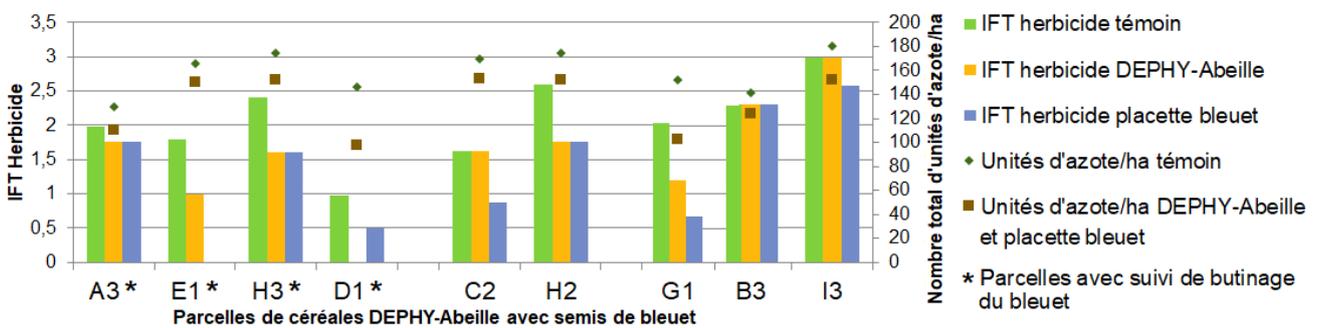
**Tableau XII.** Variables aux effets significatifs selon les modèles glm pour les parcelles de céréales.

Céréales		IFT fongicide	Surface des parcelles (/ha)	Nombre de cultures d'hiver de l'année n à n-10	Substance active de mode d'action B
<b>Absent</b>	Moyenne	1,353	6,14	7,741	0,889
	Ecartype	0,76	5,778	1,788	1,219
	min	0	0,83	3	3
	max	3,125	28,54	10	0
<b>Bleuet</b>	Moyenne	0,777	10,867	7,111	0,333
	Ecartype	0,52	4,917	2,571	0,707
	min	0	2,99	3	0
	max	1,483	21,06	11	2
<b>Coefficient</b>		<b>-5,792</b>	<b>0,402</b>	<b>-0,67</b>	<b>-0,92</b>

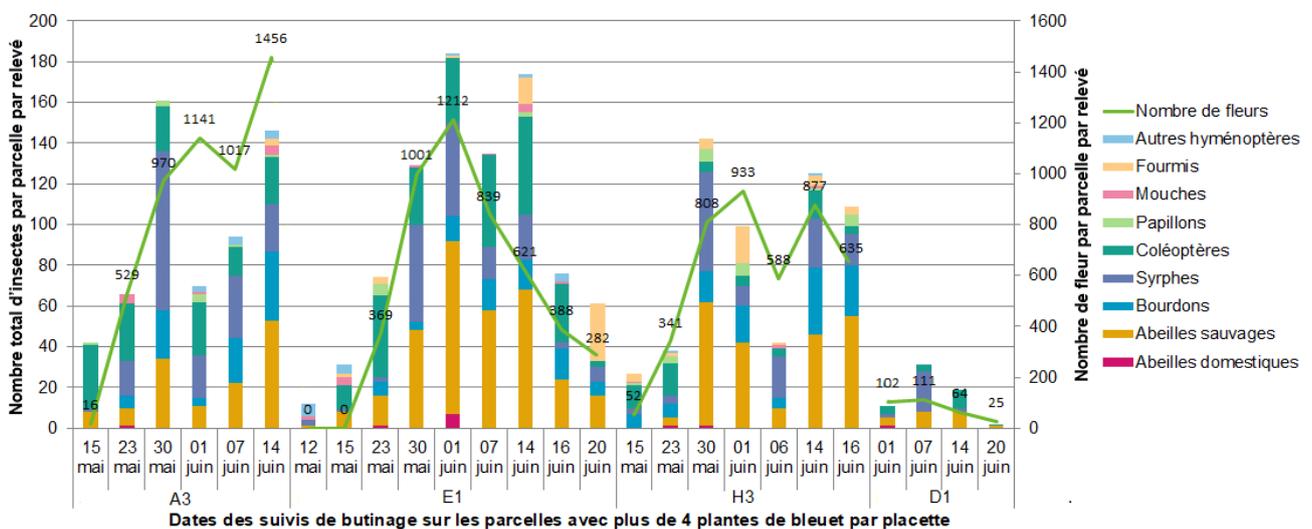


**Parcelles de céréales DEPHY-Abeille avec plus de 4 plantes de bleuet par placette**

**Figure 15.** Nombre moyen de plantes de bleuet et nombre moyen de fleurs/m<sup>2</sup> par placette et parcelle.



**Figure 16.** IFT herbicide pour les zones témoin, DEPHY-Abeille et placettes de semis de bleuet, ainsi qu'unités d'azote/ha des zones témoin et DEPHY -Abeille.



**Figure 17.** Total d'insectes et nombre de fleurs de bleuet lors des suivis de butinage par parcelle.

C2 (-0,106), et en dernier l'IFT herbicide (-0,038). Par contre, d'après le cercle des corrélations, le rendement (0,379) serait la seule variable corrélée positivement à la présence du bleuet

Des régressions logistiques sont également réalisées, le premier modèle glm calculé, le modèle n°3 (tableau X) prend en compte les variables influençant directement le contrôle des plantes adventices. Puis, à partir de la fonction step, n'est conservée qu'une des 6 variables testées, le modèle n°3 bis (nombre de substances actives de type B utilisées sur la parcelle). L'aire sous la courbe est de 0,6171, le modèle discrimine correctement la présence et l'absence du bleuet environ 2 fois sur 3. Lorsque l'on fait le résumé du modèle, la variable testée n'a pas un effet significatif, par contre selon l'ANOVA du modèle, l'effet est significatif (Deviance Resid = 3,06339 ; Resid Dev 37,219 ; Pr(>Chi) = 0,08007.) (tableau XI) .

Un deuxième modèle (tableau X) prend lui en compte les variables n'ayant pas un impact direct sur la lutte contre les adventices. La fonction step conserve 4 des 9 variables, c'est le modèle n°4 bis comprenant la surface des parcelles en hectare, le rendement en quintaux, l'IFT fongicide et le nombre de cultures d'hiver sur 11 ans. L'aire sous la courbe vaut 0,9325, la valeur est proche de 1, ce qui est une discrimination importante, ici le modèle n°4 bis permet donc de discriminer la présence et l'absence du bleuet 4 fois sur 5. Des 4 variables retenues, 3 ont un effet significatif : l'IFT fongicide, la surface des parcelles et le nombre de cultures d'hiver sur 11 ans. Par contre, le rendement n'a pas un effet significatif.

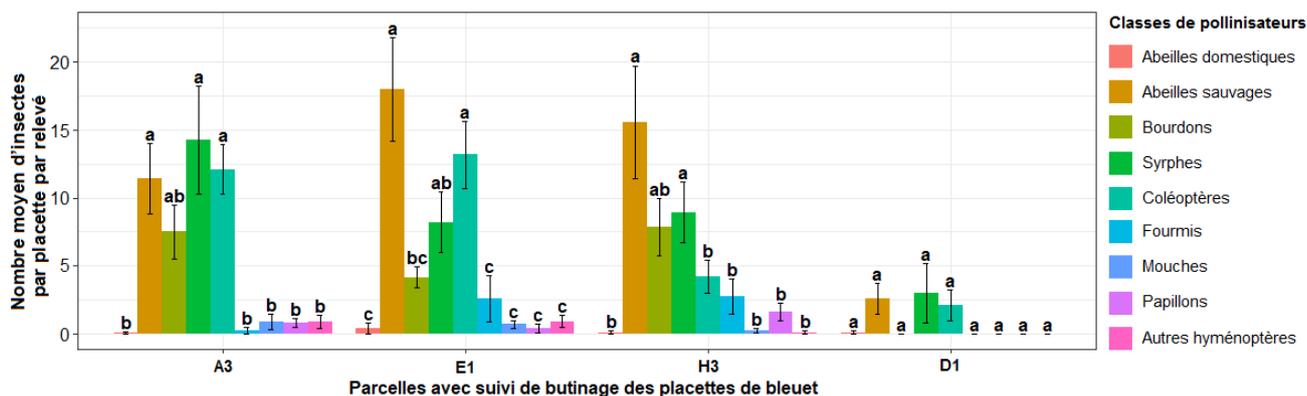
La présence de bleuet en parcelles de céréales serait donc significativement plus importante dans les parcelles où l'IFT fongicide est le plus faible, lorsque la superficie des parcelles est plus grande et que le nombre de cultures d'hiver de l'année n à n-10 est plus élevé (tableau XII).

### 3.2. Attractivité du bleuet pour les insectes pollinisateurs en parcelles de céréales

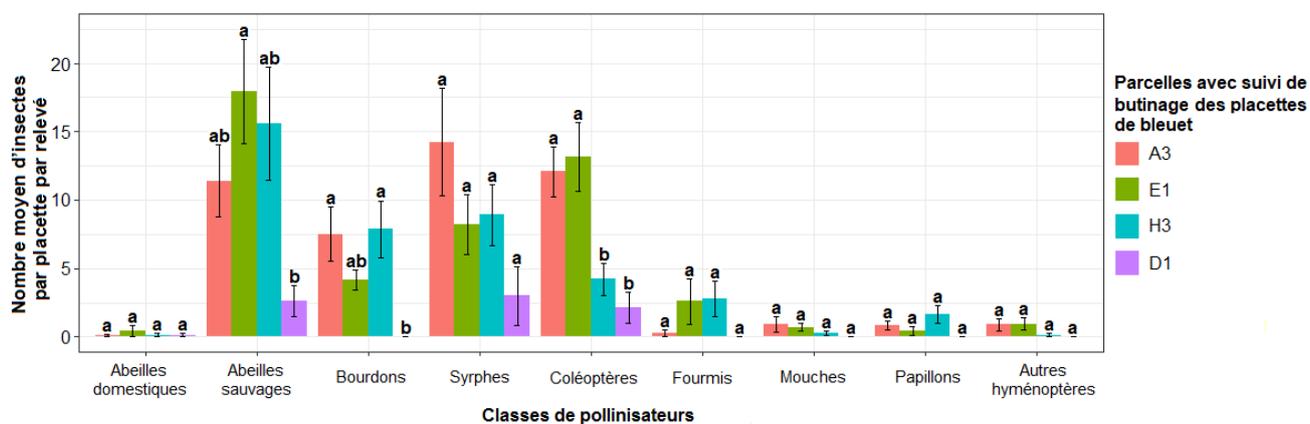
Des 8 parcelles où ont lieu les semis de bleuet, 4 parcelles (A3, D1, E1 et H3) ont des densités supérieures à 4 plantes par m<sup>2</sup> (figure 15). Sur 2 parcelles (C2 et H2), la densité est de 1 à 2 plantes par placette de 40m<sup>2</sup>, et sur les 3 autres parcelles (G1, B3 et I3), aucun bleuet n'est observé.



Les pratiques culturales, fertilisation azotée et IFT herbicide, adoptées sur ces parcelles (figure16) révèlent que pour les placettes avec semis de bleuet ayant un IFT supérieur à 2 : aucun bleuet n'est observé. Les placettes avec plus de 4 plantes par m<sup>2</sup> et où ont lieu les suivis de butinage, ont des IFT herbicides allant de 0 à 1,75. Pour autant, les placettes des parcelles C2 et H2, ayant respectivement un IFT herbicide de 0,88 et 1,75, ont elles 1 à 2 plantes par placette de 40m<sup>2</sup>. De plus, les substances actives herbicides utilisées sur les parcelles où le bleuet s'est exprimé sont les mêmes que celles où il s'est peu ou pas développé. Le suivi du butinage du bleuet est réalisé sur les 4 parcelles ayant plus de 4 plantes par placette de 40 m<sup>2</sup> et dès l'apparition des premières fleurs. L'évolution du nombre d'insectes total en fonction de la date



**Figure 18.** Nombre moyen d'insectes par classe de pollinisateurs et groupes homogènes entre classe d'insectes au sein des parcelles avec bleuets et erreur standard.



**Figure 19.** Nombre moyen d'insectes par placette par relevé et groupes homogènes selon la parcelle et par classe de pollinisateurs et erreur standard.

**Tableau XIII.** Pour chaque classe de pollinisateurs : facteurs testés et valeurs obtenues.

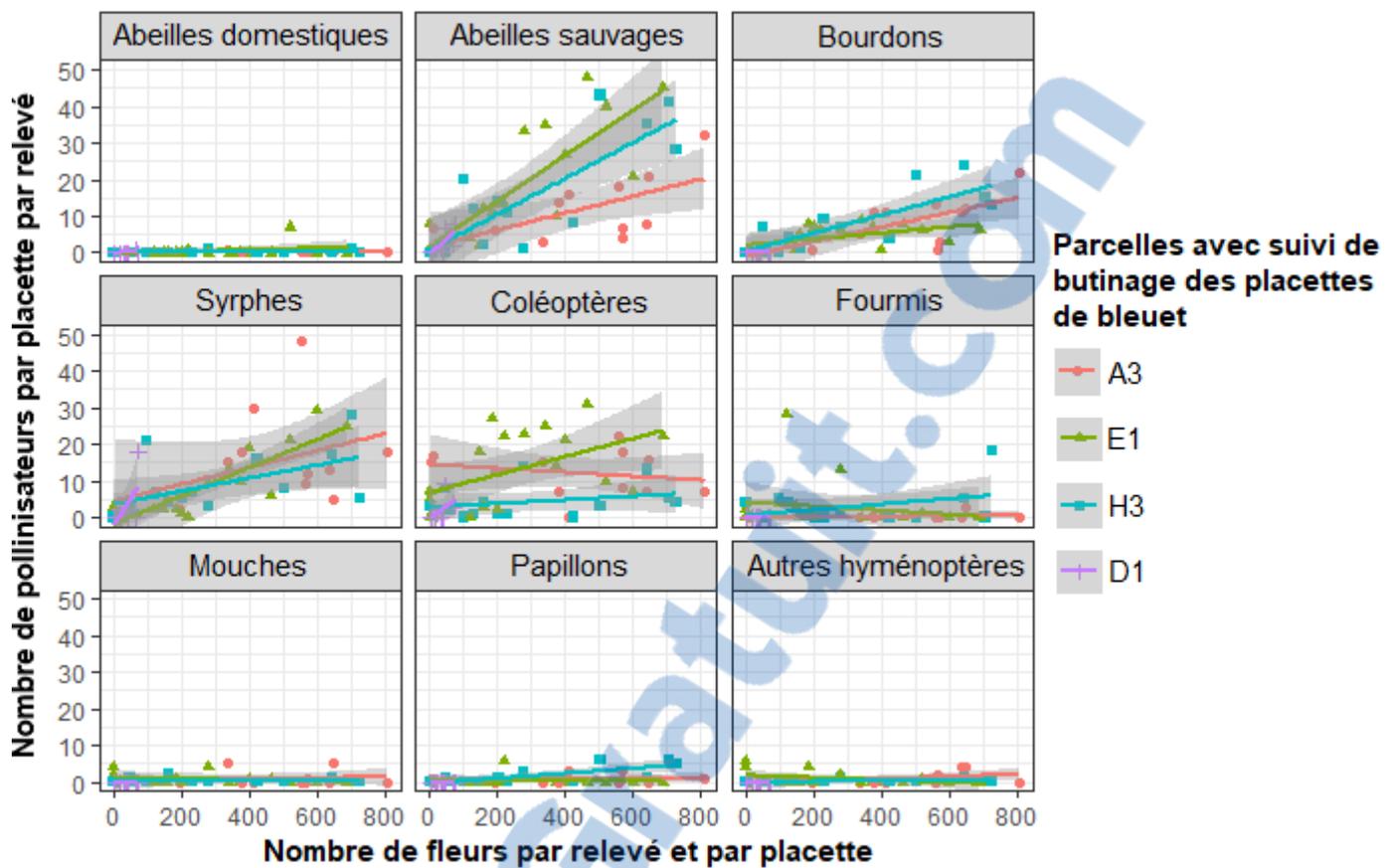
Classe pollinisateurs	Facteurs	Std. Error	z value	Pr(> z )
<b>Abeilles domestiques</b>	Fleur/placette	0,001259	2,525	0,011577 *
	Température	0,08141	-0,384	0,701
<b>Abeilles sauvages</b>	Fleur/placette	0,0001743	17,321	<2e-16 ***
	Température	0,01115	-4,086	4,39e-05 ***
<b>Bourdons</b>	Fleur/placette	0,0002746	10,24	<2e-16 ***
	Température	0,01768	-1,222	0,222
<b>Syrphes</b>	Fleur/placette	0,000188	14,87	<2e-16 ***
	Température	0,01459	-10,16	<2e-16 ***
<b>Coléoptères</b>	Fleur/placette	0,0002114	4,269	1,96e-05 ***
	Température	0,01420	3,429	0,000606 ***
<b>Papillons</b>	Fleur/placette	0,0006788	4,392	1,12e-05 ***
	Température	0,04629	1,813	0,0698 .
<b>Fourmis</b>	Fleur/placette	0,0004550	1,335	0,182
	Température	0,03103	2,171	0,0299 *
<b>Mouches</b>	Fleur/placette	8,630e-04	-0,061	0,9517
	Température	0,05607	-0,401	0,689
<b>Autres hyménoptères</b>	Fleur/placette	0,0008115	0,154	0,8780
	Température	0,055794	-0,140	0,888

des suivis de butinage est représentée figure 17. La proportion de chaque classe d'insectes varie à chaque relevé et la dynamique de floraison du bleuet est différente pour les 4 parcelles. Les bleuets des parcelles A3, E1 et H3 ont commencé à fleurir mi-mai, et fin mai pour la parcelle D1. Le pic de floraison pour les parcelles E1, H3 et D1 a lieu aux alentours du 1er juin. Pour la parcelle A3, un premier pic de floraison a lieu également à cette date, puis un second plus important le 14 juin, date à laquelle la parcelle est moissonnée. Pour la parcelle E1, des relevés sont faits sur adventices spontanées (Gaillet gratteron (*Galium aparine*), Géranium mou (*Geranium molle*)), le bleuet est alors au stade bouton floral et les insectes vus en recherche active de nectar extra-floral sur les sépales des boutons sont comptés.

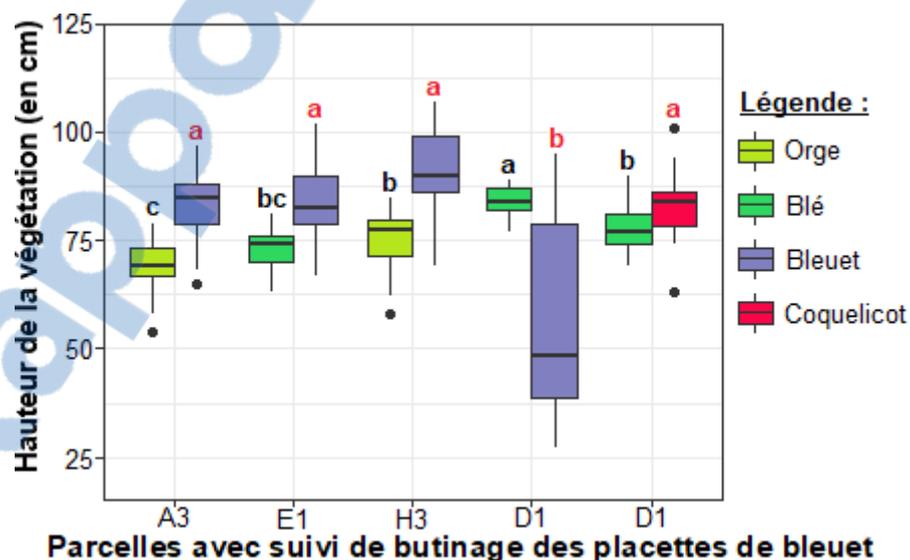
La figure 18 présente le nombre moyen d'insectes par classe de pollinisateurs et groupes homogènes entre classe d'insectes au sein des parcelles avec bleuet. Sur les parcelles A3, E1 et H3, 3 classes d'insectes sont observées majoritairement : les abeilles sauvages, les syrphes et les coléoptères, significativement plus abondants que les abeilles domestiques, les fourmis, les mouches, les papillons et autres hyménoptères. Les bourdons ne sont pas significativement plus ou moins abondants que les autres classes d'insectes. Par ailleurs, pour la parcelle D1, parcelle avec la densité de fleurs la plus faible par placette, il n'y a pas significativement de classe d'insectes plus observée qu'une autre.

La figure 19 illustre elle la différence du nombre moyen d'insectes observés par placette par relevé pour les différentes classes selon la parcelle. S'agissant des abeilles domestiques, des syrphes, des fourmis, des mouches, des papillons, et des autres hyménoptères, il n'y a pas de différence significative entre les parcelles. Sur la parcelle D1, pour les abeilles sauvages, il y a significativement moins d'insectes observés que sur la E1, les bourdons sont eux significativement moins nombreux que sur les parcelles A3 et H3. Enfin, les coléoptères sont significativement plus abondants sur les parcelles A3 et E1 que sur la parcelles H3 et D1.

L'analyse mixte montre que selon les classes d'insectes, le nombre de fleurs et la température auraient un effet significatif. L'effet du nombre de fleurs est très hautement significatif pour les abeilles sauvages, bourdons, syrphes, coléoptères et papillons (tableau XIII). Pour les abeilles domestiques et les fourmis, la p-value est un peu moins significative. Pour les mouches et autres hyménoptères, le nombre de fleurs n'aurait pas statistiquement d'effet significatif sur le nombre d'insectes observés, mais ceux-ci n'ont été vus que 0,5 fois en moyenne par placette et relevé. L'effet de la température serait significatif pour les syrphes et corrélé négativement. A l'inverse, lorsque la température augmente, le nombre de coléoptères, de papillons et de fourmis augmente significativement ; les relevés étant réalisés à des températures de 15°C à 27°C.



**Figure 20.** Nombre de pollinisateurs par placette par relevé en fonction du nombre de fleurs par relevé et par placette ; Droite de régression par parcelle et intervalle de confiance (partie grisée).



**Figure 21.** Hauteur de la culture et des messicoles (bleuet et coquelicot) sur les parcelles avec suivi de butinage des placettes de bleuet.

Des modèles GLMM sont réalisés pour vérifier si l'abondance d'une classe de pollinisateurs a un effet significatif sur l'abondance des autres classes, le nombre de fleurs et la température sont alors considérés comme des effets aléatoires. Aucune classe d'insectes n'aurait d'effet significatif négatif sur une autre classe. Mais pour le nombre de syrphes (Std. Error = 0,004334 ; z value = 6,610 et  $\Pr(>|z|) = 3,85e-11$  \*\*\*) et de papillons (Std. Error = 0,009863 ; z value = 1,844 et  $\Pr(>|z|) = 0,06519$  .) l'augmentation des autres classes d'insectes est lié significativement à une abondance plus importante de syrphes et papillons.

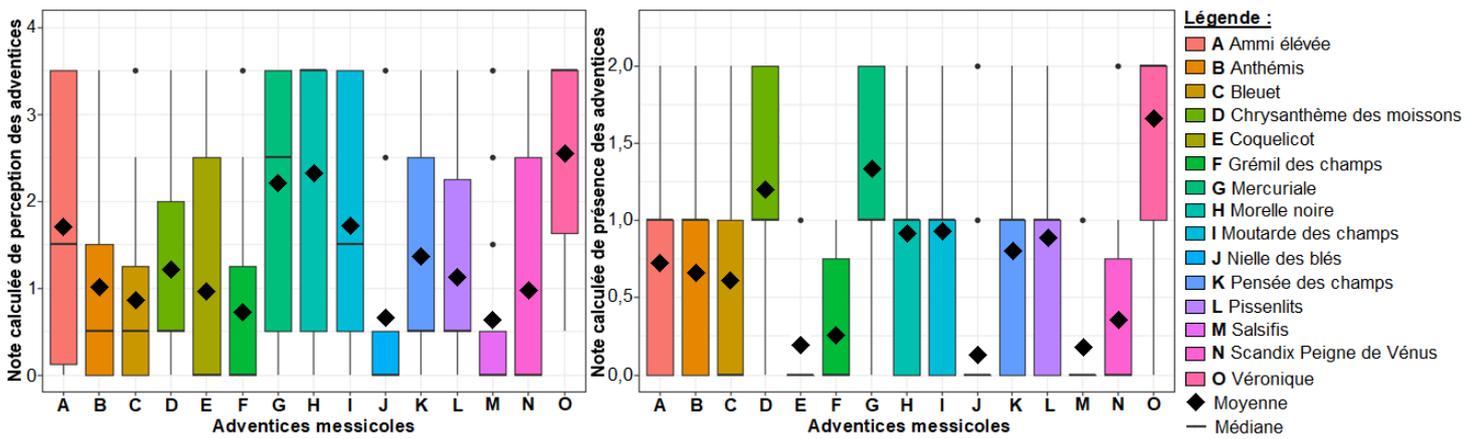
Les graphiques (figure 20) représentent le nombre d'insectes par classe et par placette en fonction du nombre de fleurs par placette de 40m<sup>2</sup>. La droite de régression tracée représente l'abondance des pollinisateurs en fonction du nombre de fleurs par parcelle, la partie grisée : l'intervalle de confiance. Une forte relation linéaire positive est observée entre les abeilles sauvages, bourdons, syrphes, avec le nombre de fleurs par placette. Il semblerait également que pour les bourdons et les syrphes, il y ait un seuil à environ 100 fleurs pour 40 m<sup>2</sup> au-delà duquel le bleuet serait davantage attractif. Pour les papillons et les coléoptères, la relation linéaire est faible et positive. Quant aux classes d'insectes où moins de 10 individus sont comptés par relevé par placette (abeilles domestiques, fourmis, mouches, autres hyménoptères), la relation linéaire avec le nombre de fleurs est légèrement positive et proche de 0.

Les modèles GLM avec l'abondance des pollinisateurs en fonction de la parcelle mettent en évidence que pour les abeilles sauvages, la parcelle A3 est significativement différente des autres (Std. Error = 0,10196 ; z value = -4,435 et  $\Pr(>|z|) = 9,2e-06$ ). Pour les coléoptères, les parcelles H3 (Std. Error = 0,14549 ; z value = -7,830 et  $\Pr(>|z|) = 4,88e-15$  ) et D1 (Std. Error = 0,25103, z value = -7,266 et  $\Pr(>|z|) = 3,71e-13$  \*\*\*) sont significativement différentes de la parcelle E1. Quant aux autres classes d'insectes, il n'y a pas significativement de différence entre parcelle.

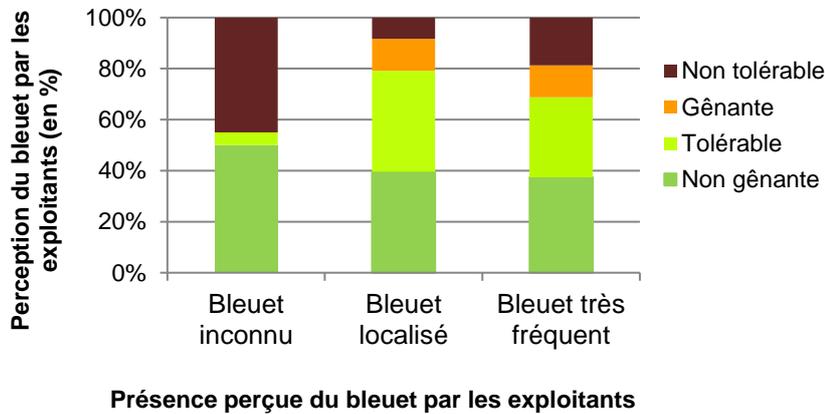
La figure 21 illustre la hauteur de la culture et du bleuet pour les 4 parcelles où sont réalisés les suivis de butinage, il n'y a pas de différence significative pour les 4 parcelles entre la hauteur de la culture de celle du bleuet. L'analyse de la hauteur du bleuet en fonction de la parcelle montre que les bleuets de la parcelle D1 auraient une hauteur significativement inférieure à ceux des parcelles A3, E1 et H3. Les coquelicots mesurés également sur la parcelle D1 n'ont pas de hauteur significativement différente de celle du bleuet des 3 parcelles. La hauteur de la culture entre les parcelles est comparée, la parcelle D1 où le bleuet est significativement de plus petite taille et aussi celle où la culture serait significativement la plus haute des 4 parcelles.

### 3.3. Perception des messicoles et plus particulièrement du bleuet par les agriculteurs

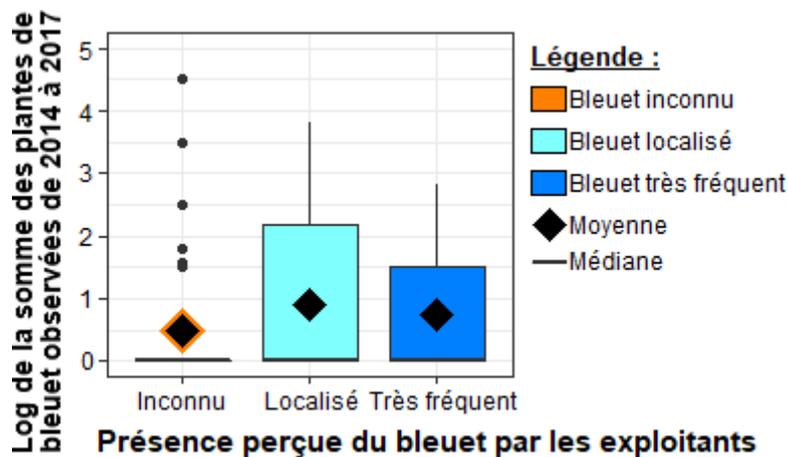
Les notes calculées de perception et de présence des adventices en fonction de l'espèce (figure 22) révèlent que le bleuet est la quatrième espèce à avoir en moyenne l'une des notes de



**Figure 22.** Perception du bleuet par les exploitants en fonction de la présence perçue sur leur parcellaire



**Figure 23.** Perception du bleuet par les exploitants en fonction de la présence perçue sur leur parcellaire.



**Figure 24.** Log de la somme des plantes de bleuet observées de 2014 à 2017 en fonction de la perception de la présence du bleuet par les exploitants sur leur parcellaire.

perception la plus basse (après le salsifis, la nielle des blés et le grémil des champs), et est donc plutôt peu négativement perçue. Parmi les 4 espèces à être en moyenne les mieux acceptées, le bleuet est celle dont la présence perçue est la plus élevée avec une note moyenne de 0,6 pouvant aller jusqu'à 2, c'est-à-dire très fréquente.

La perception du bleuet par les exploitants selon sa présence (figure 23) montre que le bleuet serait non tolérable pour 45 % et gênant et tolérable pour 55% des exploitants qui le perçoivent comme "inconnu" sur leur parcellaire. Pour les exploitants qui le perçoivent comme "localisé" ou "très fréquent", il est non tolérable pour 9 et 18%, et jugé non gênant et tolérable pour respectivement 80% et 68%. Les exploitants qui n'auraient pas de bleuet sont ceux qui le perçoivent plus souvent comme gênant et non tolérable. Ceux le percevant comme "localisé" sont ceux à le considérer davantage non gênant et tolérable, par contre lorsque le bleuet serait "très fréquent", ils sont 10 % de plus à le trouver non tolérable.

La figure 24 présente l'abondance des plantes de bleuet inventoriées de 2014 à 2017 par l'INRA du Magneraud sur leur parcellaire (en log) en fonction de la présence perçue du bleuet par les exploitants. Parmi les 31 exploitants à l'avoir déclaré "inconnu", 7 ont des patches de bleuet entre 2014 et 2017 avec parfois un nombre total de plantes de bleuet important. Les agriculteurs à l'avoir dit "localisé" sont ceux qui ont en moyenne le plus de plantes de bleuet : 0,90 log de la somme de plante. Par contre, ceux à l'avoir dit "très fréquent", ont en moyenne moins de plantes sur leur parcellaire que ceux à l'avoir considéré comme "localisé", et sont ceux à avoir les valeurs maximales de plantes les plus faibles.

D'autre part, 97 % des exploitants estiment qu'une densité de 0-50 plantes/m<sup>2</sup> d'espèces adventices et messicoles serait une densité acceptable. Enfin, à la question s'ils sont prêts à revoir leur itinéraire technique pour favoriser des espèces adventices et messicoles apportant des services écosystémiques (apport de ressources à des auxiliaires des cultures, services de pollinisation...), ils sont 54% à répondre favorablement.

## **IV. Discussion**

### **4.1 Attractivité du bleuet en parcelles de céréales pour les insectes pollinisateurs**

L'objectif est de favoriser les pollinisateurs dont l'abeille domestique dans les agrosystèmes en augmentant la ressource alimentaire à des moments stratégiques de restriction alimentaire comme au mois de juin. L'utilisation du bleuet est pertinente puisqu'il a effectivement fleuri dès le 15 mai et a atteint son pic de floraison entre le 1er et 15 juin. Pour autant, le nombre d'abeilles domestiques observées n'est en moyenne que de 0,198 par placette et relevé. L'une des raisons pourrait être la présence de ressources alternatives. En effet, l'abeille domestique lorsqu'elle est en situation de choix priorise les ressources de qualité et nécessitant le plus faible coût énergétique (distance à parcourir, facilité de récolte...) (Henry *et al.*, 2012 b). Cette année, les



ressources ayant fleuri à cette période pouvant concurrencer le bleuet sont : la ronce commune (*Rubus fruticosus*) dès le 25 mai, puis la ronce à feuilles d'Orme (*Rubus ulmifolius*) à partir du 8 juin, les coquelicots (*Papaver rhoeas* L.), ainsi que les pavots (*Papaver somniferum*) (Chabirand M., communication personnelle, 31 Juillet 2017). L'une des autres raisons pourrait être le manque d'attractivité des placettes pour les abeilles domestiques. Sur la ZA PVS, des transects de 50 mètres sur des patchs d'environ 5 à 100 fleurs de bleuet par m<sup>2</sup> avec capture d'insectes en action de butinage ont été réalisés en 2011. Il en est ressorti que la densité de fleurs avait un effet positif significatif sur l'abondance des abeilles domestiques, des abeilles sauvages et des bourdons (Rollin, 2013). Sur les placettes avec semis de bleuet de 40m<sup>2</sup>, la densité moyenne était elle de 0,25 à 18,2 fleurs par m<sup>2</sup>. L'une des hypothèses pourrait être que les plus faibles densités ne sont pas attractives. Or, lors du pic de floraison, le nombre d'abeilles domestiques a même diminué. La taille des placettes pourrait être trop faible pour que les abeilles exploitent cette ressource, les pollinisateurs préférant des patchs plus grands, les plus petits étant eux proportionnellement moins visités (Waites et Agren, 2004). Chez l'abeille domestique et les bourdons, les choix peuvent être modifiés par un processus d'apprentissage (Baude *et al.*, 2008). Ainsi, s'il y a peu de bleuet dans leur environnement, elles seraient moins attirées. Toutefois, le bleuet peut être visité abondamment par les abeilles domestiques, comme en 2016, lors de suivis de butinage réalisés dans le cadre du projet CASDAR Centaure, 18 abeilles domestiques sont vues en moyenne pour 10 minutes d'observation et 6,5 mètres. La zone faisait dans son ensemble 176 m<sup>2</sup> et la densité était de 10 fleurs par m<sup>2</sup> de début mai à mi-juin.

Il pourrait donc être opportun de tester l'attractivité du bleuet en parcelles de céréales sur des placettes de plus grandes surfaces. D'autres espèces nectarifères pourraient également être testées et comparées au bleuet, comme par exemple le sarrasin ou la vesce (Luka *et al.*, 2016) ou d'autres plantes messicoles dont les pollens sont butinés telles que l'Adonis d'été (*Adonis aestivalis* L.), la Falcaire (*Falcaria vulgaris* Bernh), le Miroir de Vénus (*Legousia speculum-veneris* L.), le Torilis des moissons (*Torilis arvensis* (Huds.) Link) et la Pensée des champs (*Viola arvensis* Murray) (Odoux *et al.*, 2012).

Par placette de 40 m<sup>2</sup> avec semis de bleuet, 11,889 abeilles sauvages sont comptées en moyenne par relevé. Ces insectes réalisent de plus courtes distances que les abeilles domestiques pour rechercher une ressource de nourriture, ce qui pourrait expliquer qu'elles soient plus nombreuses. Toutefois, une augmentation de la distance de 150 m réduit jusqu'à 70% les chances de survie de la descendance (Peterson *et al.*, 2006). Lors des suivis de butinage, de nombreuses abeilles sauvages (du genre *Lasioglossum*), coléoptères floricoles (*Oedemera nobilis*, *Oedemera* sp) et fourmis (*Formicidae* spp.) sont observés sur les boutons probablement en raison de la présence de nectar extra-floral. Cette observation a également été faite par Kopta *et al.*, (2012). Lors des observations, quelques guêpes sont observées, mais celles-ci ne sont



pas identifiées jusqu'à l'espèce, il est alors difficile de dire s'il s'agit d'insectes parasitoïdes. D'après Winkler *et al.*, (2005), le bleuet est visité par les hyménoptères parasitoïdes et améliore la prédation et la reproduction des syrphes. Par ailleurs, il n'est pas fait d'observation d'insectes ravageurs, ce qui aurait pu remettre en cause l'utilisation du bleuet. Ceci peut s'expliquer par une corolle des fleurons de bleuet insuffisamment ouverte pour permettre l'accessibilité du nectar intra-floral à la plupart des insectes phytophages plus généralistes. De plus, la viscosité de son nectar rend difficile sa consommation par les lépidoptères, importante famille de ravageurs (Winkler *et al.*, 2009). Des suivis plus approfondis des auxiliaires et des ravageurs des cultures et des possibles phénomènes de régulation biologique permettraient de communiquer sur ces aspects auprès des agriculteurs.

#### 4.2 Pratiques agronomiques ayant un effet significatif sur la présence du bleuet

Le semis du bleuet dans les parcelles agricoles demande l'appréciation de nombreux critères comme l'influence des pratiques culturales sur sa présence. L'analyse statistique du jeu de données donne des résultats relativement similaires quelle que soit la méthode utilisée. Ainsi 5 variables auraient des effets significatifs en parcelles de colza et 4 en parcelles de céréales.

La plus significative en culture de colza serait la profondeur de travail du sol, elle est plus grande sur les parcelles avec présence de bleuet : 13,5 cm en moyenne, contre 10,5 cm pour celles où il est absent. Cette différence s'explique notamment par le fait qu'il y ait proportionnellement plus de parcelles sans bleuet en semis direct à savoir : 6, contre une avec du bleuet. En effet, le non travail du sol profite aux plantes vivaces et pénalise les annuelles (Cambecèdes *et al.*, 2012). Un travail du sol entre 15 et 20 cm est également préférable à un travail superficiel, puisqu'il réduit le développement des adventices qui pourraient entrer en compétition avec le bleuet (Dutoit, *et al.*, 2003), mais également l'usage de produits herbicides (Pointereau *et al.*, 2010).

La densité de semis en grains/m<sup>2</sup> aurait également un effet significatif, la densité étant plus importante dans les parcelles avec du bleuet. L'une des explications pourrait être que les densités plus faibles permettent le développement d'espèces héliophiles (Fried *et al.*, 2009) et de plantes prairiales et rudérales au détriment d'espèces messicoles (Cambecèdes *et al.*, 2012). Toutefois, les espèces messicoles auraient un succès reproducteur plus faible lorsque la densité de semis augmente (André, 2007 et Pointereau *et al.*, 2010). La fiabilité de la valeur est aussi discutable puisque la densité est calculée à partir d'un pmg moyen, celui-ci n'étant pas renseigné dans les enquêtes agronomiques. De plus, il s'agit de la densité de semis et non du nombre de plantes/m<sup>2</sup> à la levée ou en cours de végétation, il peut donc y avoir d'importants écarts, des agriculteurs pouvant semer plus dense sachant que leur taux de perte est souvent élevé.

Il serait également intéressant d'analyser l'effet des différentes longueurs d'inter-rang en plus de la densité, les espèces messicoles y poussant préférentiellement vu que la compétition y est moins grande (Pointereau *et al.*, 2010). Pour les parcelles avec bleuet, la rotation comprendrait



significativement davantage de cultures d'hiver. Ceci est cohérent avec la bibliographie, le bleuet étant une plante messicole, il est inféodé aux céréales d'hiver comme le blé ou encore le colza, autre culture d'hiver (Jauzein, 2001 ; Friedet *et al.*, 2009 ; Pointereau *et al.*, 2010). Le bleuet ayant un taux annuel de décroissance (TAD) des graines rapide (80 %), les cultures implantées plus de 3 ans comme les prairies et luzernes lui sont défavorables (Dutoit *et al.*, 2003 ; Cambecèdes *et al.*, 2012), tout comme les espèces très compétitives dont le maïs par exemple (Pointereau *et al.*, 2010).

C'est pourquoi, il est surprenant de constater que le nombre de cultures d'hiver a un effet significatif négatif dans le cas de l'analyse des données de parcelles de céréales, le fait qu'il n'y ait que 9 parcelles sur 37 avec bleuet pourraient expliquer cette observation. Il est possible également que le nombre de cultures d'hiver ne soit pas l'une des seules raisons, mais que la succession entre les cultures ait une incidence, il serait donc intéressant d'intégrer ce facteur aux analyses.

La substance active herbicide de mode action K3 (Inhibition de la division cellulaire) aurait notamment un effet significatif positif sur la présence du bleuet. Ce produit est utilisé en pré-semis comme anti-dicotylédones et anti-graminées, et agit par contact au stade germination des adventices. Les produits composés de substance active de mode d'action K3 sont des systémiques sélectifs pénétrant par les organes souterrains avant levée (familles des acétamides, chloracétamides et oxyacétamides (Guillemin, 2017)). En définitive, quelle que soit la substance active possédant ce mode d'action, l'efficacité est jugée insuffisante sur bleuet, soit inférieure à 70% (Marmarot & Rodriguez, 2003). Le mode d'action K3 était déjà remarqué comme paraissant plus utilisé dans les parcelles avec bleuet (Gonzales *et al.*, 2011), l'explication pourrait être que l'utilisation de cette substance active se substitue à d'autres plus efficaces contre le bleuet.

Par contre, la substance active herbicide de mode d'action F3 (Inhibition de la biosynthèse des caroténoïdes, familles des isoxazolidinones et diphényl-ethers (Guillemin, 2017)) aurait un effet significatif négatif sur la présence du bleuet. Le mode d'action F3 est positionné en post-semis et prélevée, il agit à la germination des dicotylédones et de certaines graminées, son efficacité sur bleuet serait selon la substance active moyenne (comprise entre 70 et 85%) à insuffisante (inférieure à 70%) (Marmarot & Rodriguez, 2003).

Les résultats de l'analyse statistique du jeu de données céréales est sans doute à considérer avec plus de prudence étant donné qu'il n'y a que 9 parcelles avec bleuet pour lesquelles il y a une enquête.

La variable à l'effet le plus significatif serait l'IFT fongicide qui est en moyenne presque 2 fois plus faible sur les parcelles avec du bleuet 0,77 contre 1,35 sans bleuet. Il n'est pas fait mention dans la bibliographie d'une incidence des traitements fongicides sur les plantes messicoles. L'effet est très certainement indirect. Il s'agit sans doute d'une variable traduisant davantage une

**Rapport-Gratuit.com**

intensification des pratiques dans les parcelles où le bleuet est absent. Le niveau d'IFT fongicide peut-être lié à des pratiques plus extensives telle une diminution globale des intrants, des rotations courtes avec des céréales d'hiver et le re-semis des semences fermières (Cambecèdes *et al.*, 2012 ; Pointereau *et al.*, 2010).

La taille des parcelles aurait un effet significatif, le bleuet serait plus fréquent sur les parcelles en moyenne plus grandes, 10,87 ha et 6,14 ha pour celles sans bleuet. En parcelles de blé, contrairement aux parcelles de moutarde, la densité de bleuet augmenterait de l'interface vers le plein champ. Cette constatation montre également que le désherbage (plus important au sein des parcelles qu'en bordure) ne peut expliquer à lui seul la répartition du bleuet (Bellanger, 2011). Par contre, la richesse en espèces messicoles augmenterait elle significativement quand la taille des parcelles diminue (Gaba *et al.*, 2010).

L'utilisation des substances actives de mode d'action de type B (Inhibition de l'acétolactate synthase (ALS), d'acides aminés ramifiés : valine, leucine, isoleucine) plus faible dans les parcelles avec du bleuet aurait un effet significatif. Ce mode d'action (famille des sulfonilurées Imidazolinones Triazolopyrimidines Sulfonylaminocarbonyl-triazolinones (Guillemin, 2017)), agit par pénétration foliaire et racinaire, son efficacité est notée satisfaisante (comprise entre 85 et 95%) à moyenne (comprise entre 70 et 85%) (Marmarot & Rodriguez, 2003).

Les facteurs agronomiques influençant la présence du bleuet paraissent différents entre les parcelles de colza et de céréales. Toutefois, la concurrence avec la culture ou les adventices semble l'un des éléments clés, de même que les modes d'action herbicide utilisés lors du désherbage. Les mesures de hauteur de la culture et du bleuet ont mis en avant que la parcelle où la culture était la plus haute était également celle avec le bleuet de plus petite taille. Ceci pourrait s'expliquer par la concurrence de la culture envers cette messicole qui reste prostrée ou se fragilise en cherchant l'accès à la lumière (André, 2007). Sur l'une des 4 parcelles où ont lieu les suivis de butinage, le bleuet a une taille inférieure à celle de la culture, or cela pourrait être préjudiciable à l'attractivité, les insectes se repérant notamment à la forme caractéristique de la végétation (Ricou *et al.*, 2014). Enfin, les semis de bleuet réalisés en placettes sur 9 parcelles révèlent que des IFT herbicides supérieurs à 2 seraient préjudiciables à la présence du bleuet. Cependant, certaines parcelles où le bleuet s'est développé ont tout de même des IFT herbicides entre d'1,6 et 1,75 pour A3 et H3, alors que sur la parcelle C2 où l'IFT est de 0,88, le bleuet s'est peu développé. Le stade des bleuets et les conditions d'application, ainsi que la formulation commerciale des produits, pourraient expliquer ces différences puisque les mêmes substances actives sont utilisées dans les parcelles où il s'est peu ou pas développé.

L'étude des pratiques culturales influençant la présence du bleuet en parcelles agricoles a toutefois quelques limites en raison notamment du faible nombre de parcelles ayant en même temps une enquête et du bleuet (au moins une fois sur les 4 ans) et réduit donc la fiabilité des



résultats. Par conséquent, ceci restreint les propositions éventuelles quant aux pratiques à adapter pour permettre sa présence. La réalisation d'enquêtes des pratiques agronomiques ciblées sur des parcelles où est observé du bleuet permettrait d'augmenter le nombre de parcelles afin d'avoir des échantillons plus importants de parcelles et de mieux discriminer les pratiques. D'autre part, l'utilisation d'enquêtes non réalisées dans le cadre de ce projet comporte également quelques limites. L'utilisation de semences certifiées ou de semences fermières n'a pu être étudiée, or, il s'agirait de l'une des raisons principales du déclin des espèces messicoles (Jauzein, 2004 ; Olivereau, 1996). De plus, le fait de considérer comme parcelles avec du bleuet, celles avec au minimum une fois du bleuet entre 2014 et 2017, ne révèle pas forcément de pratiques favorables à sa présence. Lorsque plusieurs années d'enquêtes agronomiques sont disponibles, la même culture que celle où le patch de bleuet est observé, est retenue pour l'analyse, mais cela n'a pas toujours pu être possible. Enfin, suivre les mêmes parcelles plusieurs années permettrait d'observer l'influence globale de la rotation, et donc des pratiques culturales de chaque année sur la présence du bleuet. En effet, la présence des adventices est liée au stock semencier des parcelles et son expression est dépendante des pratiques, certaines l'affaiblissant considérablement (Waymel et Zambettakis, 2015).

#### 4.3 Perception des plantes messicoles

Certaines pratiques culturales semblent significativement influencer négativement la présence du bleuet, sa réintroduction dans les parcelles agricoles nécessiterait donc l'adaptation de ces pratiques. Toutefois, cela nécessite également que sa présence soit jugée acceptable par les agriculteurs. Les exploitants qui le perçoivent comme "localisé" ou "très fréquent" sur leur parcellaire sont ceux à le juger le plus souvent comme étant non gênant et tolérable. Pour autant, il semblerait que la densité perçue par les agriculteurs soit assez subjective et pas forcément liée à la densité réelle.

En effet, la densité de bleuet semble parfois surestimée, cela pourrait notamment s'expliquer par des confusions avec d'autres espèces lui ressemblant. Ceci indiquerait également qu'il pourrait y avoir une marge d'appréciation concernant sa présence afin d'améliorer son acceptabilité. Par contre, chez d'autres exploitants, les densités de bleuet sont sous-estimées, cela pourrait être dû à une méconnaissance de l'espèce. L'utilisation du bleuet nécessiterait donc en amont la communication d'information sur cette plante. Cette messicole semble donc être une espèce généralement assez bien tolérée par les agriculteurs en ayant en moyenne plus dans leurs cultures. La comparaison des notes d'acceptabilité des 15 espèces d'adventices et messicoles le confirme, puisque le bleuet est la quatrième des mieux acceptées du questionnaire, et parmi ces 4 plantes, celle dont la présence perçue est la plus élevée.

Parmi les agriculteurs ayant répondu au questionnaire sur la perception des messicoles, ils seraient la moitié à être prêts à revoir leurs pratiques culturales afin de favoriser les services écosystémiques. Communiquer sur les bénéfices de ces plantes pourrait être un élément enclin



à sensibiliser les exploitants à la présence de certaines espèces dans leur parcellaire, le bleuet étant l'une des plus propices et adaptées à sa réintroduction dans les agrosystèmes. Il serait intéressant d'améliorer la collecte des données pour optimiser l'analyse, en modifiant par exemple le questionnaire en utilisant des questions fermées à choix multiples, et en explicitant les questions pour éviter d'éventuelles erreurs d'interprétation.

Toutefois, d'autres analyses peuvent être envisagées pour compléter l'analyse de la perception des messicoles, comme la réalisation d'une ACM, afin d'observer s'il existe une typologie d'exploitants agricoles, de combiner leurs réponses aux questions de perception générale des adventices avec celles des 15 espèces d'adventices et messicoles, enfin d'observer selon la réponse à l'ensemble de ces questions, un éventuel lien avec la densité de bleuets inventoriés.

Même si l'adaptation des pratiques culturales permet le développement du bleuet, ce dernier ne doit pas ou très peu pénaliser la marge des exploitants agricoles. C'est pourquoi, dans le cadre du projet, la culture est récoltée pour estimation du rendement sur les placettes avec semis de bleuet pour les 9 parcelles. Les résultats ne sont cependant pas encore connus. Dans le cas d'une perte de rendement trop importante, le revenu des agriculteurs serait alors impacté. L'utilisation du bleuet ne pourra vraisemblablement pas être envisageable, à moins que ne soient créées des mesures de compensation comme en Belgique, avec la MAE "bande de parcelles aménagées", c'est-à-dire la conduite de façon extensive d'une partie de la parcelle, ou encore le semis de bandes d'espèces messicoles directement dans les parcelles, donnant droit à une rémunération de 1 250 €/ha/an (Terzo & Rasmont, 2007).

En outre, les bordures fleuries composées notamment de bleuet favorisent le maintien d'auxiliaires comme les syrphes, les chrysopes, les coccinelles ou les araignées (Cambecèdes *et al.*, 2011). Toutefois, leur intérêt sur la présence des ravageurs (pucerons et criocères (*Oulema* sp.)) s'affaiblit au-delà d'une distance de 11 à 30 m dans les céréales (Luka *et al.*, 2016). Planter du bleuet au sein même des parcelles contribuerait à une agriculture plus durable en favorisant les services écosystémiques. Le bleuet pourrait être également introduit dans d'autres milieux que ceux à vocation de productions agricoles, comme en mélanges mellifères ou même dans les espaces verts urbains, où de surcroît le risque de contamination par les produits phytopharmaceutiques est plus faible pour les insectes pollinisateurs.



## V. Conclusion

L'étude a porté sur les interactions entre l'attractivité du bleuet pour les insectes pollinisateurs et les pratiques agricoles associées. En effet, le semis de bleuet dans les agrosystèmes pourrait être un levier pour lutter contre le déclin des pollinisateurs, dont celui de l'abeille domestique en apportant une ressource de nectar et de pollen à un moment stratégique de pénurie alimentaire, c'est-à-dire entre la floraison du colza et du tournesol.

L'attractivité du bleuet appréciée à partir de suivis de butinage réalisés sur des placettes de semis de bleuet en parcelles de céréales ont mis en évidence qu'il est attractif pour de nombreux pollinisateurs sauvages (abeilles sauvages, syrphes, coléoptères et bourdons), et très peu pour l'abeille domestique. Ceci pourrait s'expliquer par des placettes de trop petite superficie ou à la présence de ressources alimentaires alternatives.

Par ailleurs, les déterminants agronomiques influençant la présence du bleuet restent assez complexes à apprécier. L'analyse des pratiques culturales des parcelles de colza et de céréales avec et sans bleuet mettent en évidence que les déterminants seraient différents entre ces deux cultures, en partie liés à la compétition de la culture ou des adventices avec le bleuet, ainsi qu'aux modes d'action herbicide. Pour autant, les semis de bleuet sur les parcelles DEPHY-Abeille où ont lieu des baisses d'IFT herbicide ne semblent pas suffisants pour permettre son développement.

L'utilisation du bleuet n'est également envisageable que si cette messicole est tolérée par les agriculteurs dans leurs cultures. L'analyse d'une enquête sur la perception de la flore messicole réalisée auprès d'agriculteurs montre que la densité de bleuet perçue n'est pas forcément liée à la densité réelle. Aussi, les exploitants pensant en avoir sur leurs parcelles sont ceux à le juger le plus souvent comme non gênant et tolérable. Le bleuet étant l'une des espèces les mieux perçue du questionnaire, ceci est un signe encourageant quant à son utilisation. De plus, cette espèce a de nombreuses caractéristiques intéressantes comme sa période de floraison en juin, son attractivité vis-à-vis des pollinisateurs sauvages et non des insectes phytophages ravageurs.

Concilier la sauvegarde des insectes pollinisateurs et des messicoles nécessite de trouver un équilibre entre un niveau de ressources florales suffisant et le maintien durable des activités agricoles. Des études complémentaires sur des jeux de données plus importants et pluriannuels pourraient apporter davantage de réponses. En outre, la mise en place de placettes de bleuet de plus grande taille et comportant d'autres espèces messicoles serait à envisager pour tester leur attractivité vis-à-vis des abeilles domestiques, et ainsi favoriser la ou les messicoles les plus adaptées à subvenir à la pénurie alimentaire des pollinisateurs en agrosystèmes.



## Références bibliographiques

### Articles de périodiques

- Alaux C., Ducloz F., Crauser D. et Le Conte Y. (2010). Diet effects on honeybee immunocompetence. *Biology letters*, 6 : 562-565.
- Benton, T. G., Bryant, D. M., Cole L. et Crick H. Q. P. (2002). Linking agricultural practice to insect and bird populations : a historical study over three decades. *Journal of Applied Ecology*, 39 : 673-687.
- Baude M., Dajoz I. et Danchin E. (2008). In advertent social information in foraging bumblebees : effects of flower distribution and implications for pollination. *Animal Behaviour*, 76 : 1863–1873.
- Biesmeijer J. C., Roberts S. P. M., Reemer M., Ohlemüller R., Edwards M., Peeters T., Schaffers A. P., Potts S. G., Kleubers R., Thomas C. D., Settele J. et Kunin W.E. (2006). Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313 : 351-354.
- Bretagnolle V. et Gaba S. (2015). Weeds for bees ? A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35 : 891-909.
- Bukovinszky T., Rikkena I., Eversa S., Wäckers F. L., Biesmeijere J.C., Prinsa H. H. T. et Kleijn D. (2017). Effects of pollen species composition on the foraging behaviour and offspring performance of the mason bee *Osmia bicornis* (L.). *Basic and Applied Ecology*, 18 : 21-30.
- Chauzat, M. P. (2005). L'importance du pollen pour l'abeille domestique. *Bulletin Technique Apicole*, 32 : 11-17.
- Collignon 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 : 3-18.
- Decourtye A., Alaux C., Odoux J. F., Henry M., Vaissière B. E. et Le Conte Y. (2011). Why Enhancement of Floral Resources in Agro-Ecosystems Benefit Honeybees and Beekeepers ? *Ecosystems Biodiversity*, 371-388.
- Desneux N., Decourtye A. et Delpuech J. M. (2007). The Sublethal Effects of Pesticides on Beneficial Arthropods. *Annual review of entomology*, 52 : 81-106.
- 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 permanentes. *Ecoscience*, 10 : 225-235.
- Fiedler A. K. et Landis D. A. (2007). Attractiveness of Michigan Native Plants to Arthropod Natural Enemies and Herbivores. *Community and ecosystem ecology*, 36 : 751-765.
- Fried G., Reboud X., Gasquez J. et Delos M. (2007). Biovigilance flore, a long-term French weed. *Association Française de Protection des plantes*, 315-325.

**Rapport-Gratuit.com**

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

Gaba S., Chauvel B., Dessaint F., Bretagnolle V. et Petit S. (2010). Weed species richness in winter wheat increases with landscape heterogeneity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 138 : 318-323.

Gaba S., Gabriel E., Chadoeuf J., Bonneu F. et Bretagnolle V. (2016). Herbicides do not ensure for higher wheat yield, but eliminate rare plant species. *Scientific Reports*. 6 : 30112.

Gabriel D. et Tscharrntke T. (2007). Insect pollinated plants benefit from organic farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 118 : 43-48.

Gallai N., Salles J.M., Settele J. et Vaissière B.E. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68 : 810-821.

Garibaldi L. A., Carvalheiro L. G., Vaissière B. E., Gemmill-Herren B., Hipólito J. et Freitas B. M. (2016). Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. *Science*, 351 : 388-392.

Gibbons D. W., Bohan D. A., Rothery P., Stuart R. C., Haughton A. J., Scott R. J., Wilson J. D., Perry J. N., Clark S. J., Dawson R. J. G. et Firbank L. G. (2006). Weed seed resources for birds in fields with contrasting conventional and genetically modified herbicide-tolerant crops. *Proceedings of the Royal Society*, 7 : 1921-1928.

González-Varo J. P., Biesmeijer J. C., Bommarco R., Potts S. G., Schweiger O., Smith H. G., Steffan-Dewenter I., Szentgyörgyi H. et Woyciechowski M. (2013). Combined effects of global change pressures on animal-mediated pollination. *Trends in Ecology and Evolution*, 28 : 524-530.

Goulson D., Nicholls E., Botías C., et Rotheray E. L. (2005). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347 : 6229

Heil M. (2011). Nectar : generation, regulation and ecological functions. *Trends in Plant Science*, 16 : 191-200.

Henry M., Beguin M., Requier F., Rollin O., Odoux J. F., Aupine P., Aptel J. et Tchamitchian S., Decourtye A. (2012 a) A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. *Science*, 336 : 348-350.

Henry M., Fröchen M., Maillet-Mezeray J., Breyne E., Allier F., Odoux J.-F. et Decourtye A., (2012 b). Spatial autocorrelation in honeybee foraging activity reveals optimal focus scale for predicting agro-environmental scheme efficiency. *Ecological Modelling*, 225, 103–114.

Jauzein P., (2001). L'appauvrissement floristique des champs cultivés. *Dossiers de l'Environnement de l'INRA*, 21 : 65-78



- Klein A. M., Vaissière B. E., Cane J. H., Steffan-Dewenter I., Cunningham S. A., Kremen C. et Tschamntke T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society*, 274 : 303-313.
- Kopta T., Pokluda R. et Psota V. (2012). Attractiveness of flowering plants for natural enemies. *Horticultural Science*, 39 : 89-96.
- Kremen C. C., Williams N. M. et Thorp R. W. (2002). Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99 : 16812-16816.
- Luka H., Barloggio G. et Pfiffner L. (2016). Les bandes fleuries régulent les ravageurs des cultures maraîchères et favorisent la biodiversité. *Recherche Agronomique, Suisse* 7 : 268–275
- Marshall E. J. P., Brown V. K., Boatman N. D., Lutman P. J., Squire G. R. et Ward L. K. (2003). The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research*, 43 : 77-89.
- Nepi M., von Aderkas P., Wagner R., Mugnaini S., Coulter A. et Pacin E. (2009). Nectar and pollination drops : how different are they ? *Annals of Botany*, 104 : 205 – 219
- Odoux J. F., Aupinel F., Gateff S., Requier F., Henry M. et Bretagnolle V. (2014). ECOBEE : a tool for long-term bee colony monitoring at landscape scale in West European intensive agrosystems. *Journal of Apicultural Research*, 53 : 57–66.
- Odoux, J.F., Feuillet, D., Aupinel, P., Loublier Y., Tasei, J.N. et Mateescu, C., (2012). Territorial biodiversity and consequences on physico-chemical characteristics of pollen collected by honey bee colonies. *Apidologie*, 43, 561–575
- Olivereau F. (1996). Les plantes messicoles des plaines françaises. *Courrier de l'environnement de l'INRA*, 28 : 5-18.
- Ollerton J., Tarrant S. et Winfree R. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals ? *Oikos*, 120 : 321-326.
- Peterson, J. H., Roitberg, B. D. et Peterson, J. H. (2006). Impacts of flight distance on sex ratio and resource allocation to offspring in the leafcutter bee, *Megachile rotundata*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 59 : 589-596.
- Pfiffner L., Schärer H.-J. et Luka H. (2014). Functional biodiversity to improve pest control in annual and perennial cropping systems. *Scientific Conference. 'Building Organic Bridges', at the Organic World Congress*, 13-15.
- Potts S.G., Biesmeijer J.C., Kremen C., Neumann P., Schweiger O. et Kunin W.E. (2010). Global pollinator declines : trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, 55 : 345-353.
- Requier F., Odoux J.F., Henry M. et Bretagnolle V. (2016). The carry-over effects of pollen shortage decrease the survival of honeybee colonies in farmlands. *Journal of Applied Ecology*



- Ricou P., Schneller C, Amiaud B., Plantureux S. et Bockstaller C. (2014). A vegetation-based indicator to assess the pollination value of field margin flora. *Ecological Indicators*, 45 : 320-331.
- Rollin O., Bretagnolle V., Decourtye A., Aptel J. Michele N., Vaissière B.-E. et Henry M. (2013). Differences of floral resource use between honey bees and wild bees in an intensive farming system. *Agriculture, Ecosystems et Environment*, 179 : 78-86.
- Romeis J. et Wäckers F. L. (2002). Nutritional suitability of individual carbohydrates and amino acids for adult *Pieris brassicae*. *Physiological Entomology*, 27 : 148-156.
- Steffan-Dewenter I., Münzenberg U., Bürger C., Thies C. et Tschamntke T. (2002) Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. *Ecology*, 83 : 421-1432.
- Sutcliffe O.L. et Kay Q.O.N. (2000). Changes in the arable flora of central southern England since the 1960s. *Biological Conservation*, 93 : 1-8.
- Thompson J. N. (1989). Concepts of coevolution. *Trends in Ecology et Evolution*, 4 : 179-183.
- Waites A.R. et Ågren J. (2004). Pollinator visitation, stigmatic pollen loads and among-population variation in seed set in *Lythrum salicaria*. *Journal of Ecology*. 92:512–526
- Vanbergen A. J. (2013) Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11: 251–259.
- Winkler K., Wäckers F.L, Valdivia L., Larraz V. et Lenteren V.J. (2003). Strategic use of nectar sources to boost biological control. *Landscape management for functional biodiversity*, 209 - 214.
- Winkler K., Wäckers F.L., Buitriago I. et van Lenteren J.C. (2005). Herbivores and their parasitoids show differences in abundance on eight different nectar producing plants. *Applied Entomology of the Netherlands Entomological Society*, 16 : 125-130.
- Winkler K., Wäckers F.L., Kaufman L.V., Larraz V. et Lenteren V.J. (2009). Nectar exploitation by herbivores and their parasitoids is a function of flower species and relative humidity. *Biological control*, 50 : 299-306.
- Wratten S. D., Gillespie M., Decourtye A., Mader et E. Desneux N. (2012). Pollinator habitat enhancement : Benefits to other ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 159 : 112-122.

## Thèses et rapports

- André J. (2007). Compétitivité des messicoles avec le blé et conséquences pour leur conservation. Rapport de stage DUT GB Agronomie. IMEP et IUT d'Avignon. 2007. 58 p.
- Bellanger S. (2011). Etude de la biologie d'une messicole en régression : le bleuets (*Centaurea cyanus* L.), Doctorat Biologie Végétale, Thèse Université de Bourgogne, Dijon 227 p.



Brunet-Dunand Q. (2013). Effet d'un gradient d'urbanisation sur la diversité des Apiformes et de leurs ressources alimentaires. Mémoire Biologie et Ecologie pour la Forêt, l'Agronomie et l'Environnement, Université de Lorraine, Nancy, 39 p.

Di Pasquale G. (2014). Influence de l'alimentation pollinique sur la santé de l'abeille domestique, *Apis mellifera* L. Doctorat Agro-sciences et Sciences, Thèse de l'université d'Avignon et des pays de Vaucluse, Avignon, 157p.

Gonzalez S., Gorses L. Janoyer E. et Lafon C. (2011). Facteurs et pratiques agronomiques expliquant la présence ou l'absence d'une espèce messicole dans les parcelles agricoles confrontation à une situation professionnelle (CSP). AgroSup Dijon, 38p.

Le Féon V. (2010). Insectes pollinisateurs dans les paysages agricoles : approche pluri-échelle du rôle des habitats semi-naturels, des pratiques agricoles et des cultures entomophiles Doctorat Vie - Agro – Santé, Thèse université de Rennes 1, Rennes, 258p.

Requier F. (2013). Dynamique spatio-temporelle des ressources florales et écologie de l'abeille domestique en paysage agricole intensif. Doctorat de l'environnement, des populations, écologie, Thèse université de Poitiers, Poitiers, 201p.

Rhoné F. (2015). L'abeille à travers champs : quelles interactions entre *Apis mellifera* L et le paysage agricole (Gers 32) ? le rôle des structures paysagères ligneuses dans l'apport de ressources trophiques et leurs répercussions sur les traits d'histoire de vie des colonies. Doctorat Géographie et aménagement, Thèse de l'université de Toulouse, Toulouse, 544p.

Rollin O. (2013). Etude multi-échelle du patron de diversité des abeilles et utilisation des ressources fleuries dans un agrosystème intensif. Doctorat Agro-sciences et Sciences, Université d'Avignon et des pays de Vaucluse, Avignon, 192 p.

Scheid B.E. (2010). The role of sown wildflower strips for biological control in agroecosystems, Doctorat sciences agronomiques, Thèse université de Göttingen, Göttingen, 135 p.

### Communication dans un colloque ou congrès

Valantin-Morison M. et Verret V. (2017). Les plantes de services, de quoi parle-t-on ? Colloque Alliance, 21 p.

GUILLEMIN J.-P. (2017). Les herbicides, la résistances aux herbicides et la gestion des adventices cours pecticide Angers, 54 p.

### Ouvrages

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



Cambecèdes J., Largier G., Lombard A. (2012). Plan national d'actions en faveur des Plantes messicoles 2012 -2017. Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées – Fédération des Conservatoires botaniques nationaux – Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, Paris, 242 p.

Gerster F. (2012). Plan de développement durable de l'apiculture. Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt 31 p.

Marmarot J. et Rodriguez (2003). Sensibilité des mauvaises herbes aux herbicides en grandes cultures, ACTA edition, 372 p.

Marmarot J. et Rodriguez A. (2014). Mauvaises herbes des cultures. Editeur ACTA, 569p.

Melin E. (2012) Botanique apicole, Université de Liège, Institut Botanique, 19 p.

Pointereau P., Coulon F., André J. (2010). Analyse des pratiques agricoles favorables aux plantes messicoles en Midi-Pyrénées Conservatoire Botanique des Pyrénées et de Midi-Pyrénées Rapport technique final, 118 p.

Pointereau P. (2014). Pratiques agricoles et conservation des messicoles. Solagro Formation Ifore Florac, 34 p.

Terzo M., Rasmont P. (2007). Abeilles sauvages, bourdons et autres insectes pollinisateurs.

Les livrets de l'agriculture. Ministère de la Région wallonne. 61 p.

Thiéry D., Blancard D., Armand J.M., Bonnard O. (2014). Dossier de Presse INRA : Les chercheurs volent au secours des abeilles. 28 p.

Waymel J., Zambettakis C. (2015). Déclinaison régionale du plan national d'actions en faveur des plantes messicoles Basse-Normandie 2015 – 2020. DREAL/région. Villers-Bocage : Conservatoire botanique national de Brest, 48 p.

Communication dans un colloque ou congrès

Housset P. (2010). Un patrimoine végétal en déclin à préserver. Séminaire "Vous avez dit messicoles ? Ou comment retrouver nos fleurs de champs", Giverny, 15 p.

## Site web

ARVALIS - Institut du végétal, Terres Inovia et Unilet (2016). Gestion des adventices et désherbage : quels enjeux ? <https://www.arvalis-infos.fr/view-23080-arvarticle.html> (consulté le 29/08/2017)

QGIS (2017)Système d'Information Géographique Libre et Open Source <https://www.qgis.org/fr/site/> consulté le 09/07/2017

NOVA-FLORE (2016). Bleuets sauvages. <http://www.prairie-fleurie.com/produits/graines-de-fleurs/fleur-utile-bleuet-sauvage/> (consulté le 19/05/2017)

**Rapport-Gratuit.com**

# **ANNEXES**



## **Annexe I. Présentation de l'ITSAP – Institut de l'abeille**

L'Institut technique et scientifique de l'apiculture et de la pollinisation est un organisme français créé en 2009 qui a pour objectif de concourir au développement de l'apiculture à travers l'expérimentation, la recherche appliquée, l'assistance technico-économique, l'animation, la diffusion et la formation. Il constitue un appui technique à l'ensemble de la filière apicole.

Ses actions et ses travaux de recherche et d'expérimentation sont décidés par les professionnels de la filière réalisés en concertation étroite avec un réseau d'une vingtaine d'Associations régionales de développement apicole (ADA) et groupements spécialisés nationaux.

### **Ses principales missions sont :**

- Veiller à la santé du cheptel apicole (bioagresseurs, stress chimiques, ressources alimentaires)
- Améliorer le potentiel génétique de l'abeille domestique
- Optimiser les services rendus par la pollinisation à l'agriculture
- Conseiller les exploitations (constitution d'un réseau pour maîtriser et innover les pratiques d'élevage, diffuser les informations...)

### **Les projets**

L'ITSAP-Institut de l'abeille coordonne au niveau national les travaux de recherche et d'expérimentation en apiculture en relation avec les attentes et les préoccupations du terrain contribuant ainsi aux objectifs de compétitivité et de durabilité des exploitations apicoles.

L'un des projets de recherche est actuellement de tester dans le cadre du plan Ecophyto des systèmes de cultures céréalières économes en produits phytosanitaires et favorables aux abeilles dans les exploitations agricoles.

### **Un conseil d'administration et un conseil scientifique**

L'ITSAP-Institut de l'abeille est géré par un conseil d'administration réunissant trente représentants des différentes organisations apicoles et/ou agricoles.

Le Conseil scientifique de l'ITSAP-Institut de l'abeille est composé quant à lui de treize chercheurs choisis pour leurs compétences et leur complémentarité. Il a pour principale mission de vérifier la validité scientifique et technique du programme d'action de l'ITSAP-Institut de l'abeille et sa cohérence avec les orientations stratégiques de l'Institut.

### **Ses financements**

Les sources de financement de l'ITSAP-Institut de l'abeille en 2016 (ITSAP, 2017)

- 26% - CASDAR : PNDAR et appels à projet
- 25% - FranceAgriMer : programme apicole européen, expérimentations, PI3A
- 17% - FEAGA : programme apicole européen
- 23% - Autres financements publics : DGAL, ONEMA
- 9% - Ressources propres : cotisations, prestations de services, ventes...

### **Les services proposés par l'ITSAP**

L'ITSAP-Institut de l'abeille a mis à disposition un annuaire de plus de 50 laboratoires français et des pays limitrophes proposant des analyses sur les matrices apicoles (miel, gelée royale, pollen, cire, abeilles, couvain, pain d'abeilles...).

D'autre part, l'Institut réalise et édite différentes publications (guides pratiques, fiches techniques, lettres trimestrielles d'information, site internet...) en vue de diffuser ses connaissances et d'apporter des réponses face aux problématiques de l'apiculture.



**Annexe II.** Exemple de tableau de données. En bleu les informations contenues dans le fichier au format dbf de localisation des messicoles (coquelicot et bleu) joint spatialement sous QGIS avec le *shape* des assolements lui aussi au format dbf de la Zone Atelier Plaine & Val de Sèvre réalisé par le CEBC-CNRS (couleur verte). Ensuite à partir du fichier Excel contenant la liste des identifiants des parcelles enquêtées et les années, est rajoutée sous R à partir de la fonction *setdiff* (couleur jaune) la colonne « *enquete\_2016* » où est indiquée s'il y a eu une enquête de réalisée pour cette parcelle en 2016. Ces opérations sont répétées pour chaque année.

jointure_id_parcell	enquete_2016	unique_id	ig_id	ig_date	ig_buffer	ig_cla_id	cla_transe	ig_id_plan	nom_francais	ig_terrai	type_terra	ope_id	ope	id_parcell	area	perimeter	nb_ppp	sect_id	exp_id	ass_id	culture_id	cod_e	libelle	age	
2624	non_2016	68	71	22/05/2014	3000	6	11-100	741	Bleuet	21	bord de champs	12	X	2624	27166,5519	916,092489	1	CH		1009	126	31	Ray grass suivi Ray Grass	1	
2624	non_2016	69	72	22/05/2014	3000	6	11-100	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	2624	27166,5519	916,092489	1	CH		1009	126	31	Ray grass suivi Ray Grass	1	
2042	oui_2016	70	73	22/05/2014	3000	6	11-100	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	2042	194403,71	1835,25383	4	CH		230	188	41	Ble	1	
2203	non_2016	71	74	22/05/2014	3000	7	11-100	741	Bleuet	21	bord de champs	12	X	2203	62370,4265	1541,84001	1	CH		1009	254	72	Tournesol	1	
2203	non_2016	72	75	22/05/2014	3000	6	11-100	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	2203	62370,4265	1541,84001	1	CH		1009	254	72	Tournesol	1	
2203	non_2016	73	76	22/05/2014	3000	5	01-10	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	2203	62370,4265	1541,84001	1	CH		1009	254	72	Tournesol	1	
4347	non_2016	74	77	22/05/2014	3000	6	11-100	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	4347	30461,8735	926,251689	1	FO		117	188	41	Ble	1	
4347	non_2016	75	78	22/05/2014	3000	6	11-100	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	4347	30461,8735	926,251689	1	FO		117	188	41	Ble	1	
4192	non_2016	76	79	22/05/2014	3000	6	11-100	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	4192	48985,7622	1002,86008	2	FO		1009	188	41	Ble	1	
4913	non_2016	78	81	22/05/2014	3000	7	11-100	61	Coquelicot	4	champ / culture	12	X	4913	30571,266	784,813768	1	FO		1074	198	44	Orge d'hiver	2	
4913	non_2016	79	82	22/05/2014	3000	7	11-100	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	4913	30571,266	784,813768	1	FO		1074	198	44	Orge d'hiver	2	
4767	oui_2016	80	83	22/05/2014	3000	5	01-10	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	4767	31293,0446	972,02844	1	FO		118	254	72	Tournesol	1	
4726	non_2016	81	84	22/05/2014	3000	6	11-100	741	Bleuet	21	bord de champs	12	X	4726	13607,2957	512,071199	1	FO		1074	198	44	Orge d'hiver	1	
4726	non_2016	82	85	22/05/2014	3000	6	11-100	741	Bleuet	4	champ / culture	12	X	4726	13607,2957	512,071199	1	FO		1074	198	44	Orge d'hiver	1	
4647	non_2016	83	86	22/05/2014	3000	7	11-100	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	4647	45544,4321	1163,96201	2	FO		118	126	31	Ray grass suivi Ray Grass	1	
4647	non_2016	84	87	22/05/2014	3000	6	11-100	741	Bleuet	21	bord de champs	12	X	4647	45544,4321	1163,96201	2	FO		118	126	31	Ray grass suivi Ray Grass	1	
4731	non_2016	85	88	22/05/2014	3000	6	11-100	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	4731	19366,3362	558,641892	1	FO	689		118	126	31	Ray grass suivi Ray Grass	1
4647	non_2016	86	89	22/05/2014	3000	7	11-100	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	4647	45544,4321	1163,96201	2	FO		118	126	31	Ray grass suivi Ray Grass	1	
4462	non_2016	87	90	22/05/2014	3000	6	11-100	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	4462	36341,8562	838,048325	1	FO		118	126	31	Ray grass suivi Ray Grass	1	
4531	non_2016	88	91	22/05/2014	3000	6	11-100	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	4531	23041,9136	932,260895	3	FO	290		118	219	61	Lin	1
4531	non_2016	89	92	22/05/2014	3000	6	11-100	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	4531	23041,9136	932,260895	3	FO	290		118	219	61	Lin	1
4454	non_2016	90	93	22/05/2014	3000	6	11-100	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	4454	36486,6835	882,570185	1	FO		1074	198	44	Orge d'hiver	1	
4463	non_2016	91	94	22/05/2014	3000	6	11-100	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	4463	45446,7408	940,736591	1	FO	290		118	227	62	Pois	1
4369	non_2016	92	95	22/05/2014	3000	5	01-10	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	4369	8196,62261	386,364137	3	FO		118	213	50	Colza	1	
4462	non_2016	93	96	22/05/2014	3000	6	11-100	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	4462	36341,8562	838,048325	1	FO		118	126	31	Ray grass suivi Ray Grass	1	
4369	non_2016	94	97	22/05/2014	3000	5	01-10	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	4369	8196,62261	386,364137	3	FO		118	213	50	Colza	1	
4467	non_2016	95	98	22/05/2014	3000	6	11-100	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	4467	20212,242	680,463117	2	FO	689		118	192	42	Ble barbu	1
4455	non_2016	96	99	22/05/2014	3000	5	01-10	61	Coquelicot	21	bord de champs	12	X	4455	19066,8622	590,079867	4	FO		118	126	31	Ray grass suivi Ray Grass	1	
4436	non_2016	97	100	22/05/2014	3000	6	01-10	741	Bleuet	21	bord de champs	12	X	4436	8135,19363	501,307881	1	FO	645		111	27	Feverolles	1	



### Annexe III. Tableau de toutes les variables

Nom de la variable	Descriptif de la variable	Références bibliographiques
Type_Exploit	Type d'exploitation : grande culture ou polyculture élevage	Richesse en espèces messicoles serait maximale sur les exploitations en polyculture-élevage (Cambecède <i>et al.</i> , 2012 ; Pointereau <i>et al.</i> , 2010 ; Fried, 2007)
Syst_Prod	Système de production : conventionnel, raisonné ou biologique	Exploitations en agriculture biologique n'étant pas forcément plus riches en messicoles (Waymel, 2015)
Type_Sol	Type de sol de la parcelle	Le bleuet peut se rencontrer sporadiquement partout en France, sur tous types de sols, calcaires ou acides (Olivereau, 1996).
Culture_Hiver	Nombre de cultures d'hiver (céréales et colza) de l'année n à n-10	Certaines espèces cultivées favorisent la présence du bleuet comme les céréales d'hiver, colza (Jauzein, 2001 a ; Fried <i>et al.</i> , 2009 ; Pointereau <i>et al.</i> , 2010).
Céréale	Nombre de céréales d'hiver (blé et orge) de l'année n à n-10	
Colza	Nombre de cultures de colza de l'année n à n-10	
Tournesol	Nombre de cultures de tournesol de l'année n à n-10	
Culture_preced	Culture précédente (n-1)	
Culture_suivante	Culture suivante (n+1)	
Surface_Ha	Superficie de la parcelle en hectare	La richesse en messicoles augmente significativement quand la taille des parcelles diminue (Gaba, 2009)
Densite_Semis	Densité de grains semés par m <sup>2</sup>	La densité de semis influencerait la compétitivité (Pointereau <i>et al.</i> , 2010)
Enrobage	Si enrobage des semences et produits d'enrobage	
Rdt_Qtx	Rendement en quintaux par hectare	Rendement inférieur peut être en raison de pratiques plus extensives
Nbr_W_Sol	Nombre de passages d'outil de travail du sol	Le faux semis et le désherbage mécanique détruisent la plupart des messicoles (Pointereau <i>et al.</i> , 2010).
Labour	Présence d'un labour	Le labour empêche le développement des adventices très compétitives et réduit l'emploi d'herbicides (Dutoit, 2003).
Profondeur_Max	Profondeur de travail du sol maximale	L'idéal serait un travail du sol d'automne entre 15 et 20 cm de profondeur (Roche, 2002 ; Dutoit <i>et al.</i> , 2003).
Semaine_Semis	Semaine de semis, correspondant ici au dernier travail du sol	Dates de semis les plus favorables aux messicoles : début septembre à fin octobre. Semis plus tardifs préjudiciables aux espèces à germination automnal comme le bleuet (Pointereau <i>et al.</i> , 2010).
Azote	Nombre d'unités d'azote par hectare	Le bleuet, espèce nitrophile (Schweitzer, 2014)
IFT	IFT total	
IFT_H_H	IFT_ hors produits herbicides	
Fongicide	IFT des produits fongicides	
Insecticide	IFT des produits insecticides	Les insecticides peuvent participer à l'affaiblissement de la flore messicole (Pointereau <i>et al.</i> , 2010).
Herbicide	IFT des produits herbicides	IFT inférieur à 1 peut être compatible avec une flore messicole (Bellanger, 2011 ; Jauzein 2001)
Date_Desherb	Période de désherbage d'hiver et ou de printemps	
Nbr_ttt_H	Nombre de traitements herbicides réalisés sur la culture du semis à la récolte	
Nbr_SA_H	Nombre de substances actives herbicides mises sur la culture du semis à la récolte	
SA_B	Substance active de mode d'action B : Inhibiteurs ALS (acétolactate synthétase)	



Nom de la variable	Descriptif de la variable	Références bibliographiques
SA_O	Substance active de mode d'action O : Action similaire acide indole acétique	
SA_C2	Substance active de mode d'action C2 : Inhibition photosynthèse au niveau du photosystème II	
SA_C3	Substance active de mode d'action C3 : Inhibition photosynthèse/photosystème II	
SA_E	Substance active de mode d'action E : Inhibition de la photoporphyrinogène oxydase (PPO)	
SA_F1	Substance active de mode d'action F1 : Inhibition de la biosynthèse des caroténoïdes au niveau de la phytoène désaturase (PDS)	
SA_F2	Substance active de mode d'action F2 : Inhibition de l'hydroxyphenyl-pyruvate-dioxygénase(4-HPPD)	
SA_F3	Substance active de mode d'action F3 : Inhibition de la biosynthèse des caroténoïdes (cibles inconnues)	
SA_G	Substance active de mode d'action G : Inhibition de la phosphénolpyruvate shykimate synthétase (EPSP)	
SA_K1	Substance active de mode d'action K1 : Inhibition de l'assemblage des microtubules	
SA_K3	Substance active de mode d'action K3 : Inhibition de la division cellulaire(VLCFAs)	
SA_N	Substance active de mode d'action N : Inhibition de la synthèse des lipides (autres que ACCases)	

Légende :

Variables disponibles dans les enquêtes

Variables calculées ou recherchées à partir des enquêtes

**Rapport-Gratuit.com**

**Annexe IV.** Tableau synthétique des moyennes et écarts-types de toutes les variables disponibles

	Colza				Céréales			
	Absent		Bleuet		Absent		Bleuet	
	Moyenne	Ecartype	Moyenne	Ecartype	Moyenne	Ecartype	Moyenne	Ecartype
SurfaceHa	<b>6,358</b>	5,008	<b>8,523</b>	5,654	<b>6,14</b>	5,778	<b>10,868</b>	4,917
GrainMetrecarre	<b>43,833</b>	18,833	<b>57,313</b>	25,474	<b>289,307</b>	44,99	<b>281,675</b>	96,115
RdtQtx	<b>32,257</b>	9,766	<b>30,529</b>	3,794	<b>62,5</b>	14,965	<b>63,111</b>	16,136
WduSolNbr	<b>4,286</b>	0,6	<b>4,294</b>	1,263	<b>3,786</b>	0,995	<b>4,143</b>	0,69
LabourNbr	<b>0,428</b>	0,504	<b>0,706</b>	0,469	<b>0,357</b>	0,488	<b>0,571</b>	0,535
ProfondeurMax	<b>10,571</b>	6,021	<b>13,647</b>	4,415	<b>12,192</b>	4,639	<b>14,714</b>	3,729
Semaine de semis	<b>34,893</b>	0,916	<b>34,824</b>	0,883	<b>43</b>	2,048	<b>41</b>	2,878
IFT	<b>5,794</b>	1,945	<b>6,109</b>	2,873	<b>3,748</b>	2,235	<b>3,062</b>	1,474
IFThorsHerbi	<b>3,643</b>	1,198	<b>3,809</b>	1,968	<b>2,122</b>	1,196	<b>1,697</b>	1,336
Fongicide	<b>0,794</b>	0,511	<b>0,661</b>	0,247	<b>1,353</b>	0,76	<b>0,777</b>	0,52
Insecticide	<b>2,653</b>	1,113	<b>2,914</b>	1,519	<b>0,3</b>	0,436	<b>0,597</b>	0,898
Herbicide	<b>2,28</b>	1,09	<b>2,376</b>	1,323	<b>1,717</b>	1,605	<b>1,365</b>	0,435
Nbr_produit	<b>2,929</b>	1,274	<b>3,176</b>	19,441	<b>2,071</b>	1,274	<b>2,333</b>	0,5
Nbr_SA_He	<b>2,035</b>	0,962	<b>2,235</b>	0,903	<b>1,926</b>	1,071	<b>2</b>	0,866
Culture_Hiver	<b>7,25</b>	2,303	<b>8,529</b>	1,231	<b>7,741</b>	1,788	<b>7,111</b>	2,571
Cereales	<b>5,071</b>	1,654	<b>5,476</b>	1,179	<b>6,296</b>	1,488	<b>6</b>	1,658
Colza	<b>2,179</b>	1,09	<b>3,059</b>	0,747	<b>1,444</b>	1,086	<b>1,111</b>	1,453
Tournesol	<b>1,286</b>	1,013	<b>1,235</b>	0,831	<b>1,222</b>	0,892	<b>1,888</b>	1,616
nbrproduit	<b>2,928</b>	1,274	<b>3,176</b>	1,944	<b>2,071</b>	1,275	<b>2,333</b>	0,5
SA_B	<b>0</b>	0	<b>0</b>	0	<b>0,889</b>	1,219	<b>0,333</b>	0,707
SA_O	<b>0,464</b>	0,508	<b>0,5294</b>	0,514	<b>0,518</b>	0,58	<b>0,444</b>	0,527
SA_C2	<b>0,036</b>	0,189	<b>0</b>	0	<b>0,214</b>	0,499	<b>0,111</b>	0,333
SA_C3	<b>0</b>	0	<b>0</b>	0	<b>0,143</b>	0,448	<b>0,444</b>	0,882
SA_E	<b>0</b>	0	<b>0</b>	0	<b>0,036</b>	0,189	<b>0</b>	0
SA_F1	<b>0</b>	0	<b>0</b>	0	<b>0,679</b>	0,67	<b>0,555</b>	0,726
SA_F2	<b>0,393</b>	0,685	<b>0,647</b>	0,862	<b>0</b>	0	<b>0</b>	0
SA_F3	<b>0,571</b>	0,504	<b>0,412</b>	0,508	<b>0</b>	0	<b>0</b>	0
SA_G	<b>0,071</b>	0,262	<b>0,118</b>	0,332	<b>0,071</b>	0,262	<b>0,333</b>	0,5
SA_K1	<b>0,357</b>	0,559	<b>0,294</b>	0,47	<b>0</b>	0	<b>0</b>	0
SA_K3	<b>2 ,214</b>	0,956	<b>2,647</b>	0,931	<b>0,036</b>	0,189	<b>0,333</b>	0,707
SA_N	<b>0,036</b>	0,189	<b>0</b>	0	<b>0,036</b>	0,189	<b>0</b>	0



**Annexe IV.** Tableau synthétique des moyennes et écarts-types de toutes les variables disponibles

Variables	Colza		Céréales	
	Absent	Bleuet	Absent	Bleuet
<b>Type de sol</b>				
Groie superficiel	57 %	82 %	57 %	56 %
Groie moyenne à profonde	25 %	18 %	21 %	44 %
Groie hydromorphe	11 %	0 %	14 %	0 %
Terre rouge	7 %	0 %	4 %	0 %
<b>Exploitation</b>				
Grande culture	43 %	65 %	57 %	56 %
Polyculture élevage	57 %	35 %	43 %	44 %
<b>Système de production</b>				
Conventionnel	36 %	41 %	29 %	11 %
Raisonné	64 %	59 %	64 %	89 %
Biologique	0 %	0 %	7 %	0 %
<b>Périodes de désherbage</b>				
Hiver	60 %	65 %	21 %	11 %
Printemps	0 %	0 %	14 %	33 %
Printemps et hiver	39 %	36 %	54 %	56 %



**Annexe V.** Questionnaire à destination des exploitants du réseau ECOPHYTO EXPE DEPHY-Abeille pour connaître leurs pratiques

**Point sur les pratiques réalisées :**

Nom exploitant :	N° Parcelle :	Culture :
------------------	---------------	-----------

**Semis**

				TEMOIN	EXPE
Variété:	Date de semis :	Densité semis :	Enrobage Nom commercial ou cible (I/F/I&F):	oui/non	oui/non

Si Parcelle de blé : Si enrobage de semence insecticide (imidaclopride type GAUCHO/FERIAL), efficacité de l'enrobage cette année (compte tenu du nombre important de symptômes dans le secteur) ? Si pas d'enrobage insecticide, est-ce une prise de risque selon vous?

**Travail du sol / interventions en période d'inter-culture**

			Zone TEMOIN	Zone en EXPE
	Date	Cible(s) et dose		
Labour Déchaumage Faux-semis Semi-direct Herbicides totaux Anti-limaces				

**Fertilisation**

			Zone TEMOIN	Zone en EXPE
	Date	Nature produit	unité	unité
Rmq : 2 à 3 apports en colza et 3 à 4 apports en blé				
			Total d'unité :	Total d'unité :



Nom exploitant :                      N° Parcelle :                      Culture :

<b>Herbicides</b>		Cible(s) (nom adventice ou complet / anti-dicot/ anti graminées)	Zone TEMOIN	Zone en EXPE
Date	Nom du produit		Dose	Dose

<b>Insecticides Blé: pucerons automne (porteur virose JNO)</b>				Zone TEMOIN	Zone en EXPE
Date	Horaire	Nom du produit	Cible(s)	Dose	Dose

<b>Fongicides Blé: printemps Piétin Verse, Septoriose...</b>				Zone TEMOIN	Zone en EXPE
Date	Horaire	Nom du produit	Cible(s) ?	Dose	Dose

Quelle culture envisagée ensuite ?

Y a-t-il une interculture envisagée ? Si oui, quelle(s) espèce(s) ?



**Annexe VI. Classes de pollinisateurs**

**Abeille domestiques**



A. (Vialloux, 2017)

**Abeilles sauvages**



B. (Gourrat, 2017)

C. et D. (Vialloux, 2017)

**Bourdons**



E. (Gourrat, 2017)

**Syrphes**



F. (Gourrat, 2017)

**Coleoptères**



G. et H. (Vialloux, 2017)

**Papillons**



I. et J. (Vialloux, 2017)

**Fourmis**

**Mouches**

**Autres hyménoptères**

**Rapport-Gratuit.com**

**Questionnaire Messicoles / Casdar CENTAURE** : A intégrer dans les entretiens « pratiques agricoles » réalisées chez les agriculteurs de la ZA de Chizé.

1. Comment percevez-vous la présence des plantes sauvages (adventices) dans vos parcelles ? (réponse libre)
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
2. Avez-vous, en général, des problèmes de gestion des adventices dans vos parcelles ?
  - a. Oui
  - b. Non
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
3. Quelle est votre stratégie de lutte contre les adventices ? (Entourez la réponse):
  - a- Lutte chimique et/ou mécanique, quasi systématique pour assurer le rendement.
  - b- Gestion intégrée grâce à de nouvelles techniques (plantes compagnes de la culture principale, culture sous couvert, intercultures systématiques, faux-semis...)
  - c- Stratégie opportuniste selon abondance ou risques
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
4. A partir de la planche de photos, précisez pour chaque espèce la perception que vous en avez quant à sa répartition dans la parcelle, la gêne occasionnée et sa tolérance. Cochez « inconnue » si vous ne la connaissez pas.
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
5. A partir de combien de plantes au m<sup>2</sup> la présence d'espèces adventices messicoles (principalement les espèces citées ci-dessus) vous paraît-elle acceptable dans votre culture ? Entourez votre réponse
  - a. 0-50 plantes / m<sup>2</sup>
  - b. 50-200 plantes / m<sup>2</sup>
  - c. >200 plantes / m<sup>2</sup>

6. Seriez-vous prêt à revoir votre itinéraire technique afin de favoriser des espèces adventices messicoles (voir la planche) apportant des services écosystémiques (apport de ressources à des auxiliaires des cultures, service de pollinisation ...) ?
- Oui
  - Non
7. Quelles informations ou appuis techniques auriez-vous besoin pour vous aider dans vos réflexions sur la gestion des espèces adventices messicoles (voir planche) sur vos parcelles ? (réponse libre)

#### Définitions / A rappeler éventuellement à l'agriculteur

- Messicoles : Pour Aymonin (1962) : « les messicoles sont des plantes annuelles ayant un cycle biologique comparable à celui des céréales et sont très inféodées au milieu "moisson" ».



**A – Ammi élevée–**  
*Ammi majus*



**B – Anthémis –**  
*Anthemis arvensis*



**C- Bleuets-**  
*Cyanus segetum*



**D - Coquelicot –**  
*Papaver rhoeas*



**E – Chrysanthème des moissons -**  
*Chrysanthemum segetum*



**F – Grémil des champs –**  
*Buglossoides arvensis*



**G - Mercuriale –**  
*Mercurialis annua*



**H – Morelle noire –**  
*Solanum nigrum*



**I - Moutarde des champs**  
– *Sinapis arvensis*



**J – Nielle des blés –**  
*Agrostemma githago*



**K - Pensée des champs –**  
*Viola arvensis*



**L - Pissenlits -**  
*Taraxacum sp*



**M - Salsifis –**  
*Tragopogon pratensis*



**N - Scandix Peigne-de-Vénus -**  
*Scandix pecten-veneris*



**O - Véronique – Veronica**  
*persica*





	Diplôme / Mention : Biologie et Technologies du Végétal Spécialité : Production et Technologie du Végétal (ProTeV) Parcours : Productions Végétales Spécialisées Option : Produits phytosanitaires, réglementation et méthodes alternatives
Auteur(s) : ROUSSELET Solenne Date de naissance : 07/11/1993	Organisme d'accueil : ITSAP-Institut de l'Abeille Adresse : 149 rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12
Nb pages : 32                      Annexe(s) : 7	
Année de soutenance : 2017	Maître de stage : GOURRAT Marine
Titre français : Etude des interactions entre attractivité de la flore adventice pour les insectes pollinisateurs et pratiques agricoles associées Titre anglais : Study of the interactions between the attractiveness of the weeds for pollinators and associated agricultural practices	
<b>Résumé</b> Les pollinisateurs dont l'abeille domestique subissent actuellement un préoccupant déclin de leur population en cause notamment du manque de ressources alimentaires. Le semis de bleuets pourrait être un levier pour lutter contre ce déclin en apportant du nectar et du pollen au moment de la pénurie. L'objectif de ce stage est d'étudier les interactions entre l'attractivité du bleuet pour les pollinisateurs et les pratiques agricoles associées et s'inscrit dans le cadre du CASDAR Centaure "Sélection du bleuet (Centaurea Cyanus) comme plante de service". L'un des volets est l'étude de bleuets semés en parcelles de céréales où des suivis de butinage sont réalisés. Ceux-ci ont mis en évidence que le bleuet est attractif pour de nombreux pollinisateurs sauvages (abeilles sauvages, syrphes, coléoptères et bourdons), et très peu pour l'abeille domestique. Les déterminants agronomiques influençant la présence du bleuet sont étudiés en analysant les pratiques culturales de parcelles de colza et de céréales avec et sans bleuet. Ils seraient différents entre ces deux cultures et en partie liés à la compétition de la culture ou des adventices avec le bleuet, ainsi qu'aux modes d'action herbicide. L'analyse d'une enquête sur la perception de la flore messicole réalisée auprès d'agriculteurs afin d'apprécier notamment leur tolérance à la présence du bleuet montre que ceux pensant en avoir sur leurs parcelles sont ceux à le juger le plus souvent comme non gênant et tolérable. Pour autant, il semblerait que la densité perçue par les agriculteurs ne soit pas forcément liée à la densité réelle. Le bleuet est une plante aux caractéristiques favorables pour les pollinisateurs, mais des études complémentaires seraient nécessaires pour mieux apprécier les conditions favorables à son implantation en parcelles agricoles.	
<b>Abstract :</b> The pollinators including honeybees are currently facing a worrying decline of their population particularly caused by a lack of food resources. Sowings of cornflower could be a lever to fight against this decline by bringing nectar and pollen at the strategic moment of this shortage. The objective of the internship is to study the interactions between the attractiveness of cornflower for pollinators and the associated agricultural practices, it's a part of the CASDAR Centaure "Selection of cornflower (Centaurea Cyanus) as a service plant". One of the parts is the study of cornflowers sown in cereal plots where follow-ups of forage are realized. These follow-ups highlighted that cornflower is attractive for many wild pollinators (wild bees, hoverflies, beetles and bumblebees), and not much for domestic bee. The presence of the cornflower being influenced by agronomic determinants are studied by analysing the cultural practices of plots of land of colza and cereals with and without cornflower. In each these two crops, agronomic determinants would be different and partially related to the competition in the cultivation or to the weeds which are present with cornflower and also to herbicidal modes of action. Analysis of a survey on the perception of segetals realized with farmers to especially estimate their tolerance to the presence of cornflower, shows that those who think they have cornflower on their plots judge it most often as not annoying and tolerable. However, it seems that density perceived by farmers is not necessarily linked to real density. Finally, cornflower is a plant with favourable characteristics for pollinators and is one of the most positively perceived by the farmers, further studies would be necessary to appreciate better the favourable conditions for cornflower planting in agricultural plots.	
<b>Mots-clés :</b> bleuet, attractivité, pollinisateurs, adventices, messicoles, déterminants agronomiques <b>Key Words:</b> cornflower, attractiveness, pollinators, weeds, segetals, agronomic determinants	