



Centre International de Hautes Études Agronomiques Méditerranéennes  
Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier

# Méthodes de lutte alternatives aux produits phytosanitaires

Réalisée par **Kaoutar EL OUALYDY**

Sous la direction de **Philippe LE GRUSSE** et **Didier MERY**

*Jury*

.....Président  
.....Membre  
.....Membre

**THESE PRESENTEE EN VUE DE L'OBTENTION DU  
DIPLOME DE HAUTES ÉTUDES DU CIHEAM**

## MASTER OF SCIENCE

**11 Février 2022**

- 1 -





Centre International de Hautes Études Agronomiques Méditerranéennes  
Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier

# Méthodes de lutte alternatives aux produits phytosanitaires

Réalisée par **Kaoutar EL OUALYDY**

Sous la direction de **Philippe LE GRUSSE** et **Didier MERY**

*Jury*

.....Président  
.....Membre  
.....Membre

**THESE PRESENTEE EN VUE DE L'OBTENTION DU  
DIPLOME DE HAUTES ÉTUDES DU CIHEAM**

## MASTER OF SCIENCE

**11 Février 2022**

# Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma vive gratitude ainsi que le témoignage de mon profond respect au **Monsieur Didier MERY** pour les propositions judicieuses, inhérentes au choix du sujet de ce projet de fin d'étude, pour les efforts inlassables, et pour son encadrement irréprochable et sa disponibilité, les sages conseils déployés pour que ce travail soit bien élaboré. Pour votre aptitude intellectuelle, vos compétences professionnelles, ainsi que votre modestie et votre soutien indéfectible durant toutes les étapes de ce travail. Veuillez accepter mes sincères remerciements de même que le témoignage de mon profond respect.

Mes vifs remerciements s'adressent **Pr. Philippe LE GRUSSE** pour avoir accepté d'encadrer ce travail, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils. Je suis reconnaissant aussi pour la confiance qu'elle m'a accordée et de m'avoir suivi avec bienveillance et rigueur scientifique.

Mes plus vifs remerciements ainsi que mon respect s'adressent également à **la Chambre d'Agriculture de Dordogne** de m'avoir accueilli et de l'implication pour que mon stage se déroule dans les meilleures conditions.

Je tiens à remercier **Monsieur Pierre DELAIRE** pour son accueil et son accord pour l'installation de l'essai au sein de son exploitation et bien sûr pour l'échange et ses précieux conseils, toujours au bon moment, ainsi que pour sa présence et sa participation effective au déroulement de ce projet.

Je souhaite également remercier tous **les producteurs du réseau DEPHY** pour leur accueil chaleureux et leur ouverture. Je les remercie également pour le temps qu'ils m'ont consacré. Mes remerciements s'adressent également au Groupe technique Sud-Ouest Noix de la Dordogne pour les échanges et leurs conseils.

Je saisis cette opportunité pour remercier tout le corps **enseignant de l'IAMM** en général et les enseignants du Master 2 Gestion Agricole et Territoire en particulier. Je remercie en particulier **Madame Rafaèle Sarrade** et toute l'équipe de centre de documentation.

# Résumé

Le développement de stratégies de production qui réduisent le recours aux pesticides est un enjeu majeur dans l'agriculture. La prise de conscience des risques sanitaires que ce soit pour l'applicateur directement exposé aux produits ou pour les consommateurs via la présence potentielle de résidus dans les produits alimentaires (Lee et al., 2004) a conduit les pouvoirs publics à réagir en renforçant les contraintes législatives liées à la commercialisation et l'utilisation des pesticides. Par ailleurs, l'engouement pour les produits alimentaires issus de l'agriculture biologique (Agence Bio, 2008) traduit notamment une attente de plus en plus marquée des consommateurs pour des produits issus d'une agriculture plus respectueuse de l'environnement. De fait, les produits phytosanitaires ont un impact négatif important sur l'environnement, par exemple sur la qualité de l'eau des cours d'eau (Aubertot et al. 2005) ou sur la biodiversité (MacLaughlin, 1995). L'utilisation massive d'insecticides pour lutter contre les ravageurs n'est donc pas compatible avec les objectifs actuels de durabilité de la production agricole.

Il devient donc indispensable de concevoir des systèmes de production ayant recours à des méthodes alternatives de lutte contre les ravageurs des cultures.

Le carpocapse est un ravageur de la noix qui provoque des dégâts parfois importants. Les chutes de fruits passent parfois inaperçues en début de saison mais peuvent atteindre jusqu'à 30 % dans certaines parcelles. Ce papillon vole essentiellement à la tombée du jour. Les adultes n'ont aucun impact direct sur les cultures. Ce sont les larves qui causent des dégâts majeurs en consommant exclusivement les fruits (Audemard, 1991).

L'objectif de cette étude, est de tester l'efficacité de la lutte alternative contre ce lépidoptère. La **Confusion Sexuelle** est la technique utilisée et qui fait partie des alternatives aux pesticides. Afin d'évaluer l'efficacité de cette méthode sur les noyers, un essai a été mis en place avec l'installation du système de piégeages et des différentes méthodes de la confusion sexuelle (Ginko Ring, billes à phéromones M2I avec une pose et billes à phéromones M2I avec deux poses). Le suivi de vol du carpocapse a été réalisé avec des relevés de pièges toutes les semaines pendant 5 mois.

Le suivi régulier des parcelles correspond aux 4 modalités a fourni des chiffres sur la différence de pression du carpocapse d'une modalité à l'autre, ainsi nous avons constaté une plus forte pression du carpocapse dans la parcelle de confusion sexuelle avec une seule pose des billes à phéromone M2I. Les résultats des relevés ne sont pas significatifs, ceci peut être expliqué par le système de piégeage qui est hyper attractif et la faible pression du carpocapse. Donc ce verger se caractérise par une faible pression du carpocapse, cette faible pression explique les dégâts relativement faibles constatés à la récolte.

**Mots clés auteur :** Noix, *Cydia pomonella*, pièges, dégât, confusion sexuelle, Ginko-Ring, Billes à phéromone M2I, Dordogne.

**Title: Alternative methods to phytosanitary products**

## Abstract

The development of production strategies that reduce the use of pesticides is a major issue in agriculture. Awareness of the health risks, whether for the applicator directly exposed to the products or for consumers via the potential presence of residues in food products (Lee et al., 2004) has led the public authorities to react by strengthening legislative constraints related to the marketing and use of pesticides. In addition, the infatuation for food products from organic farming (Agence Bio, 2008) reflects in particular an increasingly marked expectation of consumers for products from agriculture that is more respectful of the environment. In fact, plant protection products have a significant negative impact on the environment, for example on the water quality of rivers (Aubertot et al. 2005) or on biodiversity (MacLaughlin, 1995). The massive use of insecticides to control pests is therefore not compatible with the current objectives of sustainability of agricultural production.

It is therefore essential to design production systems using alternative methods of controlling crop pests.

*Cydia pomonella* is a pest of walnut which sometimes causes significant damage. Fruit falls sometimes go unnoticed at the start of the season but can reach up to 30% in some plots. This butterfly flies mainly at dusk. Adults have no direct impact on crops. It is the larvae that cause major damage by consuming the fruit exclusively (Audemard, 1991).

The objective of this study is to test the effectiveness of the alternative control against this lepidopteran. Sexual Confusion is the technique used and which is one of the alternatives to pesticides. In order to evaluate the effectiveness of this method on walnut trees, a test was set up with the installation of the trapping system and the different methods of sexual confusion (Ginko Ring, M2I pheromone balls with a pose and balls M2I pheromones with two poses). Codling moth flight monitoring was carried out with weekly trap surveys for 5 months.

Regular monitoring of the plots corresponds to the 4 modalities provided figures on the pressure difference of the *Cydia pomonella* from one modality to another, so we observed a greater pressure of the *Cydia pomonella* in the sexual confusion plot with a single placement of the codling moth. M2I pheromone beads. The results of the surveys are not significant, this can be explained by the trapping system which is very attractive and the low pressure of the codling moth. So this orchard is characterized by a low pressure of the codling moth, this low pressure explains the relatively low damage observed at harvest.

**Author keywords:** Walnut, *Cydia pomonella*, traps, damage, sexual confusion, Ginko-Ring, M2I pheromone balls, Dordogne.

# Table des matières

<b>Remerciements</b> .....	- 1 -
<b>Résumé</b> .....	- 1 -
<b>Abstract</b> .....	- 2 -
<b>Table des matières</b> .....	- 4 -
<b>Sigles et abréviation</b> .....	- 7 -
<b>Table des Tableaux</b> .....	- 8 -
<b>Table des Figures</b> .....	- 9 -
<b>Table des annexes</b> .....	- 11 -
<b>Introduction</b> .....	12
<b>Partie 1 : État de l'art et Problématique</b> .....	14
<b>Chapitre 1 : Pesticides – Consommation et Risque</b> .....	15
1. Pesticides - Produits phytosanitaires et ces actions .....	15
2. Consommation de pesticides.....	18
2.1. Consommation de pesticides au Monde .....	18
2.2. Consommation de pesticides en Europe.....	20
2.3. Consommation de pesticides en France .....	24
3. Problèmes et risques Pesticides .....	28
3.1. Dangers .....	29
3.2. Exposition .....	30
<b>Chapitre 2 : Plan Ecophyto – Réduire le recours aux produits phytosanitaires</b> .....	33
1. Plan Ecophyto .....	33
1.1. Plan Ecophyto 1 .....	33
1.2. Plan Ecophyto 2 .....	36
1.3. Plan Ecophyto 2 + .....	39
2. Réseau DEPHY : objectif réduction des intrants .....	40
2.1. Réseau Dephy-Ferme en France.....	40
2.2. Développement du réseau DEPHY .....	41
2.3. Renouvellement du réseau DEPHY FERME .....	42
2.4. Productions des groupes DEPHY FERME.....	43
<b>Chapitre 3 : Méthodes de luttés non chimiques</b> .....	44
1. Généralités sur les luttés Alternatives .....	44
1.1. Lutte Intégrés .....	44
1.2. Lutte Biologique.....	45
1.3. Méthodes de bio-contrôle .....	45
2. Méthode de lutte contre les ravageurs de la noix « Carpopapse » .....	46
2. 1. La confusion sexuelle .....	46
<b>Chapitre 4 : Problématique et objectifs</b> .....	51
1. Problématique.....	51



2. Objectifs .....	51
3. La construction des hypothèses .....	52
<b>Partie 2 : Matériel et Méthode .....</b>	<b>54</b>
<b>Chapitre 1 : Filière Noix en France.....</b>	<b>55</b>
1. Une filière mondialisée.....	55
2. Le Noyer : deuxième verger français en superficie .....	55
3. Noix : variétés .....	57
<b>Chapitre 2 : Maladies et ravageurs de la Noix.....</b>	<b>58</b>
1. Maladies des noyers.....	58
2. Les ravageurs des noyers .....	58
2.1. Informations sur le ravageur : <i>Cydia pomonella</i> .....	60
2.2. Cycle de développement .....	60
2.3. Les difficultés de contrôle du carpocapse .....	61
2.4. Dégâts.....	61
3. Confusion sexuelle pour gérer le carpocapse de la Noix.....	63
<b>Chapitre 3 : Zone d'étude – Réseau DEPHY.....</b>	<b>68</b>
1. Présentation de la zone d'étude.....	68
2. Réseau DEPHY-Ferme Noix Dordogne.....	70
<b>Chapitre 4 : Expérimentation et méthodes d'analyse.....</b>	<b>73</b>
1. Thème de l'essai.....	73
2. But de l'essai .....	73
3. Choix du site d'expérimentation .....	73
4. Facteurs et modalités étudiées.....	74
5. Protocole expérimental .....	75
<b>Partie 3 : Résultats et Discussion.....</b>	<b>79</b>
<b>Chapitre 1. Résultats à l'échelle du groupe Dephy Noix Dordogne.....</b>	<b>80</b>
1. Groupe Dephy Noix Sud-Ouest Dordogne .....	80
2. Résultats de l'IFT du Groupe Dephy Noix Sud-Ouest Dordogne.....	80
<b>Chapitre 2. Comparaison entre les méthodes alternatives.....</b>	<b>83</b>
1. Introduction .....	83
2. Comparaison entre les différentes méthodes de lutte.....	84
<b>Chapitre 3. Résultats des piégeages.....</b>	<b>87</b>
1. Comment mesurer les effectifs de population de carpocapse.....	87
2. Présentation des données de piégeages et de dégâts .....	87
2.1. Dynamique de capture des papillons.....	87
<b>Chapitre 3. Analyses des résultats.....</b>	<b>91</b>
1. Interprétation statistique des résultats.....	91
2. Résultats des comptages de dégâts à la récolte .....	91

<i>Chapitre 4. Discussion Générale</i> .....	93
<b>CONCLUSION</b> .....	96
<b>RECOMMANDATION</b> .....	100
<b>RÉFÉRENCES</b> .....	100
<b>WEBOGRAPHIE</b> .....	103
<b>ANNEXES</b> .....	108

# Sigles et abréviation

- AB** : Agriculture Biologique
- AFB** : Agence Française pour la Biodiversité
- AMM** : Ammoniaque
- APCA** : Assemblée Permanent des Chambres d'Agriculture
- BSV** : Bulletins de Santé du Végétal
- CCI** : Chambre de Commerce et de l'Industrie
- CEPP** : Certificats d'Économie de Produits Phytosanitaires
- CMA** : Chambre des Métiers et de l'Artisanat
- CRA** : Chambres d'Agriculture Régionale
- DGAI** : Direction Générale de l'Alimentation
- G1** : Première génération
- G2** : Deuxième génération
- GIEE** : Groupements d'Intérêt Économique et Environnemental
- IFT** : Indicateur de Fréquence de Traitement
- M0** : Modalité Témoin
- M1** : Modalité avec la Confusion sexuelle (GINKO RING)
- M2** : Modalité Billes M2I à phéromone avec 1 pose
- M3** : Modalité Billes M2I à phéromone avec 2 poses
- NODU** : Nombre de Doses Unités
- PAI** : Plan d'Aide à l'Installation
- POP** : Polluants Organiques Persistants
- PNDAR** : Programme national du développement agricole et rural
- QSA** : Quantité de Substances actives
- RPD** : Redevance pour la Pollution Diffuse
- SAU** : Surface Agricole Utilisée
- SCEP** : Systèmes de Culture Économiques et Performants
- TIS** : Technique de l'Insecte Stérile
- UE** : Union Européenne
- ZNA** : Zones Non Agricoles

# Table des Tableaux

Tableau 1. Répartition de l'utilisation des pesticides par utilisateur.....	25
Tableau 2. Présentation des modalités pour les deux générations .....	74
Tableau 3. Les modalités utilisées avec les doses et la date de la pose.....	78
Tableau 4. Évolution des IFT des exploitations en Agriculture Biologique du Réseau Dephy81	
Tableau 5. Évolution des IFT des exploitations en Agriculture Conventiennelle du Réseau Dephy .....	81
Tableau 6. Comparaison entre les méthodes de lutte contre le carpocapse .....	84
Tableau 7. Pourcentage de perforation par modalité.....	91

# Table des Figures

Figure 1: La consommation de pesticides par hectare de terre cultivée (kg/ha).....	18
Figure 2 : La consommation totale de pesticides (tonnes) (Deluzarche. C., 2019).....	19
Figure 3 : La consommation Européenne de pesticides (kg/ha).....	22
Figure 4 : Évolution des ventes de substances actives par type d'usage.....	26
Figure 5: Évolution de la quantité vendue de glyphosate et d'herbicides .....	27
Figure 6 : Impacts des produits phytosanitaires .....	28
Figure 7: Répartition des financements attribués sur la période 2009-2014 .....	34
Figure 8: Photo 1. Diffuseur GINKO 500 (1) avec Diffuseur GINKO Ring – longueur 1 m (2) .....	47
Figure 9: Pose des Ginko-Ring par drone .....	48
Figure 10: Photo 3. Installation Checkmate Puffer CM-O le plus haut possible.....	49
Figure 12 : Photo 5. Billes à phéromone .....	50
Figure 11: Photo 4. Dispositif type Paintball .....	50
Figure 13: Photo 7. Mouche du brou piégée .....	59
Figure 14: Photo 6. Carpocapse adulte piégé .....	59
Figure 15: Photo 8. Noix attaquée par des larves de la mouche du brou, (Mery. D, 2020) .....	59
Figure 16: Photo 9. La taille du carpocapse .....	60
Figure 17: Photo 11. Noix attaquée par la larve de la mouche du brou .....	62
Figure 18: Photo 10. Noix attaquée par la larve du carpocapse .....	62
Figure 19: Le petit trou signe le passage de sortie de la larve du carpocapse .....	62
Figure 20: Des déjections autour d'un petit trou signe le passage de la larve du carpocapse à l'intérieur de la noix .....	62
Figure 21: Photo 14. Pose Ginko Ring à 10 m de hauteur .....	64
Figure 22: Photo 15. Drone de la société Agri-Builders avec un chargeur équipé de Ginko-Ring.....	64
Figure 23: Photo 16. Billes à phéromones M2I (El-oualydy K, 2021).....	65
Figure 24: Photo 17. Appareil Paintball équipé d'un chargeur de billes à phéromones M2I.....	66
Figure 25: Carte présente la localisation de la Dordogne.....	68
Figure 26: Carte situant le lieu de l'essai (Géo-portail, 2021) .....	70
Figure 27 : Localisation des fermes du réseau Dephy Noix 2021 en Dordogne. (El-oualydy. K ,2021)..	72
Figure 28. Plan parcellaire de l'essai.....	75
Figure 29: Photo 18. Type de piège utilisé dans les parcelles confusées .....	77
Figure 30: Photo 19. Installation du piège dans le tiers supérieur de l'arbre .....	77
Figure 31 : Évolution de l'IFT total entre 2014 et 2020 .....	82
Figure 32: Photo 20. Piégeages des carpocapses dans les pièges à phéromone M2I utilisés dans les	

parcelles confusées .....	88
Figure 33: Photo 21. Capture des carpocapses dans les pièges témoins avec capsule ‘classique’ .....	88
Figure 34 : Niveau de piégeages du carpocapse par modalité et par mois (El-oualydy. K, 2021).....	89
Figure 35. Données relationnelles du logiciel Agrosyst (INRAE) .....	116

(Photos source : Prises par Kaoutar EL OUALYDY  
lors de l'étude et du suivi de l'essai expérimental )

## Table des annexes

Annexe 1: Présentation de la Chambre d'Agriculture de Dordogne .....	108
Annexe 2: Nombre de carpocapses piégés par relevé dans les 3 modalités et le témoin en mois de Mai et Juin.....	113
Annexe 3: Nombre de carpocapses piégés par relevé dans les 3 modalités et le témoin (de juillet à septembre).....	114
Annexe 4: Présentation du Système AgroSyst .....	115

# Introduction

La réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires constitue une attente citoyenne forte et une nécessité pour préserver la santé humaine, l'environnement et fournir une alimentation saine, durable, locale et accessible à tous. Afin de réduire les risques et les effets de ces produits, l'accompagnement des agriculteurs et de l'ensemble des filières de production dans la transformation et la diversification des systèmes de production sont actuellement devenues des éléments essentiels à suivre et gérer. Ce changement repose précisément sur la mise au point de nouvelles pratiques culturales et de luttés alternatives sans faire appel aux produits phytosanitaires.

Dans ce cadre les Chambres d'Agriculture de France (Annexe 1) jouent un rôle important, grâce aux des Réseaux nommés "Dephy" qui font le suivi et l'accompagnement des agriculteurs. Ces réseaux représentent toutes les filières et couvre l'ensemble du territoire. Cette initiative a commencé avec le lancement du plan Ecophyto en 2015 et prolongé en 2018 avec un objectif de réduire l'usage de produits phytosanitaires de 50% d'ici 2025.

Plus de 3.000 fermes composent le Réseau DEPHY au niveau national. Ce Réseau permet d'obtenir des références sur les systèmes qui ont réduit l'utilisation avec une réduction des produits phytosanitaires tout en maintenant un équilibre économique des exploitations et en protégeant l'environnement.

Le Réseau DEPHY Noix Dordogne est un groupe de 12 producteurs de noix qui s'est engagé à réduire l'utilisation des produits phytosanitaires et d'échanger régulièrement des informations à travers des rencontres, démonstrations et réunions. Cet accompagnement est assuré par l'ingénieur réseau de la Chambre d'agriculture Didier Mery (maître de stage), qui permet d'encadrer et favoriser les rencontres entre agriculteurs dans le but de multiplier les échanges pour que chacun puisse progresser. C'est aussi un moyen pour l'agriculteur de se sentir soutenu et rassuré, car il est souvent difficile de réaliser des choix parmi la multiplicité d'itinéraires techniques possibles.

Dans le cadre de mon stage, j'ai participé à l'animation de ce réseau avec par exemple l'installation de pièges chez les producteurs du réseau dans la cadre de la lutte alternative contre



les ravageurs de la noix ( carpocapse et mouche du brou ). Par ailleurs, j'ai réalisé la collecte des informations sur les itinéraires techniques et les pratiques réalisées durant la campagne 2019-2020 auprès des membres du groupe Dephy afin de les saisir dans le logiciel AgroSyst (Annexe 4) qui centralise les données à l'échelle nationale.

La mission principale de mon stage de fin d'étude est la participation à installer un essai expérimental chez un agriculteur du Réseau Dephy avec une lutte alternative contre le ravageur de la noix " Carpocapse " en partenariat avec les sociétés Corteva et M2I. Afin de lutter contre ce ravageur, le recours à la lutte alternative " **Confusion Sexuelle** " qui est une technique très efficace et qui fait partie des alternatives aux pesticides suscite beaucoup d'intérêt, ces derniers temps, dans les secteurs de la recherche et du développement.

L'objectif de cette expérimentation est de comparer l'efficacité de la technologie de lutte alternative par la confusion sexuelle avec l'utilisation de "Ginko Ring" et de "billes à phéromones M2I" grâce à l'installation des pièges à carpocapse dans chacune des modalités et faire le suivi et le relevé une fois par semaine. Puis, au moment de la récolte, un échantillonnage permet d'évaluer le niveau dégâts (noix verrées) pour chaque méthode de lutte.

# **Partie 1 : État de l'art et Problématique**

# Chapitre 1 : Pesticides – Consommation et Risque

## 1. Pesticides - Produits phytosanitaires et ces actions

Les **pesticides** sont des produits chimiques utilisés pour la protection et la prévention des végétaux contre les parasites (Maladies et ravageurs), dans les domaines agricole et horticole, et ils sont appelés **produits phytosanitaires** (Figaro Santé, s. d).

L'action des pesticides est multiforme, soit directe par destruction de l'élément nuisible, soit indirecte par la réduction des capacités de reproduction. Les pesticides à action indirecte sont dits aussi « systémiques » (Sénat, s. d).

Le terme "pesticides" couvre par définition deux catégories de produits (Chambre d'agriculture de Vaucluse, 2019) :

**Les biocides ou désinfectants** (Règlement 528/2012), sont des substances actives ou produits non phytopharmaceutique, destinés à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes nuisibles, à en prévenir l'action ou à les combattre de toute autre manière, par une action physique ou mécanique.

Les types des biocides : Désinfectants, produits de protection, de lutte (insecticides, rodenticides), autres (peinture antisalissure bateaux.)

**Les produits phytopharmaceutiques** (Règlement 1107/2009), sont composés de substances actives, phytoprotecteurs ou synergistes, ou en contenant, et destinés à la protection des végétaux en détruisant ou en éloignant les organismes nuisibles indésirables (y compris les végétaux indésirables) ou en exerçant une action sur les processus vitaux des végétaux.

Les types Les produits phytopharmaceutiques : Herbicides, fongicides, insecticides, acaricides, corvicides, molluscicides...

Il faut bien distinguer les substances actives des produits (Chambre d'agriculture de Vaucluse, 2019) :

**Les substances actives** sont des substances (y compris les micro-organismes) exerçant une

action générale ou spécifique sur les organismes nuisibles ou sur les végétaux, parties de végétaux ou produits végétaux. Les substances actives sont autorisées au niveau de l'Union européenne.

**Les produits** sont des mélanges ou des solutions composés de deux ou plusieurs substances destinées à être utilisés comme produits phytopharmaceutiques ou adjuvants. Les produits contenant des substances actives autorisées au niveau de l'Union européenne, doivent faire l'objet d'une évaluation et d'une autorisation nationale

Les pesticides sont classés par grandes familles selon un double classement :

- **Un classement par cible** : Il existe quatre grandes familles (Sénat, s. d) :

**Les insecticides** : ils sont destinés à la lutte contre les insectes. Ils interviennent en tuant ou en empêchant la reproduction des insectes. Ce sont souvent les plus toxiques, notamment l'arsenic, très utilisé avant la seconde guerre mondiale. C'est dans cette famille que l'on trouve la plupart des « polluants organiques persistants » -les POP- notamment le fameux DDT, insecticide très puissant très utilisé jusqu'à son interdiction, très persistant, très mobile et très soluble puisque l'on retrouve des traces de DDT dans les glaces et les mammifères de l'Arctique et de l'Antarctique. Un autre insecticide puissant est le LINDANE, également interdit depuis 1999. C'est aussi dans cette famille que l'on retrouve la plupart des « organochlorés »

**Les fongicides** : ils sont destinés à éliminer les moisissures et parasites (champignons...) des plantes. Le fongicide le plus ancien et le plus courant est le soufre et ses dérivés (la bouillie bordelaise) ainsi que le cuivre, le triazole et le benzène.

**Les herbicides** : ils sont destinés à lutter contre certains végétaux (les mauvaises herbes), qui entrent en concurrence avec les plantes à protéger en ralentissant leur croissance. Ils sont de nature assez différente de celle des autres familles. D'une part, leur action n'est pas d'intervenir contre un intrus, de nature différente (insecte/parasite), mais de lutter contre un autre végétal. D'autre part, leur mode d'épandage est différent puisqu'ils sont déposés directement au sol, par opposition aux autres produits, plutôt pulvérisés sur la plante en croissance. Les herbicides les plus connus sont l'acide sulfurique, utilisé pour désherber les céréales, et les phytohormones (le 2-4 D). Les herbicides constituent aujourd'hui le groupe le plus important, le plus utilisé. On y trouve d'ailleurs la plupart des produits « sous surveillance », notamment l'ATRAZINE, utilisé pour le maïs, et le DIURON, désherbant total, utilisé surtout en voierie.

**Les pesticides spéciaux**, tels que les répulsifs de rongeurs, fumigènes.

- **Un classement par groupe chimique** : c'est un classement technique à partir de la molécule principale utilisée :

**Les organochlorés**, parmi les plus anciens et les plus persistants, dont le fameux DDT déjà évoqué. Ils sont surtout utilisés comme insecticides en agriculture et dans les métiers du bois.  
Exemples : aldrine, dieldrine, etc ;

**Les organophosphorés**, eux aussi utilisés comme insecticides ;

**Les carbamates**, fongicides et insecticides ;

**Les phénoxy**, herbicides - (Exemple 2-4 D)

**Les organo-azotés**, repérables par le suffixe « zine », principalement utilisés comme herbicides. (Exemple : atrazine, simazine, etc....)

**Les urées**, repérables par le suffixe « uron », utilisés comme herbicides et fongicides.  
(Exemple : DIURON, ISOPROTURON, etc.)

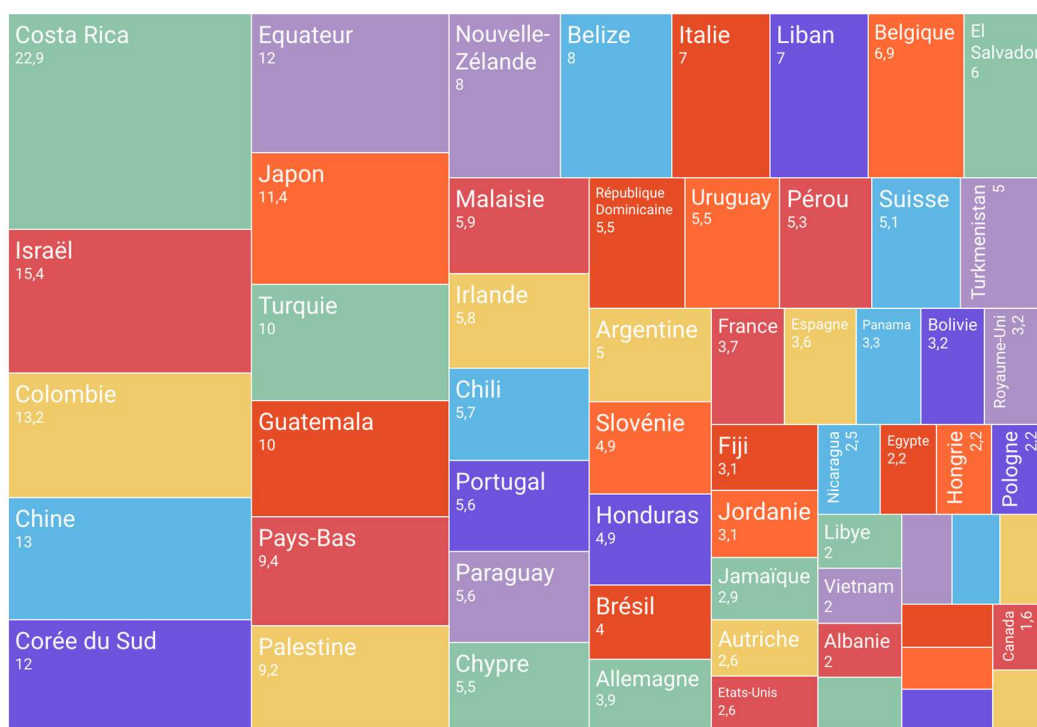
## 2. Consommation de pesticides

### 2.1. Consommation de pesticides au Monde

Selon la FAO, 4,6 millions de tonnes de pesticides chimiques sont pulvérisés dans le monde chaque année, ce qui équivaut à 146 kg par seconde. Bien que les pays en développement représentent 25% de la consommation mondiale, ils enregistrent 99% des décès dus à l'utilisation des pesticides (Planetoscope, s. d).

Dans Le monde, l'utilisation des pesticides est passé de trois millions de tonnes en 2001 à quatre millions en 2016, soit une augmentation de 50 % en 15 ans. Avec 22,9 kg de pesticides utilisés par hectare de terre agricole (Deluzarche. C., 2019).

La figure ci-dessous montre les pays les plus consommatrices des pesticides par hectare de terre cultivée.



**Figure 1:** La consommation de pesticides par hectare de terre cultivée (kg/ha)

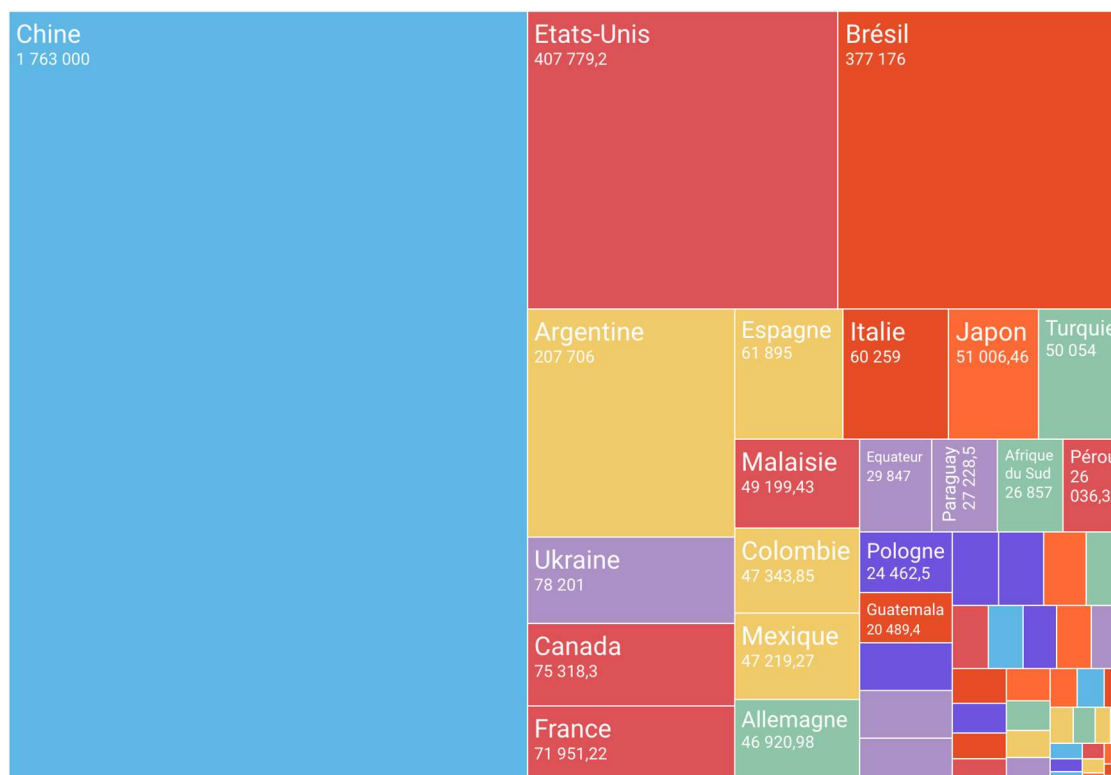
Le Costa Rica est le champion du monde. Il en déverse pratiquement 10 fois plus sur ses cultures que la France, qui n'en utilise que 3,7 kg par hectare. Le Costa Rica est un gros exportateur de fruits exotiques (banane, ananas, melon...) et de café, des cultures qui exigent une grosse quantité de fongicides et d'insecticides, utilisant ainsi 49 kg de pesticides par an et par hectare

de bananes et 30 kg pour l'ananas (Deluzarche. C., 2019).

Cette utilisation massive des pesticides est à l'origine de nombreux problèmes et risques sur l'environnement et la santé humaine dans le pays : centaines de cas d'intoxication au paraquat (son utilisation est interdite en France et en Europe depuis un arrêt du Tribunal de première instance des Communautés européennes du 11 juillet 2007, notamment à cause de liens avec la maladie de Parkinson (Futura sciences, s. d). Le Costa Rica tente depuis plusieurs années de limiter l'usage de ces substances chimiques avec des interdictions et en prônant de nouvelles pratiques agricoles (Deluzarche. C., 2019).

Avec 15,4 kg de pesticide par hectare, Israël complète le podium, suivi de la Colombie (13,2 kg/hectare) (Deluzarche. C., 2019)

En termes de la consommation totale des pesticides, le classement mondial change (voir figure ci-dessous).



**Figure 2** : La consommation totale de pesticides (tonnes) (Deluzarche. C., 2019)

La Chine est le pays le plus épandeur de pesticides: plus de 1,76 million de tonnes d'insecticides, fongicides, herbicides et autres désinfectants ont été déversés sur les cultures en 2016. Le chiffre est toutefois en petite baisse depuis son plus haut score est de 1,8 millions de tonnes en

2014. Suivi par les États-Unis, avec 407.779 tonnes, puis le Brésil et l'Argentine, deux autres gros exportateurs agricoles (Deluzarche. C., 2019).

La France est le 7<sup>e</sup> pays au monde consommant le plus de pesticides, avec près de 71.951 tonnes (Deluzarche. C., 2019).

De manière générale, la consommation globale de produits chimiques tend à stagner depuis quelques années dans les champs, preuve de la prise de conscience de ce problème écologique.

## **2.2. Consommation de pesticides en Europe**

L'Europe est constituée de différentes nations qui n'ont pas les mêmes modes de consommation et de production, ni le même rapport à l'écologie (Génération Futures, 2019).

Depuis 20 ans, certains pays comme le Danemark ou l'Autriche ont fortement réussi à diminuer leur dépendance aux produits phytosanitaires, notamment grâce à une forte consommation de produits bio contrairement à d'autres pays qui cherchent à augmenter leur productivité avant tout, notamment à des fins d'exportation (Génération Futures, 2019)

Les Pays-Bas font ainsi un usage extrêmement intensif de pesticides. Pour compenser le faible ensoleillement, les industriels hollandais de l'agroalimentaire font pousser de nombreux fruits et légumes via des méthodes de mécanisation et une utilisation intensive de produits phytosanitaires. C'est le cas des tomates, concombres, poivrons et piments, cultivés hors-sol, sous-serres, qui font des Pays-Bas les deuxièmes exportateurs mondiaux de produits agricoles (Génération Futures, 2019).

Alors que l'Espagne était plutôt un bon consommateur de pesticides avec une utilisation moyenne jusqu'au début des années 2000, la course à la productivité et à l'exportation en ont fait le premier utilisateur de produits phytosanitaires depuis 2016. Pour l'Espagne, l'agriculture intensive, l'exploitation de son ensoleillement maximal et ses grandes surfaces agricoles sont des enjeux stratégiques, pour devenir un acteur incontournable de la production de fruits et légumes, notamment hors saison et pour l'exportation également (Génération Futures, 2019).

D'autres pays, de bien plus petites surfaces, sont aussi victimes de la spécialisation de leur agriculture qui réclame énormément de chimie. C'est le cas de Chypre mais surtout de Malte, premier utilisateur de pesticides en Europe par rapport à sa SAU. Avec 2,5 fois la dose



hollandaise et 7 fois la dose française, le pays dispose d'un fort record qui s'explique par la pratique de la monoculture de la pomme de terres, très gourmande en fongicides (Génération Futures, 2019).

Avec le **Pacte vert** présenté en mai 2020, l'UE vise à réduire de moitié l'utilisation des pesticides dans l'agriculture européenne d'ici 2030. Un objectif que la France s'est-elle fixée d'atteindre en 2025 dans le cadre de son plan Ectophyte (Gaudiaut T., 2021).

L'Hexagone fait actuellement partie des trois plus gros consommateurs européens de pesticides avec l'Espagne et l'Italie. Un chiffre bien entendu corrélé à la taille de la surface agricole (Gaudiaut T., 2021).

La France est le pays le plus vaste de l'Union européenne devant l'Espagne.

Les pesticides ramenés à la surface cultivée, reste au-dessus de la moyenne européenne mais ne fait toutefois pas partie du trio de tête des plus gros utilisateurs. Selon la FAO, l'agriculture française consommait 4,3 kilogrammes de pesticides par hectare de terres cultivées en 2018 (contre 3,1 kg pour l'UE) (Gaudiaut T., 2021).

La carte ci-dessous montre des chiffres qui varient de plus de 8 kg / ha aux Pays-Bas, à Chypre et en Belgique, à moins d'un kg / ha en Scandinavie et dans les pays baltes (Gaudiaut T., 2021).



L'Espagne et la France sont les principaux pays producteurs agricoles d'Europe. Avec un grand territoire et des terres cultivables très étendues, la France, l'Espagne ou encore l'Allemagne ont logiquement recours à plus de pesticides que d'autres pays disposant de plus petites surfaces agricoles. On parle alors de Surface Agricole Utile, et les pays disposant des SAU les plus étendues consomment mécaniquement un plus fort tonnage de pesticides, à techniques agricoles équivalentes (Génération Futures, 2019).

Pour obtenir une comparaison plus juste entre la consommation des différents pays, la première méthode consiste à rapporter le tonnage de produits chimiques à la SAU du pays. Cela revient à observer combien de pesticides sont déversés pour chaque hectare cultivé.

Avec cette méthode de calcul, l'utilisation de pesticides en France se situe légèrement au-dessus de la moyenne européenne, mais reste deux fois inférieure à celle de la Belgique, des Pays-Bas ou de l'Italie (Génération Futures, 2019).

L'importance des surfaces cultivées ne permet pas, seule, d'expliquer la dépendance de l'agriculture française, espagnole et européenne aux produits phytosanitaires. L'usage intensif de pesticide est intimement lié au modèle agricole productiviste soutenu par les instances politiques, mais aussi par la société de consommation moderne (Génération Futures, 2019).

La France, comme l'Espagne, l'Italie et l'Allemagne, disposent d'une surface agricole assez grande et d'un climat assez doux pour pouvoir réduire leur dépendance aux pesticides sans pour autant menacer leur production globale. Encourager la diffusion de meilleures méthodes agronomiques visant une plus grande résilience des systèmes de culture, et un soutien politique à l'agriculture biologique, permettrait de diminuer drastiquement la consommation en pesticides des quatre principales puissances agricoles de l'Union (Génération Futures, 2019).

Le marché européen est interconnecté, la France se retrouve dans une posture intermédiaire, avec une consommation de pesticide par SAU comparable à celle de l'Allemagne ou encore de la Grèce et du Portugal, et inférieure à celle de l'Italie et de l'Espagne. Cependant, ces deux derniers pays exportent énormément de produits agricoles vers la France et le reste de l'Europe, notamment des fruits et légumes en hiver. Il est donc primordial de ne pas limiter la lutte contre l'usage de pesticides aux seules frontières nationales. Il faut au contraire l'élargir à l'ensemble de l'UE (Génération Futures, 2019).

En Union Européenne, globalement, de nombreux pays ont réussi à diminuer la quantité de pesticides utilisés, ce qui pourrait laisser penser à une amélioration notable de la situation. C'est notamment le cas de la France qui est passé en quelques années de 100 000 tonnes de produits phytosanitaires utilisés chaque année à des chiffres maintenus entre 60 000 et 70 000 tonnes annuelles aujourd'hui (Génération Futures, 2019).

Malheureusement, ces diminutions de quantité ne signifient pas forcément la mise en place de bonnes pratiques agricoles et la diminution du nombre de traitements. Lorsque des produits phytosanitaires sont interdits, ils sont en effet souvent remplacés par d'autres pesticides qui peuvent parfois nécessiter de plus faibles doses, sans que leur impact sur l'environnement et la santé ne soit diminué (Génération Futures, 2019).

### **2.3. Consommation de pesticides en France**

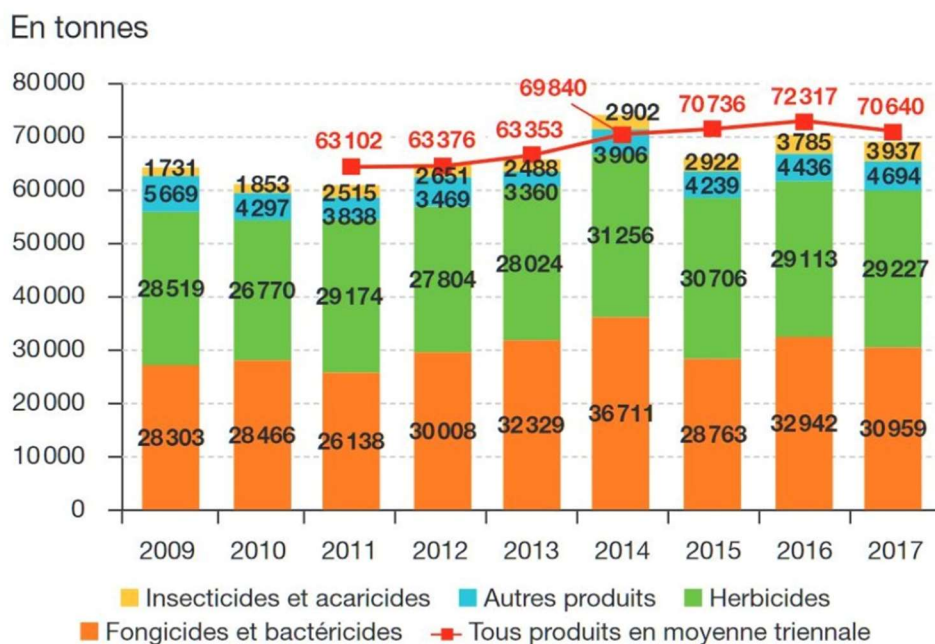
L'agriculture est le premier utilisateur de pesticides en France, puisqu'elle représente 90 % des utilisations totales. Le reste étant réparti entre les utilisations privées, pour les jardins, 8 % du total, et les utilisations publiques, pour les espaces verts (entretien des espaces verts des collectivités locales, voiries, réseau SNCF, etc.) (Broussaud M., Pajon N., 2019).

Les produits utilisés diffèrent sensiblement selon les utilisateurs. Les fongicides sont massivement utilisés en agriculture (56 % des produits), tandis que les herbicides sont massivement utilisés pour l'entretien des jardins et des espaces verts (87 % des produits). (Tableau 1) (Broussaud M., Pajon N., 2019).

En 2017, la quantité totale de substances actives vendues en France s'élève à 71 200 tonnes. Les données montrent une augmentation globale de chaque type d'usage de substances actives. Il ne faut pas négliger les jardiniers amateurs qui disposent d'environ 115 molécules actives, fréquemment utilisées pour la composition de 500 produits autorisés en "jardins amateurs" (Broussaud M., Pajon N., 2019).

**Tableau 1.** Répartition de l'utilisation des pesticides par utilisateur

<b>UTILISATION DES PESTICIDES</b>					
<b>Répartition par utilisateurs - Données 2000 en tonnes</b>					
	<b>Agriculture</b>	<b>Jardins</b>	<b>Espaces verts</b>	<b>Total</b>	<b>Pourcentage</b>
<b>Fongicides</b>	<b>52 800</b>	<b>765</b>	<b>22</b>	<b>53 587</b>	<b>51 %</b>
<b>Insecticides</b>	<b>3 100</b>	<b>223</b>	<b>11</b>	<b>3 334</b>	<b>3 %</b>
<b>Herbicides</b>	<b>30 800</b>	<b>7 078</b>	<b>1 942</b>	<b>39 820</b>	<b>38 %</b>
<b>Autres</b>	<b>7 900</b>	<b>np</b>	<b>np</b>	<b>7 900</b>	<b>8 %</b>
<b>Total</b>	<b>94 600*</b>	<b>8 443</b>	<b>1 975</b>	<b>104 641</b>	
<b>Pourcentage</b>	<b>90 %</b>	<b>8 %</b>	<b>2 %</b>		<b>100 %</b>



Note : autres produits = nématicides, rodenticides, médiateurs chimiques, molluscicides, régulateurs, répulsifs, taupicides et autres. Les traitements de semences n'ont été intégrés à la BNV-D qu'à partir de 2012 et représentent 1,6% des substances actives vendues en 2013.

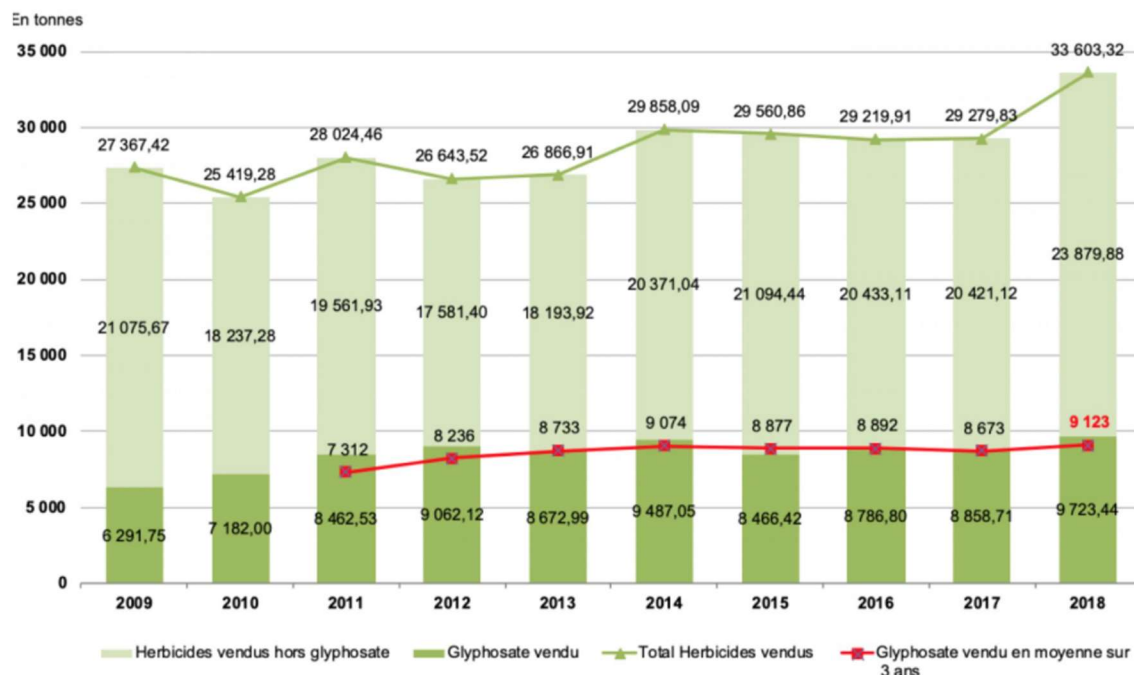
Champ : France entière.

Source : BNV-D, données sur les ventes au code commune Insee des distributeurs, extraites le 13 novembre 2018. Traitements : SDES, 2019

**Figure 4 :** Évolution des ventes de substances actives par type d'usage

**Le glyphosate** est l'herbicide le plus utilisé dans le monde avec plus de 800 000 t vendues en 2014. C'est un désherbant total foliaire systémique, c'est-à-dire un herbicide non sélectif absorbé par les feuilles et ayant une action généralisée.

Depuis juin 2018, le Gouvernement s'est engagé à sortir du glyphosate en 2020 pour les principaux usages pour lesquels des alternatives existent et d'ici 2022 pour l'ensemble des usages. Une expertise sur les risques pour la santé du glyphosate est menée par l'INSERM (Broussaud M., Pajon N., 2019)



**Figure 5:** Évolution de la quantité vendue de glyphosate et d'herbicides

En Union Européenne, globalement, de nombreux pays ont réussi à diminuer la quantité de pesticides utilisés, ce qui pourrait laisser penser à une amélioration notable de la situation. C'est notamment le cas de la France qui est passé en quelques années de 100000 tonnes de produits phytosanitaires utilisés chaque année à des chiffres maintenus entre 60000 et 70000 tonnes annuelles aujourd'hui (Génération Futures, 2019).

Malheureusement, ces diminutions de quantité ne signifient pas forcément la mise en place de bonnes pratiques agricoles et la diminution du nombre de traitements. Lorsque des produits phytosanitaires sont interdits, ils sont en effet souvent remplacés par d'autres pesticides qui peuvent parfois nécessiter de plus faibles doses, sans que leur impact sur l'environnement et la santé ne soit diminué (Génération Futures, 2019).

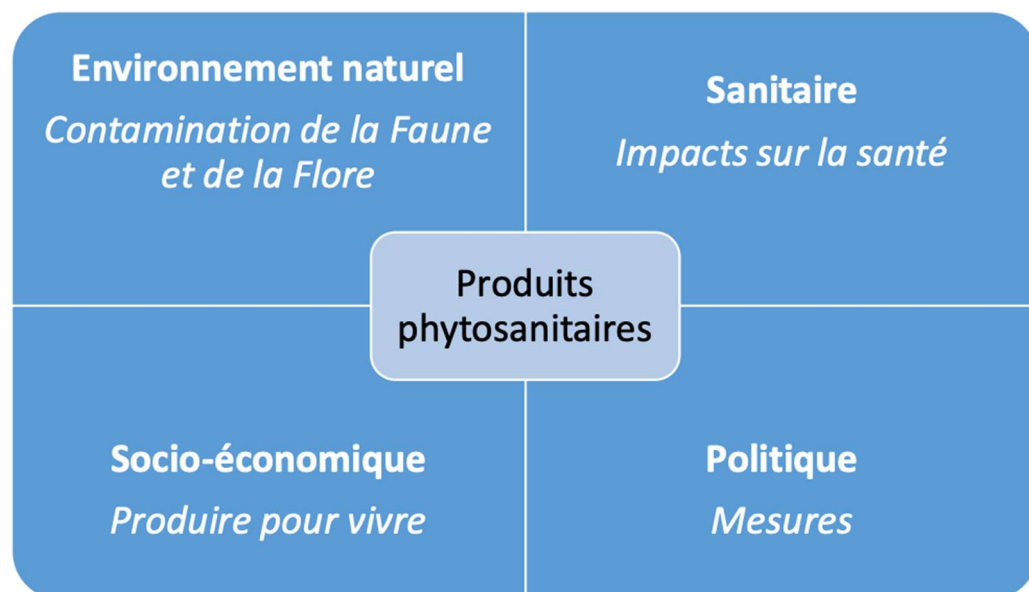
C'est pour cette raison que le Ministère de l'Agriculture français préfère parler de NODU, ou Nombre de Doses Unités qui permet de mesurer le nombre de traitements d'une culture, indépendamment de la quantité du produit utilisé. Plus en phase avec les réalités environnementales, cet indicateur a été conçu dans le but d'encourager la baisse réelle de l'usage des pesticides (Génération Futures, 2019).

Mais si la France montre une baisse de la consommation de pesticides en valeur absolue, la prise en compte des NODU présente un bilan bien plus sombre. Depuis la création de cet indicateur en 2009, dans le cadre du plan Écophyto, la consommation de produits phytosanitaires en France a eu tendance à... augmenter. Entre 2014 et 2016, la hausse a ainsi été de près de 12% ! Et la situation est nettement pire dans d'autres pays, notamment l'Espagne et le Portugal, qui ont largement augmenté leur consommation absolue de pesticides, tout en optant pour des produits de plus en plus concentrés en substances actives.

Si la situation est grave elle n'est pas pour autant désespérée. La lutte menée par les associations françaises et européennes doit se poursuivre sur le terrain et sur le plan politique afin de donner une véritable chance à l'agriculture biologique et limiter la consommation et les dégâts des pesticides (Génération Futures, 2019).

### 3. Problèmes et risques Pesticides

Les produits phytosanitaires concernent notre environnement, notre alimentation, et potentiellement notre santé. Ces dernières années les pesticides sont montrés du doigt concernant les questions de santé-environnement et de sécurité sanitaire des aliments, un certain nombre de risques.



**Figure 6 :** Impacts des produits phytosanitaires



Les pesticides améliorent quantitativement et qualitativement la production végétale. Cependant, cette utilisation pose un problème en ce sens que les traces de ces produits dits résidus peuvent exister dans les denrées livrées à la consommation (Rérat A., et *al.*, 2004)

Le risque est déterminé essentiellement selon deux paramètres : danger et exposition. Pour un composé chimique très dangereux, mais dont l'exposition est nulle, le risque est naturellement nul (Rérat A., et *al.*, 2004).

### **3.1. Dangers**

En matière de pesticides ou autre composé chimique, il est important de disposer des informations nécessaires à la caractérisation de la toxicité de la substance, vis-à-vis de (Camard J.P., Magdelaine C., 2010) :

L'homme et les mammifères (DL50, toxicité à court et long terme, toxicité sur la reproduction, incluant la tératogénèse, cancérogénicité, génotoxicité etc...) ;

- L'environnement abiotique (sol et eau) ;
- L'environnement biotique (oiseaux, milieu aquatique, insectes etc...).

Toutes ces informations ont pour objectif de connaître la toxicité de la substance en cause et d'évaluer ses dangers potentiels. Elles doivent permettre de caractériser les relations "dose/effet" sur lesquelles sont fondées les notions de "dose seuil".

#### **a. Dangers des pesticides sur l'environnement**

Les dangers des pesticides sur l'environnement sont nombreux. En plus de tuer l'espèce visée, ils peuvent aussi très bien contaminer et tuer les autres acteurs de la chaîne alimentaire. Les oiseaux, par exemple, sont très souvent atteints par les pesticides en mangeant des insectes contaminés. De plus, les pesticides polluent l'air que nous respirons, et les réserves d'eau au point de rendre ce dernier non potable (Futura-planete, s. d).

#### **b. Dangers des pesticides sur la santé**

Difficile de quantifier avec exactitude tous les méfaits des pesticides sur la santé, mais beaucoup de dangers sont déjà connus. Même avec une faible exposition, les pesticides peuvent avoir de graves conséquences sur l'organisme, comme provoquer l'infertilité musculaire, des cancers,

mais aussi atteindre gravement les fœtus. Les pesticides peuvent en effet provoquer des avortements spontanés ou de graves malformations fœtales. De nombreux cas d'intoxication aiguë aux pesticides, parfois mortels, ont aussi déjà été décelés en milieu agricole, où l'exposition aux pesticides est la plus importante (Futura-planete, s. d).

### **3.2. Exposition**

Le principal usage des pesticides est la protection des cultures, on parle alors de pesticide à usage agricole. Leur emploi est massif, ce qui génère des pollutions généralisées des écosystèmes (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2011).

L'homme peut également être exposé aux pesticides, soit directement lors de l'utilisation, soit indirectement, par la présence de résidus dans les différents milieux (air, eau et sol) et dans l'alimentation. Toutefois, les pesticides sont aussi utilisés pour des usages non agricoles, dans des zones dites non agricoles (ZNA), afin de lutter notamment contre des espèces végétales jugées envahissantes pour des raisons de sécurité (infrastructures de transport) ou d'aménagements paysagers (parcs et jardins) (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2011).

#### **a. Voies d'exposition aux pesticides**

Les produits chimiques peuvent se présenter sous forme solide (poudre, granulés, fibres telles que l'amiante, poussières), liquide, ou gazeux.

Ils sont susceptibles de créer des troubles à l'organisme humain en y pénétrant par différentes voies :

**La voie digestive** : l'absorption de pesticides par la voie orale (gastro-intestinale) est plus rare chez les travailleurs. On observe ce type d'exposition lors d'un contact de la bouche avec des mains contaminées (comme fumer, boire ou manger lors de l'exécution de travaux avec des pesticides) ou lors de manœuvres nécessitant de souffler ou aspirer dans la tubulure de l'équipement d'application afin de déboucher les tuyaux et les buses ou de siphonner du produit.

**La voie respiratoire** : Le mode de pénétration pulmonaire représente la voie d'intoxication la plus rapide et la plus directe. Les pesticides normalement appliqués sous forme d'aérosol, de brouillard ou de gaz peuvent ainsi être facilement inhalés.

**La voie cutanée** : La majorité des pesticides peuvent être absorbés via le revêtement cutané, à travers toute la surface corporelle. La quantité absorbée par voie cutanée peut être suffisante pour causer des effets systémiques tant aigus (à court terme) que chroniques (à long terme) en plus des effets dermatologiques et oculaires possibles. Les pesticides peuvent être absorbés plus facilement par certaines régions corporelles comme le cuir chevelu, le front, les yeux (muqueuse) et les organes génitaux.

### **b. Effets possibles sur l'organisme des produits chimiques**

Certains produits chimiques peuvent avoir des conséquences sur la santé humaine (Institut Prévention Santé Longévité, 2018) :

**L'intoxication aiguë** : absorption d'une quantité importante de produit (par ingestion accidentelle d'un liquide, par inhalation massive de gaz toxique...). Ces intoxications, heureusement rares, peuvent avoir des conséquences graves, voire mortelles.

**Les intoxications chroniques**, par expositions répétées à des doses faibles de produit : les troubles ne se révèlent que lentement : fatigue, troubles digestifs, nerveux...

**Les allergies** : l'organisme est d'abord sensibilisé à un produit avec lequel il est fréquemment en contact. Par la suite, toute rencontre avec ce produit déclenchera une réaction allergique, souvent au niveau de la peau, parfois au niveau du système respiratoire. Ce sont en particulier les produits dont l'étiquette mentionne « peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau ».

Certains produits sont susceptibles **de causer des maladies graves ou irréversibles** comme le cancer : ce sont en particulier les produits dont l'étiquette mentionne « possibilités d'effets irréversibles », ou « peut causer le cancer ».

Certains produits sont susceptibles **d'affecter les fonctions de reproduction** : fertilité amoindrie, atteinte à la santé de l'enfant par le biais de l'allaitement. Ce sont en particulier les produits dont l'étiquette mentionne « risques pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant », « peut altérer la fertilité », « risque possible d'altération de la fertilité ».

En dernier lieu, certains produits chimiques peuvent avoir des conséquences néfastes sur l'environnement par (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. 2011). :

**Contamination** : transfert d'un polluant d'un milieu vers un autre : pollution des sols, puis de la nappe phréatique, par exemple,

**Bioaccumulation** : accumulation d'un polluant dans les organismes vivants.

Il y a encore des progrès à faire en matière d'élimination ou de réduction des risques (ne traiter que quand c'est nécessaire et qu'il n'existe pas de procédés de substitution tels que désherbage mécanique, pièges à insectes, variétés résistantes aux ravageurs, utilisation de prédateurs, etc...) (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. 2011).

De même, il est possible d'agir sur les équipements de travail pour réduire les risques (conception et maintenance des pulvérisateurs, utilisation d'incorporeurs adaptés à la taille des opérateurs, cabines filtrantes, etc...) (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. 2011).

D'autres études ont montré la complexité des modes d'exposition des travailleurs : ceux-ci ne sont pas seulement exposés lors des traitements mais aussi lors de la préparation des mélanges, lors du remplissage ou de la vidange des cuves, lors du nettoyage des équipements, lors de la rentrée dans les cultures traitées notamment. Le mode de contamination par la peau qui est le principal mode de contamination vis à vis des pesticides est quasi ignoré, ce qui amène à une sous-utilisation des équipements de protection cutanée et des règles d'hygiène (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. 2011).

# Chapitre 2 : Plan Ecophyto – Réduire le recours aux produits phytosanitaires

## 1. Plan Ecophyto

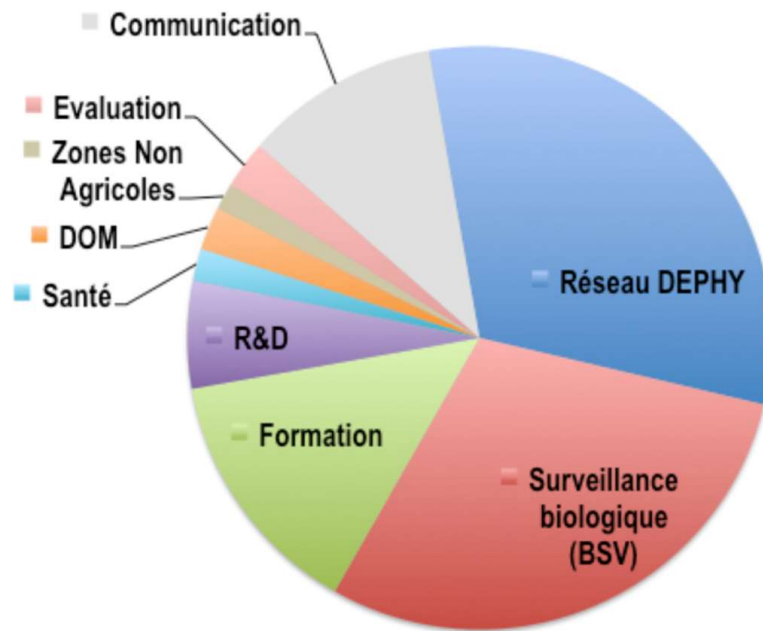
Le plan Ecophyto vise à réduire le recours, les risques et les impacts des produits phytopharmaceutiques (Chambre Agriculture France., s. d).

Ce plan a été lancé 2009, et nommé "**Ecophyto 2018**". Il avait pour objectif de réduire de **50 % en 10 ans le recours aux produits phytosanitaire**, si possible. Ce plan était construit autour de 9 axes et comportait plus de 110 actions.

### 1.1. Plan Ecophyto 1

Le plan Ecophyto 1 est piloté par la direction générale de l'alimentation (DGAl) du ministère en charge de l'agriculture. Il est financé par la redevance pour la pollution diffuse (RPD, prélevée auprès des distributeurs de produits phytosanitaires), complétée de crédits d'État (programmes ministériels des administrations) et de crédits issus des autres parties prenantes du plan (autofinancement des partenaires, collectivités territoriales, fonds de formation, programmes de recherche...) (Guichard L., et *al.*, 2007).

Sur la période 2009-2014, il a obtenu une licence de 361 millions d'euros (M€) de financement, dont 194 M€ issus de la redevance (Poitier, 2014). L'affectation de ces moyens aux différents axes du plan n'est connue (Figure 7) que pour les crédits issus de la RPD (plafonnés depuis 2012 à 41 M€ par an).



**Figure 7:** Répartition des financements attribués sur la période 2009-2014

#### a. Objectifs du Plan Ecophyto 1

Réduire l'utilisation des pesticides pour réduire leurs impacts. L'objectif est d'agir sur les pratiques, minimiser le recours aux pesticides et rendre les systèmes plus économiques, et donc moins dépendants de l'utilisation des pesticides.

Fixer un objectif quantitatif de réduction, réduction de 50 % (si possible) l'utilisation des produits phytosanitaires (Jacquet. et *al.*, 2011)

Le plan Ecophyto 1 affiche un objectif de réduction de l'utilisation des pesticides, les principaux indicateurs retenus pour son suivi ont bien porté sur cet usage (Guichard L., et *al.*, 2007) :

**La QSA** est l'indicateur historique, il fournit la consommation de pesticides par les quantités vendues sur un territoire (aujourd'hui déclarées annuellement par les distributeurs en France dans le cadre de la redevance pour pollution diffuse).

**Le NODU** : Nombre de Doses Unités, qui permet d'apprécier l'intensité d'utilisation des produits phytopharmaceutiques, en rapportant la quantité vendue de chaque substance active à une « dose unité », c'est-à-dire la dose maximale de cette substance active applicable lors d'un traitement moyen d'une année donnée. Le NODU est calculé annuellement, à l'échelle de la

ferme France à partir des déclarations annuelles des ventes de pesticides par les distributeurs. Il est dérivé de l'IFT mais appliquée aux Secteur Agricole (SA), ce qui permet de sommer des substances employées à des doses très différentes.

**L'IFT** : l'Indicateur de Fréquence de Traitement, calculé sur les pratiques déclarées des agriculteurs (Gravesen, 2003 ), pour évaluer le degré de dépendance des pratiques agricoles à l'utilisation de pesticides. Il est fondé sur une normalisation des produits commerciaux par leur dose d'homologation qui permet de sommer dans un même programme de produits aux caractéristiques très différentes et ainsi éviter l'écueil de la QSA. Cet indicateur est aujourd'hui largement utilisé dans le réseau DEPHY où il est calculé à la fois par culture et à l'échelle pluriannuelle de la succession des cultures.

## **b. Actions du Plan Ecophyto 1**

Les actions du plan Ecophyto 1 sont les suivantes :

**Réseau DEPHY** : est l'action majeure, il est composé de fermes de démonstration et d'acquisition de références, ainsi que d'expérimentations de systèmes de culture économiques en produits phytosanitaires. Couvrant l'ensemble des grandes filières de production françaises, le réseau en 2015 près de 190 groupes d'une dizaine d'exploitations agricoles, animés chacun par un ingénieur réseau à mi-temps. Le soutien à cette action pour les réalisations 2009-2014 en fait l'un des postes les plus consommateurs des financements (Figure 7).

**Réseau de surveillance biologique du territoire** : est La seconde action majeure. En 2014, Il présente des maladies agricoles, 15 400 parcelles sur lesquelles la présence de ravageurs était régulièrement suivie pendant la campagne agricole par 4 000 observateurs (issus essentiellement des organismes de R&D et des coopératives et négoce). Ces suivis donnent lieu à la publication hebdomadaire de « bulletins de santé du végétal » (BSV) sur l'ensemble des régions (3 500 BSV publiés en 2014) informant les agriculteurs et leurs conseillers de l'état sanitaire des cultures, afin de les aider à mieux cibler leurs interventions.

### **Autres actions** :

La mobilisation des établissements d'enseignement agricole pour compléter le réseau DEPHY par un volet pédagogique.

la formation des professionnels (distributeurs, conseillers et applicateurs) à une utilisation sécurisée des produits phytosanitaires pour maîtriser les risques pour la santé publique et l'environnement, sanctionnée par l'obtention du Certiphyto.

la production et la diffusion d'outils et de connaissances, avec la rédaction de « guides de co-conception de systèmes économiques en produits phytosanitaires » pour les principales filières (grandes cultures, maraîchage, vigne...), et la création en 2012 d'Ecophyto PIC, le portail informatique documentaire de la protection intégrée des cultures.

### **c. Impacts du Plan Ecophyto 1**

Après cinq ans de mise en œuvre du premier plan Ecophyto, l'échec est patent : ni l'objectif (la réduction de 50 % l'utilisation des pesticides), ni même le cap (une tendance baissière) ne sont tenus (Guichard L., et *al.*, 2007).

Les impacts du plan Ecophyto 1 ne sont pour autant pas négligeables. L'existence du plan et d'autres actions de la politique de soutien à l'agronomie, a encouragé les initiatives d'agriculteurs et de conseillers même orientés vers l'invention d'une agriculture plus économe en intrants. Ceux-ci, malgré la pression sociale ou le manque de références locales, ont pu s'affirmer en s'organisant en groupes informels ou de type GIEE (groupements d'intérêt économique et environnemental), et échanger dans des réseaux internet. Dans une petite partie des groupes DEPHY, et conseillers ont principalement en ensemble des références locales sur les systèmes de culture innovants. Ces évolutions sont restées minoritaires, puisqu'elles n'ont pas encore provoqué une baisse du NODU. L'ambition du plan Ecophyto (Guichard L., et *al.*, 2007).

### **1.2. Plan Ecophyto 2**

Après une évaluation à mi-parcours, une 2eme version du plan a été publié le 26 octobre 2015, afin de mieux répondre aux objectifs initialement fixés : réduire de moitié l'utilisation des produits phytopharmaceutiques en 10 ans (avant 2025) et limiter leur impact sur l'environnement et la santé humaine.

Plan co-piloté par les ministères de l'agriculture et de l'environnement (au contraire de la première version du plan, pilotée par le seul Ministère de l'agriculture)



Budget global porté de 41 à 70 millions d'euros par an, financé par la redevance pour pollution diffuse (RPD) payée par tout acheteur professionnel de produits phytosanitaires

Plan qui s'inscrit fortement en lien avec l'agroécologie, se traduisant par la création en région d'une commission agroécologique pilotant le plan Ecophyto 2 (Chambre agriculture Corrèze, 2017).

#### **a. Objectifs du Plan Ecophyto 1**

- Réduire l'usage, les risques et les impacts des produits phytosanitaires
- Réduire de 25 % d'ici 2020 le recours aux produits phytosanitaires, en mobilisant l'ensemble des solutions techniques disponibles et efficaces
- Réduire de 50 % à l'horizon 2025 le recours aux produits phytosanitaires.

Le suivi national du plan se fera par un ensemble d'indicateurs comprenant des indicateurs d'intensité du recours (nombre de doses unités, indice de fréquence de traitement), de quantité (quantité de substances actives vendues), de risque et d'impact, et d'évolution des pratiques.

Le plan Ecophyto II consolide certaines actions structurantes de la première période du plan comme le réseau de fermes et d'expérimentation DEPHY, le dispositif de certificat individuel Certiphyto, les outils de diffusion d'information comme les bulletins de santé du végétal ou le portail de la protection intégrée (EcophytoPIC), ainsi que la sécurisation des utilisations. Il crée par ailleurs les conditions de la dynamique nécessaire au changement d'échelle et à la diffusion large des principes de la protection intégrée au premier rang desquels la mise en place de mesures préventives dans une approche globale. Conformément à la loi d'avenir pour l'agriculture, un dispositif expérimental de certificats d'économie de produits phytopharmaceutiques sera mis en place à partir du 1er juillet 2016 en France métropolitaine. Il contribuera à la diffusion et au partage très large des techniques de réduction de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques.

Le plan Ecophyto 2 vise également à accompagner les collectivités et les autres acteurs publics ainsi que les jardiniers amateurs vers les restrictions d'utilisation prévues par la loi.

#### **b. Actions marquantes du plan Ecophyto 2**

**Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier**

3191, route de Mende, 34093 MONTPELLIER Cedex 5 (FRANCE)

Tel. : 04.67.04.60.00 - Fax : 04.67.54.25.27 - Internet : <http://www.iamm.ciheam.org>

- Augmenter la taille du réseau de ferme DEPHY avec le passage à plus de 3 000 fermes impliquées dans le dispositif (lors de la version 1 du plan, 1 900 fermes faisaient parties du dispositif), dont plus de 500 en Nouvelle-Aquitaine.
- Poursuivre le dispositif BSV : le bulletin de santé du végétal donne gratuitement aux agriculteurs et conseillers une indication hebdomadaire de l'état sanitaire des cultures.
- Rénover le dispositif Certiphyto, désormais valable 5 ans pour l'ensemble des catégories
- Soutenir l'expérimentation, le biocontrôle et le renouvellement de l'agroéquipement en mettant en place des financements dédiés à ces actions
- Accompagner 30 000 agriculteurs vers l'agroécologie à bas niveau d'intrants phytosanitaires.
- Lancer un nouveau dispositif : les CEPP (Certificats d'Économie de Produits Phytosanitaires). A l'image des certificats d'économie d'énergie, ce dispositif vise à mobiliser les acteurs de la distribution sur la réduction d'usage des produits phytosanitaires.

### **c. Axes du plan Ecophyto 2**

Le plan s'articule désormais en 6 axes (Ecophyto PRO, 2016) :

1. Faire évoluer les pratiques et les systèmes ;
2. Amplifier les efforts de recherche, développement et innovation ;
3. Réduire les risques et les impacts des produits phytopharmaceutiques sur la santé humaine et sur l'environnement ;
4. Supprimer l'utilisation de produits phytopharmaceutiques partout où cela est possible dans les jardins, les espaces végétalisés et les infrastructures ;
5. Encourager, en favorisant une mobilisation des acteurs, la déclinaison territoriale du plan en cohérence avec les contraintes et potentialités locales, renforcer l'appropriation du plan par les acteurs du territoire et des filières et veiller à la cohérence des politiques publiques ;

6. S'appuyer sur une communication dynamique et des approches participatives, pour instaurer un débat citoyen constructif quant à la problématique des produits phytopharmaceutiques, et instaurer une gouvernance simplifiée.

### **1.3. Plan Ecophyto 2 +**

**Le plan Écophyto 2+** vient renforcer le plan précédent (plan Ecophyto 2), en intégrant les actions prévues par le plan d'actions du 25 avril 2018 sur « les produits phytopharmaceutiques et une agriculture moins dépendante aux pesticides » d'une part, et celles du « plan de sortie du glyphosate » annoncé le 22 juin 2018 d'autre part (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2021)

#### **a. Objectifs du Plan Ecophyto 2+**

Ce plan a pour objectifs de (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2021) :

- Accélérer le retrait des substances les plus préoccupantes et d'accompagner la sortie du glyphosate ;
- Promouvoir la reconnaissance et la diffusion des produits de biocontrôle et des préparations naturelles peu préoccupantes ;
- Renforcer la prévention de l'exposition de la population aux pesticides ainsi que de leurs impacts sur l'environnement et la biodiversité, notamment par l'information, la communication et le dialogue entre les différents acteurs, et par la mise en place, le cas échéant, de mesures de protection complémentaires ;
- Soutenir la recherche et l'innovation en :
  - Développant les connaissances sur les solutions alternatives ainsi que sur les risques et les impacts des produits phytopharmaceutiques ;
  - Confortant la démonstration des performances économiques, environnementales et sociales des systèmes économes en produits phytopharmaceutiques grâce au dispositif DEPHY ;
- Accompagner les agriculteurs dans la transition en :

- Incitant plus largement des groupes d'agriculteurs à s'engager dans la réduction de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques en les accompagnant techniquement et financièrement ;
  - Mettant en œuvre la séparation des activités de distribution, d'application et de conseil concernant les produits phytopharmaceutiques afin de renforcer la diffusion des principes de protection intégrée des cultures ;
  - Pérennisant le dispositif des certificats d'économie de produits phytopharmaceutiques, qui était jusqu'à présent en phase d'expérimentation ;
  - Mettant à leur disposition un centre de ressources des alternatives à l'usage du glyphosate et plus largement en mettant à disposition de manière accessible les connaissances acquises sur les alternatives et les leviers de réduction des utilisations, des risques et des impacts ;
- Mobiliser et responsabiliser l'ensemble des acteurs, depuis les agriculteurs jusqu'à la grande distribution.

Les moyens financiers nécessaires sont mobilisés pour mettre en œuvre ces actions : 71 millions d'euros sont ainsi consacrés chaque année au plan Ecophyto, au niveau national comme régional, grâce au prélèvement d'une redevance sur les ventes de produits phytopharmaceutiques.

## **2. Réseau DEPHY : objectif réduction des intrants**

Le Réseau DEPHY a pour objectif de tester, promouvoir et déployer des technologies et systèmes agricoles performants sur les plans économique, environnemental et social en matière de produits phytosanitaires à travers un réseau national couvrant l'ensemble des filières végétales en France. Le Réseau DEPHY mobilise tous les acteurs pour participer au développement agricole, à l'éducation, à la recherche et au transfert agricole. Il se compose de deux dispositifs : DEPHY FERME et DEPHY EXPE (Chambre Agriculture, 2014).

### **2.1. Réseau Dephy-Ferme en France**

Le Réseau des fermes DEPHY-FERME créé en 2009 est une des actions majeures du plan Ecophyto. Ce plan a été adopté à la suite des lois Grenelle de l'environnement de 2007 et prévoyait une baisse de 50% de l'usage des produits phytopharmaceutique en 2018. En 2015 le

gouvernement constate que cette échéance ne pourra être tenue et lance le plan Ecophyto 2 dont l'échéance est fixée cette fois-ci à 2025 (EcophytoPIC, 2020).

Les fermes DEPHY (Démonstration, Expérimentation et Production de références sur les systèmes économes en produits phytosanitaires) sont aujourd'hui plus de 3 000. Elles se présentent sous la forme d'un réseau de 210 groupes d'une douzaine de fermes au sein d'un même territoire. Chaque groupe est animé par un ingénieur réseau mis à disposition par une structure porteuse (Chambre d'Agriculture, Coopératives, CIVAM...). Les principaux objectifs de ce réseau sont de faire émerger des solutions alternatives à la lutte chimique et de les diffuser vers l'ensemble des agriculteurs (EcophytoPIC, 2020).

Le Réseau DEPHY-Fermes bénéficie de l'aide d'un réseau de recherche, le Réseau DEPHY-EXPE. Ce Réseau permet d'encourager l'expérimentation sur des systèmes économes en produits phytosanitaires. Ils sont portés par des centres d'expérimentation.

Le réseau Dephy Ferme s'articule autour de 4 objectifs qui sont les suivantes :

- Favoriser les dynamiques d'apprentissages et de changements ;
- Soutenir les processus d'innovation ;
- Capitaliser et mutualiser les connaissances et ressources sur des techniques et systèmes agricoles économes et multi-performants ;
- Valoriser et transférer ces systèmes.

## **2.2. Développement du réseau DEPHY**

Sur la base des propositions issues de l'étude Ecophyto, commanditée par les ministères chargés de l'agriculture et de l'environnement en amont du plan Ecophyto 1, un premier réseau de 178 fermes a été initié en 2010 a déjà connu trois phases de recrutement : en 2011 avec le lancement des premières 1200 fermes, en 2012 avec le passage à 1800 fermes et l'ouverture à toutes les filières et enfin en 2016-2017 avec l'élargissement à 3000 fermes.

Réparties sur l'ensemble du territoire national, les fermes DEPHY couvrent l'ensemble des grandes filières de production française : grandes cultures, polyculture-élevage, viticulture,

arboriculture, légumes-maraîchage, horticulture et cultures tropicales. Parmi ces fermes, on compte notamment 120 exploitations de lycées agricoles, 710 exploitations en conversion ou produisant en agriculture biologique, une part importante d'exploitations contribuant au réseau national d'épidémie surveillance dans le cadre du Bulletin de Santé du Végétal.

Elles se sont constituées en groupes, les groupes DEPHY FERME, qui travaillent sur des thématiques communes, échangent et avancent ensemble, avec l'aide d'un animateur : l'ingénieur réseau DEPHY. Ces ingénieurs réseaux sont issus d'organismes de développement variés (chambres d'agriculture, CIVAM, groupements bio, associations...).

Au total, le réseau DEPHY FERME est actuellement composé de 250 groupes de 12 agriculteurs en moyenne.

### **2.3. Renouveaulement du réseau DEPHY FERME**

L'année 2021 correspond à l'année de réalisation du bilan des actions menées par le réseau DEPHY FERME depuis 2016, mais aussi à la préparation du renouvellement de ce réseau, qui interviendra au 1er janvier 2022 et permettra d'officialiser l'engagement des agriculteurs, des ingénieurs réseaux et de leur structure porteuse dans DEPHY pour un nouveau cycle.

Le réseau DEPHY FERME rassemble 3000 agriculteurs et agricultrices qui se sont engagés volontairement à réduire l'usage des phytosanitaires dans leurs exploitations tout en maintenant leurs performances économiques, sociales et environnementales. Ces exploitants testent des pratiques et techniques alternatives pour ensuite les transférer et les diffuser largement dans le milieu agricole. Chacun évolue dans le cadre suivant :

Ces agriculteurs et agricultrices sont répartis par groupes de 12 sur l'ensemble du territoire (250 groupes au total) : les groupes DEPHY FERME. Ils couvrent l'ensemble des grandes filières de production française : grandes cultures/polyculture-élevage, viticulture, arboriculture, légumes-maraîchage, horticulture et cultures tropicales. Chaque groupe travaille sur des thématiques communes et avance en collectif, avec l'aide d'un animateur ou d'une animatrice : l'ingénieur/e réseau DEPHY.

Au sein du réseau DEPHY, l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT) est l'indicateur utilisé pour mesurer le niveau d'utilisation des produits phytosanitaires à l'échelle du système de

culture.

## 2.4. Productions des groupes DEPHY FERME

Les groupes FERME produisent régulièrement des documents mettant en avant des :

- Trajectoires remarquables d'évolution de systèmes de culture vertueuses en termes d'utilisation des produits phytosanitaires
- Pratiques remarquables
- Témoignages d'accompagnement des agriculteurs et agricultrices pour réduire les phytosanitaires
- Systèmes de culture économes et performants (SCEP)
- Vidéos techniques ou des témoignages des membres du réseau.

# Chapitre 3 : Méthodes de lutttes non chimiques

La protection des cultures contre les bio-agresseurs est une composante principale dans la gestion des cultures et doit suivre cette évolution. En effet, depuis une cinquantaine d'années, la lutte chimique quasi généralisée exerce une pression sur l'environnement et présente ses limites d'applications avec l'apparition de résistance des bio-agresseurs, de la pollution et des effets nocifs fortement soupçonnés sur la santé humaine. De plus, le Plan Ecophyto 2018 et la Révision de la Directive Européenne sur les substances phytopharmaceutiques incitent à limiter les usages de pesticides en raison de leur caractère avéré de toxicité et d'écotoxicité.

Quel que soit le système, il est donc devenu nécessaire de réduire l'utilisation des pesticides en adoptant un ensemble de mesures alternatives (rotations, assolements, travail du sol sans labour, diversité des cultures...) pour limiter le recours aux molécules chimiques. Elle est donc favorable à une augmentation de la biodiversité.

## 1. Généralités sur les lutttes Alternatives

### 1.1. Lutte Intégrés

La production intégrée est un système de production qui prend en consécration la préservation de l'environnement et la santé du consommateur moyennant le raisonnement des pratiques agricoles, elle intègre l'ensemble des méthodes de lutte (chimique, biologique, culturale et biotechniques) en limitant l'utilisation des produits chimiques lorsqu'il n'existe aucun autre moyen de lutte efficace (Agriculture, s. d).

Cette lutte intégrée coûte souvent plus cher soit en services (suivi technique, analyses, encadrement...), soit par des investissements spécifiques en matériels et aménagement, de plus l'application de cette lutte est un peu difficile et complexe.

Les avantages de cette lutte (Agriculture, s. d). :

- La réduction en quantité et l'amélioration en qualité du nombre de traitements chimiques appliqués ;



- Une diminution des risques d'accumulation des résidus pesticides tout en préservant la faune utile et l'environnement ;
- Réduction des risques liés à la santé du consommateur ;
- Protection des employeurs des produits phytosanitaires (les ouvriers ; les tractoristes...)
- Production d'un fruit propre, sain et de qualité.

## 1.2. Lutte Biologique

La lutte biologique est une méthode de lutte basée sur l'utilisation des antagonismes naturels entre les êtres vivants ; en effet, chaque organisme possède un ou plusieurs ravageurs. La lutte biologique consiste à favoriser les prédateurs naturels des ennemis des végétaux. Ces prédateurs naturels étant appelés auxiliaires (Agriculture, s.d).

L'objectif de la lutte biologique n'est pas d'éradiquer totalement les ravageurs, mais plutôt de réguler leurs populations de manière à les maintenir en-dessous d'un seuil acceptable (Gerbeaud, 2021) (dans l'idée : laisser une petite chenille par-ci par-là n'empêche pas une belle récolte).

La lutte biologique contre les ravageurs fait intervenir des organismes auxiliaires (notamment des insectes, mais pas seulement) qui sont de 3 types (Gerbeaud, 2021). :

**Prédateurs** : ce sont ceux (larves, adultes ou les deux) qui se nourrissent des ravageurs. Dans cette catégorie, on trouve des insectes, des nématodes, des vertébrés...

**Parasitoïdes** : ces animaux -des insectes, par exemple les ichneumons, de petites guêpes- pondent leurs œufs dans les œufs des ravageurs ou dans leurs larves, ce qui entraîne la mort de celles-ci.

**Pathogènes** : ce sont des virus, des bactéries (par exemple le fameux *Bacillus thuringiensis*), ou encore des champignons qui contaminent les ravageurs.

## 1.3. Méthodes de bio-contrôle

Le bio-contrôle regroupe l'ensemble des méthodes de protection préventives des cultures s'appuyant sur des mécanismes naturels de régulation des bio-agresseurs. Il fait partie des techniques de lutte intégrée. Le bio-contrôle s'appuie sur des notions d'équilibre entre les

différentes espèces et il ne vise pas l'éradication d'un parasite ou d'un pathogène mais plutôt à limiter sa présence pour qu'elle ne soit pas nuisible à la culture (Institut Français de la Vigne et du Vin, s.d)

Le bio-contrôle, quant à lui, repose sur l'utilisation de 4 outils (Agriculture, s.d) :

- Les macro-organismes (principalement les auxiliaires) ;
- Les micro-organismes (les bactéries ou les virus pour lutter contre les ravageurs des cultures) ;
- Les médiateurs chimiques (principalement les phéromones, substances biochimiques émises à petite dose par les animaux afin d'influencer le comportement de leurs congénères) ;
- Les substances naturelles pour lutter contre tous les bio-agresseurs (ravageurs mais aussi adventices, champignons ou bactéries).

Il faut retenir que la lutte biologique utilise uniquement les prédateurs naturels alors que le bio-contrôle utilise également des substances biochimiques et que la protection intégrée utilise aussi les produits phytopharmaceutiques. Enfin, la protection biologique intégrée est une combinaison entre luttés biologique et intégrée (Institut Français de la Vigne et du Vin, s.d).

## **2. Méthode de lutte contre les ravageurs de la noix « Carpocapse »**

De nombreux traitements existent contre ce papillon, à la fois en conventionnel comme en agriculture biologique (AB). Ces traitements peuvent avoir une action ovicide, ovo-larvicide ou larvicide pour les œufs ou les larves du carpocapse.

### **2. 1. La confusion sexuelle**

#### **A. Définition**

La confusion sexuelle est une lutte qui se base sur la diffusion de phéromones femelle de synthèse dans l'atmosphère pour brouiller les pistes de rencontre entre les deux sexes. Le mâle étant attiré par les phéromones femelles, il s'en trouvera désorienté et ne pourra pas s'accoupler car incapable d'aller à la rencontre des papillons femelles.

Cette pratique est très efficace et agit spécifiquement sur le cycle de développement du papillon sans causer de dégâts sur les autres espèces d'insectes. Différents modes de pose sont possibles : des fines lanières en plastique creux diffuseur posées à la cime des arbres à l'aide des perches ou par drone. Des boîtiers diffuseurs à accrocher au sommet des arbres ou encore un système de billes à phéromone contenant l'hormone à envoyer par des paintballs sur la partie haute des arbres (Mery. D, 2019).

Cette technique est très efficace et fait partie des alternatives aux pesticides suscitant beaucoup d'intérêts ces derniers temps dans le secteur de la recherche et développement. Néanmoins, cette lutte présente un coût non négligeable d'environ 150 à 300 €/ha (Mery. D, 2019). Elle permet de réduire le nombre de traitements insecticides (de 2 à 3 en moyenne en verger conventionnel), mais elle n'est efficace que lorsque la population de carpocapse n'est pas trop importante.

## B. Différents types de confusion

### ➤ Réduction du nombre de diffuseurs installés par ha

Pour être efficace, l'installation des diffuseurs d'hormones doit être réalisées dans la partie haut de la canopée des arbres. Cependant, les noyers peuvent parfois dépasser 15 à 20 mètres de hauteur, il est donc nécessaire d'avoir recours à des méthodes adaptées.

Le premier progrès a été de réduire le nombre de diffuseurs par hectare de 1000/ha (ISOMAT) à 500/ha (GINKO, RAK 3 SUPER) puis à 100/ha (GINKO Ring). La pose de 100 diffuseurs par hectare se fait alors avec une perche, une opération beaucoup moins longue et coûteuse.



**Figure 8:** Photo 1. Diffuseur GINKO 500 (1) avec Diffuseur GINKO Ring – longueur 1 m (2)

### ➤ **Le drone : outil utile pour les arbres de très grande hauteur**

Puisqu'il est nécessaire de placer les diffuseurs le plus haut possible, le drone peut être un outil adapté pour poser les GINKO Ring au sommet des noyers.

Cette opération, qui doit être réalisée par un opérateur formé et autorisé, est à la fois rapide et efficace. Pour faciliter la vision aérienne et la pose, le stade idéal sera le début de l'allongement de la pousse des rameaux des arbres (vers fin avril, début mai).

La technique est en voie d'amélioration pour augmenter le nombre de diffuseurs à bord afin de réduire le nombre de ravitaillements et donc les coûts d'intervention. Compte tenu de ce coût, cette méthode de pose est à réserver aux grandes parcelles et aux arbres de très grande hauteur.



**Figure 9:** Pose des Ginko-Ring par drone

### ➤ **Système de diffusion programmable**

Afin de faciliter et d'automatiser un peu plus la lutte par confusion sexuelle contre la carpocapse de la noix, la pose de 2 à 3 appareils par hectare est encore plus rapide. Le boîtier contient une bombe aéro-sol (*Checkmate Puffer CM-O*) remplie d'un mélange de gaz propulseur et de phéromones et doit être posé en hauteur sur un poteau ou accroché à une ficelle. 1 aérosol pour 6 mois de traitements

En tenant compte du cycle biologique de *Cydia pomonella*, papillon au vol crépusculaire et nocturne, l'appareil est programmable pour assurer une diffusion des phéromones le soir et la

nuît.

Il est indispensable d'élaborer, au préalable, un plan de pose qui va tenir compte des vents dominants et de la configuration des parcelles afin d'assurer une répartition régulière des phéromones.



**Figure 10:** Photo 3. Installation Checkmate Puffer CM-O le plus haut possible

➤ **Utilisation de billes propulsées par un paintball**

Les billes à phéromone (Photo 5) contiennent un mélange à base d'eau et de phéromones. Ce mélange est persistant durant les 5 mois (mai à septembre) ce qui correspond à la durée du vol du carpocapse. Il faut 60 jours minimum entre chaque application si 2 applications sont prévues (Mery. D, 2019). Cette méthode de lutte est en cours d'homologation.



**Figure 12:** Photo 4. Dispositif type Paintball



**Figure 11 :** Photo 5. Billes à phéromone

# Chapitre 4 : Problématique et objectifs

## 1. Problématique

L'utilisation des produits phytosanitaires contre les bioagresseurs des cultures permet aux agriculteurs d'améliorer leurs productions et leurs rendements mais engendre des risques sur l'environnement et la santé humaine. Aujourd'hui, il apparaît encore important pour certains agriculteurs d'avoir une agriculture productive pour atteindre le seuil de rentabilité de leurs exploitations agricoles. La non utilisation des produits phytosanitaires dans un système «Arboriculture» peut amener à une baisse de rendement et de productivité pouvant impacter la marge économique des agriculteurs.

La forte attaque des arbres fruitiers ( les noyers ) par les maladies et ravageurs ( carpocapse) peut entraîner à une baisse des fruits ( noix ) à la récolte. Cette étude s'interroge donc sur les méthodes alternatives ( la confusion sexuelle ) qui poussent les agriculteurs (nuciculteurs) à réduire l'utilisation des produits phytosanitaires face à des risques avérés : La constitution des risques environnementaux, culturels, sanitaires et économiques liés à l'usage de ces produits. La coexistence des activités agricoles et des activités touristiques dans de nombreuses zones géographiques imposent des modifications de pratiques compatibles avec la viabilité économique des exploitations.

La demande sociétale en termes de respect de l'environnement en général est de plus en plus forte au travers des multiples cahiers des charges pour les circuits longs ou de demandes directes des consommateurs pour les commercialisations locales.

## 2. Objectifs

Afin d'obtenir une production de noix économiquement rentable, socialement acceptable, écologiquement respectueuse des milieux naturels, la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires et le recours à des méthodes alternatives pour lutter contre les maladies et les ravageurs ( carpocapse) des arbres fruitiers ( noyers ). Dans cette étude, plusieurs méthodes alternatives à l'utilisation des molécules de synthèse pour lutter contre les maladies et ravageurs vont être mises en place : la confusion sexuelle à la place de la lutte chimique.

La possibilité d'estimer le risque de dégât dus au carpocapse au cours de la saison à partir de données de piégeage. Nous avons donc cherché, d'une part à relier données de piégeage de carpocapse, dégâts sur fruits et la confusion sexuelle, et d'autre part, à déterminer certains facteurs qui pourraient influencer cette relation.

Une méthode couramment utilisée pour évaluer les effectifs de population de carpocapse est le piégeage attractif des mâles par utilisation d'un analogue synthétique d'une phéromone sexuelle femelle. D'un point de vue pratique, les captures par pièges à phéromone M2I ont surtout été utilisées comme indicateur de la présence de carpocapses plutôt que comme une réelle mesure quantitative de l'effectif.

Dans cette étude, nous chercherons donc à apporter des réponses à deux questions majeures pour le développement de solutions intégrées de protection contre le carpocapse :

- 1) peut-on envisager de prédire les dégâts sur fruits à partir du suivi temporel des populations d'adultes ?
- 2) quels sont les facteurs qui réduisent les dégâts de carpocapse?
- 3) l'efficacité des méthodes de lutte alternatives utilisées ?

L'approche choisie consiste à étudier, à partir de données de terrain, la relation entre les effectifs de capture d'adultes, la méthode de lutte utilisée ( confusion sexuelle ) et l'intensité des dégâts. Il est très naturel de chercher à relier ces trois types de données puisque, théoriquement, le risque de dégât à un instant donné est lié à l'effectif de larves, lequel dépend de l'effectif d'adultes ayant engendré ces larves. Par ailleurs, la relation entre dégât et taille de population est susceptible de dépendre de l'espèce hôte (variété de la noix) et de varier si le verger est conduit en agriculture biologique, ou si la confusion sexuelle est utilisée.

### **3. La construction des hypothèses**

Les hypothèses de cette thèse vont permettre de proposer une réponse à la problématique mais aussi d'avoir une vision globale sur le sujet. D'après les différentes lectures réalisées et la phase d'observation effectuée sur le terrain, on s'aperçoit que l'utilisation des produits phytosanitaires pourrait être liée à la représentation qu'en ont les agriculteurs. Face à cela une hypothèse



centrale se dégage : « Il est possible pour les agriculteur de remplacer l'usage des produits phytosanitaires par des méthodes alternatives » alors que leur quotidien est fait d'adaptations pragmatiques des traitements aux risques perçus.

Les représentations liées à l'usage des méthodes de lutte alternatives pourraient être affectées par l'augmentation de la productivité que permettent ces usages-là, améliorant ainsi la marge économique des agriculteurs : Les méthodes de lutte alternatives contribueraient à produire, vecteurs de rentabilité économique.

Les pesticides présentent une menace pour l'environnement (naturel , sanitaire...) mais leur non utilisation aurait des conséquences sur la productivité des exploitations agricoles. Il semblerait que la rentabilité économique de celles-ci prime face aux risques engendrés par les pesticides :

Les produits phytosanitaires ne sont pas perçus comme vecteurs de risques (environnementaux, sanitaires), mais plutôt comme vecteurs de moyen de production.

Mettre en place des pièges pour mieux appréhender la dynamique de vol du papillon (carpocapse) et adapter les stratégies de lutte par la confusion sexuelle afin d'évaluer et comparer l'efficacité des différents dispositifs de confusion sexuelle.

Le recours aux méthodes alternatives (gestion des adventices, des ravageurs et des maladies) doit être correctement géré pour ne pas entraîner des conséquences économiquement préjudiciables.

## **Partie 2 : Matériel et Méthode**

# Chapitre 1 : Filière Noix en France

## 1. Une filière mondialisée

Le production mondiale de noix s'élève à 4,02 millions de tonnes par an, moyenne de 2017 à 2018 (Planetoscope, 2021). Aujourd'hui, le marché de la noix française est fortement concurrence, par des bassins très productive notamment au Chili où le marché de la noix est un des secteurs agricoles les plus dynamiques. Les deux principaux pays producteurs sont dans l'ordre :

- la **Chine** ; avec une production de plus de 1,5 million de tonnes en 2018 (FAO, 2018). ce qui représente 40% de la production mondiale. Ce pays est également le premier pays consommateur de noix. C'est un des bassins originel du genre *Juglans*, des archéologues ayant retrouvé des traces de noyers datant de 25 millions d'années et on le trouve dans plus de 20 provinces en Chine . Ce pays a un fort pouvoir de développement car on observe un retard de moyens économiques et techniques par rapport au marché mondial (le rendement moyen étant de 1,5 tonne par hectare) (Soulat E., 2019).

- les **États-Unis** sont le deuxième pays producteur de noix avec une production de plus de 613.000 tonnes en 2018 (FAO, 2020). Le bassin de production se situe majoritairement dans l'état de Californie. Plus de 80% de la production américaine est exportée.

**L'Union Européenne** étant déficitaire, elle importe l'équivalent de ce qu'elle produit pour couvrir ses besoins (185.000 tonnes par an). Les échanges intra-communautaires sont importants, on trouve cependant une forte importation en provenance des USA, du Chili, qui joue par Chili son atout de la contre- saisonnalité et dans une moindre mesure de la Chine (Soulat E., 2019).

La **Grèce** et l'**Autriche** sont les deux pays où la consommation de noix est la plus importante, 2,5 kg par habitant par an contre 500 grammes en moyenne en Europe (la consommation française est égale à cette moyenne) (Soulat E., 2019).

## 2. Le Noyer : deuxième verger français en superficie

La France est le deuxième pays producteur de noix en Union Européenne derrière la Roumanie et se place à la 7<sup>ème</sup> sur le plan mondial (Chambre d'Agriculture de Dordogne, 2021). mais se situe dans les principaux pays exportateurs de noix coques. La superficie du verger de noyers a augmenté de 30% en 10 ans pour atteindre 26 000 ha en 2019 (FAO, 2020).

Le verger de noyer se répartit entre deux bassins de production : la région Auvergne-Rhône-Alpes qui concentre près de 50% des surfaces, d'une part et les régions Nouvelle Aquitaine et l'Occitanie. d'autre part. 35 000 T sont produites en France dont 18 000T en Auvergne-Rhône-Alpes (Senura, 2021).

Au niveau national, l'association Dynamique Noix a pour ambition de fédérer tous les acteurs de la filière noix vers une même stratégie notamment sur les orientations de la recherche et de l'expérimentation avec le CTIFL et les stations d'expérimentation (la Senura pour le bassin du Sud-Est et la station de Creysse pour le bassin du Sud-Ouest) (Soulat E., 2019).

Au niveau régional, a été créée l'Interprofession InterNoix Sud-Ouest le 12 Juillet 2021. Sa mission principale est de représenter et défendre les intérêts des adhérents auprès des pouvoirs publics.

Les deux AOP (l'AOP Noix de Grenoble et l'AOP Noix du Périgord) témoignent d'une filière française orientée vers la qualité gustative ce qui permet à la noix française de rester compétitif sur le marché de l'exportation. La France a exporté environ 23 000 tonnes de noix en coques entre 2018 à 2020 (65% de sa production) dont les principaux clients sont l'Italie, l'Espagne et l'Allemagne. Entre 2018 et 2020, la France a importé 11 000 tonnes de noix cerneaux par an ce qui en fait un des principaux pays importateurs (AOC Noix du Périgord, 2010).

La zone de production de noix dans le Sud-Ouest se situe entre le Gers, le Limousin et la Gironde. Au cœur de ce bassin, on trouve la noix du Périgord qui bénéficie d'une AOP depuis 2004 (Soulat E., 2019). C'est une culture ancestral, les premières traces de noix sont retrouvées dans des habitations datant de 17.000 ans, sur l'ensemble du département à l'exception de la zone viticole du bergeracois (AOC Noix du Périgord, 2010). Les sols argilo-calcaire sont favorables à l'implantation de cette culture.

La Dordogne produit les 3/4 de la production du bassin Sud-Ouest et 25% sur la plan national et représente 30% de la superficie des noyeraies en France (Soulat. E, 2019).. C'est une filière dynamique, de 2008 à 2020 plus de 2 000 ha de nouvelles noyeraies ont été implantées, bien intégrées dans des exploitations en polyculture-élevage. On observe également un développement des circuits de commercialisation plus courts avec une valorisation de produits transformés (huile, cerneaux...).

### **3. Noix : variétés**

Les noix produites en France proviennent essentiellement de la moitié sud du pays. Périgord, Dauphiné, Isère et Drôme produisent ces petites gourmandises sous coque et fournissent de différentes variétés : Franquette, Lara, Marbot, Mayette, Chandler, Corne, Fernor, Fernette, Ferbel, Ferouette. Certaines sont regroupées sous les **Appellations d'origine contrôlée** « Noix du Périgord » et « Noix de Grenoble ». Aujourd'hui, 4 variétés de noix sont concernées par l'**Appellation d'origine protégée (AOP)** : Noix du Périgord : Franquette (majoritaire avec 80% des volumes) puis Corne, Marbot et Grandjean (AOC Noix du Périgord, 2010).

# Chapitre 2 : Maladies et ravageurs de la Noix

## 1. Maladies des noyers

Les deux principales maladies dans les noyeraies françaises sont la bactériose et l'antracnose (INRAE, 2017) :

**La bactériose** (due à *Xanthomonas campestris pv. juglandis*, *walnut blight*) apparaît sous forme des petites taches huileuses puis noirâtres à partir de la zone apicale sur les jeunes fruits. Elle est susceptible de provoquer des pertes de rendement jusqu'à 50%.

**L'antracnose** est provoquée par le champignon *Ophiognomona leptostyla* (anc. *Gnomonia juglandis*, *Ascomycetes Sordariomycetes*). Sur les feuilles, on observe des petites taches grises brunes avec une périphérie brune. Sur les fruits, les petites taches sont brunes noires. Des attaques fortes de ce champignon peuvent provoquer des chutes de feuilles précoces, préjudiciables au grossissement des cerneaux et à la qualité.

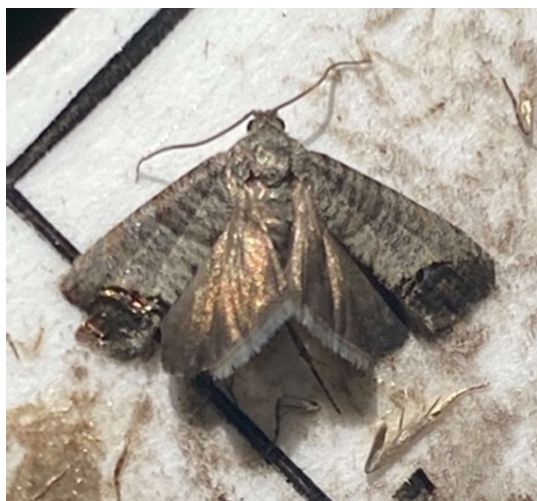
On peut parfois observer aussi des maladies aériennes secondaires comme le **Chancre Bactérien** causé par *Pseudomonas Syringae*, parasite très polyphage et la **Tavelure Blanche** (*Downy Spot*) due au champignon *Microstroma juglandis* (*Basidiomycota, Microstromataceae*) (INRAE, 2017).

La maladie de l'**Encre** causée par les parasites de type *Phytophthora cambivora*, *P. cinnamomi* et *P. cactorum* et surtout les pourridiés (dus aux champignons *Armillaria mellea* et *Rosellinia necatrix*) peuvent causer des dégâts ponctuellement graves où les plantations successives ont été effectuées en utilisant comme porte-greffe le noyer commun, espèce particulièrement sensible à ces deux maladies racinaires (INRAE, 2017).

## 2. Les ravageurs des noyers

Le carpocapse de la noix et la mouche de la brou, sont des ravageurs qui provoquent des dégâts parfois importants. Les chutes de fruits provoquées par le carpocapse passent parfois

inaaperçues en début de saison mais peuvent atteindre 30 % dans certaines parcelles.



**Figure 14:** Photo 6. Carposapse adulte piégé



**Figure 13:** Photo 7. Mouche du brou piégée

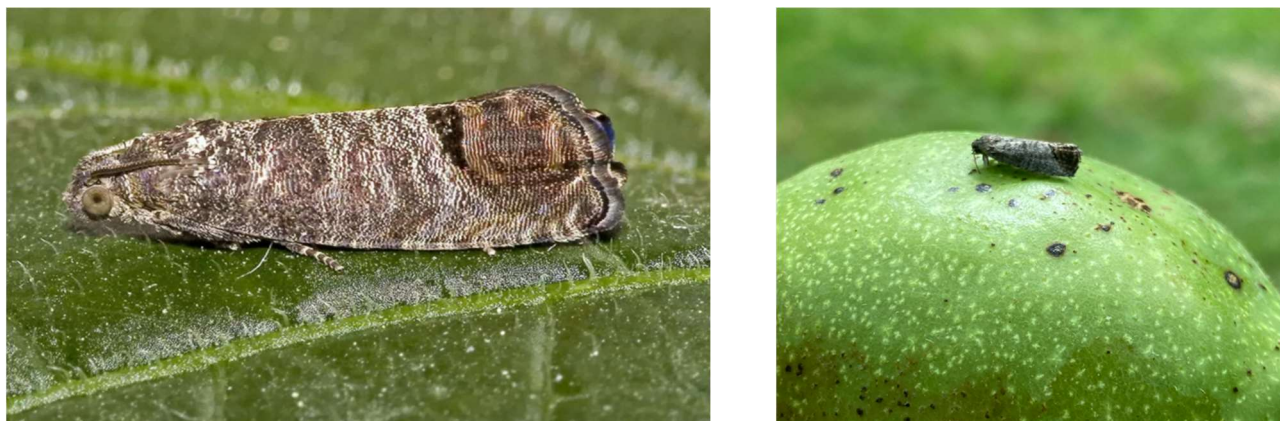
Plus récemment, la mouche du brou arrive en France en 2007 (originaires de l'Amérique du Nord), *Rhagoletis completa* Cresson 1929 (Diptera Tephritidae) a été capturée pour la première fois en Dordogne en Août 2011. Les œufs pondus dans le brou des noix donnent naissance à des larves (asticots) qui consomment le brou (Photo 8) et provoquent la chute des fruits si l'attaque est précoce (Juillet). Plus tard, les pontes d'Août à Septembre provoquent des dégradations des coques et des pertes de qualité des cerneaux (coloration). La diminution des solutions chimiques rend nécessaire la mise au point de méthodes alternatives de lutte (Mery.D , 2019).



**Figure 15:** Photo 8. Noix attaquée par des larves de la mouche du brou, (Mery D., 2020)

## 2.1. Informations sur le ravageur : *Cydia pomonella*

*Cydia pomonella* (carpocapse), ravageur de la noix (et de la pomme) est un Lépidoptère de la famille des Tortricidés, dont l'adulte mesure environ 18 mm d'envergure. Depuis quelques années, ce petit papillon est en recrudescence dans les noyeraies du Sud-Ouest de la Dordogne (Mery. D, 2019) Le carpocapse sous sa forme ailée est facilement identifiable, corps oblong, voire conique et couleur marron-grise.



**Figure 16:** Photo 9. La taille du carpocapse

Le carpocapse (*Cydia pomonella* L.) est un papillon qui se vole essentiellement à la tombée du jour. Les adultes qui n'ingèrent que des aliments liquides n'ont aucun impact direct sur les cultures. Ce sont les larves qui causent des dégâts majeurs en consommant exclusivement les fruits. Les espèces hôtes sont principalement le noyer, le pommier, le poirier, et le cognassier et secondairement l'abricotier (Audemard, 1991).

Dans le sud de la France, on observe de 2 à 3 générations annuelles. Depuis quelques années, on observe de plus en plus de larves de troisième génération ce qui serait lié d'une part au réchauffement climatique qui allonge la durée des conditions favorables à l'émergence des adultes et d'autre part à la plantation de nouvelles variétés de pommes (Granny Smith, Pink Lady) récoltées plus tardivement ce qui prolonge la présence de fruits dans les vergers (Aubertot J.N., et al. 2005).

## 2.2. Cycle de développement

- Carpocapse présente de 2 générations par saison, parfois une 3ème génération partielle, de mi-mai à mi-septembre. Ces papillons volent à la tombée de la nuit.



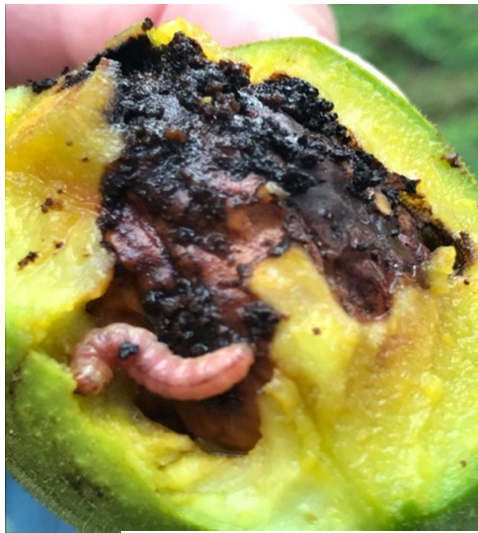
- Le carpocapse passe l'hiver sous forme d'une larve diapausante installée dans les anfractuosités des écorces ou dans le sol. Les larves se transforment en chrysalides au début du printemps, et début mai les premiers papillons commencent à émerger. Les papillons mâles sortent 3 à 4 jours avant les femelles, ils sont attirés par les phéromones de la femelle pour l'accouplement 10.
- La reproduction commence quand la température crépusculaire devient supérieure à 15°C durant plusieurs jours consécutifs et l'hygrométrie est supérieure à 60%. Les femelles pondent entre 10 à 100 œufs sur les fruits, les rameaux ou les feuilles avec une incubation de 7 à 20 jours selon les températures.
- Le développement larvaire se réalise en 20 à 30 jours à l'intérieur des fruits. A l'issue de cette phase, les larves, d'environ 2 cm de long, sortent du fruit et tissent un cocon. Elles se nymphosent pour donner naissance à une seconde génération d'adultes ou se diapause jusqu'au printemps suivant 10.
- Le second vol s'étale de fin juillet à début septembre, une troisième génération peut parfois début vers mi-Aout. Le nombre de générations dépend de la température durant l'été et peut conduire à des pertes importantes sur la production de noix (Mery D., 2019).

### **2.3. Les difficultés de contrôle du carpocapse**

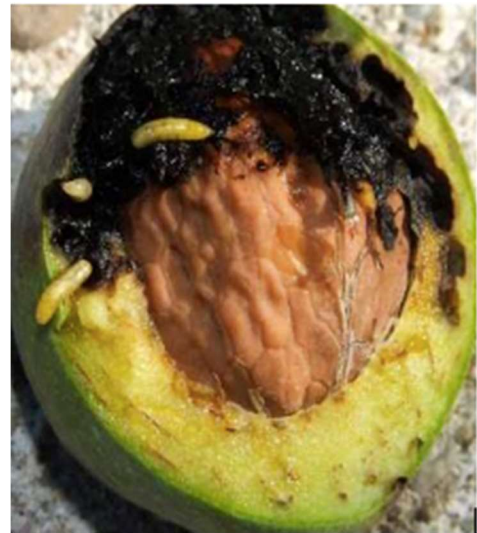
Le carpocapse est présent dans toutes les régions de culture de pommiers du monde (Riedl 1983). C'est le ravageur qui occasionne le plus grand nombre de traitements insecticides dans les vergers d'Europe et d'Amérique du Nord. Les fortes fréquences de traitements ont conduit à l'apparition de résistances à de nombreux insecticides appartenant à des groupes chimiques variés (Reyes M., et *al.*, 2007). Ces résistances rendent difficile la maîtrise carpocapse par les insecticides, notamment en Europe depuis les années 90.

### **2.4. Dégâts**

Le carpocapse est un des principaux ravageurs du noyer qui peut provoquer jusqu'à 30% de perte de récolte pour les producteurs, et nécessiter un tri manuel coûteux. La larve pénètre rapidement jusqu'au cerneau de la noix (Photos 10 et 11). La lignification de la coque n'empêche pas totalement les dégâts, la jeune larve pénétrant souvent par la base de la noix dans la zone soudure entre les deux demi-coques. Les photos ci-dessous montrent la différence entre la larve du carpocapse et la larve de la mouche du brou.



**Figure 18:** Photo 10. Noix attaquée par la larve du carpocapse

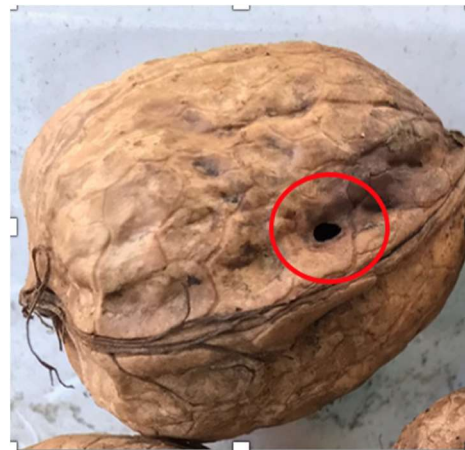


**Figure 17:** Photo 11. Noix attaquée par la larve de la mouche du brou

En effet, lorsque les fruits sont attaqués par une larve au début de leur phase de croissance, le dégât aboutit souvent à la chute du fruit. Dans le cas où le fruit ne tombe pas, il est dans tous les cas non commercialisable, et les fruits endommagés, même superficiellement, sont systématiquement retirés du marché de vente de noix coques.



**Figure 20:** Des déjections autour d'un petit trou signe le passage de la larve du carpocapse à l'intérieur de la noix



**Figure 19:** Le petit trou signe le passage de sortie de la larve du carpocapse

Les noix attaquées tôt en saison (première génération) chutent bien avant la récolte alors que celles attaquées tardivement (deuxième génération ou parfois troisième génération) restent sur les arbres jusqu'à la récolte (Mery D., 2019).

Les symptômes sur noix sont un brunissement du brou et la présence de déjections de la larve en superficie. Ces symptômes sont à différencier de ceux de la mouche du brou. L'évolution du niveau exact de dégâts est délicate et souvent difficile à réaliser pour l'agriculteur. Plusieurs générations peuvent faire chuter les noix pendant l'été. Ces noix tombées au sol avant la récolte sont souvent broyées lors de la tonte de l'herbe sur l'inter-rang (Mery D., 2019).

C'est pour ces nombreuses raisons que l'on évaluera principalement la pression potentielle du carpocapse à partir du nombre de papillon piégés et non pas à partir des dégâts observés. Cela nécessite donc une rigueur et systématisation des pièges avec capsules à phéromone. Ce suivi représente un gros travail car il doit être rigoureux et assuré durant plusieurs mois (près de 5mois).

### **3. Confusion sexuelle pour gérer le carpocapse de la Noix**

#### **➤ Modalité Ginko Ring (100/ha)**

Les diffuseurs à phéromone sont posés au sommet des arbres en début de saison et libèrent de façon régulière le mélange phéromonal qui sature l'atmosphère du verger. La trace phéromonale émise par la femelle du carpocapse ne peut plus être identifiée et suivie par le papillon mâle (Sumi-Agro, 2007)

La pose des diffuseurs est une intervention compliquée dans des arbres de grande hauteur car pour être efficace en assurant une bonne répartition des phéromones sur toute la hauteur des arbres, il est indispensable de poser ces diffuseurs le plus haut possible. Or, parfois les noyers peuvent dépasser 15 mètres de hauteur ce qui oblige à utiliser des engins adaptés pour atteindre le haut de la canopée des arbres. Puisqu'il est nécessaire de placer les diffuseurs le plus haut possible, une perche de 8mètres et le drone peuvent être des outils adaptés pour poser les

GINKO Ring au sommet des noyers. Les perches de 8 mètres (photo 1) sont mises à disposition par SUMI-AGRO et le drone a fait l'objet de démonstration par la société Agri-Builders (Photo 15) qui propose, par ailleurs, des prestations de service de pose de Ginko-Ring en collaboration avec la société Sumi-Agro (Mery D., 2019).



**Figure 21:** Photo 14. Pose Ginko Ring à 10 m de hauteur



**Figure 22:** Photo 15. Drone de la société Agri-Builders avec un chargeur équipé de Ginko-Ring



- **Modalité M2I à phéromone**

Les billes à phéromone (Photo 16) contiennent un mélange à base d'eau et de phéromones. Ce mélange est persistant durant les 5 mois (mai à septembre) ce qui correspond à la durée du vol du carpocapse. Il faut 60 jours minimum entre chaque application si 2 applications sont prévues (Mery D., 2019).



**Figure 23:** Photo 16. Billes à phéromones M2I (El-oualydy K., 2021)

Les tirs de projection de billes à l'aide d'un dispositif type paintball à raison de 400-600 billes par hectare sont à répartir sur toute la parcelle à raison de 2 à 5 tirs par arbres (vers la canopée des arbres) en fonction de la densité de plantation des noyers.

Dès que les billes percutent un obstacle (bruitille ou branche), elles éclatent et déposent leur produit à proximité immédiate du point d'impact.



**Figure 24:** Photo 17. Appareil Paintball équipé d'un chargeur de billes à phéromones M2I  
( El-oualydy K., 2021)

La pose par projection de billes a été réalisée à Sorges le 04 Mai 2021 sur les modalités M2 et M3 pour la lutte par confusion sexuelle contre le carpocapse de la noix. Cette méthode de lutte est en cours d'homologation.



# Chapitre 3 : Zone d'étude – Réseau DEPHY

## 1. Présentation de la zone d'étude

Le département de la Dordogne est situé dans l'Hémisphère Nord, à l'ouest du continent européen, dans le quart sud-ouest de la France. Le département de la Dordogne s'étend sur une superficie totale de 9 060 km<sup>2</sup> (Esprit de pays, 2014), sur 116 kilomètres d'est en ouest et sur 126 kilomètres du nord au sud. La Dordogne est le troisième département de France Métropolitaine, derrière la Gironde et les Landes, couvrant 1,7% du territoire Français et 21% du territoire de l'ex région Aquitaine (Esprit de pays, 2014).



Figure 25: Carte présente la localisation de la Dordogne

La Dordogne est caractérisée par un climat tempéré et régulier, de type océanique, grâce à l'influence du Gulf-Stream dont les courants océaniques tièdes viennent réchauffer la façade océane de l'Europe (Esprit de pays, 2014).



Les hivers et les étés (généralement chauds et secs) sont bien accusés, mais avec des variations locales quelque fois modérément océaniques, quelque fois continentales, et à d'autres moments montagnards, ce qui lui donne en général une pluviométrie assez abondante (Chambre Agriculture Dordogne, 2021). La température moyenne est de 12° C environ. Par ailleurs, les orages sont assez fréquents, plus spécialement dans la vallée de la Vézère et au Sud-Ouest du département.

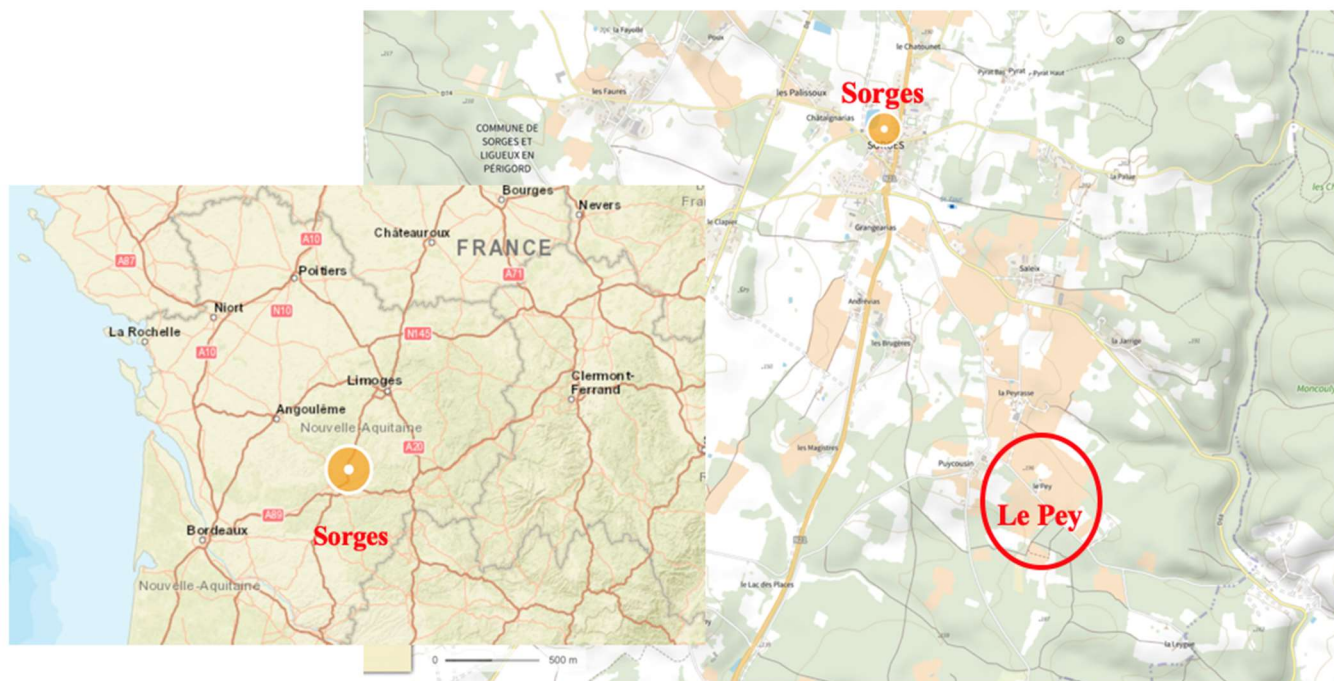
La Dordogne se trouve entre le Massif Central et le Bassin Aquitain. Cette position géographique rassemble tous les âges géologiques. Les sols de la Dordogne sont dominés par des sols calcaires. La Dordogne (20 % des exploitations) est le premier département français en matière de tourisme à la ferme et de vente directe (Chambre Agriculture Dordogne, 2021).

Les productions les plus importantes en effectifs et en chiffre d'affaires sont l'élevage, les grandes cultures et la viticulture. Près de 50 % de la superficie du département (400 000 ha) est occupée par la forêt qui est très morcelée (plus de 10 000 propriétaires) et cela place la Dordogne au 3ème rang national, avec un chiffre d'affaires complémentaire de 306 millions d'euros (Chambre Agriculture Dordogne, 2021).

Dans le département de la Dordogne, l'irrigation concerne ainsi 2000 agriculteurs. Ils prélèvent 30 millions de m<sup>3</sup> par an pour l'irrigation, ce qui représente 0,4 % de la pluviométrie annuelle. 25 000 hectares irrigués soit 8 % des surfaces agricoles et seulement 3 % de la surface du territoire départemental. Une irrigation très diversifiée avec de très nombreuses productions sous signes officiels de qualité.

Notre étude a été effectuée au niveau du département de la Dordogne et plus précisément à Sorges-et-Ligueux-en-Périgord qui est un regroupement de communes situées dans le département Dordogne qui correspond au département 24. Sorges-et-Ligueux-en-Périgord fait donc partie de la Région Nouvelle Aquitaine.

Les parcelles de cette étude sont situées au lieu-dit 'Le Pey', à 2,4Km de Sorges (Voir la carte ci-dessous) sur la commune historique de Sorges.



**Figure 26:** Carte situant le lieu de l'essai (Géo-portail, 2021)

## 2. Réseau DEPHY-Ferme Noix Dordogne

La Chambre d'Agriculture de Dordogne porte 4 Réseaux Dephy (Dephy Noix, Dephy Viti, Dephy Polyculture-élevage et Dephy Fraise) ce qui représentent 48 fermes, témoignage d'une volonté de poursuivre les efforts vers une agriculture plus respectueuse de l'environnement et économe en intrants.

Le Réseau Dephy Noix Dordogne a été créé autour d'un projet collectif qui se base sur les transferts de connaissances et d'expérience, entre les adhérents du groupe mais également entre les cuniculteurs à plus grande échelle, afin d'obtenir une baisse de l'IFT moyen. Ce groupe a été créé dans un contexte particulier, avec notamment l'arrivée d'un nouveau ravageur : la mouche du brou. Les actions prévues dans le projet sont les suivantes (Soulat. E, 2019) :

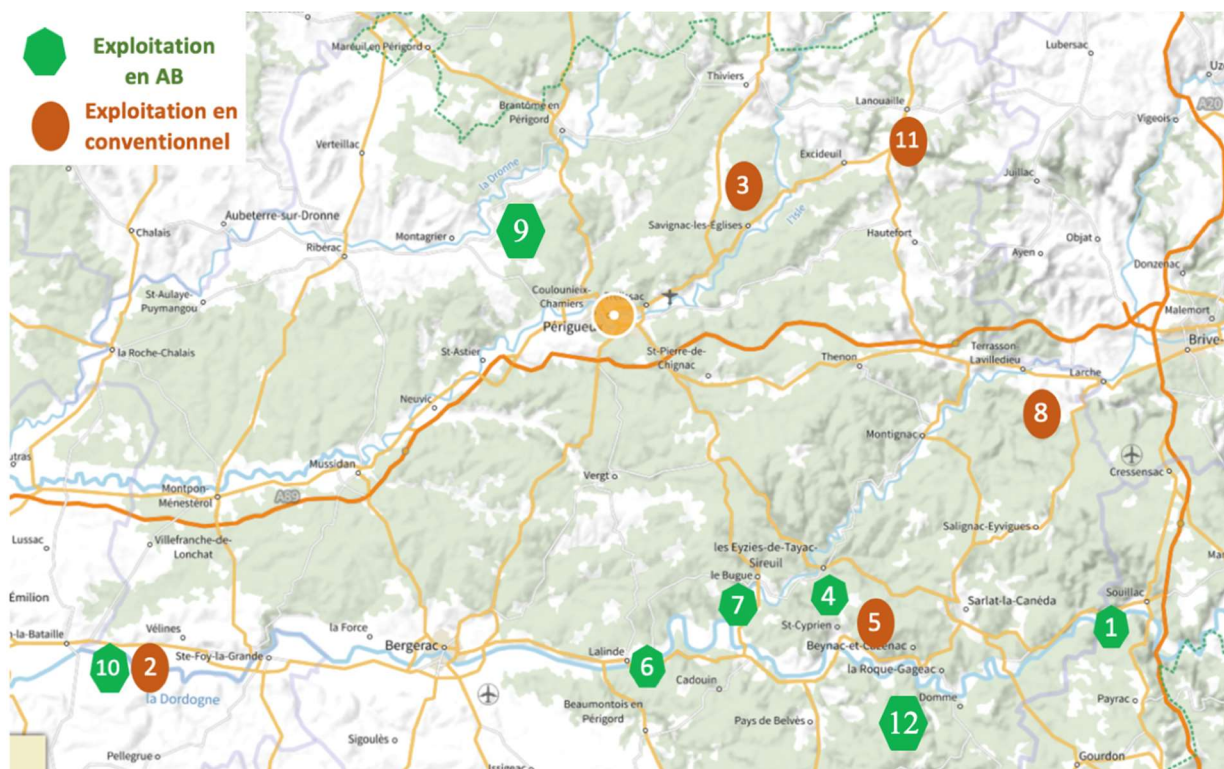
- La réduction de l'utilisation d'herbicide en associant désherbage mécanique et chimique, réduire la largeur de désherbage, l'implantation de couverts végétaux sur le rang. Tester de nouveaux appareils et machines mieux adaptés en limitant l'effet de dérive...

- La mise en place de méthodes de lutttes alternatives contre les ravageurs ; en favorisant l'implantation de ravageurs naturels (par exemple la mise en place de nichoirs),
- Le recours à la confusion sexuelle et des produits de biocontrôle,
- La localisation des insecticides afin de réduire les doses utilisées,
- La réduction de l'utilisation du cuivre en privilégiant des produits foliaires à très faible dosage en cuivre...

L'ingénieur réseau du réseau DEPHY-Ferme Noix Dordogne est Didier Mery, qui s'occupe de l'animation et du pilotage de ce Groupe. Cette action représente la moitié de son temps de travail.

En 2016, suite à un appel à projets pour faire partie du Réseau Dephy, un dossier a été réalisé et a reçu un avis favorable pour la période de 5 ans (2017-2021). Puis, début 2021, un nouveau dossier de re-candidature a été constitué et déposé : il a reçu un avis favorable en Septembre 2021 pour la période de 2021-2026. Ce groupe est constitué de 12 exploitations réparties sur l'ensemble du département. Au sein de ce groupe, on trouve :

- Une **pluralité des profils**; certains ont une expérience de plus de 40 ans alors que d'autres arrivent dans la filière depuis moins de 5 ans, voir même reprennent l'exploitation familiale depuis 1 an.
- Une **diversité des méthodes de production**; 7 exploitations sont en agriculture biologique (ce qui représente 60% du groupe) dont 1 en biodynamie
- Une **représentative de toutes les zones de production** du département ; certaines se trouvent en vallée de rivière (de la Dordogne et de la Dronne), d'autres se trouvent en semi-coteaux et d'autres plus en coteaux ce qui permet également d'étudier des techniques de lutttes alternatives dans des contextes pédoclimatiques et de pression différente concernant les maladies et ravageurs.



**Figure 27 :** Localisation des fermes du réseau Dephy Noix 2021 en Dordogne. (El-oualydy. K., 2021).

# **Chapitre 4 : Expérimentation et méthodes d'analyse**

## **1. Thème de l'essai**

Les noix attaquées par les larves de carpocapse peuvent représenter parfois jusqu'à 20-30% de pertes de récolte. Les enjeux économiques liés à ces pertes sont donc importants. La stratégie de lutte actuelle contre ce lépidoptère consiste à repérer la dynamique du vol à l'aide de phéromones sexuelles puis à effectuer deux à trois traitements chimiques. Mais selon la perspective d'objectifs du Plan Ecophyto qui vise à réduire de 50% l'utilisation de pesticides, la nécessité s'impose de favoriser les techniques de lutte dites "alternatives" ; tels sont les objectifs de ces essais.

Pour le développement d'une agriculture raisonnée, la Chambre d'Agriculture de la Dordogne, dans le cadre des travaux de réseau DEPHY a mise en place un essai de lutte avec des moyens de bio-contrôle, en partenariat avec les sociétés CORTEVA, M2I et SUMI-AGRO.

## **2. But de l'essai**

Évaluer l'efficacité de la technologie de lutte alternative par la confusion sexuelle avec l'utilisation de billes faisant appel à la technologie de la micro-encapsulation et des Ginko Ring (diffuseurs classiques), afin de comparer ces deux méthodes citées. La micro-encapsulation regroupe l'ensemble des technologies permettant l'enrobage ou le piégeage de principes actifs sous forme solide, liquide, ou gazeuse au sein de particules individualisées dont la taille s'échelonne entre quelques microns et quelques millimètres.

## **3. Choix du site d'expérimentation**

Pour le choix du lieu de l'installation de l'essai, nous nous sommes focalisés sur les critères suivants :

- La présence de Carpocapse les années précédentes a une influence sur la présence du carpocapse l'année en cours.

- Les pratiques de l'agriculteur (désherbage chimique, la tonte, l'irrigation, les engrais, la conduite du verger...) ont une influence sur le cycle de développement du papillon ou sur celui de ses potentiels prédateurs
- Les facteurs pédoclimatiques (luminosité dans le verger, l'orientation des rangs, le vent, le type de sol, la présence d'eau etc...) interviennent comme facteurs de la niche écologique du papillon et ont une influence sur les population de carpocapse.

#### 4. Facteurs et modalités étudiés

– **Facteur étudié** : efficacité des Micro-encapsules (bio-contrôle) en lutte alternative contre le Carpocapse de la noix (*Cydia pomonella*) comparée à la lutte par confusion avec un autre dispositif ( GINKO RING).

– **Modalités étudiées** : (4)

M0 : Témoin

M1 : Confusion sexuelle (GINKO RING)

M2 : Bio-control (Billes M2I à phéromone avec 1 pose)

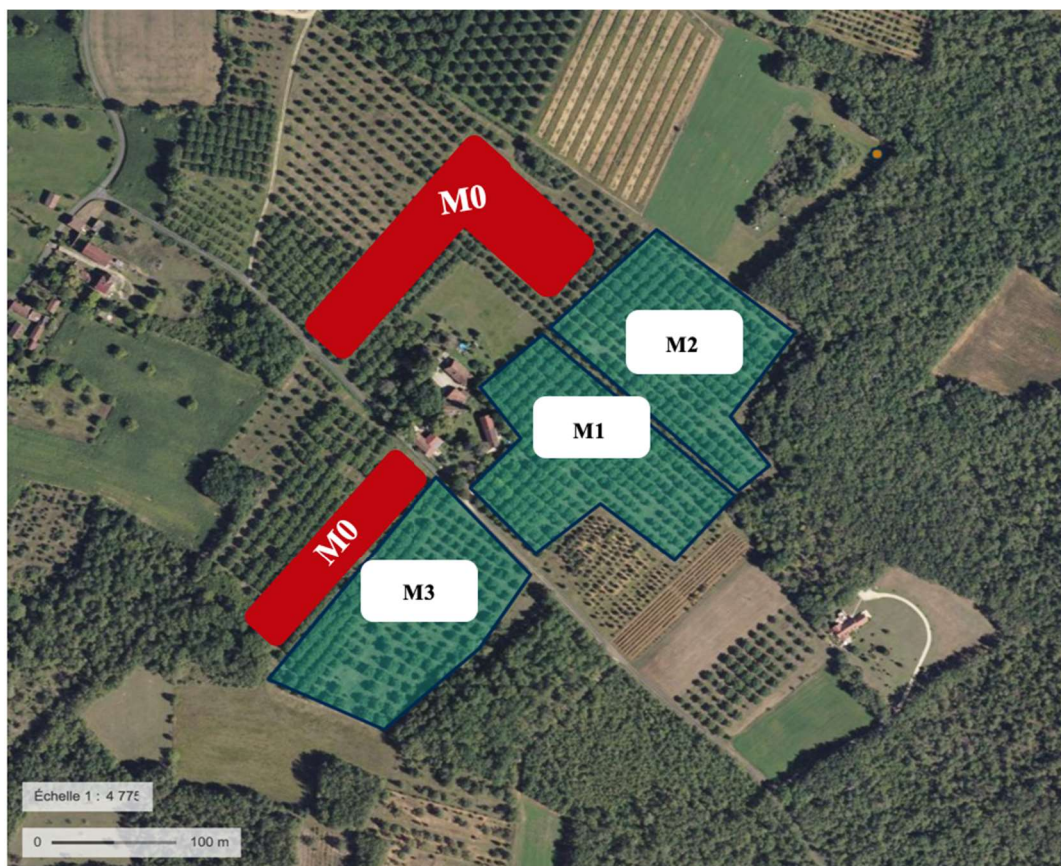
M3 : Bio-control piloté (Billes M2I à phéromone avec 2 poses)

**Tableau 2.** Présentation des modalités pour les deux générations

N°	Surface	G1	Rattrapage	G2	Rattrapage
M0	2ha	Témoin	Insecticides en cas de grande pression (Dégâts G1 > 2%)		Insecticides en cas de grande pression (dégâts G2 > 2%)
M1	2ha	GINKO RING (100 diffuseurs/ha)			
M2	2ha	600 billes/ha			
M3	2ha	600 billes/ha		600 billes/ha	

– **Plan parcellaire** : le plan ci-dessous représente la division des parcelles par modalité.





**Figure 28** : Plan parcellaire de l'essai (El-oualydy. K., 2021).

## 5. Protocol expérimental

- **Matériel Végétal** : Verger de la variété ‘Franquette’ (25 ans).
- **Site d'expérimentation** : L'essai a été réalisé le 03 Mai 2021 sur des parcelles d'un producteur dont les noyeraies de 12 ha sont situées au nord de la Dordogne et qui est membre du réseau DEPHY noix Dordogne. Les noyeraies de ce producteur sont conduites en agriculture conventionnelle, non irriguées et plantées à 10 m\*10 m. Ces parcelles sont situées au lieu-dit ‘Le Pey’, à 2,4 Km de Sorges (Voir la carte Figure 28).
- **Dispositif expérimental** :
  - Identification des ilots de parcelles pouvant accueillir les 3 modalités avec 2 ha / modalité.

- Définir le plan et la date de pose en fonction de la configuration des parcelles et des vents dominants, de l'évolution de la dynamique du ravageur (date des premières émergence) et du stade de sensibilité des jeunes noix aux attaques du ravageurs.

**N.B.** Il faut prendre en considération 3 points importants pour mettre en place les 3 modalités :

- Position des parcelles / tailles multiples.
- Hauteur des arbres par rapport aux comptages des dégâts
- La pression du carpocapse.

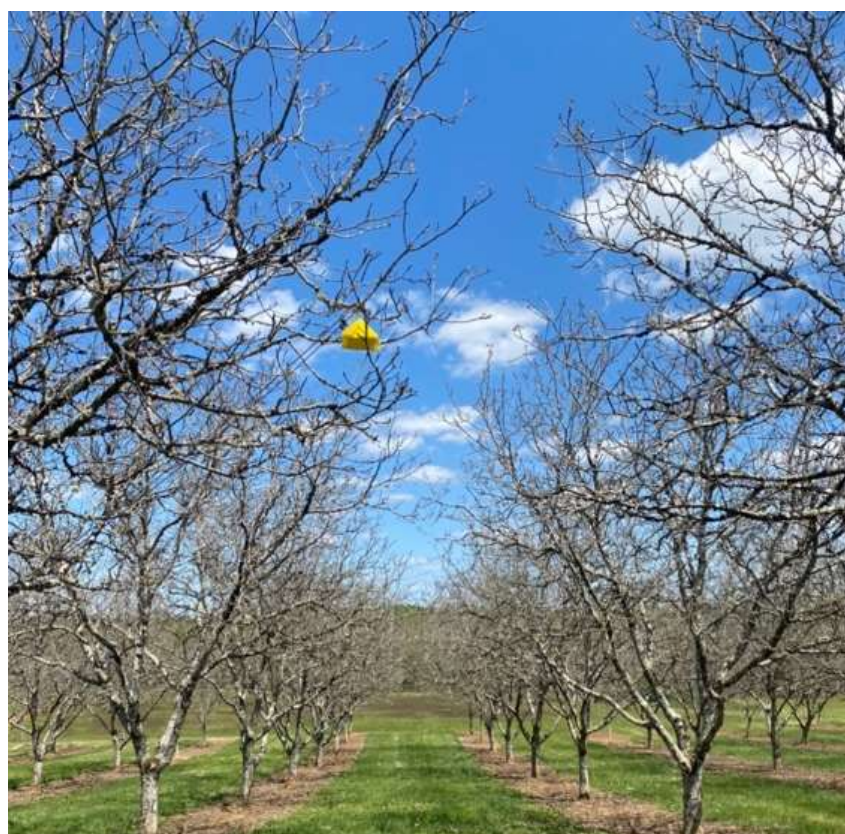
- **Installation des pièges :**

- 3 pièges à phéromones distants de 100 m minimum par modalité vont être utilisés en tant que technique de ‘’monitoring’’ afin de permettre l'estimation de la population du ravageur et ainsi déclencher si nécessaire les interventions au moment le plus opportun.
- Ces pièges doivent être placés dans le tiers supérieur de l'arbre, à proximité des noix. Ils sont installés à l'aide d'un double cordage ce qui permet par un va et vient de redescendre le piège et compter le nombre des carpocapses capturés.
- La mise en place doit être effectuée avant le début du vol, en général on préconise de mettre en place ces pièges fin Avril - début Mai.
- Avec un renouvellement des plaques et les phéromones tous les deux mois.
- **Préparation du piège :** vider le contenu de la seringue dans la coupelle. Placer la coupelle sur la plaque engluée. Insérer la plaque dans le piège avant de le fermer. Les papillons attirés par la phéromone se collent sur la plaque engluée (Photo 18).





**Figure 29:** Photo 18. Type de piège utilisé dans les parcelles confusées



**Figure 30:** Photo 19. Installation du piège dans le tiers supérieur de l'arbre

- Installation de 3 pièges classiques témoins distants de 100 m minimum
- Nous avons effectué un suivi sur l'ensemble de la période de vol du carpocapse et les pièges ont été relevés toutes les semaines du 04 Mai au 15 Septembre 2021 (soit 18 relevés).
- Comptage dégâts (%) G1 et G2 puis dégâts récolte.

Le comptage se fait dans un premier temps par une récolte au sol de 10 fruits par arbres sur 100 arbres pris de manière aléatoire qui a permis de constituer des échantillons de 1000 fruits par modalité. Puis chaque fruit a été examiné afin de détecter la présence de perforation par une larve de carpocapse.

**Tableau 3.** Les modalités utilisées avec les doses et la date de la pose.

N°	G1	Date	Rattrapage	G2	Date	Rattrapage
<b>M0</b>	Temoin					
<b>M1</b>	GINKO RING	Fin Avril	Insecticides en cas de grande pression (dégâts G1> 2%)			Insecticides en cas de grande pression (dégâts G2> 2%)
<b>M2</b>	600 billes/ha	Fin Avril		600 billes/ha	Fin juin – début juillet	
<b>M3</b>	600 billes/ha	Fin Avril		Selon seuil de risque (0-300-600 billes/ha)	Fin Juin – début Juillet	

## **Partie 3 : Résultats et Discussion**

# Chapitre 1. Résultats à l'échelle du groupe Dephy

## Noix Dordogne

### 1. Groupe Dephy Noix Sud-Ouest Dordogne

Durant mes recherches de thèse, la collecte des informations auprès des agriculteurs a été aussi une de mes missions. Les données collectées sont les suivantes : l'itinéraire technique de la campagne avec toutes les interventions réalisées, la surface traitée, les différents traitements utilisés, la dose utilisée, l'outil utilisé, sur quelle parcelle et variété et le rendement de la campagne 2020. Par la suite, ces informations collectées étaient saisies dans le logiciel Agrosyst (Annexe 4).

Tout d'abord, la nouvelle campagne pour 2021 devait être créée pour chaque domaine puis on renseigne pour chaque variété les interventions réalisées. Le logiciel fonctionne grâce à des référentiels qui facilitent la saisie des interventions. Par exemple, chaque intrant est référencé selon le type de culture (noix, pomme...) et d'intervention (insecticide, fongicide, herbicide...). A chaque intrant est associé sa dose de référence (avec ou sans AMM).

Toutes ses informations sont mises à jour, et permettent de calculer des indices de performances économiques (par exemple lié au coût d'utilisation d'un matériel spécifique pour une intervention) et des performances environnementales (calcul des IFT, coût énergétique des intrants...). Toutes ces données permettent d'obtenir des supports de communication, par exemple la réalisation de fiche descriptive du projet.

### 2. Résultats de l'IFT du Groupe Dephy Noix Sud-Ouest Dordogne

Les données du réseau Dephy peuvent être extraites du logiciel Agrosyst sous format Excel. Ainsi, la réalisation de tableaux croisés dynamiques permet de suivre l'évolution des IFT sur l'ensemble du réseau Dephy. On peut également suivre l'évolution entre les campagnes.

Les données du réseau Dephy peuvent être extraites du logiciel **Agrosyst** sous format **Excel**. Ainsi, la réalisation de tableaux croisés dynamiques permet de suivre l'évolution des IFT sur l'ensemble du réseau Dephy. On peut également suivre l'évolution entre les campagnes.

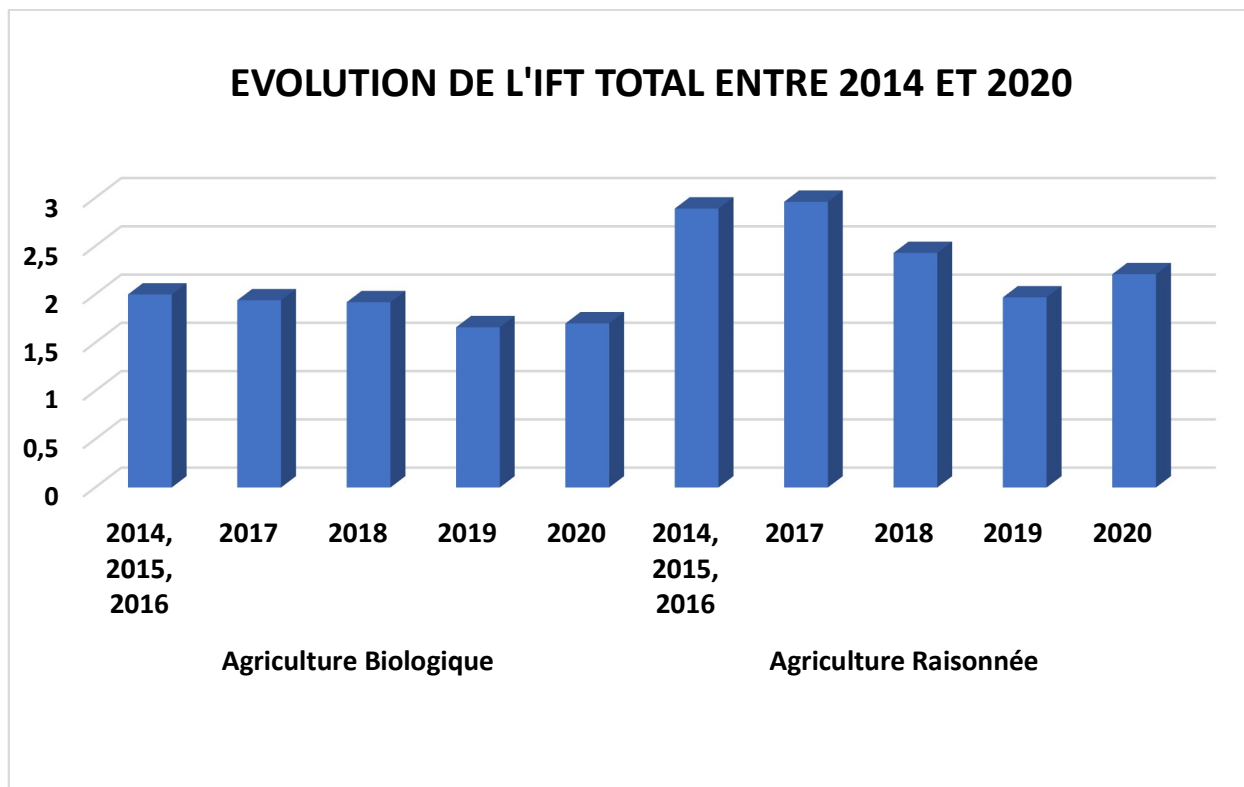
Les tableaux suivants présentent les résultats des IFT de l'ensemble des exploitations du Groupe Dephy entre 2014 et 2020:

**Tableau 4.** Évolution des IFT des exploitations en Agriculture Biologique du Réseau Dephy

Étiquettes de lignes	Agriculture		Biologique		
	2014, 2015, 2016	2017	2018	2019	2020
Fongicides	1,00	1,00	1,00	0,85	0,79
Herbicides					
Insecticides	1,00	0,94	0,92	0,81	0,91
Total général	2,00	1,94	1,92	1,66	1,7

**Tableau 5.** Évolution des IFT des exploitations en Agriculture Conventiennelle du Réseau Dephy

Étiquettes de lignes	Agriculture Conventiennelle				
	2014, 2015, 2016	2017	2018	2019	2020
Fongicides	1,00	1,00	0,96	0,91	0,75
Herbicides	0,89	0,96	0,54	0,13	0,58
Insecticides	1,00	1,00	0,93	0,93	0,88
Total général	2,89	2,96	2,43	1,97	2,21



**Figure 31** : Évolution de l'IFT total entre 2014 et 2020

Les tableaux et le graphe ci-dessus montrent clairement la différence des IFT entre l'agriculture Biologique et conventionnelle. Par ailleurs, il y a une diminution de l'IFT Total des exploitations depuis leur participation au réseau Dephy jusqu'à l'année 2020. Les exploitations conduites en agriculture biologique passent d'un IFT de 2 en 2014 à un IFT à 1,7 en 2020 tandis que les exploitations en agriculture raisonnée passent d'un IFT de 2,89 à 2,21.

Ces résultats expliquent que les agricultrices et les agriculteurs ont été bien impliqués et travaillé collectivement pour obtenir une production de noix plus économe en intrants.

# Chapitre 2. Comparaison entre les méthodes alternatives

## 1. Introduction

Les méthodes alternatives aux produits phytosanitaire pour lutter contre les ravageurs en vergers de noyers : la confusion sexuelle. Cette dernière consiste à perturber le comportement d'un insecte mâle lors de la recherche de la femelle d'une même espèce au moment de la période de l'accouplement en diffusant des phéromones sexuelles.

Pendant la période de diffusion une grande proportion de mâles se trouvent désorientés par ces signaux et rendus incapables de localiser les femelles par saturation du milieu en phéromones larguées régulièrement. Ceci empêche ainsi la multiplication des ravageurs ciblés dans les parcelles.

Contre le ravageur de la noix "carpocapse", la stratégie de lutte repose sur la confusion sexuelle avec la pose de diffuseurs de phéromones. Les différentes méthodes homologuées en vergers de noyer : CheckMate Puffer® (DeSangosse), Ginko® Ring (Sumi Agro France), Ginko® (Sumi Agro France) et Billes à pheromones (M2i Life Sciences). Chaque méthode a ses points forts et ses points faibles (temps de pose, coût...).

L'une des principales contraintes de ces méthodes réside dans le fait que la confusion sexuelle requiert des surfaces minimales de 4 à 5 hectares. La protection ne fonctionne pas si, par exemple, au milieu d'un îlot, un producteur traite son verger de manière classique.

## 2. Comparaison entre les différentes méthodes de lutte

### Comparaison entre les méthodes de lutte : confusion sexuelle

Tableau 6. Comparaison entre les méthodes de lutte contre le carpocapse

Données à l'hectare	Ginko		Ginko Ring			Checkmate Puffer	Billes à phéromone	Traitement Carpovirusine	Traitement conventionnel
	Nacelle	Perche	Nacelle	Perche	Drone				
Nombre à poser	550		100			2,5	400 - 600	2 Traitements	2 Traitements
Coût du produit	220 €		206 €			303 €	Pas connu	90 €	72 €
Type de pose	Nacelle	Perche	Nacelle	Perche	Drone	Suspendu	Paintball	Atomiseur / Pulvérisateur	Atomiseur / Pulvérisateur
Coût ou installation	83 €	0	83 €	0	120 €	0	Pas connu	75 €	75 €
Temps de pose à * 1 ou ** 2	4h *	7h **	1h40 *	2h30* *	30 minutes	30 minutes	50 minutes	50 minutes	50 minutes
Coût total sans MO	303 €	220 €	309 €	206 €		303 €	Pas connu	165 €	147 €
Coût total avec MO (17€/h)	371 €	458 €	337 €	301 €		311 €	Pas connu	179 €	161 €

**La confusion sexuelle** : est une méthode couteuse, entre 140 et 160€ de coût de traitement de plus par hectare par rapport aux traitement virus de la granulose (carpovirusine ) ou bien traitement conventionnel.

- Le Virus de la Granulose (Traitement carpovirusine) est un insecticide alternatif à base d'un virus spécifique à l'espèce *C.pomonella*, agit par ingestion en détruisant la paroi intestinale de la larve.



- Les informations sur le coût des billes à phéromone M2i et le coût d'installation (paintball), ne sont pas encore communiquées vu que cette confusion est en cours d'homologation.

Le tableau ci-dessus présente une comparaison selon différents critères entre les différentes méthodes de la confusion sexuelle avec un traitement Virus de la Granulose et un traitement conventionnel.

- Si on compare entre le coût des produits utilisés pour la confusion sexuelle, on trouve **Ginko Ring** est la méthode la moins couteuse (jusqu'à savoir le coût de la confusion avec les billes à phéromone M2i),
- Si on compare selon le temps de la pose, **Checkmate Puffer** est la méthode la plus rapide (30 minutes)
- Si on compare entre les méthodes alternatives, on remarque que la confusion sexuelle est la plus couteuse par rapport aux traitements soit bio-contrôle soit traitement conventionnel.

Très spécifique, la confusion sexuelle n'affecte pas l'entomofaune auxiliaire. Il est à noter que certains diffuseurs associent plusieurs phéromones de façon à pouvoir contrôler plusieurs ravageurs à la fois.

Cette technique montre pleinement son efficacité si :

- Elle est mise en place avant le début du vol de première génération.
- Lorsque les pressions des ravageurs cibles sont faibles à modérées, accompagné d'un monitoring sur les parcelles « confusées ».
- Lorsque la pression est forte voire extrême, une rencontre de hasard de papillons peut permettre des accouplements et donc l'apparition de quelques larves. Il convient alors l'année précédant la lutte de traiter avec des moyens biologiques (nématodes, BT, virus de la granulose...) ou autres et de faire un suivi précis des parcelles pour le cas échéant traiter les parcelles où le seuil d'infestation serait dépassé.

Si le suivi des parcelles indique une augmentation des populations, un ou plusieurs traitements insecticides d'appoint devront être réalisés en cours de saison. Enfin, dans les régions soumises à des traitements insecticides obligatoires ou lorsque la présence d'un autre ravageur rend

nécessaire un traitement insecticide, il conviendra de s'assurer que les traitements soient faits de manière à couvrir les stades sensibles de tous les ravageurs visés. La confusion sexuelle permettra dans ce cas de viser le moment opportun de lutte contre les autres ravageurs.

# Chapitre 3. Résultats des piégeages

## 1. Comment mesurer les effectifs de population de carpocapse

Pour évaluer les effectifs de populations de carpocapses, une méthode couramment utilisée depuis longtemps est le piégeage attractif des mâles par utilisation d'un analogue synthétique d'une phéromone sexuelle femelle (Riedl H., et *al.*, 1976).

Néanmoins, le piégeage par phéromone fait intervenir des mécanismes complexes qu'il s'agisse de la diffusion de la substance attractive dans l'atmosphère ou bien du comportement des individus percevant le stimulus. Il est notamment difficile d'avoir une idée précise du rayon d'action du piège et également d'établir un lien entre le nombre d'adultes capturés dans un piège et la taille réelle de la population de carpocapse dans le verger. Enfin, la détermination du lien entre un niveau de population et des dégâts potentiels fait l'objet de nombreuses discussions.

Malgré les inconvénients évoqués, le piégeage attractif des adultes reste, par sa facilité de mise en œuvre, la méthode la plus appropriée pour effectuer un suivi temporel des populations de carpocapse simultanément sur un grand nombre de vergers. Au cours de cette étude, nous avons effectué des suivis de populations de carpocapses à l'aide de pièges attractifs à phéromone M2I.

## 2. Présentation des données de piégeages et de dégâts

### 2.1. Dynamique de capture des papillons

On a souvent tendance à agréger des données de capture pour les analyser, en utilisant par exemple le cumul ou la moyenne des captures. Afin d'explorer au mieux cette relation entre méthode, dégâts et capture, il faut se concentrer sur les dégâts de première génération, c'est-à-dire les dégâts dus aux larves issues des adultes ayant émergés au printemps (premier vol), mais dans notre étude on n'avait pas la possibilité de l'effectuer. En effet, les dégâts plus tardifs sont plus difficiles à évaluer, car des fruits piqués précocement tombent au sol ou sont retirés par l'arboriculteur.

Rappelons que les données de captures d'adultes ont été acquises de manière hebdomadaire, par relevé d'un piège attractif par verger, et ce tout au long de la période du vol.

Le suivi des pièges installés (le 03 Mai 2021) dans notre essai expérimental à Sorges pendant 5 mois (Annexe 2 et 3 ), a bien permis de faire ressortir la dynamique attendue avec une phase de croissance rapide durant les 3 ou 4 premières semaines correspondant à la période d'émergence, suite à la sortie de diapause hivernale, puis une décroissance progressive. La pression du carpocapse est moyenne cette année 2021 (la tendance a été observée dans toute la région et confirmé lors des rencontres du Groupe technique Noix du Sud-Ouest.



**Figure 33:** Photo 20. Piégeages des carpocapses dans les pièges à phéromone M2I utilisés dans les parcelles confusées

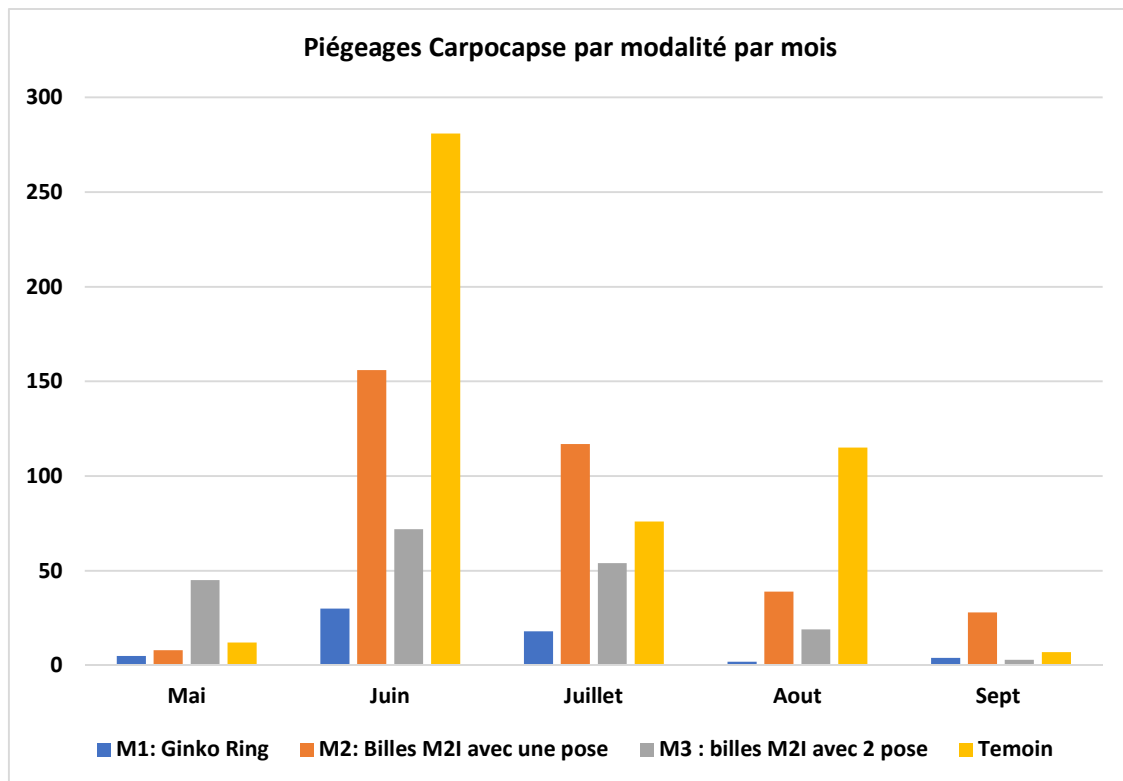


**Figure 32:** Photo 21. Capture des carpocapses dans les pièges témoins avec capsule "classique"

Les captures ont eu tendance à être en moyenne plus faibles dans ces parcelles. Les captures étaient plus faibles durant les 3 premières semaines, mais ont été par la suite plus fortes en juin (le pic de capture dans toutes les modalités).

Il est difficile d'établir une corrélation entre le nombre de papillons capturés et les dégâts potentiels. Ainsi, les données récupérées servent essentiellement à mesurer l'efficacité. L'objectif de l'étude est de mesurer et comptabiliser la moyenne par mois du nombre de papillons capturés par piège.

Le graphe ci-dessous (Figure 34) présente la somme des carpocapses piégés par mois dans les différents pièges des trois méthodes de la confusion sexuelle et dans le témoin.



**Figure 34** : Niveau de piégeages du carpocapse par modalité et par mois (El-oualydy. K, 2021)

Le graphe montre que le niveau du piégeage est élevé surtout au mois de Juin. La modalité M2 (Billes à phéromone M2I avec une seule pose) qui présente des captures élevées de 156 carpocapses suivi par la modalité M3 (Billes à phéromone M2I avec deux poses) de 72 carpocapses puis la modalité M1 (Ginko Ring) de 30 carpocapses. Mais en Juin, la modalité M2 et M3 sont identiques puisque la 2<sup>ème</sup> pose n'a eu lieu qu'à la date du 02 Juillet 2021. Alors que nous remarquons une forte capture de carpocapse au niveau de la partie témoin. D'après le graphe ci-dessus, nous constatons également que quel que soit le système de confusion, nous capturons moins de carpocapses dans les parcelles confuses par rapport aux parcelles non confusées. Donc la confusion marche globalement bien, ceci est testé et confirmé par le taux de piégeage dans les parcelles témoins.

Si nous comparons les systèmes de confusion, la modalité Ginko-Ring capture moins de papillons par rapport à la modalité billes à phéromones M2I (soit avec une ou deux poses), ceci explique que la confusion avec les Ginko-Ring arrive à bien perturber les papillons. Donc la modalité M1 (Ginko-Ring) fonctionnerait mieux.

Par ailleurs, la forte capture des carpocapses dans les parcelles en confusion avec les billes à phéromones M2I, est attendue puisque la substance attractive utilisée dans les pièges est la même que celle utilisée dans les billes à phéromone M2I (Information fourni par la société M2I).

## Chapitre 3. Analyses des résultats

### 1. Interprétation statistique des résultats

L'interprétation des résultats de piégeages se fait sur le logiciel SPSS grâce à un test de comparaison des moyennes (Anova 1) qui permet d'effectuer une analyse de variance univariée (Modalité) sur une variable quantitative dépendante (nombre de carpocapses piégés).

Le but est de comparer statistiquement entre les différentes méthodes utilisées (M1, M2, M3 et M0) avec trois répétitions (les trois pièges installés dans chaque modalité) afin de déterminer la méthode de lutte alternative (Modalité) la plus efficace pour la protection des noix contre le carpocapse.

Les résultats du test de comparaison des moyennes (Anova 1) réalisés, montrent que p-value est de 0.00 pour les quatre modalités. De ce fait, les analyses statistiques permettent de conclure qu'il y a une différence significative entre les quatre modalités proposées.

### 2. Résultats des comptages de dégâts à la récolte

Le comptage peut être effectué sur jeunes fruits en fin de première génération (%) G1 ou en comptant les dégâts à la récolte. Dans notre cas, nous avons effectué le comptage pendant la récolte. Dans un premier temps une récolte au sol (réalisée le 06 Octobre 2021) de 10 fruits par arbre sur 100 arbres pris de manière aléatoire a permis de constituer des échantillons de 1000 fruits par modalité. Puis chaque fruit a été examiné afin de détecter la présence de perforation par une larve de carpocapse. Les noix trop endommagées par unravageur ou une maladie ne sont pas prises en compte. Objectif final de ce comptage est d'avoir le % de perforation par modalité.

**Tableau 7.** Pourcentage de perforation par modalité

	Modalités			
	M1	M2	M3	M0
% perforation	3,2	2,2	5,22	5,2

Le tableau ci-dessus montre le pourcentage des noix perforées par le carpocapse, le comptage effectué dans la parcelle de la modalité M2 (Billes M2I avec une pose) présente le pourcentage (2,2%) le plus faible de perforation alors que cette modalité avait le nombre le plus élevé de carpocapses piégés. On peut expliquer ce faible pourcentage des noix véreuses même avec une forte présence du carpocapse par la situation et la localisation de la modalité M2 dans une parcelle dessous de la modalité M1 (Ginko Ring) et la dominance du vent, donc les parcelles de la modalité M2 bénéficient aussi de la diffusion des Ginko-Ring, ce qui avait potentiellement permis à la parcelle d'une double protection (Billes à phéromone M2I et Ginko-Ring).

La modalité M3 (Billes à phéromone M2I avec deux poses) a le pourcentage de perforation le plus élevé par rapport aux autres modalités (M1 et M2) et presque égale au pourcentage du témoin.

Les résultats du comptage ne sont pas significatifs, et ceci peut être expliqué par le système de piégeage qui est hyper attractif et la faible pression du carpocapse. Donc le verger se caractérise par une faible pression du carpocapse par rapport aux autres vergers du département de la Dordogne, cette faible pression a faussé nos résultats.



## Chapitre 4. Discussion Générale

Le piégeage en générale dans les zones traitées doit enregistrer des captures réduites quasiment à zéro. Cela ne correspond toutefois qu'à une première indication préliminaire du fonctionnement correct de la méthode, mais encore insuffisante. En effet, l'absence de captures requiert un niveau de concentration de phéromones beaucoup plus bas que celui qui est nécessaire pour une réduction significative des accouplements, surtout lorsque les populations sont très importantes. Les productions sont ainsi susceptibles d'être endommagées même en l'absence de captures dans les pièges. Il est donc absolument essentiel de contrôler fréquemment et attentivement les zones traitées en évaluant la présence de trous ou de fruits infectés pour décider éventuellement d'effectuer des interventions de soutien.

Dans cette étude, les résultats des piégeages montrent que quelque soit le système de confusion, le nombre de carpocapses capturés dans les parcelles confusées reste faible par rapport aux parcelles non confusées. Donc la confusion marche globalement bien, ceci est testé et confirmé par le taux de piégeage dans les parcelles témoins. Cela a été confirmé par les deux stations expérimentales (SENURA et CREYSSE) qui ont déjà effectué les mêmes recherches et expérimentations. Ces essais sont en cours de réalisation mais ils se font dans le cadre d'essais officiels et confidentiels. Ainsi, la diffusion des résultats ne sera pas possible mais ça n'a pas empêché les échanges avec les responsables de ces deux stations. La responsable de la station expérimentale SENURA nous a confirmé, la réalisation des essais de confusion sexuelle avec les billes à phéromone M2I depuis l'année 2017 avec des différents scénarii ( les conditions et la quantité de billes à phéromone M2I par ha ) chaque année, afin de trouver le scénario le plus efficace et avec le minimum de dégâts à la récolte (Senura, 2021). La responsable de la station expérimentale de Creysse a confirmé la forte présence de carpocapses capturés dans les parcelles non confusées (témoins) par rapport aux parcelles confusées (Creysse, 2021).

Si nous comparons les systèmes de confusion, la modalité Ginko-Ring capture moins de papillons par rapport à la modalité billes à phéromones M2I (soit avec une ou deux poses), ceci explique que la confusion avec les Ginko-Ring arrive à bien perturber les papillons. Donc la modalité M1 (Ginko-Ring) marcherait mieux. Ceci a été confirmé et testé également par la responsable de la station expérimentale de Creysse (Creysse, 2021).

Par ailleurs, la forte capture des carpocapses dans les parcelles en confusion avec les billes à phéromones M2I, est attendu puisque la substance attractive utilisée dans les pièges est la même que celle utilisée dans les billes à phéromone M2I. Cela a été approuvé par la société de M2I qui ont effectué plusieurs essais dans différentes conditions. Parmi les essais menés par la société M2I, nous trouverons un essai sur une petite parcelle confusée avec deux poses des billes à phéromone M2I au sein de laquelle un grand nombre de carpocapse a été piégé mais avec des faibles dégâts (2,35%) (M2I, 2021).

Par la suite, un autre essai a été réalisé au nord de département du Lot à Saint-Sozy sur des grands arbres de 60 ans et qui produisent beaucoup (variété Franquette). L'objectif a été de comparer la confusion sexuelle avec une seule pose des billes à phéromone M2I en deuxième génération G2 et un traitement biologique ajouté en première génération G1, avec les Ginko-Ring. Cet essai a été effectué sur deux variétés différentes de noix : Franquette et Marbot.

Pour la variété Franquette : dans une parcelle de 2,2ha, un traitement biologique ( carpovirusine ) a été réalisé en première génération G1 et une seule pose des billes à phéromone M2I en deuxième génération G2 et dans une autre parcelle de 1,5ha, l'utilisation de la confusion sexuelle avec des Ginko-Ring.

Le comptage des noix perforées à la récolte pour la parcelle confusée avec Ginko-Ring est de 1,94% qui est élevée par rapport à la parcelle traitée par Carpovirusine en G1 et confusée par des billes à phéromone M2I en G2 (1,48 %).

Pour la variété Marbot : dans une parcelle de 2,2ha, un traitement biologique (Carpovirusine ) a été réalisé en première génération G1 et une seule pose des billes à phéromone M2I en deuxième génération G2 et dans une autre parcelle de 1,5ha, l'utilisation de la confusion sexuelle avec des Ginko-Ring.

La parcelle confusée avec Ginko-Ring présente 2,73% des noix perforées à la récolte ce qui est élevé par rapport à la parcelle traitée par Carpovirusine en G1 et confusée par des billes à phéromone M2I en G2 (0,85 %).

Donc la confusion sexuelle avec des billes à phéromone M2I marcherait très bien si on ajoute un traitement biologique (carpovirusine) en G1.

La faible pression non prévisible de *Cydia pomonella* L. dans le verger choisi a fortement influencé les résultats obtenus à la récolte et cela peut expliquer qu'ils ne soient pas significatifs. Par ailleurs, la méthode de notation mise en œuvre ne permet pas de prendre en compte les noix qui ont été touchées par la première génération de carpocapse qui induit la chute des noix. Il n'est donc possible d'évaluer que les dégâts sur les noix restées sur les arbres.

# CONCLUSION

Les produits phytosanitaires servent à protéger les cultures agricoles contre différentes bio-agresseurs, Leur utilisation permet d'améliorer les récoltes agricoles en limitant les risques de perte ou de mauvaise qualité. Mais aujourd'hui, ils présentent un fort risque sur l'environnement et la santé humaine. Par ailleurs, il faut limiter le recours aux pesticides par la proposition d'autres alternatives (comme le choix des semences, le recours à des produits de biocontrôle ou encore le développement de l'agriculture digitale) tout en garantissant aux agriculteurs et aux consommateurs de bonnes récoltes.

Cette thèse étudie les luttes alternatives aux produits phytosanitaires contre un des ravageurs de la noix (*Cydia pomonella* L ) en France afin de pouvoir développer des solutions de maîtrise non chimique. Il s'appuie sur une expérimentation réalisée chez un agriculteur membre du Réseau Dephy noix Sud-Ouest de la Dordogne, situé dans le département de la Dordogne (Sorges) et qui, du fait de l'ancienneté de ces noyers dans le département (son exploitation était en agriculture biologique puis reconvertie en conventionnelle), bénéficient d'un savoir-faire et de routines plus ou moins importants. Cette étude montre que, malgré un contexte économique, une volonté politique et une réglementation propices à la réduction des pesticides, les agriculteurs sont orientés en grande partie vers le raisonnement et la justification de l'application de produits phytosanitaires. En revanche, assez peu de conseils sont délivrés en faveur de stratégies plus novatrices visant à limiter la pression de bio-agresseurs, telle que l'agriculture intégrée (la confusion sexuelle).

L'application de la méthode de la confusion sexuelle nécessite de fréquents contrôles sur le terrain pour évaluer l'évolution de la population et intervenir à temps, si nécessaire. Le premier niveau de contrôle est représenté par l'emploi de pièges de contrôle. Ces pièges doivent être placés au centre de la zone traitée et dans les zones que l'on estime particulièrement à risque, comme les bords ou dans les parties hautes des terrains en pente où il est plus difficile de maintenir un niveau correct de concentration de phéromones. Normalement, dans les zones traitées, les pièges enregistrent des captures réduites quasiment à zéro. Cela ne correspond toutefois qu'à une première indication préliminaire du fonctionnement correct de la méthode, mais encore insuffisante. En effet, l'absence de captures requiert un niveau de concentration de

phéromones beaucoup plus bas que celui qui est nécessaire pour une réduction significative des accouplements, surtout lorsque les populations sont très importantes. Les productions sont ainsi susceptibles d'être endommagées même en l'absence de captures dans les pièges. Il est donc absolument essentiel de contrôler fréquemment et attentivement les zones traitées en évaluant la présence de trous ou de fruits infectés pour décider éventuellement d'effectuer des interventions de soutien.

L'utilisation de la confusion sexuelle avec des Ginko Ring et des billes à phéromones M2I, l'installation des pièges à carpocapse dans chacune des modalités et faire le suivi par le relevé, et la récupération des fruits attaqués après récolte, sont des éléments essentiels pour bien mener cette étude.

Pour assurer une meilleure efficacité de cette technique, en plus de la surface, du type de confusion, de l'agencement de parcellaire, il est important aussi d'avoir des populations initiales faibles ou moyennes, de poser la confusion avant le premier vol et de la placer dans le tiers supérieur de l'arbre.

La pose des billes à phéromone M2I est facile, mais c'est à réaliser en hauteur avec un « fusil, type paintball » selon la taille des arbres. 1 à 2 poses par saison en fonction de la pré-mur sont conseillées. La rémanence doit être suffisante pour couvrir la période de risque souhaitée ; à défaut, il faut renouveler la pose (souvent 2 poses/an ) ou compléter et prolonger la durée de protection par d'autres méthodes ou produits. Par ailleurs, la pose des diffuseurs type Ginko-Ring n'est pas facile, surtout si les arbres sont plus hauts, donc il faut utiliser une perche ou un drone selon la taille des arbres. Une seule pose par saison est recommandée et suffisante.

Cette pratique nécessite des observations régulières (tous les 10 à 15 jours) sur la partie haute des arbres et sur les fruits, avec une attention particulière aux bordures de la zone « confusée » pour s'assurer de l'efficacité de la méthode et intervenir rapidement si la confusion seule est insuffisante. Pour cela, des outils complémentaires à la confusion sexuelle existent, comme par exemple, un modèle de développement biologique (carpocapse) pour identifier finement les périodes à haut risque et la mise en place de piégeages pour surveiller les autres lépidoptères.

Il est important de travailler sur une surface homogène, de forme compacte, avec un environnement sain (attention aux vergers non « confusés » à moins de 500 m de distance).

Les dégâts causés par ce ravageur peuvent parfois atteindre 20 à 30% de la récolte. En effet, lorsque les fruits sont attaqués par une larve au début de leur phase de croissance, cela conduit à la chute et donc la perte des fruits. Dans le cas où le fruit ne tombe pas, il est dans tous les cas non commercialisables, et les fruits endommagés, même superficiellement, sont systématiquement écartés lors de la phase de lavage-séchage.

Les résultats des piégeages montrent que la confusion marche bien quelque soit le système de confusion (billes à phéromones M2I et Ginko-Ring), étant donné que le taux de piégeage dans les parcelles témoins a été élevé.

Si nous comparons les systèmes de confusion, la modalité Ginko-Ring capture moins de papillons par rapport à la modalité billes à phéromones M2I (soit avec une ou deux poses), ceci explique que la confusion avec les Ginko-Ring arrive à bien perturber les papillons. Donc la modalité M1 (Ginko-Ring) marche mieux. Par ailleurs, la forte capture des carpocapses dans les parcelles en confusion avec les billes à phéromones M2I, est attendu puisque la substance attractive utilisée dans les pièges est la même que celle utilisée dans les billes à phéromone M2I.

Les résultats du comptage ne sont pas significatifs, et ceci peut être expliqué par le système de piégeage qui est hyper attractif et la faible pression du carpocapse. Donc le verger se caractérise par une faible pression du carpocapse par rapport aux autres vergers du département de la Dordogne, cette faible pression qui a faussé nos résultats.

La confusion sexuelle reste une méthode de lutte alternative efficace pour maîtriser les dégâts de carpocapse.

A terme, elle sera un outil indispensable qui permettra avec l'aide des prédateurs naturels de ce papillon de maintenir les populations à un niveau économique acceptable.

Dans le future, la technique de l'insecte stérile (TIS) sera lorsque les essais auraient confirmés sur l'efficacité une autre méthode de lutte alternative.

En outre, l'accumulation de connaissances dans le domaine de l'agriculture intégrée ( confusion sexuelle)et biologique nécessite une plus grande synergie entre recherche, enseignement et pratique. Un effort de synthèse des connaissances est indispensable. Pour ce faire, il

conviendrait de rassembler les résultats issus de différents horizons (recherches disciplinaires, savoir-faire des producteurs ...), de mener des expérimentations à la ferme en y impliquant les agriculteurs eux-mêmes. En outre, le Réseau Dephy constitue un premier pas décisif pour coordonner la recherche, le développement et la formation, pour définir les priorités et organiser le transfert auprès des acteurs. Par ailleurs, la constitution de réseaux régionaux et départementaux, la réalisation des formations et journées démonstrations peuvent favoriser certains apprentissages collectifs.

# RECOMMANDATION

Dans cette étude nous recommandons :

- La mise en œuvre de la confusion sexuelle sur des populations réduites au départ pour avoir de bons résultats. En première année de confusion, un traitement préventif sur les premières éclosions de la première génération est fortement conseillé.
- La clef de la réussite de la technique passe par un équipement qui va permettre de maintenir une saturation constante de l'air en phéromones cet état pendant plusieurs semaines voire plusieurs mois.
- Renforcement des bordures afin d'empêcher la pénétration des papillons dans la parcelle et de maintenir la concentration de l'atmosphère phéromonale dans l'ensemble de la parcelle. Ce renforcement est d'autant plus important que la région ou la parcelle est exposée à des vents violents.
- L'application de ces méthodes de confusion sexuelle dans différentes exploitations avec des conditions climatiques différentes, afin de trouver les conditions optimales pour la réussite de la confusion.
- La réaliser d'une évaluation attentive et soignée de la zone que l'on souhaite traiter afin de mettre en place toutes les procédures opportunes permettant de maintenir une concentration correcte sur le terrain.
- Pour les parcelles entourées de pommes non protégées par la méthode de confusion sexuelle, il faut doubler les diffuseurs en bordure de parcelle et s'assurer que les parcelles voisines reçoivent une protection efficace et soignée.

## RÉFÉRENCES



Ancelet E., Dubuc M., Jolys O., Munier-Jolain N. (2016). *Agrosyst : guide de l'utilisateur*. Dijon (France) : INRA. 21 p. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01604030/document/>

Aubertot J.N., Barbier J.M., Carpentier A., Gril J.J., Guichard L., Lucas P., Savary S., Voltz M. (2005). *Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux*. Montpellier (France) : IRSTEA et INRA. 64 p. <https://doi.org/10.15454/b928-4e37>

Bisignanesi V., Borgas M.S. (2007). Models for integrated pest management with chemicals in atmospheric surface layers. *Ecological Modelling*, 10/02/2007, vol. 201, n. 1, p. 2-10. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.07.040>

Boisset M., Boudéne C., Hamon M., Narbonne J.F., Parent-Massin D., Pradeau D., Rabache M., Rico A., Rérat A., Sanders P., Schlumberger M., Tubiana M. (2004). *Les risques alimentaires d'origine chimique*. Paris (France) : IFN. 155 p. <https://alimentation-sante.org/wp-content/uploads/2011/07/dossier-scient-14.pdf#page=17>

Butault J.P., Guichard L., Jacquet F., (2011). Une analyse économique de la possibilité de réduire les pesticides dans les grandes cultures françaises. *Économie écologique*, 15/07/2011, val. 70, n. 9, p. 1638-1648. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.04.003>

Camard J.P., Magdelaine C. (2010). *Produits phytosanitaires, risques pour l'environnement et la santé: connaissances des usagers en zone non agricole*. Livre : Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région d'Île-de-France (Paris). 61 p. [https://www.institutparisregion.fr/fileadmin/NewEtudes/Etude\\_675/Produits\\_phytosanitaires.\\_Risques\\_pour\\_l\\_environnement\\_et\\_la\\_sante\\_avec\\_signets.pdf](https://www.institutparisregion.fr/fileadmin/NewEtudes/Etude_675/Produits_phytosanitaires._Risques_pour_l_environnement_et_la_sante_avec_signets.pdf)

Dedieu F., Guichard L., Jeuffroy M.H., Meynard J.M., Reau R., Savini I. (2007). Le plan Ecophyto de réduction d'usage des pesticides en France : décryptage d'un échec et raisons d'espérer. *Cahiers Agricultures*, 01/01/2017, vol. 26, n. 1, p. 1-12. <https://doi.org/10.1051/cagri/2017004>

Lee W.J., Blair A., Hoppin J.A., Lubin J.H., Rusiecki J.A., Sandler D.P., Dosemeci M., Alavanja M.C.R. (2004). Cancer incidence among pesticide applicators exposed to chlorpyrifos

in the agricultural health study. *Journal of the National Cancer Institute*, 01/12/2004, vol. 96, n. 23, p. 1781-1789. <https://doi.org/10.1093/jnci/djh324>

McLaughlin A., Mineau P. (1995). The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 01/10/1995, vol. 55, n. 3, p. 201-212. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(95\)00609-V](https://doi.org/10.1016/0167-8809(95)00609-V).

Mery D. (2019). Carpopapse de la noix : la confusion prend de la hauteur !. *Innov'A 2019*, 01/01/2019, n. 2019, p. 29-31. [https://dordogne.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/National/FAL\\_commun/publications/Nouvelle-Aquitaine/CA24\\_Innova2019.pdf](https://dordogne.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Nouvelle-Aquitaine/CA24_Innova2019.pdf)

Potier D. (2014). *Pesticides et agroécologie, les champs du possible*. Rapport au Premier ministre Manuel Valls . 252- p. <https://agriculture.gouv.fr/rapport-de-dominique-potier-pesticides-et-agro-ecologie-les-champs-du-possible>

Reyes M., Franck P., Charmillot P.J., Loriatti C., Olivares J., Pasqualin E. and Sauphanor B. (2007). Diversity of insecticide resistance mechanisms and spectrum in European populations of the codling moth, *Cydia pomonella*. *Pest Management Science*, 01/09/2007, vol. 63, n. 9, p. 890-902. <https://doi.org/10.1002/ps.1421>.

Riedl H., Croft B.A., Howitt A.J. (1976). Forecasting codling moth phenology based on pheromone trap catches and physiological time models. *The Canadian Entomologist*, 05/1976, vol. 108, n. 5, p. 449-460. <https://doi.org/10.4039/Ent108449-5>.

Riedl H., Croft B.A. (1974). A study of pheromone trap catches in relation to codling moth (Lepidopterae: Olethreutidae) damage. *The Canadian Entomologist*, 05/1974, vol. 106, n. 5, p. 525-537. <https://doi.org/10.4039/Ent106525-5>.

Schruijer F. (2018). *Animation d'un réseau de nuciculteurs DEPHY et Étude de l'influence de facteurs environnementaux et des pratiques culturelles sur la présence d'un ravageur : Cydia Pomonella*. Rapport de stage de fin de deuxième année d'ingénieur : AgroParsiTech, Paris (France). 49 p.

Soulat E. (2019). *Réseau DEPHY – Fermes Noix – Chambre d'Agriculture de la Dordogne*. Rapport de stage : École d'Ingénieurs de PURPAN, Toulouse (France). 41 p.

# **WEBOGRAPHIE**

**Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier**

3191, route de Mende, 34093 MONTPELLIER Cedex 5 (FRANCE)

Tel. : 04.67.04.60.00 - Fax : 04.67.54.25.27 - Internet : <http://www.iamm.ciheam.org>

Agriculture. (s.d). *Lutte intégrée principes et définition*. [Consulté en 11 Décembre 2021]. <http://bacteries-champignons.blogspot.com/2012/03/lutte-integree-principes-et-definition.html>.

Broussaud M., Pajon N. (2019). Produits phytosanitaires : Etat des lieux — Eduterre. Plateforme acces–Eduterre. [Consulté en 02 Décembre 2021]. <http://eduterre.ens-lyon.fr/thematiques/sol/agrosystemes/etat-des-lieux>.

Chambre agriculture Correze. (2017). *Plan Ecophyto 2*. [Consulté en 10 Décembre 2021]. [https://correze.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/Nouvelle-Aquitaine/095\\_Inst-Correze/Documents/03\\_Environnement/01\\_Plan\\_ecophyto\\_2.pdf](https://correze.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Nouvelle-Aquitaine/095_Inst-Correze/Documents/03_Environnement/01_Plan_ecophyto_2.pdf)

Chambre Agriculture Dordogne (2010). *Nos antennes*. [Consulté en 10 Avril 2021]. <https://dordogne.chambre-agriculture.fr/votre-chambre/nos-antennes/>

Chambre Agriculture Dordogne. (2010). *L'activité agricole en Dordogne*. [Consulté en 10 Avril 2021]. <https://dordogne.chambre-agriculture.fr/agriculture-produits/agriculture-et-dordogne/lactivite-agricole-en-dordogne/>

Chambre Agriculture Dordogne. (2014). *Nos missions*. [Consulté en 10 Avril 2021]. <https://dordogne.chambre-agriculture.fr/votre-chambre/qui-sommes-nous/nos-missions/>

Chambre Agriculture Dordogne. (s. d). *Chiffres clés irrigation*. [Consulté en 10 Avril 2021]. <https://dordogne.chambre-agriculture.fr/agriculture-produits/leconomie-agricole-en-dordogne/les-chiffres-cles-par-filiere/chiffres-cles-irrigation/>

Chambre Agriculture Dordogne. (s. d). *Les régions naturelles de la Dordogne*. [Consulté en 10 Avril 2021]. <https://dordogne.chambre-agriculture.fr/agriculture-produits/agriculture-et-dordogne/les-regions-naturelles-de-la-dordogne/>

Chambre Agriculture Dordogne. (s. d). *L'économie agricole en Dordogne*. [Consulté en 10 Avril 2021]. <https://dordogne.chambre-agriculture.fr/agriculture-produits/leconomie-agricole-en-dordogne/les-chiffres-cles-par-filiere/chiffres-cles-irrigation/>

Chambre Agriculture France. (2017). *Dates et chiffres clés du réseau*. [Consulté en 10 Avril 2021]. <https://www.chambres-agriculture.fr/chambres-dagriculture/nous-connaître/dates-et-chiffres-clés-du-réseau/>

Chambre Agriculture France. (s.d). *Ecophyto*. [Consulté en 10 Décembre 2021]. <https://www.chambres-agriculture.fr/chambres-dagriculture/nous-connaître/dates-et-chiffres-clés-du-réseau/>

Chambre Agriculture France. (2014). *Réseau Dephy Fermes*. [Consulté en 11 Avril 2021]. <https://chambres-agriculture.fr/recherche-innovation/dephy-ecophyto/dephy-ferme>

Chambre d'agriculture Vaucluse. (2019). *Guide phytosanitaire sécurité, fonctionnalité, aménagement, réglementation protection de l'utilisateur respect de l'environnement*. Avignon (France) : Chambre d'agriculture de Vaucluse. 52 p.  
[https://idf.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/Ile-de-France/160\\_Inst-IDF/1-Chambre/Documents/DQS\\_guide\\_produits\\_phytosanitaires\\_securite\\_protection\\_environnement\\_APCA\\_2019.pdf](https://idf.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Ile-de-France/160_Inst-IDF/1-Chambre/Documents/DQS_guide_produits_phytosanitaires_securite_protection_environnement_APCA_2019.pdf)

Chamont S. (2017). *Les maladies et ravageurs*. Ephytia. [Consulté en 15 Avril 2021]. <http://ephytia.inra.fr/fr/C/18243/Hypp-encyclopedie-en-protection-des-plantes-Les-maladies-et-ravageurs>

Deluzarche. C. (2019). *Pesticides : les pays plus gros consommateurs*. Futura-planete. [Consulté en 02 Decembre 2021]. <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/agriculture-pesticides-pays-plus-gros-consommateurs-10757/>.

EcophytoPIC. (2020). *Qu'est-ce que le Réseau DEPHY*. [Consulté en 11 Avril 2021]. <https://ecophytopic.fr/dephy/quest-ce-que-le-reseau-dephy>

EcophytoPic. (2021). *Le dispositif DEPHY FERME*. [Consulté en 10 Décembre 2021]. <https://ecophytopic.fr/dephy/le-dispositif-dephy-ferme>.

EcophytoPIC. (2020). *Réseau DEPHY ferme*. [Consulté en 10 Avril 2021]. <https://ecophytopic.fr/dephy/le-dispositif-dephy-ferme>

Ecophyto PRO. (2016). *Le Plan Ecophyto II*. [Consulté en 10 Décembre 2021]. [https://www.ecophyto-pro.fr/fiches/fiche/25/le\\_plan\\_ecophyto\\_ii/n:304](https://www.ecophyto-pro.fr/fiches/fiche/25/le_plan_ecophyto_ii/n:304).

Esprit de Pays Dordogne-Périgord. (s. d). *Situation du département de la Dordogne*. [Consulté en 20 Avril 2021]. <https://espritdepays.com/comprendre/geographie-geologie-climat/situation-departement-dordogne>

Futura-planete. (s. d). *Quels sont les dangers des pesticides ?*. [Consulté en 05 Décembre 2021]. <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/pollution-sont-dangers-pesticides-4105/>

Futura-science. (s. d). *Paraquat : qu'est-ce que c'est*. [Consulté en 02 Décembre 2021]. <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-paraquat-5178/>

Gaudiaut T. (2021). *Infographie: Quels pays consomment le plus de pesticides en Europe*. Statista Infographies. [Consulté en 02 Décembre 2021]. <https://fr.statista.com/infographie/15061/consommation-pesticides-en-europe-par-pays/>.

Génération Futures. (2019). *Pesticides en Europe : qui sont les plus gros consommateurs ?*. [Consulté en 02 Décembre 2021]. <https://www.generations-futures.fr/publications/pesticides-qui-sont-les-plus-gros-consommateurs-en-europe/>.

Gerbeaud. (2021). *La lutte biologique*. [Consulté en 11 Décembre 2021]. [https://www.gerbeaud.com/jardin/jardinage\\_naturel/lutte-biologique.1946.html](https://www.gerbeaud.com/jardin/jardinage_naturel/lutte-biologique.1946.html).

Institut Français de la Vigne et du Vin. (s.d). *Le biocontrôle*. [Consulté en 11 Décembre 2021]. <https://www.vignevin.com/publications/fiches-pratiques/le-biocontrôle/>.

Institut Prévention Santé Longévité. (2018). *Place, intérêt et danger des produits phytosanitaires : Toxicité aiguë des pesticides chez l'homme*. [Consulté en 05 Décembre 2021]. <https://www.institut-prevention-sante-longevite.fr/communications-et-publications/place-interet-et-danger-des-produits-phytosanitaires-toxicite-aigue>.

Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. (2021). *Le plan Écophyto, qu'est-ce que c'est ?*. [Consulté en 10 Décembre 2021]. <https://agriculture.gouv.fr/le-plan-ecophyto-quest-ce-que-cest>.

Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. (2011). *Prévention des risques chimiques (produits phytosanitaires et autres ...)*. [Consulté en 03 Décembre 2021]. <https://agriculture.gouv.fr/prevention-des-risques-chimiques-produits-phytosanitaires-et-autres>.

M2I life sciences. (s. d). *La mission de M2i Biocontrol*. [Consulté en 2 Mai 2021]. <https://www.m2i-lifesciences.com/la-mission-de-m2i-biocontrol>

Noix Du Périgord. (s. d). *Noix du Périgord : 1 appellation, 4 variétés*. [Consulté en 15 Avril 2021]. <https://www.noixduperigord.com/fr/noix-du-perigord/ses-varietes/>

Planetoscope. (s. d). *Statistiques : Consommation de pesticides dans le monde*. [Consulté en 02 Décembre 2021]. <https://www.planetoscope.com/Epices/1819-production-mondiale-de-noix.html/>

Planetoscope. (s. d). *Statistiques : production mondiale de noix*. [Consulté en 20 Avril 2021]. <https://www.planetoscope.com/Epices/1819-production-mondiale-de-noix.html/>

Sénat. (s. d). *La qualité de l'eau et assainissement en France (annexes)*. [Consulté en 01 Décembre 2021]. <https://www.senat.fr/rap/102-215-2/102-215-238.html>

SENURA. (s. d). *Le noyer - filière*. [Consulté en 15 Avril 2021]. <http://senura.com/index.php/le-noyer/donnees-economiques/>

Station Expérimentale De Creysse – IRFEL (France). (s. d). *La noix du Sud-Ouest*. [Consulté en 12 Juin 2021]. [www.noixsudouest.fr](http://www.noixsudouest.fr)

SumiAgro. (2007). *Ginko Ring - La confusion XXL contre le carpocapse*. [Consulté en 20 Avril 2021]. <https://www.sumiagro.fr/protection/biocontrole/confusion-sexuelle-diffuseur-pheromones-ginko-ring/>

# ANNEXES

## **Annexe 1:** Présentation de la Chambre d'Agriculture de Dordogne

### **1. Chambre d'Agriculture**

Les Chambres d'Agriculture (créées en 1924) sont des établissements publics dirigés par des élus. Elles représentent l'ensemble des acteurs du monde agricole, rural et forestier et ont trois principales missions (Chambre Agriculture France, 2017) :

- Contribuer à l'amélioration de la performance économique, sociale et environnementale des exploitations agricoles et de leurs filières
- Accompagner la démarche entrepreneuriale, responsable des agriculteurs et la création d'entreprise et le développement d'emploi
- Assurer une fonction de représentation auprès des pouvoirs publics.

Les Chambres d'Agriculture présentent une hiérarchie administrative. Les chambres régionales définissent une stratégie régionale dans le respect des orientations nationales, adoptent un budget nécessaire à la mise en œuvre de cette stratégie, et assurent en partie pour les chambres départementales les missions juridiques, administratives et comptables ainsi que quelques actions de communication. Les chambres départementales constituent l'échelon de proximité et jouent un rôle important dans la représentation de la profession agricole sur le territoire et l'information et l'accompagnement des agriculteurs et de leurs entreprises par le conseil, la formation et la gestion de projets (APCA, 2017).

L'assemblée permanente des chambres d'agriculture (APCA) dont le siège est à Paris, est la structure nationale qui permet d'être la porte-parole de l'agriculture auprès des pouvoirs publics français et européens. Celle-ci apporte également un appui nécessaire aux Chambres Régionales et Départementales pour le développement rural en lien avec les orientations définies par l'État et l'Union Européenne. Elle est gouvernée par une assemblée plénière constituée des Présidents des Chambres départementales et régionales, un conseil d'administration de 34 membres et d'un bureau de 14 membres. Le président est élu par suffrage pour une durée de 6 ans (APCA, 2017).



La coordination des politiques agricoles à l'échelon régionale est animée par les Chambres d'Agriculture Régionale (CRA). En 2015, le nombre de ces Chambres est passé de 22 à 13, suite à la réforme de la carte régionale. Dans un contexte de décentralisation et de resserrement des financements, des nouvelles compétences ont été confiées aux CRA permettant une mutualisation de certaines fonctions (pratiques d'achats, gestion du personnel et de la paie, gestion des systèmes d'information et gestion comptable). Les CRA participent à la définition d'une stratégie régionale, en concordance avec les orientations nationales définies par l'APCA, et adopte le budget nécessaire à la mise en œuvre de celle-ci (APCA, 2017).

L'échelon de proximité est donc représenté par les Chambres Départementales. Il existe 89 Chambre d'Agriculture Départementales dont 5 se situent dans des départements d'Outre-Mer. Leurs spécificités sont différentes en fonction du territoire où elles sont présentes. L'effectif de ces structures est de 6600 agents. Le réseau global Chambres d'Agriculture couvre 820 collaborateurs au niveau national. Les Chambres d'Agriculture Départementales ont pour la plupart, des antennes délocalisés qui permettent d'être encore plus proche des acteurs du monde agricole (APCA, 2017).

## **2. Le financement des Chambres d'Agriculture**

Le budget global du réseau national des chambres d'agriculture s'élevait à 750 millions d'euros en 2017 (Chambre Agriculture France, 2017). En moyenne, une chambre d'agriculture a un effectif de 78 personnes dont 76% des personnes sont des cadres pour un budget de 7.2 millions d'euros. Chaque Chambre gère son propre budget.

Trois sources de financement (Soulat E., 2019) :

### ***2.1. Origine fiscale***

Origine fiscale via une taxe additionnelle à la taxe sur le foncier non bâti (TATFNB). Cette taxe est la première source de financement des chambres et représente un peu moins de la moitié du budget global du réseau. Elle ne provient qu'en partie des terres agricoles (53,5%) et des forêts (6,4%). Le reste étant assuré par des personnes morales ou physiques sans lien avec l'agriculture. Cette taxe ne représente que 0,54% des charges totales d'une exploitation en moyenne, et son taux est calculé chaque année par les services fiscaux des départements en fonction du plafond fixé par la loi de finances (Soulat E., 2019).

### ***2.2. Subventions de l'état, des collectivités territoriales et de l'Union européenne***

Dans le cadre d'appels à projets. Elles représentent environ un quart du budget des chambres. La première source de ces subventions provient de l'état dans le cadre du Compte d'Affectation Spécial au

Développement Agricole et Rural (CASDAR). Ce dernier a pour objectif de financer les projets accompagnant la transition agroécologie de l'agriculture française notamment dans le cadre du Programme national du développement agricole et rural (PNDAR). Elle provient d'une taxe appliquée sur le chiffre d'affaire des exploitations agricoles (Soulat E., 2019).

### ***2.3. Prestations de différents services payants***

Les Chambres d'Agriculture interviennent dans des missions dites d'interventions dans le cadre de programmes de développement agricole et rural, de la formation, du conseil aux agriculteurs, du développement durable des territoires ruraux et des entreprises de l'agroécologie et de la préservation des ressources naturelles. Les objectifs des prestations rémunérées sont d'améliorer la performance économique, sociale et environnementale des exploitations en proposant des services dans le cadre de l'installation-transmission des exploitations, le conseil lié aux techniques de production, la formation et la publication de bulletins de veille et de performance (APCA, 2017).

## **3. Histoire de la Chambre d'Agriculture de Dordogne**

Le député de la Dordogne de l'époque, le maréchal Bugeaud, propose une loi tendant qui à créer les Chambres d'Agriculture en 1840. La Chambre d'Agriculture de la Dordogne voit le jour en 1924 et exerce à Périgueux jusqu'en 1940 où une loi supprime les Chambres. Son activité recommence en 1949 et en 1954 l'organisation actuelle des chambres apparait, leur permettant d'être un acteur essentiel de l'agriculture (Chambre Agriculture Dordogne, 2010).

## **4. Situation géographique de la Chambre d'Agriculture de Dordogne**

Le siège de la Chambre d'Agriculture de la Dordogne déménage en 2008 à Coulounieix Chamiers grâce à la création d'un Pôle Interconsulaire, accueillant également la Chambre de Commerce et de l'Industrie (CCI) et la Chambre des Métiers et de l'Artisanat (CMA) (Chambre Agriculture Dordogne, 2010).

La Chambre d'Agriculture de la Dordogne possède par ailleurs plusieurs antennes locales : l'antenne Périgord Noir à Sarlat regroupant de nombreuses activités liées à l'environnement, l'antenne Périgord Vert à Thiviers avec un bureau à Ribérac, l'antenne Périgord Pourpre à Bergerac avec un bureau à Douville le regroupant les activités de viticulture, de météorologie et de fruiticulture (Chambre Agriculture Dordogne, 2010).



*Carte des antennes de la Chambre d'Agriculture de Dordogne*

[www.dordogne.chambagri.fr](http://www.dordogne.chambagri.fr)

## **5. Principaux domaines d'activités de la Chambre d'Agriculture de la Dordogne**

La chambre d'Agriculture de la Dordogne est organisée en pôles d'activité allant des productions végétales à la gestion de l'eau en passant par le pôle installation, circuits courts, bâtiment, conseil juridique etc...

L'appui aux entreprises concerne la majorité des activités (Chambre Agriculture Dordogne, 2014) :

- Des prestations concernant l'installation et la mise en place de PAI : Plan d'Aide à l'Installation, la transmission des exploitations, l'aide à l'association des agriculteurs, l'aide aux démarches réglementaires ainsi que le développement de l'entreprise et des projets de diversification, changement d'itinéraire etc...
- La chambre d'agriculture propose un accompagnement et des prestations de conseils en productions végétales et animales.
- La chambre réalise également de formations et des stages concernant les itinéraires culturels, les conduites raisonnées et offre des conseils pour respecter son environnement, produire de l'énergie renouvelable etc...
- La chambre possède un pôle environnement, en charge de la gestion de l'eau et de la protection de l'eau, de la gestion des sites Natura 2000 et des zones vulnérables, et du suivi climat en Dordogne. La chambre propose également des offres de services tels que l'estimation du patrimoine forestier, le développement de pratiques favorables à la faune ou encore des actions de sensibilisation auprès des propriétaires et usagers.

**Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier**

3191, route de Mende, 34093 MONTPELLIER Cedex 5 (FRANCE)

Tel. : 04.67.04.60.00 - Fax : 04.67.54.25.27 - Internet : <http://www.iamm.ciheam.org>

- La promotion de pratiques respectueuses de l'environnement constitue un axe commun à toutes les filières végétales et animales au travers de réseaux spécifiques.

**Annexe 2:** Nombre de carpocapses piégés par relevé dans les 3 modalités et le témoin en mois de Mai et Juin

		M1: Ginko Ring	M2: Billes M2I avec une pose	M3 : billes M2I avec 2 pose	Témoin
4-mai	P1	Pose	Pose	Pose	
	P2	Pose	Pose	Pose	
	P3	Pose	Pose	Pose	
12-mai	P1	0	1	5	Pose
	P2	1	0	3	Pose
	P3	2	2	1	Pose
19-mai	P1	0	0	0	0
	P2	0	0	0	2
	P3	0	0	0	0
26-mai	P1	0	4	24	0
	P2	0	1	8	8
	P3	2	0	4	2
2-juin	P1	0	20	3	6
	P2	6	7	5	46
	P3	6	26	9	22
9-juin	P1	0	38	2	6
	P2	4	29	8	46
	P3	10	20	14	9
16-juin	P1	0	7	4	10
	P2	0	7	0	72
	P3	0	1	11	36
23-juin	P1	0	0	5	1
	P2	4	1	7	9
	P3	0	0	4	18

**Annexe 3:** Nombre de carpocapses piégés par relevé dans les 3 modalités et le témoin (de juillet à septembre)

8-juil	P1	0	2	2	5
	P2	4	5	1	18
	P3	0	0	2	40
15-juil	P1	0	1	3	0
	P2	0	6	3	1
	P3	3	3	2	1
21-juil	P1	0	33	0	0
	P2	3	47	3	2
	P3	0	8	6	3
28-juil	P1	0	1	4	4
	P2	0	0	1	1
	P3	0	3	1	1
4-août	P1	0	2	3	7
	P2	0	17	1	33
	P3	2	6	3	48
12-août	P1	0	3	6	4
	P2	0	2	0	6
	P3	0	0	1	3
25-août	P1	0	1	4	0
	P2	0	6	1	8
	P3	0	2	0	6
3-sept	P1	0	2	1	0
	P2	2	6	0	5
	P3	2	11	0	2
15-sept	P1	0	7	0	0
	P2	0	0	2	0
	P3	0	2	0	0

#### **Annexe 4: Présentation du Système AgroSyst**

Avec la création du Réseau DEPHY-fermes, il y avait nécessité de développer un outil capable de centraliser les informations sur les pratiques culturales en France. L'INRAE a donc créé et développé le logiciel Agrosyst qui a pour vocation de devenir la base de référence pour la collecte et la mise à disposition des informations recueillis par les Réseaux DEPHY. Ce logiciel permet la caractérisation des systèmes de culture l'analyse transversale et la valorisation des données. L'INRAE a rédigé le cahier des charges et assure la coordination agronomique et informatique de ce projet (Agrosyst, 2016).

AgroSyst est un système d'information au service du réseau DEPHY et du plan ECOPHYTO. Le plan Ecophyto vise à réduire progressivement l'utilisation de produits phytosanitaires en France par rapport à la référence 2008. Piloté actuellement par le Ministère chargé de l'environnement et avec l'appui financier de l'agence française pour la biodiversité, ce plan se décline en plusieurs actions dont la mise en place d'un réseau national de démonstration, d'expérimentation et de production de références sur des systèmes de cultures économes en produits phytosanitaires : le réseau DEPHY (Agrosyst, 2016).

Agrosyst prend la forme d'une application accessible sur internet à l'adresse suivante : <https://agrosyst.fr/>.

Sa base de données relationnelles permet de collecter les données concernant :

- L'exploitation : commune, surface, assolement, parc matériel, types de sols, éléments paysagers, espèces, variétés, ... ;
- Les pratiques agricoles (interventions, matériel, intrants, rendements) enregistrées soit à l'échelle du système de culture de façon synthétique, soit à l'échelle de chaque parcelle de la sole décrite ;
- L'état biologique des parcelles (notation des bioagresseurs et des auxiliaires) ;
- Le modèle décisionnel associé aux pratiques, notamment sur le niveau de tolérance de l'agriculteur aux différents types de bioagresseurs. Agrosyst propose une interface de navigation et des fonctionnalités facilitant la saisie.

Après la saisie des données, Agrosyst permet le calcul d'indicateurs économiques, sociaux et environnementaux. Une fonctionnalité permet également d'exporter les données au format Excel.

Enfin, les données peuvent être importées dans Agrosyst via le format eDaplos.

Agrosyst est opérationnel et déployé dans le réseau DEPHY depuis mars 2014, mais son développement se poursuit en permanence pour augmenter et améliorer progressivement ses fonctionnalités.

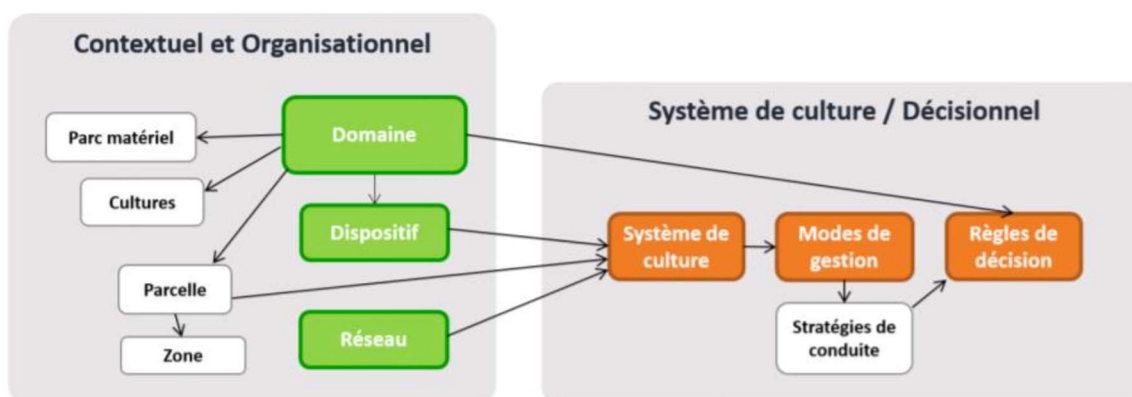
- **Types d'utilisation d'Agrosyst**

Deux types d'utilisation d'Agrosyst peuvent être distingués :

- **l'utilisation de l'interface** permet de saisir les données et de calculer des indicateurs sur ces données. Cette utilisation est réservée aux personnes qui possèdent un compte personnel Agrosyst. Dans le cadre du réseau DEPHY-Ferme, tous les ingénieurs réseau possèdent un compte leur permettant de suivre et analyser le groupe de fermes qu'ils animent. Pour une utilisation de l'application hors-DEPHY, il faut remplir le formulaire de demande d'utilisation d'Agrosyst qui sera soumis au comité des partenaires d'Agrosyst (Agrosyst, 2016).

- **l'utilisation des données saisies dans Agrosyst** permet la réalisation d'études à grande échelle. Les données saisies dans Agrosyst restent la propriété des institutions qui les ont saisies (chambre d'agriculture, CIVAM, coopératives...), mais sont mises à disposition librement pour des études conduites pour le bénéfice commun de la profession agricole. Un comité des partenaires du projet Agrosyst régule l'accès aux données. Pour faire une demande d'utilisation des données, il faut remplir le formulaire de demande d'utilisation des données d'Agrosyst (Agrosyst, 2016).

Le logiciel Agrosyst permet la collecte des données via une base de données relationnelles. Le schéma suivant permet de résumer les relations entre les entités d'Agrosyst (Agrosyst, 2016).



**Figure 35** : Données relationnelles du logiciel Agrosyst (INRAE, 2016)



- L'entité **Contextuel et Organisationnel** permet de décrire l'exploitation en tant que tel sous l'onglet domaine. L'onglet dispositif permet le regroupement de systèmes de culture. Le réseau représente l'ensemble des systèmes de culture d'un ingénieur réseau dans le cadre d'un groupe Dephy-Ferme.
- L'entité **Système de culture/ Décisionnel** permet de décrire les pratiques agricoles de l'exploitant. Sous l'onglet Système de culture on renseigne les interventions, le matériel utilisé, les intrants et les rendements. Les modes de gestion et les règles de décision permettent la description du système décisionnel.

Après la saisie des données, le logiciel permet une extraction des données sous format Excel et permet le calcul d'indicateurs économiques, sociaux et environnementaux. Ces résultats sont synthétisés sous la forme d'actes synthétisés (c'est une synthèse pluriannuelle) ou d'actes réalisés (pour une campagne donnée).

