Mise en place de systèmes de culture innovants dans un objectif "Zéro Phyto" dans le cadre du programme DEPHY EXPE en pépinière ornementale hors sol

Coralie Petitjean

▶ **To cite this version:**

Coralie Petitjean. Mise en place de systèmes de culture innovants dans un objectif "Zéro Phyto" dans le cadre du programme DEPHY EXPE en pépinière ornementale hors sol. Sciences du Vivant [q-bio]. 2018. dumas-01874520

HAL Id: dumas-01874520

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01874520

Submitted on 14 Sep 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

AGROCAMPUS OUEST

☑ **CFR Angers**

☐ **CFR Rennes**

Année universitaire : 2017 - 2018

Spécialité :

HORTICULTURE

Spécialisation (et option éventuelle) :

PROTECTION DES PLANTES ET DE L'ENVIRONNEMENT EN HORTICULTURE

Mémoire de Fin d'Études

☑ d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage

☐ de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage

☐ d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Mise en place de systèmes de culture innovants dans un objectif « Zéro Phyto » dans le cadre du programme DEPHY EXPE en pépinière ornementale hors sol

Par : Coralie PETITJEAN

Soutenu à ANGERS le 6 septembre 2018

Devant le jury composé de :

Président : M. Bruno JALOUX

Maître de stage : Mme Sophie BRESCH

Enseignant référent : Mme Vanessa SOUFFLET-FRESLON

Autres membres du jury (Nom, Qualité)

M. Tom HEBBINCKUYS, chargé d'expérimentation

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation
«Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»
disponible en ligne http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr

Confidentialité

☑ Non ☐ Oui si oui : ☐ 1 an ☐ 5 ans ☐ 10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible [1].

Date et signature du **maître de stage** [2] : 17/08/18
(ou de l'étudiant-entrepreneur)

~~C.H.R. Centre Val de Loire~~
820, rue de Cornay
45590 ST CYR EN VAL
~~Tél. 02.38.64.10.33 Fax 02.38.64.10.75~~

A la fin de la période de confidentialité, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant à renseigner).

Droits d'auteur

L'auteur[3] **Nom Prénom Coralie PETITJEAN**
autorise la diffusion de son travail (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

☑ Oui ☐ Non

Si oui, il autorise

☐ la diffusion papier du mémoire uniquement(4)

☐ la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

☑ la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

(Facultatif) ☑ accepte de placer son mémoire sous licence Creative commons CC-By-Nc-Nd (voir Guide du mémoire Chap 1.4 page 6)

Date et signature de l'**auteur** : 17/08/2018 Petitjean

Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

☐ Oui ☐ Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.
Si oui, il autorise

☐ la diffusion papier du mémoire uniquement(4)

☐ la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

☐ la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'**enseignant** :

(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.(2) Signature et cachet de l'organisme(3).Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option)) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier toute l'équipe du CDHR Centre. Merci à M. Arnaud de Reviers, président du CDHR., à Jean-Marc pour ses réponses à nos nombreuses questions même s'il n'est pas entomologiste, à Sophie pour sa disponibilité et ses conseils. Merci ensuite à Alex pour sa bonne humeur, merci à Claire pour les disciplines olympiques et pour tout le reste, merci à Laurence pour son humour, merci à Marlyse pour sa simplicité et sa sympathie, merci à Nora pour son aide, merci à Olivier, « c'est good ! », merci enfin à Paul, pro de la reco et chanteur d'Abba, Gainsbourg ou Lorenzo à ses heures perdues !

Merci ensuite à ma tutrice Mme Vanessa Soufflet-Freslon pour ses conseils.

Merci à M. Yannick Outreman et M. Pierre Santagostini pour leurs conseils en statistiques.

Enfin, merci à ma famille et mes amis pour avoir été là pendant ces six mois et plus encore.

I. Table des matières

Remerciements iii

II. Liste des annexes ix

III. Table des illustrations xi

IV. Table des tableaux xiii

V. Glossaire et liste des abréviations xv

VI. Avant-propos xvii

Introduction ..... - 1 -

A. La première version du plan Ecophyto 2018 ..... - 1 -
1. Contexte gouvernemental ..... - 1 -
2. La filière horticulture ornementale ..... - 1 -
3. Les premiers résultats ..... - 2 -

B. La nouvelle version du plan Ecophyto : le plan Ecophyto II ..... - 3 -
1. Résultats du premier programme ..... - 3 -
2. Contexte réglementaire ..... - 3 -
3. Les nouvelles directions de DEPHY EXPE v2 ..... - 4 -

C. L'analyse système appliquée à l'expérimentation ..... - 5 -
1. Qu'est-ce qu'une approche système ? ..... - 5 -
2. Les différentes stratégies possibles ..... - 5 -
3. Les étapes d'une expérimentation système ..... - 6 -
4. Les outils de l'expérimentation système ..... - 6 -

D. Les cultures, leurs bioagresseurs et les moyens de lutte ..... - 7 -
1. Les cultures ..... - 7 -
a) La lavande officinale, Lavandula angustifolia Mill. ..... - 7 -
b) Le lierre, Hedera helix L. ..... - 7 -
2. Les bioagresseurs rencontrés ..... - 8 -
a) Les ravageurs ..... - 8 -
b) Les maladies ..... - 9 -
c) Les adventices ..... - 10 -
3. Les leviers d'action possibles ..... - 10 -
a) Contre les ravageurs ..... - 10 -
b) Contre les maladies ..... - 13 -
c) Contre les adventices ..... - 14 -

E. Problématique de travail et hypothèse(s) posée(s) ..... - 14 -

Matériel et méthode ..... - 15 -

A. Système de culture ..... - 15 -
1. Succession des cultures ..... - 15 -
2. Mise en culture ..... - 15 -
a) Culture de Lavandula angustifolia ..... - 15 -

b) Culture de Hedera helix ..... - 16 -
3. Localisation dans la station et environnement ..... - 16 -
B. Leviers d'action mis en place ..... - 17 -
1. Prophylaxie ..... - 17 -
2. Paillage ..... - 17 -
3. PBI ..... - 17 -
a) Lutte biologique par introduction ..... - 17 -
b) Lutte biologique par conservation ..... - 17 -
4. Gestion agronomique ..... - 18 -
C. Suivi expérimental et actions ..... - 19 -
1. Les variables collectées ..... - 19 -
2. Les règles de décision ..... - 19 -
D. Traitement des données ..... - 20 -
1. Données brutes ..... - 20 -
2. Données transformées ..... - 20 -
3. Analyses statistiques ..... - 20 -
Résultats ..... - 21 -
A. Gestion des ravageurs ..... - 21 -
1. Régulation des pucerons par les auxiliaires naturels en culture de Lierre ..... - 21 -
2. Régulation des acariens par l'introduction d'auxiliaires en culture de Lierre ..... - 23 -
B. Gestion des maladies ..... - 23 -
1. Elimination des plants de lavandes atteints par Phytophthora ..... - 23 -
2. Adaptation de l'arrosage contre l'anthracnose sur Lierre ..... - 24 -
C. Gestion des adventices ..... - 24 -
D. Données de qualité ..... - 24 -
E. Résultat de l'IFT ..... - 24 -
F. Approche économique ..... - 25 -
Discussion ..... - 26 -
A. Précédent cultural ..... - 26 -
B. Importance de l'aménagement et de la gestion des abords ..... - 26 -
C. Traitements ..... - 27 -
D. Transfert possible chez les pépiniéristes ? ..... - 27 -
E. Perspectives ..... - 28 -
Conclusion ..... - 30 -
Bibliographie ..... - 31 -
Sitographie ..... - 37 -

II. Liste des annexes

Annexe I : Comparaison des axes des deux plans Ecophyto

Annexe II : Programme de protection sanitaire

Annexe III : Caractéristiques des espèces utilisées en couvre-sol et des plantes fleuries

Annexe IV : Relevés des abords

Annexe V : Mesures de conductivité – pH – nitrates du substrat de culture d'*Hedera helix*

Annexe VI : Classes de notations des bioagresseurs

Annexe VII : Données de distance de chaque zone aux abords, calculées sous R

Annexe VIII : Résultat de l'ACP prenant en compte les moyennes de chaque zone sur la saison

Annexe IX : Résultat de l'ACP prenant en compte les moyennes de chaque zone par semaine

Annexe X : Données climatiques de mai à août 2018

Annexe XI : Evolution de l'anthracnose sur les deux variétés de Lierre

Annexe XII : Données de désherbage

Annexe XIII : Explications des tableaux économiques

Annexe XIV : Relevés des pièges Barber

.

III. Table des illustrations

Figure 1. Organigramme du CDHR Centre Val de Loire
Figure 2. Stations participant aux projets d'horticulture ornementale de DEPHY EXPE
Figure 3. Evolution des ventes de produits phytosanitaires [3]
Figure 4. Le dispositif DEPHY (Petitjean, 2018)
Figure 5. Stations participant aux projets d'horticulture ornementale de DEPHY EXPE v2
Figure 6. Schéma d'un système de production considéré comme le résultat de l'interaction entre trois sous-systèmes (Havard *et al.*, 2017)
Figure 7. Les différentes étapes à mener lors d'une démarche d'expérimentation système (Havard *et al.*, 2017)
Figure 8. Les évaluations d'une expérimentation système (Havard *et al.*, 2017)
Figure 9. Itinéraires culturaux des cultures de Lavandes et Lierres (d'après les fiches techniques du RATHO - ASTREDHOR)
Figure 10. Symptômes d'Anthracnose sur *Hedera helix* 'Glacier' (Petitjean, 2018)
Figure 11. Evolution du nombre d'agents de biocontrôle commercialisés entre 1998 et 2009 (Regnault-Roger, 2012)
Figure 12. Succession des cultures mises en place (Petitjean, 2018) – Les photos sont personnelles
Figure 13. Plan de la station et localisation des essais par rapport à leur environnement
Figure 14. Schéma décisionnel de la culture de lierre présentant les différents leviers mis en œuvre (Petitjean, 2018)
Figure 15. Localisation de la parcelle par rapport aux abords et définitions des zones
Figure 16. Moyennes des observations sur la saison (Semaines 20 à 34) par zone
Figure 17. Visualisation des dynamiques des populations de pucerons et d'auxiliaires en fonction des semaines et par variété
Figure 18. Moyennes pondérées de pucerons et d'auxiliaires par variété
Figure 19. Résultats de l'ACP réalisée à partir des données des zones par semaine
Figure 20. Proportion de chaque classe d'acariens par variété de Lierre
Figure 21. Nombre de plants de Lavandes en C7,5 L éliminés à cause de *Phythophthora*
Figure 22. Pourcentage de plants de chaque variété selon les classes définies lors de la notation qualité de mi-saison
Figure 23. Illustration de l'échelle de notation des classes de qualité pour chaque variété

IV. Table des tableaux

Tableau I. Répartition de la surface des exploitations et des produits phytosanitaires employés en 2006 (Butault et al., 2010)
Tableau II. Comparaison des principaux indicateurs de la filière ornementale au niveau national (France AgriMer, 2017)
Tableau III. Synthèse des résultats des dispositifs de la première version du programme HORTIPEPI (d'après les comptes rendus du CDHRC)
Tableau IV. Gammes retenues pour la deuxième version du projet DEPHY EXPE HORTIPEPI
Tableau V. Caractéristiques des principales espèces d'acariens rencontrés (Petitjean, 2018)
Tableau VI. Caractéristiques des principales espèces de pucerons rencontrées (Petitjean, 2018) – Les photos sont issues du site Encyclop'Aphid et prises par Bernard Chaubet [5]
Tableau VII. Principales adventices rencontrées (Petitjean, 2018) – Les photos sont issues du site tela-botanica [6]
Tableau VIII. Caractéristiques des principaux auxiliaires naturels (Petitjean, 2018) – Les photos non personnelles sont issues du site ephytia [8]
Tableau IX. Comparaison de quelques paillages (sélectionnés d'après des études préalables réalisées par l'ASTREDHOR) (Petitjean, 2018)
Tableau X. Variables collectées et rôles dans le système de culture
Tableau XI. Règle de décision concernant une opportunité de désherbage (d'après Henry *et al.*, 2012)
Tableau XII. Calcul de l'Indice de Fréquence de Traitement
Tableau XIII. Calculs des coûts de protection des cultures ainsi que de l'entretien de l'environnement
Tableau XIV. Bilan économique global

V. Glossaire et liste des abréviations

. **ASTREDHOR** : Institut technique de l'horticulture

. **Anholocyclie :** Caractérise le cycle annuel incomplet de certains pucerons qui ont perdu totalement ou partiellement la possibilité de se reproduire par la voie sexuée. Ils se multiplient par parthénogenèse toute l'année. [1]

. **BPE** : Bonnes Pratiques d'Expérimentation

. **CEPP :** Certificats d'Economie de Produits Phytosanitaires

. **DEPHY :** Démontrer – Expérimenter – Produire des références sur les systèmes économes en pHYtosanitaires

. Dioecique : Se dit de certaines espèces de pucerons qui ont un cycle annuel complet se déroulant sur deux hôtes non apparentés d'un point de vue botanique (un hôte primaire et un hôte secondaire). On parle aussi d'espèces migrantes (ou hétéroeciques). [1]

. Hémimétabole : Insecte à métamorphose incomplète dont la larve et l'adulte vivent dans des milieux différents [2]

. Holocyclie : Se dit du cycle annuel complet des pucerons, comprenant une génération sexuée et une ou plusieurs générations parthénogénétiques. [1]

. **IFT** : Indice de Fréquence de Traitements

. **Mésophile** : Espèce vivant dans des habitats bien drainés, besoins en eau moyens (Mamarot *et al.*, 1997)

. **Méso-hygrophile** : Plante ayant des besoins en eau moyens à élevés (Mamarot *et al.*, 1997)

. **Méso-xérophile** : Plante ayant des besoins en eau moyens à faibles, espèce à tendance mésophile (Mamarot *et al*., 1997)

. **Nitrophile** : Plante aimant les sols riches en nitrates (Mamarot *et al.*, 1997)

. **NoDU** : Nombre de Doses Unités

. Parthénogénèse : Mode de reproduction sans fécondation (pas d'intervention du mâle). Dans la parthénogenèse méiotique, la descendance n'est pas génétiquement identique à la mère (recombinaison après méiose) ; dans la parthénogénèse mitotique (celle des pucerons), tous les descendants sont génétiquement identiques à leur mère (reproduction clonale). [1]

. **PBI** : Protection Biologique Intégrée

. Rhizome : Tige souterraine, chaque article est constitué d'un entre-nœud, d'un nœud, d'un bourgeon latent protégé par une écaille, des racines nodales (Mamarot *et al.*, 1997)

. Stolon : Rejet rampant à la base de la tige et muni çà et là de racines (Mamarot *et al.*, 1997)

. Thermophile : Plante ayant des besoins en chaleur élevés (Mamarot *et al*., 1997)

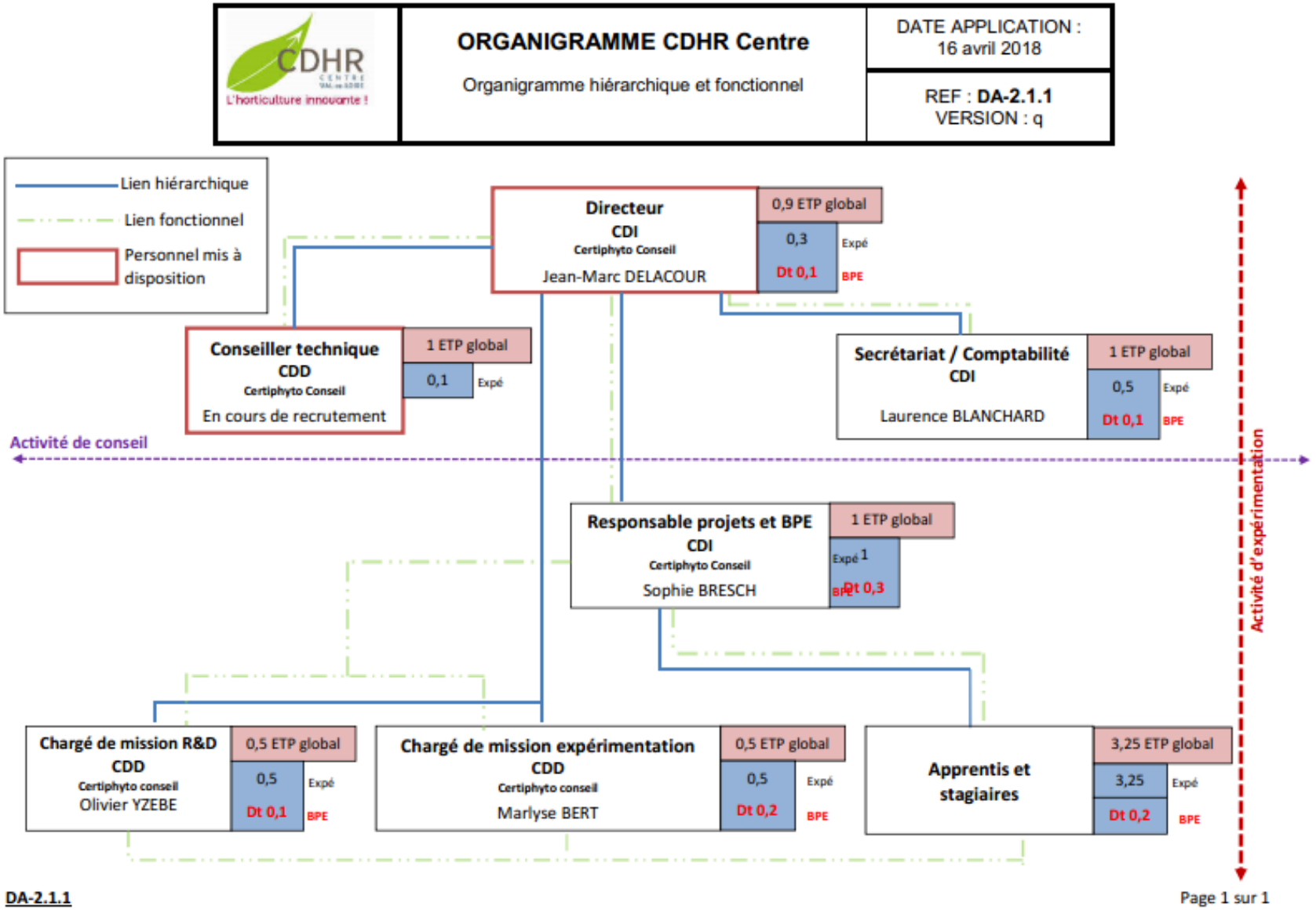


Figure 1. Organigramme du CDHR Centre Val de Loire

VI. Avant-propos

Le Comité de Développement Horticole de la Région (CDHR) Centre Val de Loire, dont l'organigramme est présenté en figure 1, est situé dans la région Orléanaise. Il a été créé en 1981 à l'initiative de professionnels horticoles de la région qui souhaitaient s'associer afin d'établir une structure d'expérimentation, de formation et de conseil. Il fait partie de l'Institut Technique ASTREDHOR. La station expérimentale s'étend sur près de 1,5 ha. Cette surface est répartie en différentes infrastructures : des serres en verre permettant la culture au sol mais aussi sur tablettes, des tunnels plastiques, une multi-chapelle, ainsi que des zones extérieures regroupant pépinière, plante en pot, recyclage et une aire équipée du système OmégaΩ ®.

La station expérimentale est particulièrement soucieuse de l'environnement. En effet, des bandes fleuries et enherbées, haies bocagères et diverses plantes de services ont été semées au sein de la station afin de favoriser la biodiversité. La station sert également de zones de démonstration pour les bonnes pratiques horticoles. De plus, le CDHRC s'implique depuis plusieurs années dans la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires mais aussi de la gestion de ces derniers, notamment des effluents, puisqu'elle dispose d'un système de traitement appelé « Osmofilm ®».

Elle possède également l'agrément BPE (Bonnes pratiques d'Expérimentation).

Faisant partie intégrante de l'unité du bassin ASTREDHOR Loire Bretagne, les missions et activités du CDHR Centre Val de Loire se répartissent selon trois thématiques :

> Accompagnement et conseil : suivi direct et personnel aux professionnels adhérents

> Communication et formation : notamment les « clubs professionnels »

> Expérimentation et innovation : répondre aux problématiques actuelles pour un transfert aux professionnels

En effet, la station met en œuvre des programmes d'expérimentation au niveau régional, issus de la demande de producteurs. Ces programmes bénéficient d'un financement public et s'étalent généralement sur plusieurs années. Ils portent sur différents sujets tels que la recherche de nouvelles méthodes alternatives ou l'amélioration de la qualité de production par exemple. Des essais sont aussi réalisés par la station pour toute entreprise privée souhaitant garder confidentialité.

La station participe également à des projets nationaux tels que les projets DEPHY EXPE qui font partie intégrante du Plan Ecophyto. Ce stage s'inscrit dans ce programme avec un suivi des projets HORTIPOT et HORTIPEPI. Ici, seules les données sur HORTIPEPI seront développées.

Tableau I. Répartition de la surface des exploitations et des produits phytosanitaires employés en 2006 (Butault et al., 2010)

	SAU		Pesticides	
	Milliers ha	%	€ / ha	%
Grandes cultures	11 609	45,7%	134	67,4%
Vigne	841	3,3%	394	14,4%
Fruits	202	0,8%	590	5,2%
Horticulture et autres	205	0,8%	527	4,7%
Fourrages cultivés	1 533	6,0%	66	4,4%
Prairies	9 908	39,0%	9	3,9%
Jachère	1 122	4,4%	0	0,0%
SAU hors parcours	25 420	100%	90,7	100%

Source : RICA. Calcul INRA

Introduction

A. La première version du plan Ecophyto 2018

1. Contexte gouvernemental

Pour assurer la sécurité alimentaire, une production de plus en plus intensive a été observée s'accompagnant de plus en plus d'intrants, et notamment de produits phytosanitaires. La France occupe en 2007 le premier rang européen et le troisième rang mondial d'usage de pesticides (Zahm, 2011). Un état des lieux de 2006 présenté en tableau I, indique que les grandes cultures utilisent la part de pesticides la plus importante mais c'est l'arboriculture fruitière qui coûte le plus cher. Suite à certaines prises de conscience écologiques en ce qui concerne la nocivité de certains produits ou encore un manque de biodiversité, les gouvernements se sont interrogés, conduisant à la mise en place de politiques publiques (Butault *et al.*, 2010 ; Ministère de l'Agriculture et de l'Environnement, 2008 ; Zahm, 2011).

Le plan Ecophyto 2018, débuté en 2008 à la suite du Grenelle de l'Environnement et dans le cadre de la Directive européenne 2009/128, avait pour objectif de réduire de 50% l'utilisation des produits phytopharmaceutiques d'ici 2018, si possible (Ministère de l'Agriculture et de l'Environnement, 2008). La directive européenne demande aux Etats de « réduire les risques et les effets de l'utilisation des pesticides sur la santé humaine et l'environnement et d'encourager le développement et l'introduction de la lutte intégrée contre les ennemis des cultures et de méthodes ou de techniques de substitution en vue de réduire la dépendance à l'égard de l'utilisation des pesticides » (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2015). Dès 2005, une réduction de 50% de l'utilisation de produits phytosanitaires semble possible, avec une politique volontariste et ambitieuse (Aubertot *et al.*, 2005). Elle suppose un engagement sur le long terme avec des modifications de la filière et des marchés ainsi qu'une reconception des systèmes de production avec des effets sur le niveau de production et la marge de l'entreprise (Gary *et al.*, 2014).

L'annexe I présente les neufs axes définis au sein de ce plan. De nombreuses actions ont été menées dans ce cadre :

- Le réseau DEPHY FERME, réseau de Démonstration, Expérimentation et Production de références sur les systèmes économes en phytosanitaires depuis 2010, et son volet expérimentation DEPHY EXPE mis en place en 2012, se situant en amont du premier. En effet, DEPHY EXPE propose des itinéraires techniques innovants qui sont ensuite évalués dans les entreprises adhérentes au réseau DEPHY FERME.
- Les actions de Surveillance Biologique du Territoire (SBT) qui conduisent à la rédaction du Bulletin de Santé du Végétal (BSV).
- La formation des acteurs des filières qui conduit à l'obtention d'un certificat individuel appelé Certiphyto (Guichard *et al.*, 2017)

2. La filière horticulture ornementale

Dans cette filière, il existe quatre branches spécialisées : les fleurs coupées, les plantes en pot, les plantes de pépinières hors sol et les plants de pépinières plein champ. C'est l'un des secteurs le plus employeur en main d'œuvre.

En 2015, la production ornementale représentait 1,4% du nombre total d'exploitations agricoles professionnelles et une surface de 15 500 hectares de production dont 1 600 hectares couverts en serres et tunnels (France AgriMer, 2017). Une diminution de la production est ainsi observée, comme le montre le tableau II. La gamme commercialisée est très diversifiée et les plantes de pépinières représentaient 33% des ventes en 2015 (France AgriMer, 2017) contre 37% en 2012 (France AgriMer, 2013).

Tableau II. Comparaison des principaux indicateurs de la filière ornementale au niveau national (France AgriMer, 2017)

Principaux indicateurs	2015	2013	2011	2005	Evolution 2013 - 2015	Evolution moyenne annuelle
Nombre d'entreprises	**3 611**	**4 154**	**4 504**	**6 144**	-13,07%	-6,54%
Chiffre d'affaires horticole (1000 €)	**1 392 050**	**1 584 970**	**1 644 104**	**1 797 179**	-12,17%	-6,09%
Chiffre d'affaires en production (1000 €)	**1 214 848**	**1 318 841**	**1 452 267**	**1 567 893**	-7,89%	-3,94%
Chiffre d'affaires horticole moyen (1000 €)	386	382	365	293	0,92%	0,46%
Surface totale (ha)	15 471	16 630	18 050	21 145	-6,97%	-3,48%
Emplois totaux (ETP)	**19 289**	**21 224**	**22 544**	**29 912**	-9,12%	-4,56%

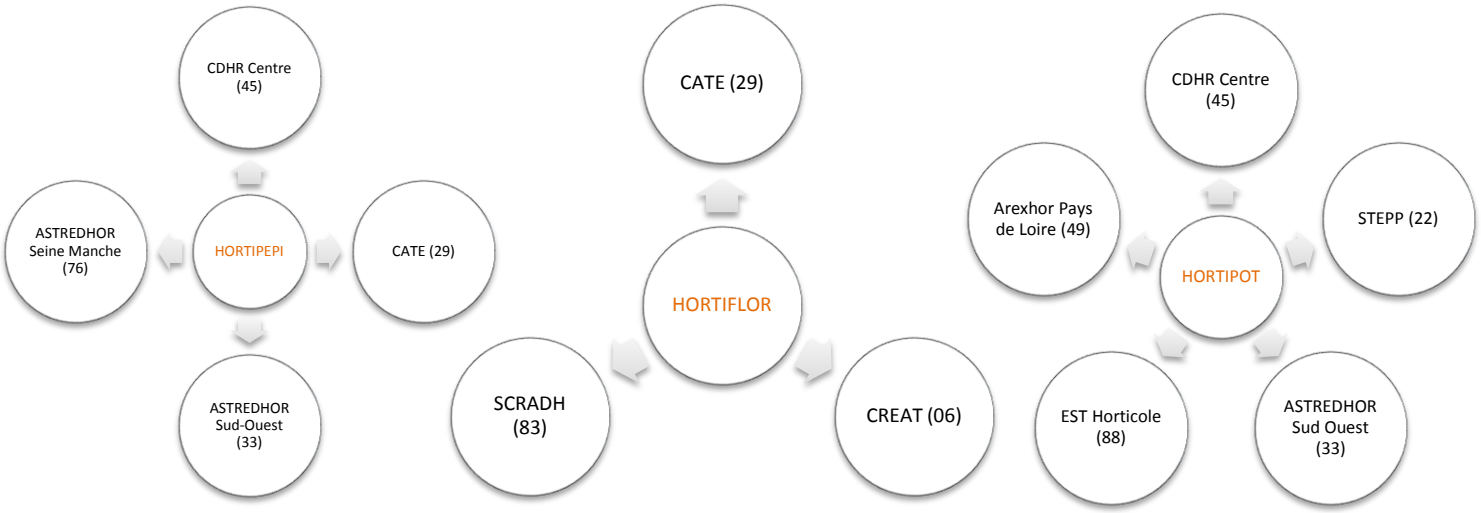


Figure 2. Stations participant aux projets d'horticulture ornementale de DEPHY EXPE

Tableau III. Synthèse des résultats des dispositifs de la première version du programme HORTIPEPI (d'après les comptes rendus du CDHRC)

Culture	IFT			Pourcentage d'évolution de la marge opérationnelle	Objectif atteint ou non
	Conventionnel	Innovant 1	Innovant 2	(Innovant/Conventionnel)*100	
Lavandula (1er cycle cultural)	4	2		- 250%	
Lavandula (2ème cycle cultural)	1	1		+ 68%	
Choisya	1	0	0	+ 64% (Innovant 1) + 90% (Innovant 2)	

3. Les premiers résultats

Suite à la création des réseaux DEPHY, 41 projets répartis sur 200 sites expérimentaux, toutes filières confondues ont été retenus dans le cadre de la première version de DEPHY EXPE de 2012 à 2017 (Cellule d'Animation Nationale DEPHY Ecophyto, 2014).

En horticulture ornementale, trois projets ont été conduits de 2012 à 2017 : HORTIPOT qui concernait les plantes en pot, HORTIPEPI qui concernait les plantes de pépinière hors sol ainsi que HORTIFLOR qui concernait les fleurs coupées. Les thématiques abordées concernaient la régulation de la croissance des plantes, la gestion des ravageurs et la gestion des maladies dans un objectif de mise en place de systèmes économes en produits phytosanitaires et plus respectueux de l'environnement.

Les essais au sein de DEPHY EXPE se déroulent en partenariat avec plusieurs stations d'expérimentation ASTREDHOR, comme présenté en figure 2, pour introduire une variabilité climatique et géographique, ainsi que les spécificités de production régionales. De plus, chaque plante n'est pas étudiée sur tous les sites. Toutefois, les protocoles, les grilles de notation et les règles de décision sont déterminés en comité de pilotage pour assurer la comparaison des résultats.

Pour être validés, les itinéraires de culture imaginés doivent répondre aux objectifs suivants :

> La qualité finale des produits est au moins identique au système de culture conventionnel

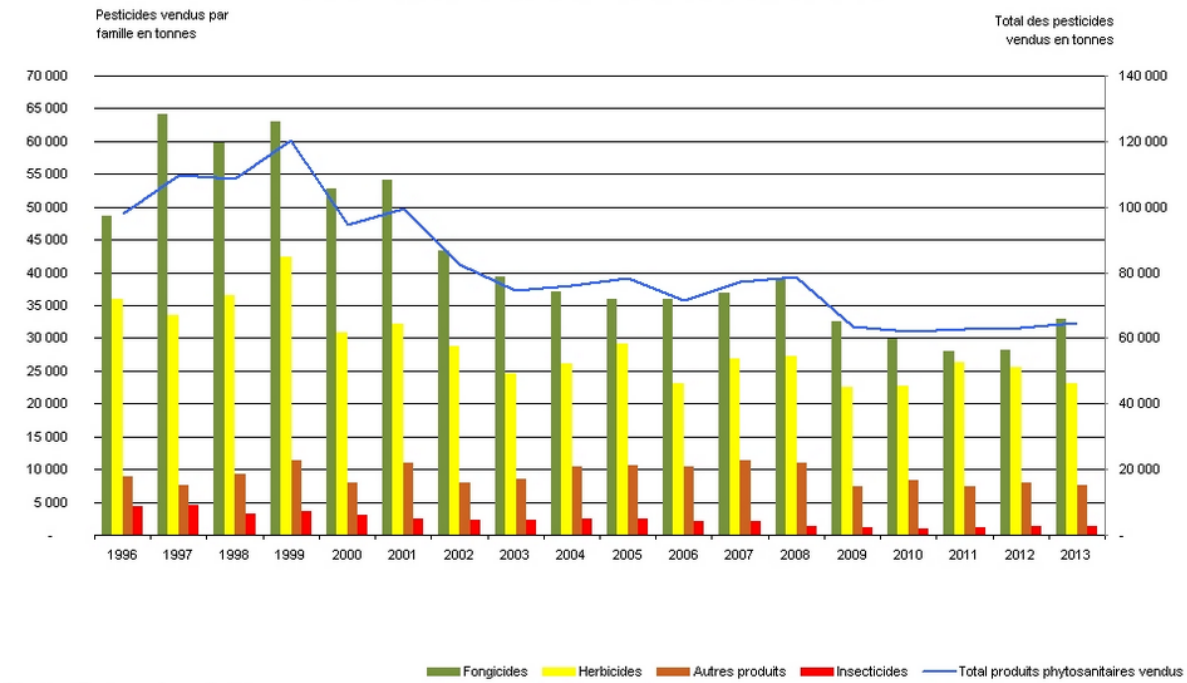
> L'utilisation des produits phytosanitaires (IFT) est réduite selon l'objectif de réduction de 50%

> L'itinéraire de culture imaginé est viable économiquement d'après les calculs des différents coûts (production, protection sanitaire) et de la marge opérationnelle

Pour cela, la PBI, la réduction des doses, le biocontrôle, le paillage, la biotisation du substrat de culture, ainsi que la conduite de culture (distançage, irrigation, fertilisation, choix du conteneur) et la prophylaxie sont testés en association afin d'obtenir un itinéraire optimal.

Le premier programme a montré que la réduction de l'IFT de 50% était possible pour certaines cultures, notamment pour la culture de *Choisya*, comme illustré dans le tableau III. En effet, la PBI contre les acariens tétranyques a bien fonctionné pour cette culture. Toutefois, les objectifs n'ont pas été atteints sur la culture de, notamment à cause des maladies telluriques comme *Phytophthora*.

Sous certaines conditions et dans certaines cultures, jusqu'à 70% de réduction ont été observé (Bresch *et al.*, 2017). Les producteurs ont également adopté certaines pratiques comme le paillage pour la lutte contre les adventices ou encore l'utilisation de la PBI. Mais des limites sont observées. En effet, les traitements sur jeune plant ou les traitements de nettoyage des aires de culture sont encore nécessaires pour assurer une qualité commerciale suffisante. Des optimisations sont donc à apporter sur ces points.



Champ : France métropolitaine.
Sources : UIPP Traitements : SOeS, 2016

Figure 3. Evolution des ventes de produits phytosanitaires [3]

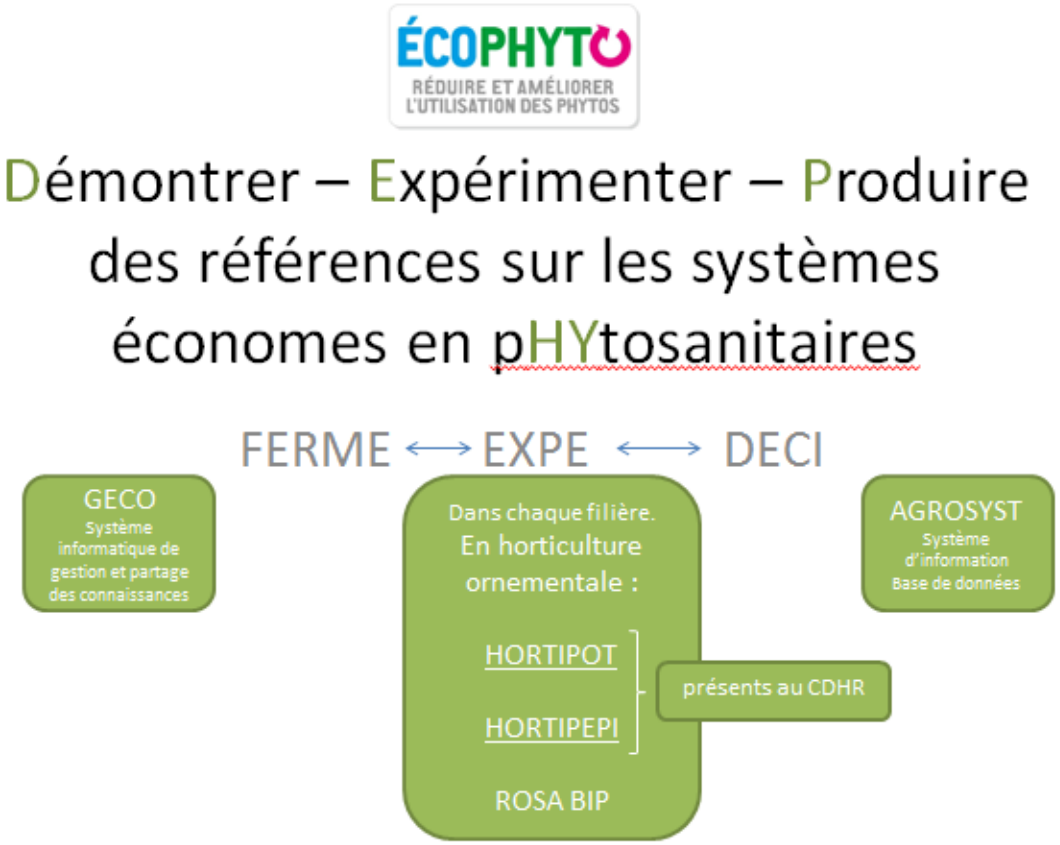


Figure 4. Le dispositif DEPHY (Petitjean, 2018)

B. La nouvelle version du plan Ecophyto : le plan Ecophyto II

1. Résultats du premier programme

Malgré les objectifs annoncés, une augmentation des ventes de produits phytosanitaires a été observée avec la mise en place du premier plan Ecophyto et est illustrée sur la figure 3. En effet, le total des ventes est passé d'environ 60 000 tonnes en 2009 à 65 000 en 2013 [3]. Il est donc apparu nécessaire de revoir les objectifs fixés et de mettre en place une deuxième version du plan Ecophyto.

2. Contexte réglementaire

Dans la nouvelle version du plan Ecophyto, appelé Plan Ecophyto II, et débutée en 2014, l'objectif de réduction de 50% du recours aux produits phytosanitaires en dix ans est réaffirmé avec une trajectoire en deux temps :

- Une réduction de 25% à l'horizon 2020 par la généralisation et l'optimisation des techniques actuellement disponibles.
- Une réduction de 50% à l'horizon 2025 par des mutations profondes des systèmes de production et des filières (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2015).

Pour réaliser l'objectif d'une réduction des produits phytosanitaires d'ici 2025, le plan Ecophyto II est bâti sur 6 nouveaux axes présentés en annexe I. Au sein de ces axes, certaines des actions mises en place sont nouvelles mais d'autres existaient dans la première version du plan et sont donc consolidées comme :

> le dispositif DEPHY, présenté en figure 4, composé notamment d'un réseau de fermes (DEPHY FERME) et d'expérimentation DEPHY (DEPHY EXPE), au sein duquel s'inscrit ce stage. Dans cette nouvelle version, la relation entre ces deux réseaux est renforcée.

> le dispositif Certiphyto, certificat individuel professionnel concernant les conseils ou l'application de produits phytosanitaires.

> les outils de diffusion de l'information comme le BSV ou le portail EcophytoPIC (Portail de la Protection Intégrée des Cultures).

Il instaure également un dispositif expérimental de Certificats d'Economie de Produits Phytosanitaires (CEPP) basé sur les Certificats d'Economie d'Energie. Les distributeurs auront alors pour obligation de favoriser la mise en place d'actions reconnues par les exploitations agricoles pour réduire les usages, les risques ainsi que les impacts des produits phytosanitaires (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2015).

Deux indicateurs permettent le suivi du plan : le NoDU (Nombre de Doses Unités) et l'IFT (Indice de Fréquence de Traitement).

L'indicateur NoDU est un indicateur de référence pouvant prendre en compte les produits de biocontrôle et permettant une approche nationale et interannuelle, toutes cultures confondues.

Il reflète l'intensité d'utilisation des produits phytosanitaires, rapportant la quantité vendue de chaque substance active à une « dose unité » qui lui est propre.

$$NODU = \sum_{I} \left[\frac{\sum Q_p * [SA_i]_p}{DU_i} \right]$$

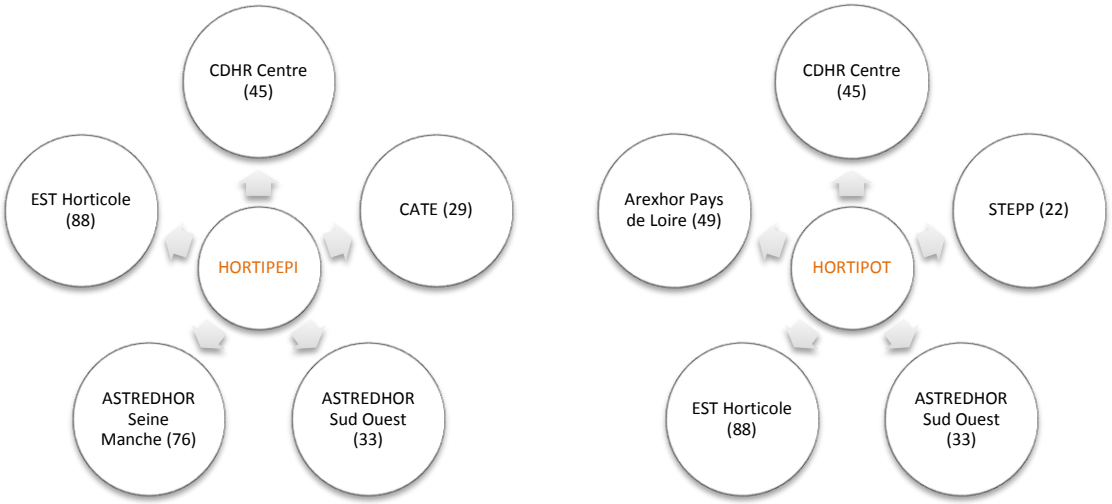


Figure 5. Stations participant aux projets d'horticulture ornementale de DEPHY EXPE v2

Tableau IV. Gammes retenues pour la deuxième version du projet DEPHY EXPE HORTIPEPI

Gamme	Exemples d'espèces	Sites expérimentaux
Vivaces	*Geranium*, *Phlox paniculata*, *Heuchera*, Anémone japonaise, Sauges, …	ASTREDHOR Sud Ouest, CDHR, EST Horticole
Plantes méditerranéennes	*Lavandula angustifolia*, *Phormium*, …	ASTREDHOR Sud Ouest, CATE, CDHR, EST Horticole, ASTREDHOR Seine Manche
Plantes grimpantes	*Trachelospermum*, *Clematis*, *Hedera helix*	ASTREDHOR Sud Ouest, CDHR
Petits fruitiers	Pommier, Framboisier, Myrtillier, …	ASTREDHOR Seine Manche, ASTREDHOR Sud Ouest
Arbustes	*Choisya*, *Cornus*, *Salvia*, *Phlomis* …	EST Horticole, ASTREDHOR Seine Manche, CATE

Son calcul peut se décomposer en deux étapes distinctes :

- D'une part, les quantités de substances actives vendues au travers de la quantité de produit vendu (Qp) par la concentration en substance active (SA)

- Et d'autre part, le calcul des « doses unités » (DU) de chaque substance active (Direction générale de l'alimentation, 2012).

Il est utilisé pour évaluer les performances des différents itinéraires culturaux afin de les optimiser (Zahm, 2011).

L'IFT de la parcelle est la somme, pour tous les traitements effectués sur une parcelle, des quantités normalisées. Ces dernières correspondent au rapport de la dose réellement appliquée par hectare (DA) par la dose homologuée par hectare (DH) pour le produit considéré. Dans le calcul, la proportion de surface traitée (PP_T) est prise en compte. L'IFT se calcule donc grâce à la formule suivante :

$$IFT_{parcelle} = \sum_{T} \left[\frac{DA_T}{DH_T} * PP_T \right]$$

Cet indicateur reflète l'intensité d'utilisation des produits phytosanitaires (Brunet *et al.*, 2008).

3. Les nouvelles directions de DEPHY EXPE v2

La nouvelle version du programme DEPHY EXPE se déroule de 2018 à 2023 avec une nouvelle approche. Elle a pour but de mettre au point des itinéraires culturaux innovants en forte rupture, c'est-à-dire que dans la mesure du possible, aucun produit phytosanitaire ne sera utilisé. La viabilité économique est toujours considérée pour, à terme, les transférer aux producteurs. De nouveaux leviers sont identifiés et approfondis. Trois appels à projet ont été retenus en horticulture ornementale dont deux mis en place au CDHR Centre : HORTIPOT 2 et HORTIPEPI 2 (CAN DEPHY, 2018).

Dans cette version, la stratégie adoptée est celle d'une expérimentation système, prenant en compte un système de culture complet ainsi que son environnement et les interactions entre toutes les composantes. Pour cela, une surface de culture ainsi que ses abords est considérée pour l'ensemble du projet et ce sont les successions de cultures qui sont étudiées par analogie aux rotations de culture en grandes cultures.

Le programme DEPHY EXPE HORTIPEPI a choisi de travailler sur différentes gammes végétales plutôt que sur des espèces données. Ce choix est lié au fait que les entreprises horticoles travaillent rarement sur une seule espèce mais plutôt sur des gammes de plantes. Il permet également de se concentrer sur une protection globale plutôt que sur un ravageur particulier ou une maladie donnée, ceux-ci étant trop nombreux.

Chaque station, présentées dans la figure 5, travaille sur une sélection de gammes selon la localisation géographique ou encore la production locale. Les gammes retenues sont présentées dans le tableau IV. A terme, le but est de comparer et de compléter les résultats de chaque station, en prenant en compte les spécificités liées à chaque site comme le climat ou les infrastructures, tout en tenant compte du fait que chaque système est différent.

Le système décisionnel inclut les objectifs*, les stratégies*, ainsi que les règles de décision* du producteur. Il sélectionne les interventions techniques à l'échelle de la parcelle/troupeau inclus dans le système technique. Ces interventions agissent sur le système bio-physique, lui-même défini par les interactions entre les plantes, le sol, le climat et les bioagresseurs (BioA). L'état de ce système est souvent utilisé comme indicateur* et conditions pour activer les règles de décision du producteur.

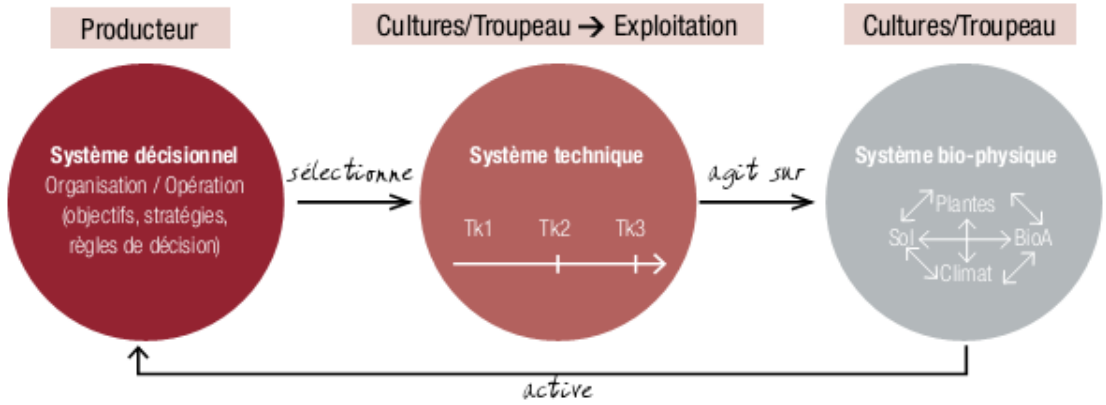


Figure 6. Schéma d'un système de production considéré comme le résultat de l'interaction entre trois sous-systèmes (Havard *et al.*, 2017)

C. L'analyse système appliquée à l'expérimentation

1. Qu'est-ce qu'une approche système ?

A partir des années 1980, il est apparu nécessaire de changer de pratiques et de se tourner plutôt vers une « approche système ». La méthode employée pour améliorer les performances fut d'analyser les pratiques existantes pour déterminer ce qui était modifiable et les limites des modifications (Havard *et al.*, 2017). La performance est définie par la capacité des systèmes de culture à produire des résultats répondant à différents objectifs, notamment les piliers du développement durable (économie, environnement et société) et elle est évaluée grâce à des indicateurs quantitatifs et/ou qualitatifs (Petit *et al.*, 2012).

L'approche système est construite à partir de systèmes de culture qui sont « l'ensemble des modalités techniques mises en place sur une ou plusieurs parcelles gérées de manière identique au fil des années. Chaque système de culture est caractérisé par la nature des cultures et, le cas échéant, leur ordre de succession, les itinéraires appliqués à ces différentes cultures et les éléments structurels (matériel végétal, densité de plantation, équipements avec les abris, palissage…) » (Sebillotte, 1990). L'analyse de ceux-ci suppose de prendre en compte trois sous-systèmes en interaction qui sont présentés en figure 6.

2. Les différentes stratégies possibles

Pour répondre à l'évolution nécessaire des pratiques de protection des cultures, trois stratégies ont été définies et peuvent être mises en place :

> **l'Efficience**. Il s'agit de garder les mêmes techniques ou produits mais en les optimisant (Hill and MacRae, 1995). Dans le cadre de DEPHY EXPE, le raisonnement et la réduction des doses ou encore les suivis épidémiologiques ont par exemple permis de réduire l'IFT.

> la **Substitution**. Il s'agit de remplacer les techniques et produits utilisés par des techniques ou produits plus respectueux de l'environnement (Hill and MacRae, 1995). Le remplacement de produits phytosanitaires par des produits de biocontrôle ou encore la mise en place de paillage pour répondre à la problématique adventice suivent par exemple la stratégie de substitution.

> la **Reconception**. Il s'agit de reconsidérer l'ensemble des schémas de production, notamment par la combinaison de plusieurs techniques culturales reposant sur une approche système globale [3]. En culture de *Choisya*, il s'agit par exemple de reconsidérer l'itinéraire cultural en utilisant une poterie surélevée, en raisonnant la fertirrigation ainsi qu'en incorporant des micro-organismes au moment du rempotage pour lutter contre les maladies telluriques.

Idéalement, ces trois stratégies doivent être mises en place tour à tour, la première étant plus accessible à l'échelle individuelle tandis que la dernière nécessite une redéfinition des lois et l'engagement de tous les acteurs pour être efficace sur le long terme (Hill and MacRae, 1995). La mise en place d'une seule de ces stratégies n'est généralement pas suffisante (Hill and MacRae, 1995) pour améliorer les performances des pratiques.

Toutefois, lorsqu'une technique est modifiée, la globalité du système doit être appréhendée puisque les interactions au sein du système définissent la cohérence de celui-ci. De plus, la valorisation des services écosystémiques et des fonctions écologiques rendus par les abords des cultures se raisonne sur le long terme (Havard *et al.*, 2017).

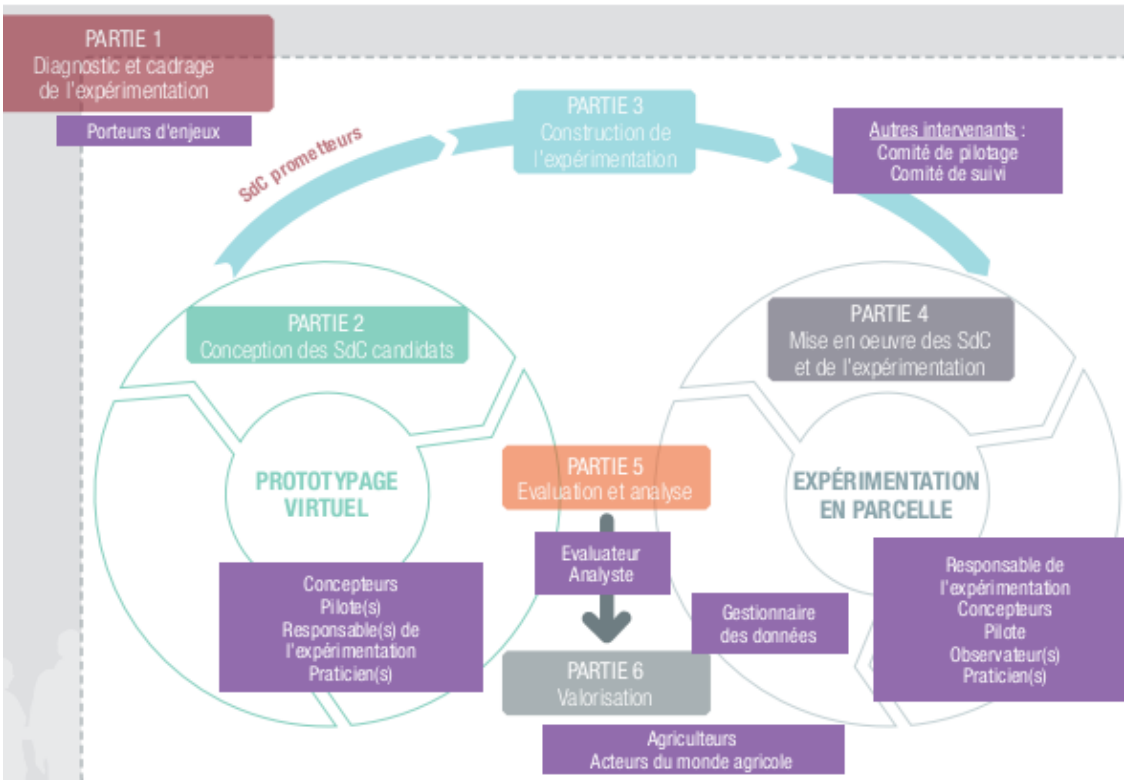


Figure 7. Les différentes étapes à mener lors d'une démarche d'expérimentation système (Havard *et al.*, 2017)

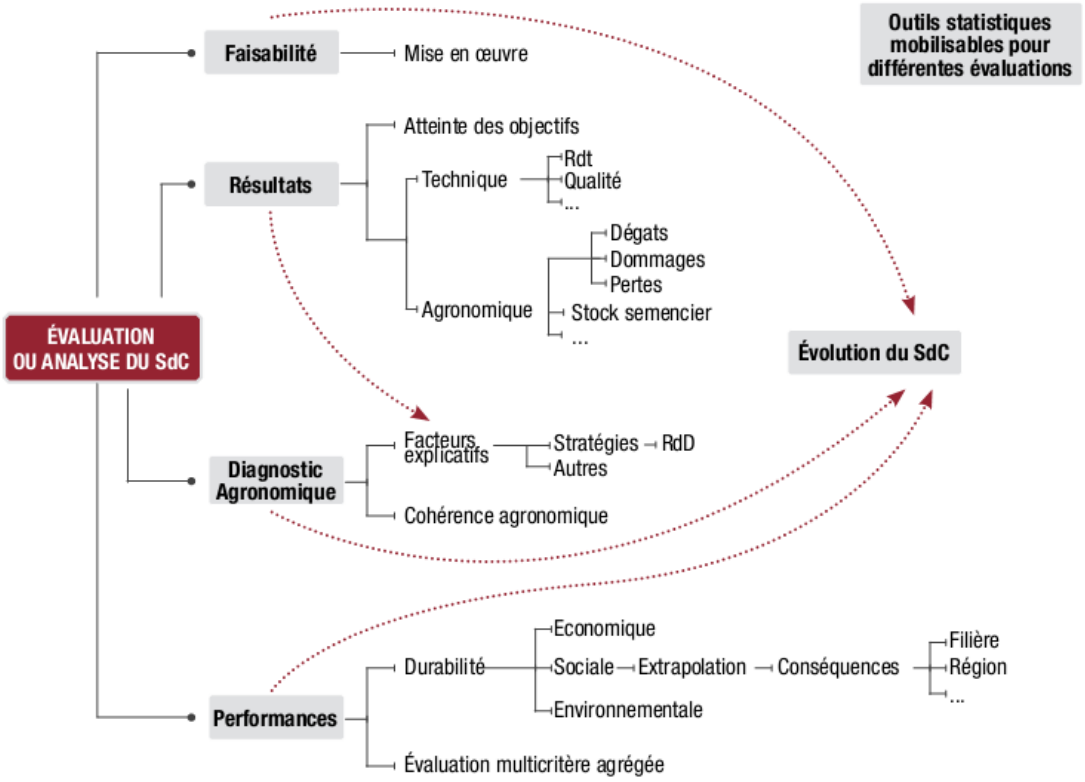


Figure 8. Les évaluations d'une expérimentation système (Havard *et al.*, 2017)

3. Les étapes d'une expérimentation système

L'expérimentation système se déroule en six étapes comme présenté en figure 7 et est toujours à destination des acteurs professionnels (Havard *et al.*, 2017). Elle commence par un diagnostic et un cadrage général qui a lieu ici avec les responsables des autres stations d'expérimentation concernées. Les systèmes de culture candidats et prometteurs à tester ainsi que l'expérimentation en elle-même sont alors conçus. Ensuite, dans chaque station, les essais sont mis en œuvre, évalués indépendamment et le fonctionnement du système est analysé. Ces données sont alors comparées sur l'ensemble des stations pour enfin valoriser cette expérimentation.

4. Les outils de l'expérimentation système

Les règles de décision sont le lien logique entre les objectifs prévus et les actions à mener selon le contexte et les contraintes. Elles permettent de décider les interventions culturales indépendamment de la personne (Henry *et al.*, 2012). Ces lignes de conduite sont construites selon la stratégie choisie et peuvent être définies par culture, par type de fonction (maîtrise des ravageurs, maîtrise de la fertilisation, …) ou encore par ordre chronologique. Elles peuvent être de routine (systématiques) ou se définir par « J'observe « tel(s) état(s) » donc je vais agir de « telle manière » pour obtenir « tel résultat » » dans le but de piloter la culture mais également pour évaluer le système ou encore l'analyser (Havard *et al.*, 2017).

Pour certaines de ces règles de décision, des seuils sont définis, à partir desquels sont actionnés des leviers d'action spécifiques. Les leviers d'action sont les différentes actions envisagées pour répondre à une problématique. Plusieurs seuils d'intervention peuvent être définis, chacun déclenchant un ou plusieurs levier(s) plus ou moins fort. Ces actions visent à maintenir les bioagresseurs, quels qu'ils soient, au-dessous d'un seuil de nuisibilité défini sous un contexte socio-économique, dans un système de production et sur une géographie par la quantité de dommages acceptables sur la culture (Béranger *et al.*, 2016). Par exemple, pour la problématique 'Adventices', le contrôle de la qualité du jeune plant, le choix du substrat, de la fertilisation, la surveillance des cultures, l'entretien des abords et la mise en place de paillage sont autant de leviers à considérer.

Les données collectées doivent être validées pour confirmer leur cohérence et leur fiabilité. L'évaluation des différents systèmes de culture se raisonne selon les critères présentés en figure 8 c'est-à-dire leur faisabilité, leurs résultats, leurs performances ainsi que des diagnostics agronomiques. Ils sont alors interprétés et peuvent ensuite être classés.

Dans le cadre de la deuxième version du programme DEPHY EXPE, une expérimentation système est mise en place, à la différence des travaux précédents. Elle permet d'envisager le système de manière plus globale, tant spatialement que temporellement. Ici, c'est donc une surface donnée (100 m² sous abri, 100 m² à l'extérieur ainsi que les abords de chaque parcelle pour HORTIPEPI au CDHR) qui est étudiée sur une année complète, prenant en compte le contexte climatique, la gestion des abords, les successions de culture ainsi que les opérations inter-cultures comme les vides sanitaires. Ces mêmes surfaces sont à nouveau étudiées les années suivantes. Une succession de gammes est mise en place avec, au CDHR, des grimpantes, des méditerranéennes puis des vivaces.

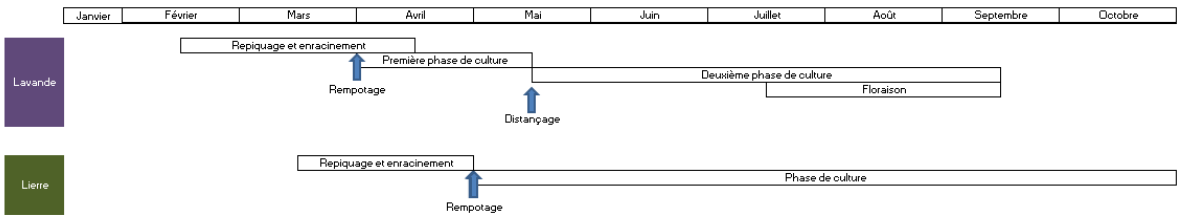


Figure 9. Itinéraires culturaux des cultures de Lavandes et Lierres (d'après les fiches techniques du RATHO - ASTREDHOR)

D. Les cultures, leurs bioagresseurs et les moyens de lutte

Les plantes sont choisies du fait de leur sensibilité à une maladie ou à un ravageur majeur et d'importance dans la filière, impactant donc fortement la valeur de l'IFT. En effet, dans la première version du programme, les problématiques *Phytophthora* et pucerons sur *Choysia* et Lavandes ont par exemple été suivies. La problématique « Lavande » est ainsi reconduite en association avec une gamme grimpante et une gamme vivace. Ici, seules les problématiques liées aux Lierres et aux Lavandes seront traitées du fait de la durée du stage. Les itinéraires culturaux utilisés par les professionnels sont présentés en figure 9.

1. Les cultures

a) La lavande officinale, *Lavandula angustifolia* Mill.

La lavande officinale est principalement cultivée pour la production d'huiles essentielles (Béranger *et al.*, 2016) mais également pour son utilisation en cosmétique ou encore en thé (Prusinowska and Smigielski, 2014). Elle est également fortement appréciée par les particuliers dans les jardins.

La lavande possède un port compact et dense, des feuilles linéaires aromatiques, caduques ou semi-persistantes l'hiver. Elle atteint jusqu'à 40-60 cm de hauteur. Elle est originaire de la région méditerranéenne même si on la retrouve dans de nombreux pays (Prusinowska and Smigielski, 2014) et fleurit en juin-juillet. C'est une plante de plein soleil appréciant les sols limoneux et bien drainés et craignant les températures froides. La base des tiges est ligneuse tandis que la partie supérieure est herbacée (Prusinowska and Smigielski, 2014). La lavande se multiplie très bien par bouturage et nécessite une taille régulière de manière à stimuler la croissance et la floraison (Prusinowska and Smigielski, 2014). La variété choisie ici est la variété 'Grosso' qui refleurit au cours de l'année.

Ce sont des plantes fortement sensibles aux maladies telluriques comme *Phytophthora*, aux Coléoptères comme la chrysomèle ainsi qu'à l'Aphrophore écumeuse. Un phytoplasme transmis par la cicadelle *Hyalestes obsoletus* peut également engendrer un dépérissement de la plante (Béranger *et al.*, 2016).

b) Le lierre, *Hedera helix* L.

Le lierre est une liane grimpante prenant appui sur son support au moyen de crampons qui sont des racines modifiées. Il possède un feuillage persistant et fleurit l'automne mais il est sensible aux hivers froids. Naturellement, il est principalement retrouvé dans des endroits ombragés et dans des sols humides (Metcalfe, 2005).

Sa morphologie est très variable et il peut présenter des panachures selon les variétés (Mullen and Hagan, 1999). C'est une plante hétérophylle selon la luminosité. Les jeunes feuilles ont une capacité photosynthétique plus faible due notamment à un nombre de stomates moins important que sur les feuilles adultes. De plus, les feuilles sont plus fines et le nombre de chloroplastes par cellule est plus faible (Bauer and Bauer, 1980). *Hedera helix* présente des feuilles avec 3 à 5 lobes triangulaires sur les rameaux stériles recevant une faible lumière tandis que les feuilles situées sur les rameaux fertiles et recevant une plus forte luminosité sont lancéolées (Metcalfe, 2005). Sa phase de croissance est caractérisée par l'apparition de racines adventices (Metcalfe, 2005).

C'est une plante très courante et des centaines de cultivars sont commercialisés (Metcalfe, 2005). *Hedera helix* est principalement sensible aux acariens, aux pucerons ainsi qu'à l'anthracnose. La variété 'Glacier' est modérément sensible à cette dernière (Mullen and Hagan, 1999).

Tableau V. Caractéristiques des principales espèces d'acariens rencontrés (Petitjean, 2018)

Ravageur	Espèce végétale	Description	Biologie	Conditions favorables / défavorables	Dégâts	Photo	Références
***Tetranychus urticae*, le Tétranyque Tisserand**	4 000 plantes hôtes dont Hedera helix	Œufs circulaires transparents et devenant jaunes à l'approche de l'éclosion	Plusieurs générations annuelles et très fertile (cycles de moins d'une semaine)	Périodes chaudes et sèches (plus de 100 œufs pondus par femelle à 25 °C) ; plantes poussantes - Pas de développement sous 12 °C ni au-dessus de 40 °C (létal) - Dépend de la variété végétale	Vide les cellules avec ses chélicères provoquant des tâches chlorotiques plus ou moins dispersées puis des nécroses	(Photo personnelle)	Huffaker *et al.*, 1969 ; Agut *et al.*, 2018 ; Blancard, 2013 ; Van Leeuwen *et al.*, 2012 ; Malais and Ravensberg, 2008
		Larve incolore	Grandes capacités d'adaptation				
		Nymphe verte avec deux points foncés sur le corps	Période de quiescence après chaque stade du cycle		Perturbation du métabolisme par injection de toxines, notamment réduction de la photosynthèse due à la destruction de la chlorophylle		
		Adulte transparent identifiable grâce aux deux point sur son dos	Phases de sédentarité et de dispersion selon l'intensité lumineuse				
		490-515 µm adulte	Reproduction arrhénotoque		Formation d'une toile sur la face inférieure des feuilles et création d'un microclimat favorable		
			1 mâle pour 3 femelles				
			Hiverne dans les anfractuosités ou infrastructures des abris				
***Bryobia kissophila*, l'acarien du Lierre**	*Hedera helix*	0,7 mm au maximum de sa croissance	Pas de diapause hivernale, présent toute l'année	Températures élevées - Résistent au froid	Dépigmentation des feuilles, diminution de la photosynthèse - dégâts légers		Courtin, 2017 ; Malais and Ravensberg, 2008
			5 à 6 générations par an - 5 stades et durée de développement de 4 semaines				
			Reproduction parthénogénétique				
***Phytonemus pallidus*, le tarsonème commun**	Cyclamen, Fatshedera, *Hedera helix*, Gerbera...	Invisibles à l'œil nu (0,2 mm) - sillon blanc sur la face dorsale	7 générations par an en moyenne - 4 stades de développement	Humidité relative élevée (> 70% minimum) - Préfère les serres (1 à 3 œufs par jour) aux extérieurs mais peut survivre	Feuilles cassantes, décolorées et jeunes feuilles incurvées	(C. Archer, 2018)	Jullien and Jullien, 2013 ; Malais and Ravensberg, 2008
		Presque uniquement sur boutons floraux et points de croissance	Reproduction sexuée ou asexuée	Dispesion lente et dépendant de l'humidité relative - Migration, courants d'air, déplacements humains et des insectes	Malformations et croissance anarchique des plantes		
				Principalement dommageable sous serre	Sur lierres, les tiges infestées n'ont pas de feuilles		

2. Les bioagresseurs rencontrés

a) Les ravageurs

(1) Les acariens

Les acariens sont des arthropodes appartenant à la classe des Arachnides. Les larves possèdent trois paires de pattes tandis que les nymphes et les adultes en possèdent quatre (Trottin-Caudal, 2006). Ils sont ovipares et 50 000 espèces sont connues (Suty, 2010). Les acariens phytophages se nourrissent en piquant puis suçant les cellules végétales. Les acaricides sont peu efficaces, entrainant des résistances des ravageurs et de la phytotoxicité sur les plantes (Hamlen and Lindquist, 1981). Les acariens tétranyques *Tetranychus urticae* sont en effet capables de détoxifier les acaricides (Agut *et al.*, 2018). Plusieurs acariens phytophages sont rencontrés en culture sous abri et certains d'entre eux, susceptibles d'être observés dans le système de culture, sont décrits dans le tableau V.

(2) Les cicadelles

L'aphrophore écumeuse, *Philaenus spumarius*

Ces insectes très polyphages se nourrissent de la sève des vaisseaux du xylème à l'aide d'un stylet qui leur permet de piquer les tissus (Hoffman, 1985).

Les nymphes produisent une mousse appelée communément « crachats de coucou » qui disparaît naturellement après émergence de l'adulte au début de l'été. Elles se nourrissent à l'apex des plantes hôtes et seuls les derniers stades larvaires sont capables de se nourrir malgré les trichomes des plantes (Hoffman, 1985). Ses dégâts sont limités mais une lutte physique peut être envisagée (Jullien and Jullien, 2013).

Elle est vectrice de la bactérie *Xylella fastidiosa*, organisme de quarantaine responsable de lourdes pertes économiques dans les vignes mais également, plus récemment, dans les vergers et oliveraies (Saponari *et al.*, 2014). Sa présence en pépinières peut être annonciatrice pour les vergers et vignes alentours.

Hyalesthes obsoletus

Originaire d'Italie, cet hémiptère de la famille des Cixiidae est très polyphage. Ses plantes hôtes peuvent être la vigne, les Solanacées, le liseron ou encore la lavande.

Il est vecteur d'un phytoplasme (Johannesen *et al.*, 2007) provoquant une végétation chétive du plant entrainant une mort plus ou moins rapide (Béranger *et al.*, 2016). En effet, en culture de pleine terre, les larves piquent les racines et transmettent le phytoplasme du Stolbur des plantes infectées aux plantes saines. Toutefois, la question de différentes souches de Stolbur et leur inféodation à une plante hôte persiste. Les adultes quant à eux piquent les parties aériennes (Johannesen *et al.*, 2007).

La dispersion de cet insecte pourrait être liée au réchauffement climatique avec l'augmentation des températures qui semblerait le favoriser (Johannesen *et al.*, 2007).

(3) Les coléoptères de type *Chrysolina americana*

Cette chrysomèle de 8 mm de long s'attaque aux Lamiacées, principalement aux cultures de romarin, de sauge et de lavande. L'adulte possède des élytres rayés vert foncé, rouge et violet métallisés. La larve est grise, de même taille, et possède des lignes plus foncées (Carron *et al.*, 2017).

Les adultes ne volent pas si la température est inférieure à 40 °C, ils ont donc développé des stratégies de survie (Jolivet, 1994).

Tableau VI. Caractéristiques des principales espèces de pucerons rencontrées (Petitjean, 2018) – Les photos sont issues du site Encyclop'Aphid et prises par Bernard Chaubet [5]

Espèce	Cultures	Description	Conditions favorables / défavorables - Cycle biologique	Remarques	Photos	Références
Aphis fabae	Fèves, cultures ornementales	Noir - 1,5 à 2,6 mm	Holocyclique dioecique et anholocyclique dans régions à climat doux	Deuxième espèce la plus dommageable en France - Hivernage sur fusains et viorne 'Boule de neige' - Vecteur de virus		Barlow, 1962 ; Encyclop'Aphid ; Jullien and Jullien, 2013 ; Malais and Ravensberg, 2008
Aphis gossypii	Cucurbitacées, cultures ornementales	Jaune à vert-noir - 1 à 2 mm	Températures élevées - Anholocyclique	Espèce la plus dommageable en cultures de Cucurbitacées - Important vecteur de virus - Vit en association avec des fourmis		
Aulacorthum solani	Solanacées, cultures ornementales	Jaune à marron - 1,8 à 3 mm	Climat tempéré - Holocyclique dioecique et anholocyclique dans régions à climat doux	Dégâts semblables à une infection virale même en cas de faible infestationet vecteur de nombreux virus		
Macrosiphum euphorbiae		Vert ou rose-rouge - 2 à 3 ,5 mm	Climat doux - 20 °C / Seuils : température inférieure à 5 °C ou supérieures à 30 °C - Principalement anholocycliques	Dispersion importante - Peuvent survivre tout l'hiver sous forme parthénogénétique		
Myzus persicae	Cultures légumières et ornementales	Vert à rose - 1 à 2 mm	25 °C / Seuils : température inférieure à 5 °C ou supérieures à 30 °C - Holocyclique dioecique ou anholocyclique par absence d'un hôte primaire ou région à climat doux en hiver	Espèce la plus dommageable en France - Vecteur de virus		

Figure 10. Symptômes d'Anthracnose sur *Hedera helix* 'Glacier' (Petitjean, 2018)

(4) Les pucerons

Les pucerons appartiennent à la superfamille des Aphidoidae et à l'ordre des Hémiptères. Environ 250 espèces sont considérées comme nuisibles et quelques-unes sont présentées dans le tableau VI. Ce sont des insectes hémimétaboles à métamorphose incomplète subissant jusqu'à quatre mues. Ils se reproduisent de manière sexuée ou par parthénogénèse et sont vivipares ce qui contribuent à leur croissance rapide (Malais and Ravensberg, 2008).

La majorité des espèces hivernent sous forme d'œufs fécondés et permettent la première pullulation l'année suivante (Jullien and Jullien, 2013). Deux attaques sont à prévoir, la première en février- mars et la deuxième en août (Suty, 2010)

Leur taille varie de 1 à 10 mm de long et sont de couleurs variées (Suty, 2010). Ces insectes piqueurs-suceurs ont six pattes et sont généralement aptères sauf quelques individus et notamment les fondatrices qui apparaissent par exemple lorsque la densité de population est trop élevée (Malais and Ravensberg, 2008).

La salive qu'ils injectent dans les tissus provoque des déformations du végétal ainsi qu'un arrêt de sa croissance pouvant donc entrainer sa mort (Jullien and Jullien, 2013). Ils peuvent également être vecteurs de virus (Malais and Ravensberg, 2008).

Ils produisent ensuite du miellat composé de l'excédent de glucides prélevé dans la sève (Malais and Ravensberg, 2008), ce qui attire les fourmis qui protègent les colonies en échange. Cette protection semble plus efficace toutefois contre les prédateurs que contre les parasitoïdes, notamment à cause du fait que le parasitisme nécessite moins de temps que la prédation. En effet, cette dernière nécessite de tuer puis de se nourrir de sa proie (Gross, 1993). De plus, un champignon du genre *Cladiosporum* appelé fumagine se développe sur le miellat rendant le plant invendable (Malais and Ravensberg, 2008).

b) Les maladies

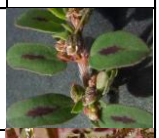
(1) L'anthracnose causée par *Colletotrichum trichellum*

Sur lierre, le champignon oomycète responsable de cette maladie foliaire est *Colletotrichum trichellum* (Kim *et al.*, 2001) bien que *Colletotrichum gloeosporiodes* puisse également infecter cette culture (Mullen and Hagan, 1999).

Il se manifeste par des tâches circulaires sur les feuilles et un chancre sur tiges. Au cours du développement de la maladie, les lésions s'élargissent de manière irrégulière avec, au centre, un point central correspondant aux fructifications du champignon puis les feuilles tombent (Jullien and Jullien, 2013). Comme observé sur la figure 10, la bordure de la lésion devient plus sombre et les feuilles sèchent (Kim *et al*, 2001). Les symptômes peuvent être confondus avec des bactérioses causées par *Xanthomonas campestris* pv. *Hedera* et quelques fois les mêmes plantes peuvent être atteintes par les deux maladies en même temps (Mullen and Hagan, 1999). Ce champignon semble avoir un spectre d'hôte restreint puisqu'il n'a été retrouvé que sur certaines espèces d'*Hedera* et sur *Clivia miniata* (Kim *et al*, 2001).

Le champignon se conserve d'une année sur l'autre par les tiges desséchées. Un climat frais et humide contribue à son développement (Jullien and Jullien, 2013) tout comme une irrigation par aspersion (Mullen and Hagan, 1999). La température optimale de développement de la maladie est de 20-25°C. Des plantes trop proches les unes des autres favorisent également la dispersion du champignon. Les spores sont dispersées par le vent, la pluie ou encore les insectes (Mullen and Hagan, 1999).

Tableau VII. Principales adventices rencontrées (Petitjean, 2018) – Les photos sont issues du site tela-botanica [6]

Groupe	Nom	Plantule	Adulte	Taille	Floraison	Distribution	Nuisibilité	Photo
Dicotylédone	*Cardamine hirsuta*	Feuilles alternes en rosette ; cotylédons de petite taille	Annuelle ; tige glabre ; feuilles pétiolées et peu nombreuses	10 à 30 cm	Mars à juin - Petites fleurs blanches en grappes	Commune ; sols sableux/argilo-sableux/limoneux/acides et frais ; nitrophile et mésophile	Faible	
	Epilobium tetragonum	Rosette ; feuilles opposées	Annuelle et hémicryptophyte ; tige dressée quelques fois ramifiée dès la base ; feuilles caulinaires opposées ou alternes étroites	1 m	Juin à septembre - Pétales rose violacé profondément échancré, fleurs disposées en panicule dressée	Présente partout ; méso-hygrophile		
	Euphorbia maculata		Annuelle - rosettes ; feuilles opposées maculées	30 cm de diamètre		Surtout à l'ouest		
	Oxalis corniculata		Annuelle ou pérennante ; feuilles alternes	3 à 15 cm	Avril à Octobre - Fleurs jaunes	Surtout à l'ouest		
	Portulaca oleracea		Annuelle - Feuilles opposées ou alternes	10 à 30 cm	Mai à octobre - Fleurs jaunes sessiles	Commune	Faible	
	Senecio vulgaris	Rosette éphémère ; feuilles alternes	Annuelle ; cycle de développement de 100 jours - tige anguleuse poilue ou non, creuse, dressée et souvent ramifiée	60 cm	Fleurs jaunes tubuleuses groupées en nombreux petits capitules	Ubiquiste ; tous types de sols et toutes cultures - mésophile et nitrophile	Nuisible	
	Sonchus oleraceus	Feuilles alternes en rosette ; cotylédons de taille moyenne	Annuelle - tige dressée, cannelée, creuse et peu ramifiée ; feuilles caulinaires sessiles	30 à 100 cm	Juin à octobre - Fleurs jaunes réunies en capitule	Commune ; nitrophile ; peu fréquente mais abondante	Souvent nuisible	
	Stellaria media	Tige et feuilles opposées ; cotylédons lancéolés	Annuelle ; pubescente ; tige très ramifiée et couchée au sol ; feuilles opposées	5 à 50 cm	Toute l'année - Petites fleurs à pétales blancs profondément divisés	Commune ; mésophile et nitrophile ; tous types de sol si suffisamment humides	Souvent très nuisible	
Monocotylédone	*Cynodon dactylon*	Pubescente	Vivace - rhizomes et stolons	10 à 40 cm	Epiaison de juillet à octobre	Commune, subméditerranéenne ; thermophile, sols sableux à limono-sableux	Elévée	
	Digitaria sanguinalis	Pilosité abondante et longue - sans oreillettes	Annuelle - velue à talles nombreuses	10 à 60 cm	Epiaison de juillet à octobre	Commune ; méso-xérophile, sols acides sableux, silico-argileux ou limoneux ; abondante fréquemment	Fréquemment nuisible	

(2) *Phytophthora nicotianae*

Le Phytophthora est un champignon appartenant à la famille des Pythiacées provoquant une maladie tellurique de forte importance économique. De nombreuses espèces existent du genre *Phytophthora* et certaines sont des organismes de quarantaine (Jullien and Jullien, 2013). C'est notamment une des espèces de *Phytophthora* qui fut responsable de la famine irlandaise (Migliorini *et al.*, 2015). Il induit une nécrose du collet couplé à un pourrissement des racines et s'accompagne d'un jaunissement et d'un flétrissement des feuilles (Jullien and Jullien, 2013). Toutefois, il peut se développer sans engendrer de symptômes ce qui constitue un risque dans le commerce international et notamment dans celui des plantes ornementales en pot (Migliorini *et al.*, 2015).

Le champignon est favorisé par des arrosages excessifs, des températures chaudes, des sols lourds et humides (Mullen and Hagan, 1999), ou encore une bâche plastique sous les pots noirs (Jullien and Jullien, 2013). Une localisation de la parcelle en plein soleil semble également favoriser la maladie, en participant à l'augmentation de la température du substrat. Les pots de petites contenances affaiblissent la plante et sont favorables au *Phytophthora* (Minuto *et al.*, 2001).

Il se conserve dans le sol et se transmet notamment par ruissellement. De nombreuses espèces sont capables de survivre dans le sol dans des conditions défavorables sous forme de chlamydospores (Migliorini *et al.*, 2015).

Ainsi, il est important d'analyser l'ensemble du système de culture afin d'identifier les étapes qui nécessitent le plus d'attention permettant d'éviter toute infestation ou contamination (Parke and Grünwald, 2012). Des leviers d'actions préventifs et systématiques doivent être mis en place ainsi que des leviers d'action à enclencher seulement lorsque le seuil défini est atteint.

Des mesures de prophylaxie sont notamment nécessaires ainsi qu'un raisonnement du choix de la poterie, du substrat ainsi que des modalités d'irrigation. La première version de DEPHY PEPI a montré que le système d'irrigation optimal pour cette culture était le goutte-à-goutte plutôt que l'aspersion (Bresch *et al.*, 2017)

c) Les adventices

Les principales adventices rencontrées sont recensées dans le tableau VII. Ce sont principalement des dicotylédones. Certaines sont peu nuisibles mais d'autres, du fait de leur nombre et de leur facilité de dispersion peuvent être très dommageables. De plus, elles peuvent être des abris pour les ravageurs (Jullien and Jullien, 2013) voire être source de maladies.

3. Les leviers d'action possibles

L'utilisation d'une approche système induit une stratégie de protection « proactive » plutôt que « réactive » appliquée en approche traditionnelle. Il est en effet nécessaire de limiter les risques d'infestation et d'agir rapidement en cas d'attaque (Parke and Grünwald, 2012). Pour cela, des observations régulières sont réalisées pour détecter au plus tôt les différents bioagresseurs mais également pour estimer la faune auxiliaire présente (Trottin *et al.*, 2006).

a) Contre les ravageurs

Les principales stratégies de lutte contre les ravageurs sont l'introduction, l'augmentation et la conservation d'auxiliaires naturels de ceux-ci. Toutefois, si ces stratégies ne sont pas suffisantes, des produits de biocontrôle existent pour réguler les populations (Suty, 2010).

(1) Lâchers d'auxiliaires

L'Organisation Internationale de Lutte Biologique (OILB) définit la lutte biologique comme étant l'« utilisation par l'homme d'ennemis naturels tels que des prédateurs, des parasitoïdes

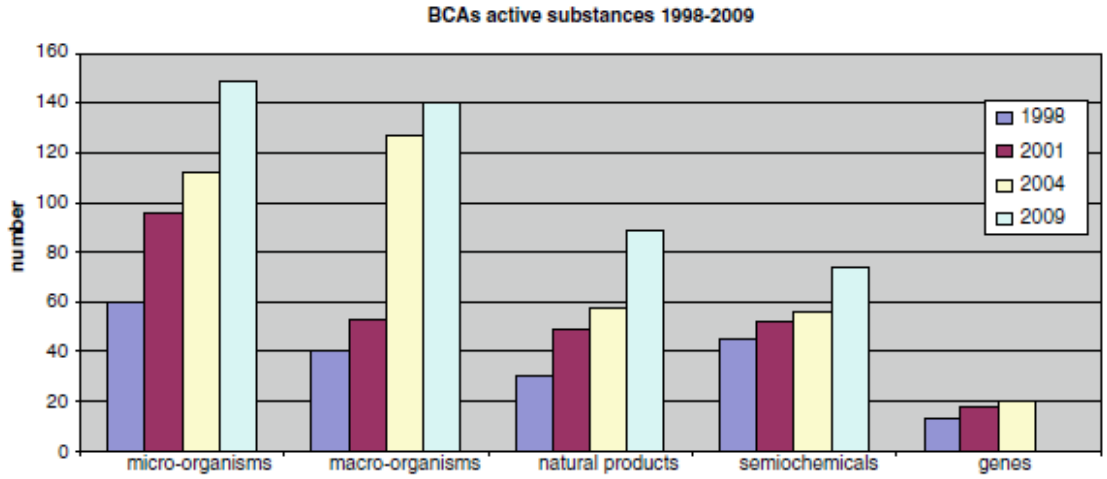


Figure 11. Evolution du nombre d'agents de biocontrôle commercialisés entre 1998 et 2009 (Regnault-Roger, 2012)

ou des agents pathogènes pour contrôler des populations d'espèces nuisibles et les maintenir en dessous d'un seuil de nuisibilité » (Suty, 2010).

La lutte biologique en tant qu'alternative aux produits phytosanitaires a prouvé son efficacité et profite d'une image positive. En effet, le nombre d'agents biologiques commercialisés n'a cessé d'augmenter (Suty, 2010). La figure 11 montre notamment que le nombre de macro-organismes commercialisés a été multiplié par 3,5 entre 1998 et 2009 bien que les ventes restent marginales vis-à-vis des produits phytosanitaires conventionnels. Ils ne représentaient en effet que 2,5% du marché de la protection des plantes en 2005 (Regnault-Roger, 2012). En 2017, le biocontrôle est chiffré comme représentant 5% de ce marché [7].

L'une des principales catégories de prédateurs d'acarien est la famille des Phytoséides (Huffaker *et al.*, 1969), dont la plupart des espèces sont généralistes. Ces acariens prédateurs de petite taille (0,3 à 0,5 mm) sont très actifs (Trottin-Caudal, 2006).

Neoseiulus californicus, anciennement nommé *Amblyseius californicus*, est un acarien phytoséïde clair, prédateur des acariens phytophages, se nourrissant également d'autres proies ou de pollen. Il peut ainsi être introduit de façon précoce et résiste à des hygrométries faibles. Il se développe préférentiellement à des températures élevées (Béranger *et al.*, 2018). Il peut être utilisé de manière préventive ou curative. Pour être efficace, le ratio semble être d'un *N. californicus* pour cinq *T. urticae* (Greco *et al.*, 2005).

Toutefois, en présence de foyers d'acariens phytophages, il peut être intéressant de le combiner avec une introduction de *Phytoseiulus persimilis* (Biobest France, 2018). Ce dernier est un prédateur spécialisé de couleur rouge qui consomme un nombre important de proies en peu de temps (Huffaker *et al.*, 1969) et se disperse largement (Malais and Ravensberg, 2008), il permet donc un contrôle efficace des populations de *Tetranychus urticae* à partir du stade protonymphe. La nymphe ne se nourrit que d'œufs, larves ou protonymphes de Tétranyques tandis que les adultes se nourrissent de 20 larves ou 5 adultes par jour (Serail, 2015). La protection est meilleure si l'hygrométrie est élevée (Serail, 2015) et si les acariens peuvent circuler d'une plante à l'autre (Amoah *et al.*, 2016), ce qui est le cas pour la gamme plante grimpante. Toutefois, il est difficile de le conserver en l'absence de proies (Hamlen and Lindquist, 1981).

Pour contrôler les populations de pucerons notamment, et si la population indigène n'est pas suffisante, il peut être intéressant de réaliser des lâchers de chrysopes (*Chrysoperla carnea*) (Biobest France, 2015) ou encore de syrphes de la famille des *Syrphidae.*

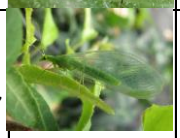
L'un des principaux atouts de cette méthode de lutte est que, dans des conditions favorables, l'agent de lutte peut s'établir sur la culture et contrôler durablement les ravageurs ciblés (Suty, 2010).

(2) Conservation d'auxiliaires

Une grande diversité d'auxiliaires naturels est présente dans l'environnement. Une sélection de ceux-ci est présentée dans le tableau VIII à la page suivante. L'aménagement des abords des cultures avec des haies mutli-spécifiques, des bandes enherbées ou fleuries ou encore la mise en place de plantes de services au sein de la culture est un moyen de les maintenir à une abondance suffisante.

Cette modification des agrosystèmes, du paysage et des pratiques culturales pour favoriser la présence d'auxiliaires naturels est appelée lutte biologique par conservation (Suty, 2010). Elle passe notamment par l'installation de plantes fleuries au sein de cultures non fleuries pour attirer certains auxiliaires. Les résultats d'études menées par l'ASTREDHOR montrent la potentille *Potentilla fruticosa* 'Goldfinger' comme étant la plus intéressante. En effet, sa longue période de floraison permet d'attirer pollinisateurs et auxiliaires sur une grande partie

Tableau VIII. Caractéristiques des principaux auxiliaires naturels (Petitjean, 2018) – Les photos non personnelles sont issues du site ephytia [8]

Auxiliaire (Ordre)	Espèce	Ravageur(s) ciblé(s)	Biologie	Conditions favorables / défavorables	Photo	Références
Cécidomyies (Diptères)	*Feltiella* sp. ; *Aphidoletes aphidimyza*	Acariens ; pucerons	1 stade larvaire puis stade nymphal ; 1 stade larviare puis cocon	*Feltiella acarisuga* actif même par temps froid		Trottin-Caudal, 2006 ; Suty, 2010
Chrysopes (Neuroptères)	*Chrysoperla* sp. ; *Chrysopa* sp.	Pucerons, acariens, (chenilles, cochenilles, psylles, aleurodes, thrips, …)	2 à 3 générations par an, œufs séparés ou groupés sur la face inférieure des feuilles, premier stade larvaire après 3 jours, le 3ème stade = 80% de la nourriture (8 mm - 50 pucerons par jour - gris marron) puis adulte (verts avec ailes nervurées)	Températures et hygrométrie variables, stade et sexe de la proie, niveau de faim du prédateur	 (Photo personnelle)	Biobest ; Hassanpour *et al.* , 2015 ; Koppert
Coccinelles (Coléoptères)	*Adalia bipunctata* ; *Coccinella septempunctata* ; *Harmonia axyridis* ; *Scymnus* spp.	Pucerons, cochenilles, acariens + pollen, nectar, miellat	4 stades larvaires de taille et couleurs variables selon les espèces et les stades	Dépend des espèces	(Photos personnelles)	Malais and Ravensberg, 2008 ; Suty, 2010
Punaises (Hémiptères)	*Orius* spp. ; *Anthocoris* spp.	Thrips, pucerons, acariens, pollen - Complémentaires avec les acariens prédateurs	5 stades larvaires - diapause hivernale	Températures élevées et nourriture présente ; pollen accélère le développement		Serail, 2015 ; Trottin-Caudal, 2006 ; Malais and Ravensberg, 2008
Syrphes (Diptères)	*Eupeodes* sp. ; *Episyrphus balteatus* ; *Syrphus* spp. ; *Platycheirus* spp. ; *Melanostoma* spp.	Pucerons	3 stades larvaires puis stade nymphal ; prédateur aux stades larvaires		(Photo personnelle)	Malais and Ravensberg, 2008 ; Trottin-Caudal, 2006
Parasitoïdes (Hyménoptères ou Diptères)	*Aphelinus sp. ; Aphidius sp. ; Lysiphlebus fabarum ; Praon volucre*	Pucerons - très spécifiques	Les adultes pondent à l'intérieur du puceron qui meurt rapidement mais gonfle (= momie) de manière à offrir un abri au parasitoïde. Dans le cas de *P. volucre* , le cocon se situe au-dessous du puceron.	Hôte et température dépendants	(Photo personnelle - momie causée par *P. volucre*)	Regnault-Roger, 2011 ; Silva *et al.* , 2015 ; Suty, 2010

de la durée de culture. C'est le cas par exemple des syrphes *Sphaerophoria* sp. adultes qui sont attirées par la couleur jaune des fleurs et se nourrissent du nectar et du pollen de la plante. Les adultes ne sont pas prédateurs mais peuvent ensuite pondre au sein de la culture d'intérêt (Ferre, 2012). Les bandes fleuries permettent ces mêmes effets.

Les haies peuvent quant à elles être le refuge de nombreux ravageurs mais également de nombreux auxiliaires généralistes. Leurs sources de nourriture étant variées, il est plus aisé de les conserver au sein de haies que les auxiliaires spécialistes (Karp *et al.*, 2018). En effet, si l'une de leur proie vient à manquer, ils peuvent survivre grâce à une autre. Si la haie est située à proximité de la culture d'intérêt, les auxiliaires peuvent se déplacer jusqu'à la parcelle notamment s'il existe un corridor écologique. L'effet recherché n'est toutefois pas toujours atteint : les ravageurs peuvent infester la culture et quelque fois, la haie peut n'avoir aucun impact dû à d'autres facteurs extérieurs. Pour bien conduire ces aménagements, il est donc nécessaire d'étudier l'ensemble des services et non-services rendus par ces aménagements (Karp *et al.*, 2018).

D'autres aménagements peuvent être mis en place pour attirer plus spécifiquement certains auxiliaires. C'est le cas pour les chrysopes par exemple, au moyen d'abris à chrysopes installés sur la station en juillet 2018. Elles sont naturellement présentes et attirées par les potentilles mais les abris peuvent leur permettre de passer l'hiver sur le lieu d'intérêt et ainsi commencer leur prédation de ravageurs plus tôt en saison.

Des plantes relais peuvent également être mises en place à proximité des cultures. Elles seront infestées par des espèces non dommageables pour la culture mais qui serviront de proies pour maintenir des populations d'auxiliaires généralistes. Cette méthode est notamment utilisée dans la lutte contre le puceron sous serre et permet le maintien de populations de parasitoïdes (Suty, 2010).

(3) Produits de biocontrôle

Des produits alternatifs de biocontrôle peuvent être utilisés. C'est par exemple le cas pour la gestion de foyers en application localisée ou encore en attendant la réception des auxiliaires dans le cas de lâchers.

Eradicoat ® est un produit placé sur la liste de biocontrôle à base de maltodextrine à 49% (Certis, 2016), commercialisé par Certis et homologué contre acariens, pucerons et aleurodes sur différentes cultures [9]. C'est un insecticide de contact qui est formulé à base de dérivés d'amidon, d'huile et d'eau (Root *et al.*, 2008). La dose homologuée est de 75 L/ha mais la dose recommandée par le fabriquant est de 25 L/ha (Certis, 2016). Il peut être intéressant de l'appliquer de manière localisée. Son efficacité contre adultes et nymphes de tétranyques a été montrée comme égale à un insecticide conventionnel. De plus, il n'a pas ou peu d'effet sur la faune auxiliaire alentour et un lâcher d'acariens prédateurs peut être réalisé immédiatement après application (Root *et al.*, 2008).

(4) Utilisation de phéromones

Les phéromones, qui sont des molécules sémio chimiques, sont émises par un individu d'une espèce afin de transmettre une information d'agrégation, de maturité sexuelle ou encore d'alarme à d'autres individus de la même espèce. Elles peuvent être utilisées au sein des cultures de manière à leurrer et piéger les individus attirés. Les producteurs peuvent ainsi déterminer la pression du ravageur considéré et anticiper une possible attaque, utiliser la confusion sexuelle ou encore réaliser un piégeage de masse (Regnault-Roger, 2012). Cette méthode étant très spécifique au ravageur, elle ne peut être mise en œuvre de manière systématique.

(5) Prophylaxie

Les mesures de prophylaxie sont systématiques et sont applicables à toutes les problématiques.

En ce qui concerne les ravageurs, il est important de réaliser un vide sanitaire pour éviter les conservations d'inoculums d'une saison culturale à l'autre. Le choix de la succession culturale est aussi primordial pour déterminer si les plantes sont sensibles aux mêmes ravageurs ou non. La gestion des adventices au sein de la culture et au niveau de ses abords est un levier important puisqu'il peut permettre d'éliminer des foyers de ravageurs (Jullien and Jullien, 2013).

De plus, les conditions météorologiques peuvent être annonciatrices d'attaques de ravageurs. En effet, si les conditions favorables à un ravageur sont prévues, la vigilance de l'observateur doit redoubler ce qui permet d'anticiper les moyens de lutte.

Enfin, lors de la circulation au sein du site, il est important de penser à l'ordre d'entrée dans les abris. En effet, les parcelles infestées doivent être atteintes en dernier pour éviter une contamination par l'homme d'autres cultures.

b) Contre les maladies

(1) Gestion agronomique

Contre les maladies telluriques, choisir une poterie adaptée, neuve si possible, et placer la culture sur une surface ombragée pour limiter les températures excessives favorables aux champignons sont des étapes clés de mise en place des cultures (Minuto *et al.*, 2001).

Le choix du substrat est également important. Il doit être bien aéré et drainant donc peu tourbeux (Jullien and Jullien, 2013). Une incorporation de compost ou de vermicompost, d'une souche de micro-organismes au rempotage ou bien l'incorporation de thé de compost sont également des méthodes possibles pour occuper l'espace disponible et nourrir la plante. Il faut néanmoins porter attention au fait qu'incorporer du compost augmente le pH du substrat ce qui peut engendrer une phytotoxicité notamment pour les plantes sensibles aux sels. Bien que les résultats dépendent des cultures, le vermicompost semble montrer de meilleurs résultats que le compost, notamment grâce à la meilleure structure physique permise par les vers de terre (Gong *et al.*, 2018).

De plus, une bonne gestion de l'irrigation est nécessaire contre les maladies, qu'elles soient telluriques ou foliaires. En effet, une plante trop arrosée est moins robuste donc plus sensible. L'eau utilisée doit être saine pour éviter les contaminations par l'eau et il peut être nécessaire de la désinfecter. De plus, une irrigation adaptée permet d'éviter les stagnations d'eau qui peuvent entrainer le développement de maladies (Parke and Grünwlad, 2012) ainsi qu'une condensation sur les feuilles qui favorisent les maladies foliaires (Jullien and Jullien, 2013). La gestion de la fertilisation ne doit pas être négligée puisque les excès d'azote favorisent les maladies telluriques. Pour assurer un suivi régulier, des mesures de conductivité et de pH peuvent être réalisées pour ajuster la fertilisation et l'irrigation au besoin.

(2) Prophylaxie

L'une des mesures de prophylaxie les plus importantes est l'observation des jeunes plants. Il est utile de former ses employés ou de faire appel à des conseillers pour déterminer quelle maladie est à considérer afin de prendre les mesures adaptées et non des mesures généralistes pouvant être surdimensionnées (Parke and Grünwlad, 2012).

Pour éviter les contaminations de maladies telluriques par le sol ainsi que les éclaboussures, il est conseillé d'utiliser une poterie surélevée et neuve, ce qui empêche les circulations et conservations d'inoculums. Toutefois, certains producteurs font le choix de construire des

Type	+ / -	Produit	Composition	Efficacité	Pose	Dégradation	Remarques
Paillis en vrac (2 - 3 cm)	Mécanisable	Chanvre	Paillettes, copeaux de chanvre ou chènevotte	Bonne, préférer un porduit à faible granulométrie et dépoussiéré	Facile et mécanisable sauf si vendu en balle	Ni tassement ni verdissement	Levée de chanvre possible / Attire les oiseaux / Peu sensible à la verse après 2-3 arrosages
		Miscanthus	Paille de miscanthus à différentes granulométries (10-20, 30-40 mm, ...)		Facile et mécanisable - +/- poussiéreux		Peu sensible à la verse après 2-3 arrosages
		Plaquettes de bois	Plaquettes de bois calibrées (Epicéa, Pin, Peuplier, Chêne, ...) 4 - 10 mm, 0 - 20 mm, 8 - 20 mm	Bonne, préférer un porduit à faible granulométrie	Facile et mécanisable		Attire les oiseaux / Faible granulométrie non sensible à la verse / Traitement thermique pour certains produits / Durée de vie de 2 à
		Ecorce de bois colorée	Copeaux de pin 2-10 mm - Ecorces de pin 10-25 mm et 20 - 40 mm			Peu de tassement, bonne tenue	Peu sensible à la verse / Verdit si stocké à l'humidité
Disques de paillage	Pose manuelle	Ecodisc	60% fibres de jute recyclées - 30% fibres de coton recyclées - 10% de fibres polypropylène	Acceptable malgré une dégradation rapide	Facile et rapide mais non mécanisable	Rapide	Peu sensible au vent après 2-3 arrosages
		Disque Coco	100% fibres de coco, liant = couche de latex sur un côté à poser face au sol	Bonne		1 saison	Peu sensible au vent / Peut devenir support aux adventices / Dégradation rapide du liant / Epaisseur conditionne la durée de vie
		AW-Disk LD et HD	Fibres de coco, fibres de sisal et jute			14-18 mois	Peu sensible à la verse / Peut devenir support aux adventices
		Thoredisc / Thermodisc	90% fibres végétales, 10% fibres synthétiques			1 saison	Disque bien découpé / Peu sensible au vent après 2-3 arrosages / Sèche en cours d'hivernage, très difficile pour arroser la plante
Paillis dés-hydratés	Mise en place facile, rapide et mécanisation possible / Tenue à la verse	Bouchons de paille de céréales	Granulés de paille broyée et compressée (blé, céréales)	Bonne si bonne régularité de mise en place	Manuelle facile et rapide / Bien répartir sur le substrat / Mécanisation difficile car faible dosage	1 saison	Non sensible à la verse / Ne pas surdoser pour éviter les pourritures du collet, les débordements / Attire les oiseaux

Tableau IX. Comparaison de quelques paillages (sélectionnés d'après des études préalables réalisées par l'ASTREDHOR) (Petitjean, 2018)

aménagements permettant la désinfection du matériel et des pots pour permettre de les réutiliser (Parke and Grünwald, 2012). Il est également conseillé de ramasser les feuilles mortes dans le but d'éviter la prolifération des champignons ainsi que de jeter les plants contaminés et leur pot (Mullen and Hagan, 1999).

c) Contre les adventices

(1) Le paillis

En pépinière, le paillis utilisé est généralement organique, adapté à une culture courte. Le choix de l'utilisation d'un paillis se raisonne selon la problématique adventice. Cependant, il offre d'autres avantages comme une protection du substrat vis-à-vis des intempéries et des agresseurs extérieurs ainsi qu'une protection thermique, un abri pour les auxiliaires mais également la favorisation de la vie microbienne ainsi qu'une diminution de l'arrosage en limitant l'évapotranspiration des plants et du substrat (Muttaleb, 2018) bien que ce point soit discutable selon les études (Amoroso *et al.*, 2010 ; Atland and Lanthier, 2007). Son efficacité étant similaire à une protection chimique (Amoroso *et al.*, 2010) et à la vue de la diminution des molécules autorisées, le paillis est donc une solution adaptée.

Une comparaison des différents types de paillis est nécessaire pour choisir le plus adapté à la culture comme présenté dans le tableau IX. Parmi les paillis les plus efficaces, sont retrouvés les paillis de chanvre et de miscanthus. Ce dernier nécessite un temps de mise en place plus long mais il demeure le plus économique (Arlotti, 2013).

Toutefois, certains types de paillage sont consommateurs d'azote pouvant entrainer un phénomène de « faim d'azote » et ralentir la croissance des plantes (Arlotti, 2013 ; Muttaleb, 2018). Il est donc nécessaire de raisonner la fertilisation et l'irrigation en fonction du paillis choisi ainsi que de l'espèce considérée (Atland and Lanthier, 2007).

(2) Prophylaxie

Pour éviter l'apparition d'adventices au sein des cultures, une observation des jeunes plants et des abords est primordiale. Une estimation du nombre et du stade des adventices est nécessaire pour éviter les contaminations. Un entretien du système est primordial, et concerne le désherbage des abords ainsi qu'un désherbage des aires de cultures avant et pendant la culture.

E. Problématique de travail et hypothèse(s) posée(s)

Cet essai se déroule donc à la suite de six années d'étude dans le contexte de la première version du programme DEPHY EXPE. Il entame ainsi la deuxième version. Des résultats encourageants ont été montrés, nécessitant d'être consolidés et optimisés avec la mise en place d'une analyse système.

Pour cela, des systèmes de culture innovants en rupture sont testés pour réduire au maximum l'emploi des produits phytosanitaires en cultures ornementales de pépinière hors-sol, en particulier de Lierre et de Lavandes, sans en impacter le rendement ou la qualité, dans le cadre du projet HORTI PEPI de la deuxième version du programme DEPHY EXPE. L'objectif est ainsi d'analyser la gestion des différents bioagresseurs rencontrés, les valeurs d'IFT, les données de qualité ainsi que la viabilité économique pour répondre aux objectifs de DEPHY EXPE.

Figure 12. Succession des cultures mises en place (Petitjean, 2018) – Les photos sont personnelles

Matériel et méthode

Mon stage consiste à mettre en place, suivre et évaluer des dispositifs systèmes dans le cadre des projets DEPHY EXPE V2 des programmes HORTIPOT et HORTIPEPI au CDHR. Ces projets ont débuté par un comité de pilotage organisé à Paris le 16 mai auquel j'ai participé. Il a permis d'homogénéiser les classes de notations ainsi que les règles de décision entre toutes les stations expérimentales.

Toutefois, compte tenu de la taille de ces programmes, seule une partie des essais sur HORTIPEPI2 est développée dans ce rapport.

A. Système de culture

Le programme HORTIPEPI 2 s'intéresse à la succession de plusieurs gammes au sein d'une même surface dédiée. Cette démarche vise à être plus proche des systèmes de production des pépiniéristes en considérant le système de culture dans sa globalité, prenant en compte les cultures précédentes et donc la conservation des inoculums potentiels, plutôt qu'une culture isolée avec une problématique ciblée.

Les gammes travaillées au CDHR sont les vivaces, les cultures méditerranéennes et les grimpantes. Ainsi, sur la première année, deux variétés de lierres ainsi qu'une variété de lavandes, puis sept variétés de vivaces à l'automne sont testées. Cette dernière gamme ne sera pas traitée dans ce rapport.

1. Succession des cultures

Les expérimentations de l'année 1 du projet commencent en semaine 10 et les cultures, appartenant aux différentes gammes, se succèdent jusqu'en semaine 52 pour continuer la succession en 2019. Cette succession est illustrée en figure 12. Les précédents culturaux et les vides sanitaires sont pris en compte.

La gamme grimpante est représentée par deux variétés de Lierre, *Hedera helix* 'Königer's Auslese' et *H. helix* 'Glacier' et la gamme méditerranéenne par la variété *Lavandula angustifolia* 'Grosso'. Les vivaces mises en place au CDHR sont trois variétés de Campanule, deux variétés de Géranium et deux variétés d'Heuchères.

2. Mise en culture

a) Culture de *Lavandula angustifolia*

En semaine 10, les pots de lavandes de 2017 sont rempotés en pots de 7,5 L et disposés sous abri.

En semaine 14, 10 pieds-mères sont placés sous serre verre afin de réaliser 400 boutures en semaine 16. Celles-ci sont réalisées en godets de 8 cm, placées dans une enceinte fermée avec une forte hygrométrie jusqu'en semaine 23. Elles sont réalisées dans un terreau Greenyard 524 et arrosées sous fog 1 minute toutes les 3 heures. Elles sont ensuite sorties sous serre verre pour être acclimatées et sont rempotées en semaine 28 en conteneur de 2 L dans un terreau Klasmann RHP25 dans lequel a été incorporé 5% de Terraktiv. Elles sont paillées immédiatement et mises en place sur l'aire extérieure dédiée. L'irrigation est au goutte-à-goutte à raison d'un goutteur par pot. Elle est contrôlée sur seuil ETP.

En semaine 18, les C7,5 L sont placées sur l'aire extérieure. L'irrigation est au goutte-à-goutte à raison d'un goutteur par pot et gérée sur seuil ETP. L'ajout de miscanthus dans les plants de la modalité paillée est réalisé en semaine 23. En semaine 27, ces lavandes sont taillées, bien que le stade de vente soit atteint, de manière à les stimuler pour obtenir des plants de taille suffisante. Cette opération est possible car la variété 'Grosso' refleurit.

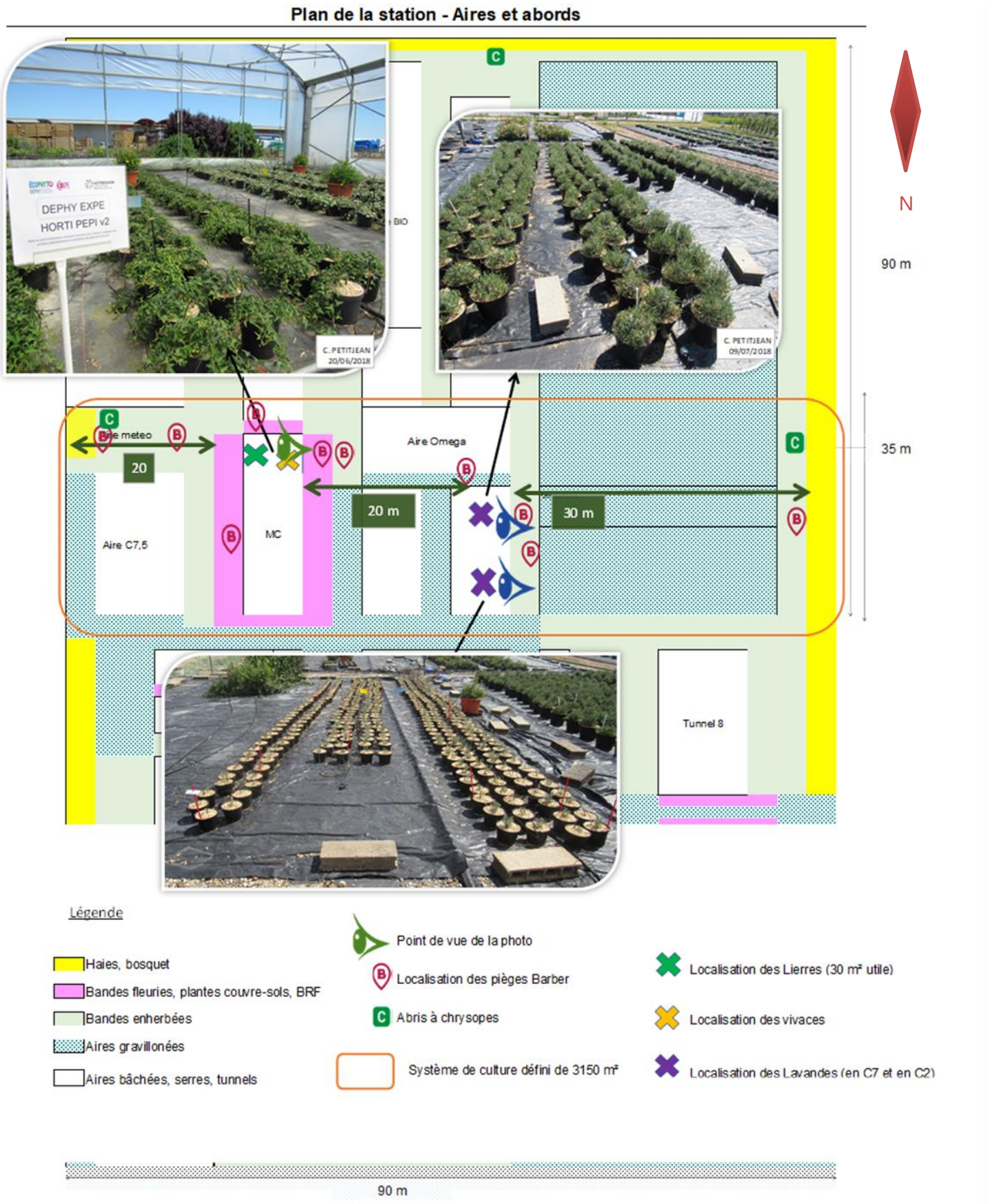


Figure 13. Plan de la station et localisation des essais par rapport à leur environnement

b) Culture de *Hedera helix*

Les jeunes plants utilisés proviennent d'une pépinière adhérente. 200 jeunes plants en godets de 9 cm de chaque variété sont repiqués en C3 L en semaine 18 avec incorporation d'un engrais à libération lente Basacote 8-9 mois à 4 kg/m^3 dans un terreau Klasmann RHP25. L'incorporation d'engrais à libération lente au rempotage permet de diminuer les coûts de fertilisation et limiter les pertes d'engrais

Les plants sont directement disposés sous abri en quinconce sur 8 lignes. L'irrigation est réalisée au goutte-à-goutte à raison d'un capillaire par pot et est gérée sur seuil ETP.

En semaine 23, les plants sont paillés avec du miscanthus sur environ 2 cm.

Un surfaçage avec l'engrais LD Plus est réalisé en semaine 30 pour stimuler les plants à la dose de 3 g/L.

Les plants de la variété 'Glacier' sont tuteurés en semaine 30. La variété 'Königer's Auslese' ayant un port plus couvrant ne nécessite pas d'opérations de tuteurage.

3. Localisation dans la station et environnement

100 m² sous abri non chauffé sont dédiés au projet DEPHY EXPE HORTIPEPI. La culture de lierre occupe 60 m² pendant la durée d'expérimentation avec 30 m² utiles. Des couvre-sols ainsi que des bandes enherbées entourent la multi-chapelle. Un bosquet situé à 20 m de la culture peut également accueillir des auxiliaires et leur fournir un abri. Un corridor végétal peut leur permettre de se déplacer jusqu'à la parcelle considérée.

100 m² sont également dédiés à l'extérieur sur une aire bâchée. La culture de lavandes en pots de 7,5 L occupe 50 m² avec 35 m² utiles et les lavandes en pots de 2 L occupent 30 m² avec 25 m² utiles. Les abords immédiats de l'aire extérieure considérée sont des bandes enherbées ainsi que des cultures d'autres essais. Ces dernières sont des plantes de pépinière ornementale diversifiées menées en PBI, dont une parcelle en agriculture biologique. L'entreprise est quant à elle bordée de haies pluri-spécifiques composées entre autres de *Sambucus*, *Mahonia* et *Thuja*, de champs de céréales ainsi que de bâtiments.

Des pièges Barber sont mis en place ponctuellement pour effectuer des relevés et sont figurés sur le plan en figure 13. Les abris à chrysope sont quant à eux installés à proximité des haies et bosquets.

Les mêmes parcelles sont dédiées à ces expérimentations pendant l'ensemble du projet pour recréer les conditions réelles d'une entreprise horticole. Au total, le système mesure 3150 m² et est matérialisé par un rectangle orange sur le plan.

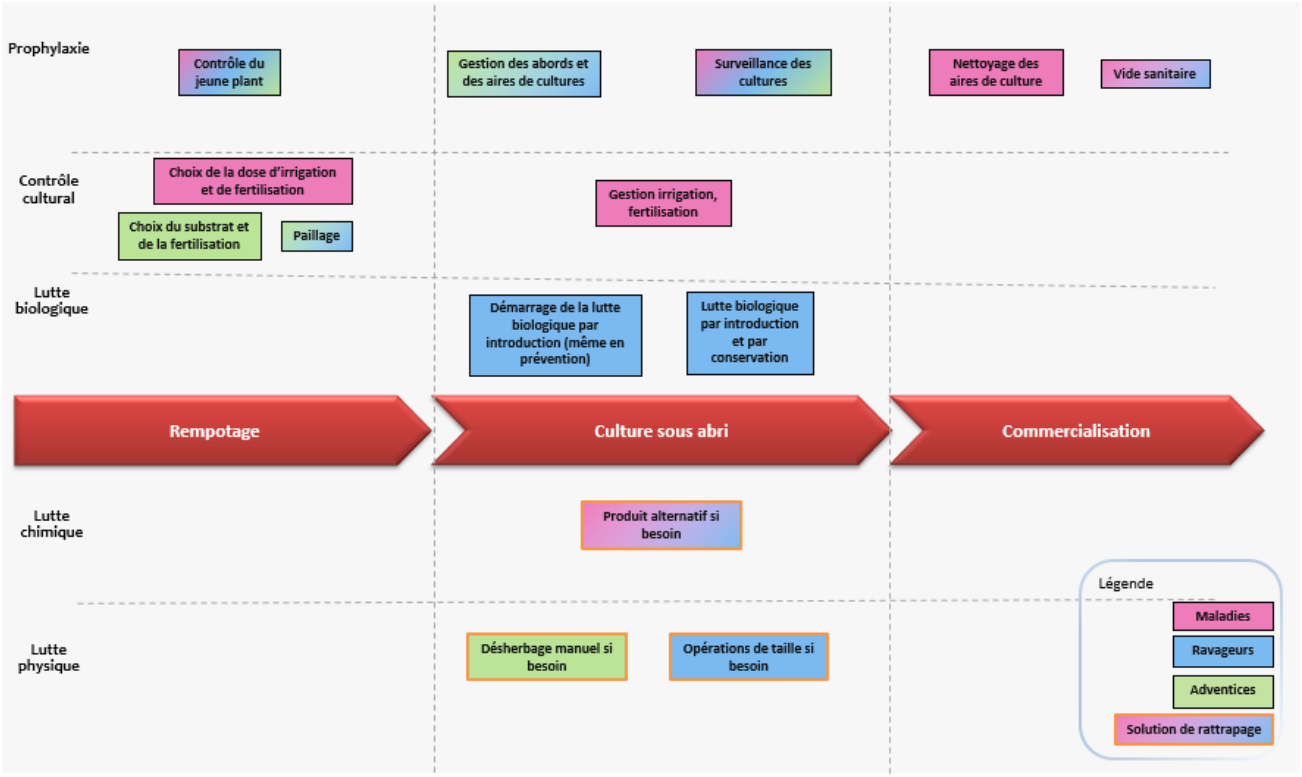


Figure 14. Schéma décisionnel de la culture de lierre présentant les différents leviers mis en œuvre (Petitjean, 2018)

B. Leviers d'action mis en place

Différents leviers d'action sont mis en place tout au long des cultures et visent une ou plusieurs problématique(s). Ceux utilisés dans la culture d'*Hedera helix* sont présentés en figure 14.

1. Prophylaxie

Lorsque les jeunes plants sont reçus, ils sont contrôlés en ce qui concerne les ravageurs. Au besoin, des lâchers d'auxiliaires peuvent être réalisés si l'état sanitaire est mauvais. De plus, des bandes engluées jaunes et bleues sont mises en place au sein des cultures pour prévenir le risque d'une forte attaque de ravageurs. La détection précoce de ravageurs sur les bandes engluées peut en effet permettre de commander des auxiliaires à temps pour limiter les dégâts.

De plus, les outils et les aires utilisés sont nettoyés avant et après chaque utilisation pour éviter les contaminations. Les aires sont enfin désherbées régulièrement pour éviter les contaminations.

2. Paillage

Les lierres et les lavandes en C7,5 sont paillés avec du Miscanthus en semaine 23. Les lavandes rempotées en C2 sont quant à elle paillées au moment du rempotage en semaine 28. Le Miscanthus est déposé sur environ 2 cm sur chaque pot. Ce choix de paillis est fait en raison de la rentabilité économique par rapport à d'autres. En effet, le Miscanthus est produit en région Centre Val de Loire et il est possible de le cultiver sur les sites des pépinières directement car il nécessite peu d'entretien et de place.

Toutefois, le Miscanthus est consommateur d'azote. Le surfaçage des plants en poquet au pied du goutteur réalisé en semaine 30 vise à éviter la faim d'azote ainsi qu'à stimuler les plants.

3. PBI

a) Lutte biologique par introduction

Des lâchers d'auxiliaires contre les acariens sont réalisés sous abris. Les auxiliaires sont commandés à l'entreprise Biobest et sont lâchés la semaine suivante dès réception en saupoudrant sur la culture.

Amblyseius californicus est lâché en préventif dès la première observation de tétranyques en semaine 22 à une dose d'environ 50 individus par mètre carré et ce, toutes les deux semaines, comme indiqué en annexe II. Lors de foyers observés, des lâchers curatifs de *Phytoseiulus persimilis* sont effectués à une dose curative de 6 individus par mètre carré.

Contre les autres ravageurs, il a été choisi de ne pas effectuer de lâchers d'auxiliaires au regard de la population existante et présente sur la station.

b) Lutte biologique par conservation

Les abords considérés dans le projet concernent une surface importante autour de la parcelle. Au CDHR, plusieurs types d'abords sont retrouvés.

> Des bandes enherbées entourent les tunnels et abris, ce qui peut servir de refuge aux auxiliaires.

> Des couvre-sols fleuris de l'espèce *Lippia nodiflora* et *Hieracium pilosella* bordent la multi-chapelle. La première fleurit de juin à octobre tandis que la deuxième fleurit de mai à août. Leurs caractéristiques sont présentées en annexe III. La longue période de floraison du

Lippia est donc intéressante mais sa forte croissance peut entrainer des problèmes au niveau de la fermeture des ouvrants par exemple.

> Un bosquet se situe à 20 m de la parcelle d'*Hedera helix*. Il est composé de *Prunus cerasifera* var. pissardii, *Rubus fructicosus*, *Ribes* spp., *Cornus mas*, *Mahonia* et *Sambucus nigra*. Ce bosquet est riche en biodiversité et abrite de nombreuses espèces d'insectes.

> Des haies multispécifiques entourent l'aire extérieure et abritent notamment des larves de coccinelles.

> L'aire météorologique comprend notamment l'espèce d'orchidée sauvage *Ophrys apifera*, attirant les abeilles solitaires.

Les abords des parcelles considérées étant enherbées, fleuries et à proximité de haies, une importante faune auxiliaire est présente et conservée d'une année sur l'autre. Des relevés sont effectués régulièrement et présentés en annexe IV. De nombreuses coccinelles et momies de pucerons ont été notamment observées dans le bosquet au printemps.

De plus, quatre potentilles *Potentilla fruticosa* 'Goldfinger' sont placées au sein de la parcelle d'*Hedera helix* en pots de 20 L. Chaque potentille couvre ainsi une surface de 15 m², densité préconisée par le résultat des travaux précédents effectués par les stations ASTREDHOR. Ces plantes de service ont une période de floraison continue du printemps à l'automne. Les conditions de culture sont présentées en annexe III. Leur couleur jaune et le pollen permet d'attirer les auxiliaires naturels et de les conserver, notamment les syrphes. Ce levier permet ainsi de réduire le nombre de lâchers d'auxiliaires et donc de réduire les coûts de protection. Une potentille est également placée au sein de la parcelle dédiée aux lavandes à la suite de la taille de celle en C7,5 L et au moment du rempotage des C2 L.

De plus, en juillet 2018, des abris à chrysopes sont mis en place près des haies et du bosquet pour les conserver sur la station en hiver et envisager une lutte précoce contre pucerons au printemps prochain.

4. Gestion agronomique

L'irrigation est gérée par ordinateur selon les valeurs de déficit d'ETP. L'eau provient du forage de la nappe phréatique. Elle n'est pas traitée mais passe dans un filtre à sable pour éliminer les particules.

Le paillis de Miscanthus pouvant entraîner des faims d'azote, des mesures de conductivité, de pH et de nitrates sont effectuées tous les 15 jours afin de piloter au mieux l'irrigation et la fertilisation. Les résultats sont présentés en annexe V. Un engrais à libération lente est incorporé au moment du rempotage. Dans le cas de la culture de Lavandes, sensible aux maladies telluriques, un compost normé est également incorporé à 5%. La même source de matières premières est ainsi utilisée d'années en années à la différence d'un compost produit à partir des déchets de l'exploitation ou d'une déchetterie locale dont la composition n'est pas contrôlée. Ce choix a été préféré à la souche de micro-organisme car il a un double effet d'occupation de l'espace dû au pool de micro-organismes et de nutrition de la plante. Le thé de compost a également été éconduit puisqu'il nécessite une application hebdomadaire et donc une main d'œuvre plus importante.

Tableau X. Variables collectées et rôles dans le système de culture

Domaine	Rôle	Variables collectées	Fréquence
Bioagresseurs	Conditionne les leviers d'action utilisés et leur intensité	Nombre	Hebdomadaire
Climat	Conditionne les pratiques culturales	Température, Vent, Pluviométrie, Hygrométrie	En continu
Auxiliaires (culture et abords)	Conditionne les leviers d'action utilisés et leur intensité	Nombre	Hebdomadaire
Pratiques culturales	Favoriser les pratiques positives	Consignes de production	En continu
Qualité des plantes	Conditionne la commercialisation et les pratiques de l'année suivante	Hauteur, Diamètre, Classe de qualité	En fin de culture
Rendement	Influence les pratiques et l'utilisation des leviers d'action	Nombre de plantes commercialisables	En fin de culture

Tableau XI. Règle de décision concernant une opportunité de désherbage (d'après Henry *et al.*, 2012)

<table>
<tr><td></td><td></td><td colspan="5">Système</td></tr>
<tr><td>Espace concerné</td><td></td><td>Lierres</td><td>Lavandes</td><td>Vivaces</td><td>Abords végétalisés (couvre-sol, bandes enherbés, bosquet, bandes fleuries, …)</td><td>Abords non végétalisés (aires gravillonées, …)</td></tr>
<tr><td>Bioagresseurs concernés</td><td>Adventices</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr>
<tr><td>Objet de la décision</td><td></td><td colspan="5">Opportunité d'un desherbage (manuel, mécanique ou chimique)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Domaine de validité</td><td>Contexte pédo climatique</td><td colspan="5">Loiret (45) - pépinières hors-sol</td></tr>
<tr><td>Caractéristique du SdC</td><td colspan="5">Culture ornementale Zéro Phyto</td></tr>
<tr><td>Bornes temporelles</td><td colspan="3">Sur l'ensemble de la succession de cultures</td><td colspan="2">Toute l'année</td></tr>
<tr><td>Techniques et règles de décision avec lesquelles elle doit être combinée pour fonctionner</td><td colspan="3">Contrôle de la qualité du jeune plant - Choix du substrat, de la fertilisation - Paillage - Prophylaxie - Entretien des abords</td><td colspan="2">Gestion et entretien</td></tr>
<tr><td>Objectifs</td><td></td><td colspan="5">Prévoir un désherbage manuel ou mécanique ou chimique si nécessaire</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Résultats attendus et critères d'évaluation</td><td>Résultats attendus</td><td colspan="3">Eviter les contaminations</td><td colspan="2">Entretien</td></tr>
<tr><td>Critères d'évaluation</td><td colspan="5">Quantification et observation du stade de développement de l'adventice</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Solution</td><td rowspan="2">Enoncé</td><td colspan="3" rowspan="2">Si la proportion de plantes atteintes est supérieure à 15% et si les adventices sont au stade végétatif, désherbage manuel</td><td>Si la proportion dans le couvre-sol/bande fleurie/bosquet est supérieur à 15% et stade végétatif, désherbage manuel</td><td rowspan="2">Si le stade des adventices atteint la fructification, application d'un produit chimique</td></tr>
<tr><td>Si le stade des avendices dans les zones enherbées est inférieur ou égal au stade floraison, tonte</td></tr>
<tr><td>Critères de décision</td><td colspan="5">Quantification et observation du stade de développement de l'adventice</td></tr>
<tr><td>Fréquence d'itération</td><td colspan="5">Observations hebdomadaires - Application de la solution dès le seuil atteint</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Effets attendus</td><td colspan="5">Nettoyage en terme d'adventices</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="2">Limitation du risque de contamination</td></tr>
</table>

C. Suivi expérimental et actions

Le suivi expérimental est réalisé grâce à la collecte de différentes variables. Selon les règles de décision établies, ces données atteignent ou non un seuil qui détermine le ou les levier(s) d'action à actionner. Tout au long du projet, ces règles de décision sont évaluées afin de les optimiser.

1. Les variables collectées

Au sein de DEPHY EXPE, les successions de culture ainsi que l'environnement sont pris en compte et les variables mesurées sont collectées dans le tableau X. Chaque parcelle est piquetée aléatoirement en début de saison et sera notée de manière hebdomadaire tout au long de la saison. Pour chaque culture, 6% des plants sont notés. Le plan de piquetage pour la parcelle de Lierre et sa situation par rapport aux abords est fourni sur la figure 16 ci-après.

Des graphiques sont ensuite construits pour visualiser la pression de ravageurs et de maladies et ainsi prendre une décision quant à un lâcher d'auxiliaire ou non. Les ravageurs et les auxiliaires sont notés par classe pour faciliter les notations. Ces classes sont définies en concertation et de manière identique pour chaque station expérimentale et sont présentées en annexe VI.

Des bandes engluées jaunes et bleues sont mises en place au sein des cultures. A chaque notation, un relevé du piégeage est effectué. Elles permettent une détection précoce de foyers de ravageurs.

Les conditions climatiques (Température, Vent, Pluviométrie, Hygrométrie) sont relevées pour ensuite les mettre en regard des résultats.

Lors de la notation finale, la qualité de la plante est notée pour déterminer si la commercialisation est possible. Les classes sont définies selon l'échelle à quatre niveaux suivante :
Classe 0 : plantes mortes, déchets, plantes fortement atteintes par une maladie ou un ravageur
Classe 1 : plantes bien ramifiées, équilibrées, bon état sanitaire
Classe 2 : plantes avec défauts, un ou plusieurs
Classe 3 : plantes invendables, défauts majeurs, à recultiver
Une notation de qualité de mi-saison a été mise en place sur la culture de Lierre en semaine 30 et les plants ont été déclassés selon leur port et leur apparence.

Selon la proportion de plantes dans chaque classe, les opérations culturales seront ou non reconduites l'année suivante.

2. Les règles de décision

Les règles de décision sont les lignes de conduite définies pour décider des interventions culturales. La décision ne sera pas la même selon si la variable mesurée est inférieure ou supérieure à la valeur seuil définie préalablement. Un exemple de règle de décision concernant une opportunité de désherbage est présenté dans le tableau XI.

Elles sont évaluées chaque année pour décider de la conservation ou de la modification de celle-ci pour l'année suivante, notamment au niveau de la valeur seuil.

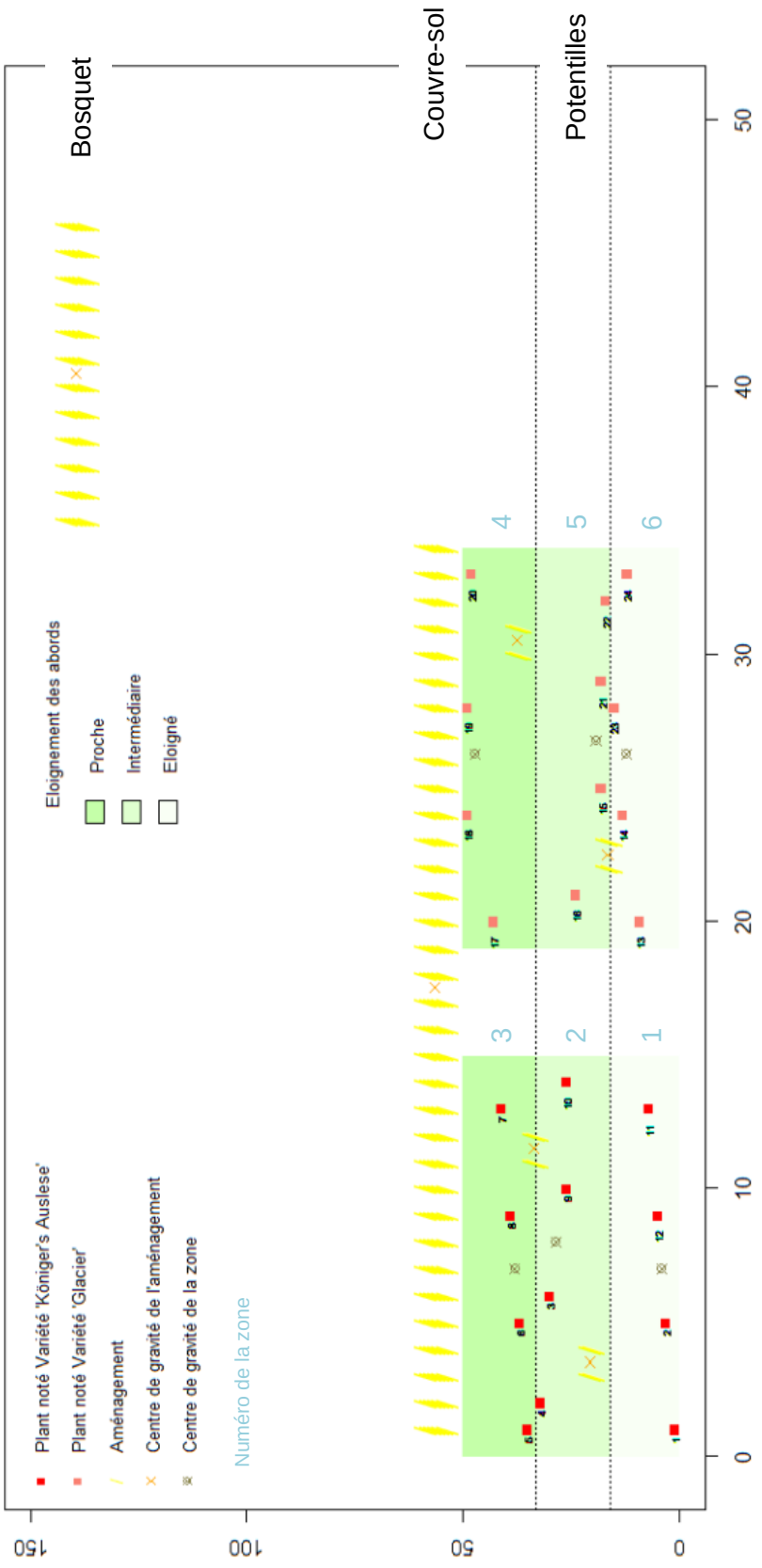


Figure 15. Localisation de la parcelle par rapport aux abords et définitions des zones

D. Traitement des données

1. Données brutes

Les données sont collectées au cours des notations hebdomadaires et consignées dans des fichiers de notation.

2. Données transformées

A la fin de la saison, un calcul de l'IFT est réalisé à l'aide de la formule vue en introduction, de manière à vérifier que le système de culture mis en place correspond aux attentes du programme.

Ensuite, les coûts de production, de protection ainsi qu'un bilan économique global sont calculés. Dans un premier temps, les coûts de la protection sanitaire sont calculés en prenant en compte les différents lâchers d'auxiliaire ainsi que les traitements de biocontrôle appliqués. L'approche économique est raisonnée sur une surface de 1000 m² de manière à ne pas surestimer les coûts. En effet, en expérimentation les coûts liés à la protection biologique sont plus élevés dus à l'utilisation de contenances plus faibles. Ensuite, une approche économique globale est calculée en prenant en compte les coûts de production c'est-à-dire considérant les coûts des intrants et les temps d'intervention. La quantité théorique de plants vendus est calculée à partir d'une extrapolation de la notation qualité de mi-saison en considérant les plants des classes 1 et 2 commercialisables. Les prix de ventes sont choisis d'après le catalogue « Plandanjou ».

De plus, les classes de ravageurs et d'auxiliaires sont transformées en choisissant systématiquement la valeur maximale de chaque classe pour permettre les analyses statistiques.

3. Analyses statistiques

Les analyses statistiques sont réalisées avec le logiciel R. Chaque plant de lierre piqueté est identifié de 1 à 24, indifféremment de la variété. Des zones sont ensuite identifiées, chaque zone regroupant quatre plants et caractérisée par une classe d'éloignement aux abords. Ces zones sont illustrées sur la figure 15.

Des distances sont ensuite calculées à l'aide de la formule $d_{A-B} = \frac{x_B - x_A}{y - y_A}$. Les premières mesurent l'éloignement de chaque plante aux abords (couvre-sol et bosquet). Ensuite, de la même manière, l'éloignement de chaque zone aux abords (couvre-sol et bosquet) est calculé. Ces données sont regroupées dans un tableau disponible en annexe VII.

Enfin, des moyennes d'abondance sont calculées en deux temps. Ce sont des moyennes d'abondance de pucerons et des moyennes d'abondance d'auxiliaires des pucerons au sens large, c'est-à-dire considérant momies, *Orius* sp., coccinelles, chrysopes, *Scymnus* sp., syrphes. Pour chaque zone définie, les moyennes sont d'abord calculées par semaine, puis dans un deuxième temps, sur la saison (Semaines 20 à 32). Il a été choisi de terminer l'analyse en semaine 32 car les populations sont trop faibles ensuite. Une visualisation de ces moyennes sur la saison est alors réalisée en fonction de la distance aux abords ainsi qu'un graphe de dynamique des populations proie-prédateur.

Deux Analyses en Composantes Principales (ACP) sont ensuite établies. La première est réalisée sur chaque zone en prenant les moyennes d'abondance sur la saison et la deuxième prend en compte les abondances semaine par semaine. L'objectif est de déterminer si les abords ont une influence positive sur les populations d'insectes sur la culture.

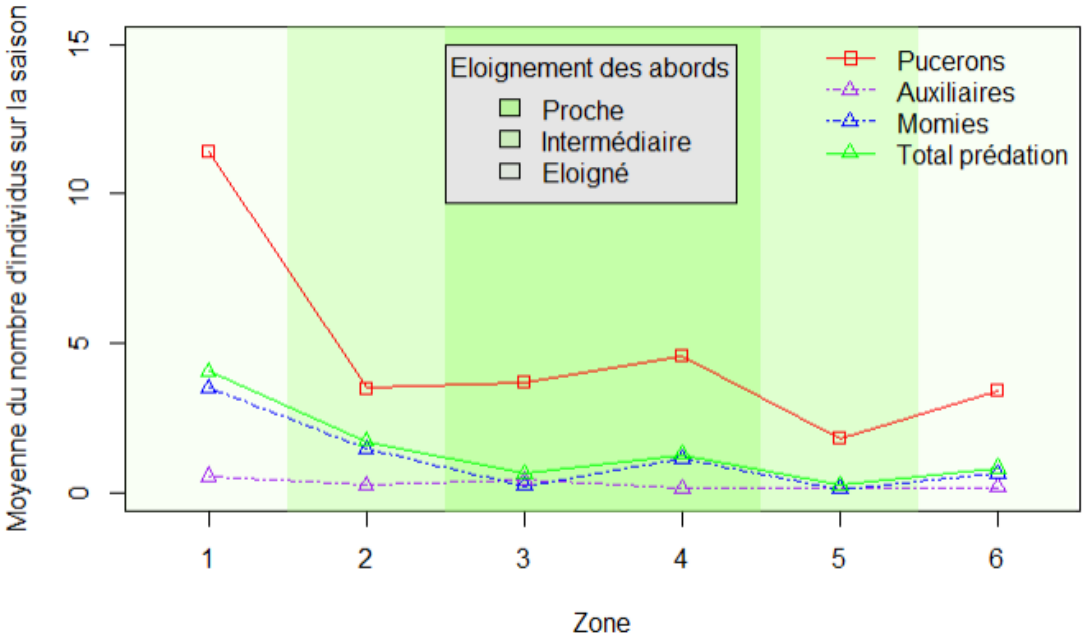


Figure 16. Moyennes des observations sur la saison (Semaines 20 à 34) par zone

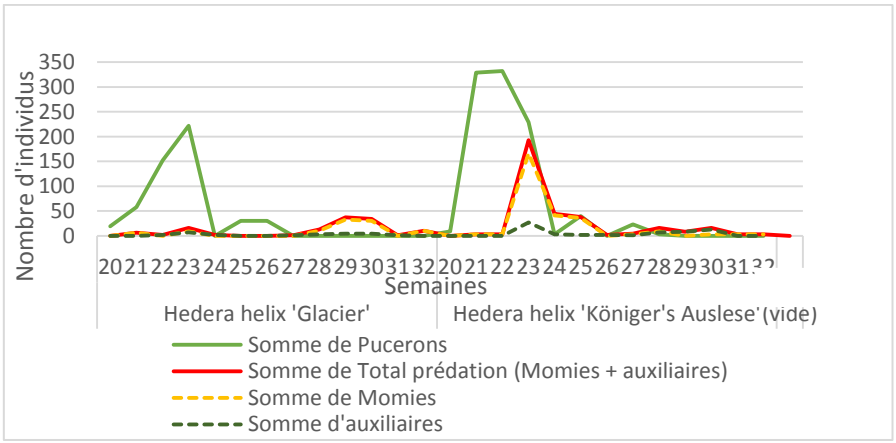


Figure 17. Visualisation des dynamiques des populations de pucerons et d'auxiliaires en fonction des semaines et par variété

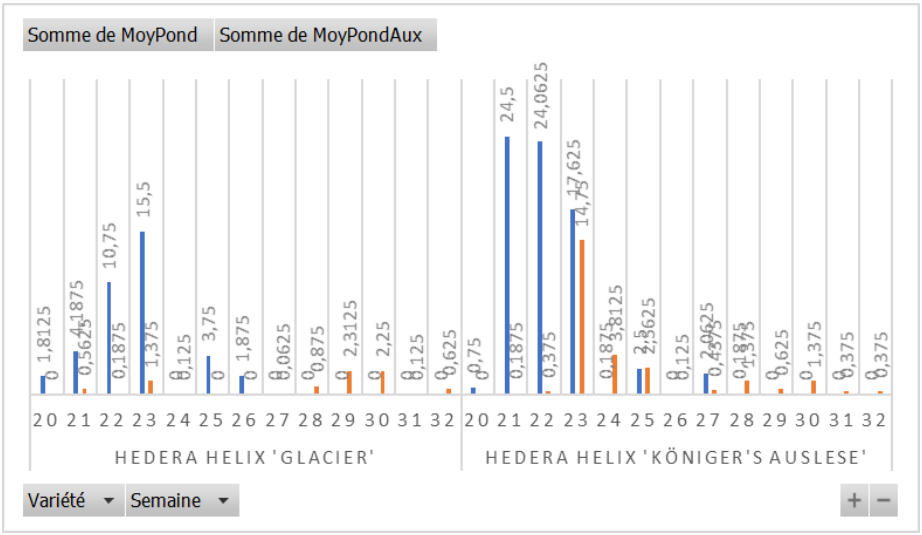


Figure 18. Moyennes pondérées de pucerons et d'auxiliaires par variété

Résultats

A. Gestion des ravageurs

1. Régulation des pucerons par les auxiliaires naturels en culture de Lierre

Un raisonnement général par zone est d'abord envisagé. Pour cela, les moyennes d'abondance sur la saison sont considérées. Ces résultats sont présentés en figure 16. La courbe présentant « Total prédation » correspond à la somme des auxiliaires au sens large et correspond par la suite au terme « auxiliaires ». Globalement, la courbe d'abondance des prédateurs suit les mêmes évolutions que la courbe d'abondance des ravageurs. En effet, à distance égale des abords, la zone 2 sur laquelle plus de pucerons ont été recensés que dans la zone 5, présente une population d'auxiliaires également plus importante. La zone comptant le plus de ravageurs ainsi que d'auxiliaires est la zone 1, éloignée des abords et composée de lierres de la variété 'Königer's Auslese'. Cette zone a connu une forte attaque puisqu'en moyenne sur la saison, quatre fois plus de pucerons ont été observés que sur les autres zones.

La dynamique des populations proies/prédateurs est présentée en figure 17. Pour les deux variétés, la population de pucerons augmente fortement en semaine 21. Cette première attaque se termine en semaine 23 et est suivie d'une deuxième en semaine 25. De plus, la figure 18, les moyennes d'abondance de pucerons et d'auxiliaires sont calculées par variété en pondérant avec un poids arbitraire de 1 si le plant est situé dans une zone proche d'une potentille ou de 2 s'il est équidistant de deux d'entre elles. La population de pucerons est plus importante sur la variété 'Königer's Auslese'. La même tendance est observée pour les populations d'auxiliaires. Cette variété semble donc plus appétente que la variété 'Glacier' même si d'autres essais sont nécessaires pour le confirmer.

Dans le cas de la variété 'Königer's Auslese', la population d'auxiliaires augmente dès la semaine suivante, date à laquelle la population de pucerons commence à décroître. Dans le cas de la variété 'Glacier', la population d'auxiliaire augmente dans une moindre mesure bien qu'une chute d'abondance de pucerons soit observée entre les semaines 23 et 24. Toutefois, une nouvelle attaque de pucerons a lieu en semaine 25 et une augmentation des populations d'auxiliaires est observée à partir de la semaine 28 pour se maintenir à 25 individus environ.

La première ACP, réalisée avec les moyennes de chaque zone sur la saison, donne les résultats présentés en annexe VIII.

Les six zones sont conservées pour l'analyse puisqu'aucune n'est considérée comme aberrante. Deux axes sont choisis pour l'analyse ce qui permet d'obtenir 96,44% de l'information initiale. La première dimension explique les quatre variables soit la variable d'abondance de pucerons, la variable d'abondance d'auxiliaires, ainsi que les variables de distance au couvre-sol et au bosquet.

Le cercle des corrélations montre que les vecteurs sont bien représentés car la longueur des flèches correspond au cercle unitaire. De plus, l'abondance de pucerons et celle d'auxiliaires est fortement corrélé car l'angle entre les deux vecteurs est proche de zéro. L'abondance d'auxiliaires est plus corrélée à la distance au bosquet qu'à la distance au couvre-sol. La direction des vecteurs « distance au couvre-sol » et « distance au bosquet » étant globalement similaire, le raisonnement se fait par la suite avec le terme « abords ». Il en va de même pour les abondances.

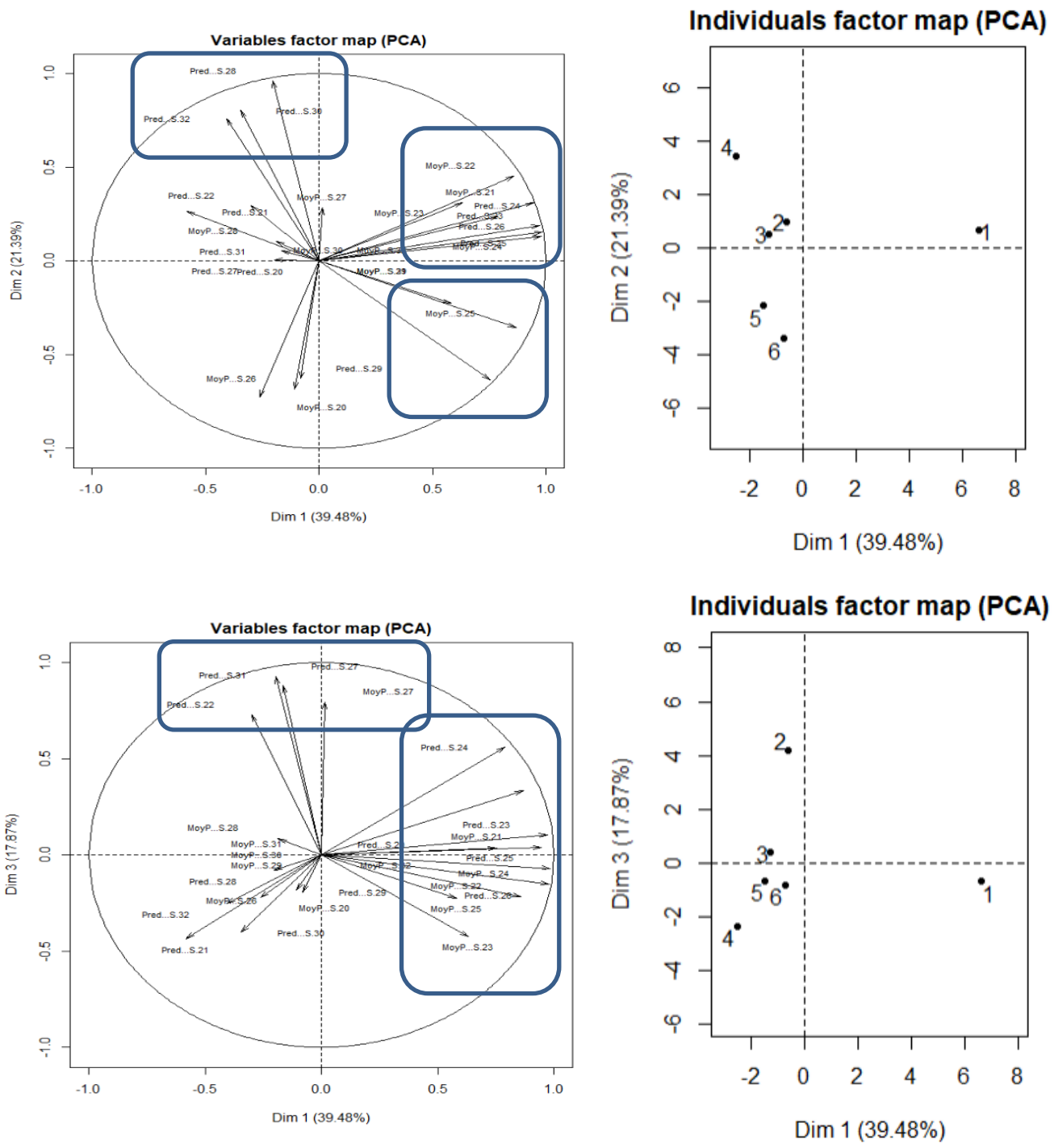


Figure 19. Résultats de l'ACP réalisée à partir des données des zones par semaine

Les zones 1, 3 et 6 sont très bien représentées puisque le coefficient représentant la qualité de représentation est supérieur à 75%. Les zones 4 et 5, dont les coefficients sont de 54 % sont moyennement représentées.

Le graphique présentant la carte des individus, combiné à la carte des variables montre que la zone 1, bien qu'étant la plus éloignée des abords possède les abondances les plus élevées. La zone 6, bien qu'également éloignée des abords, possède quant à elle une plus faible abondance. Enfin la zone 3, proche des abords possède une abondance similaire à la zone 6. La zone 5 possède l'abondance la plus faible mais le vecteur étant moyennement représenté, des informations sont manquantes. Il en va de même pour la zone 4, la plus proche des abords et présentant une abondance légèrement plus élevée que les zone 3 et 6. Ainsi les données d'abondance d'auxiliaires sont fortement corrélées aux données d'abondance de pucerons mais aucune tendance ne semble se dégager selon les zones considérées.

L'analyse se poursuit avec une deuxième ACP réalisée avec les données des zones par semaine. Les résultats complets sont disponibles en annexe IX. Aucun individu n'étant considéré comme aberrant, les six zones sont conservées pour l'analyse. Trois composantes sont choisies expliquant 78,74% de l'information initiale. La dimension 1 explique les données d'abondance de pucerons pour les semaines 21, 22, 24, d'abondance d'auxiliaires pour les semaines 23, 24, 25, 26, ainsi que les données de distance. L'axe 2 explique les données d'abondance de pucerons des semaines 20 et 26 et d'auxiliaires des semaines 28, 30 et 32. L'axe 3 quant à lui explique les données d'abondance de pucerons de la semaine 27 et d'auxiliaires des semaines 22, 27 et 31. Dans l'ensemble de ces cas, le coefficient de qualité de représentation est supérieur à 70%. Les données d'abondance de pucerons des semaines 29, 30, 31, 32 et d'auxiliaires de la semaine 20 ne sont pas prises en compte dans l'analyse, les données étant égales à 0.

La zone 1 est très bien représentée par la dimension 1 ainsi que la zone 2 par la dimension 3. Les autres valeurs sont insuffisantes. La figure 19 présente les résultats graphiques de cette ACP. Les dimensions 1 et 2 montrent certaines variables mal représentées comme les données d'abondance d'auxiliaires des semaines 21, 22, 27 et 31 ainsi que les données d'abondance de pucerons des semaines 25, 27 et 28.

Parmi les vecteurs bien représentés, de fortes corrélations existent et au total, cinq groupes peuvent être définis. Le groupe 1 rassemble les données d'abondance d'auxiliaires des semaines 28, 30 et 32. Ils sont situés dans la même zone que les données d'abondances de pucerons des semaines 27 et 28 notamment mais ces vecteurs sont mal représentés, la longueur du vecteur étant inférieure à 0,5.

Le deuxième groupe concerne également les dimensions 1 et 2 et regroupe les données d'abondance de pucerons des semaines 21 à 24 et celles des auxiliaires des semaines 23 à 26. Ce groupe concerne la première attaque enregistrée d'après la figure 17. Un troisième groupe peut être défini sur ces dimensions entre les données d'abondance de pucerons des semaines 25 et 26 et la distance au couvre-sol. Ce groupe correspond ainsi à la deuxième attaque. La localisation de la zone 1 sur la carte des individus montre que celle-ci est fortement reliée aux groupes de corrélation notés 2 et 3. Or, cette zone a été la plus attaquée d'après la figure 16.

Concernant les dimensions 1 et 3, deux groupes se distinguent, le troisième étant composé de vecteurs très mal représentés. Le groupe 4 rassemble les données d'abondance de pucerons de la semaine 27 ainsi que les données d'abondance des semaines 22, 27 et 31. Ce groupe correspond ainsi à la fin de la deuxième attaque et c'est la zone 2 qui contribue le plus à ce groupe d'après la carte des individus.

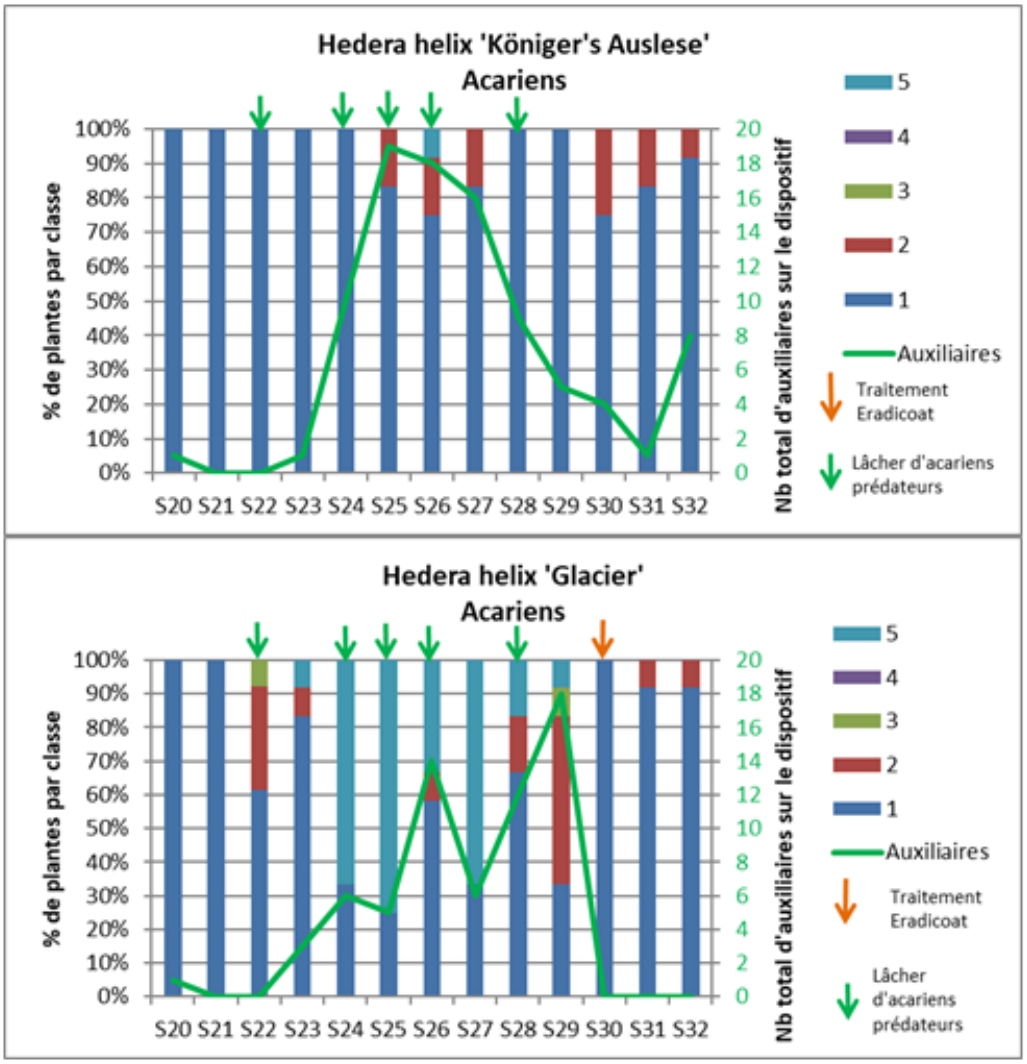


Figure 20. Proportion de chaque classe d'acariens par variété de Lierre

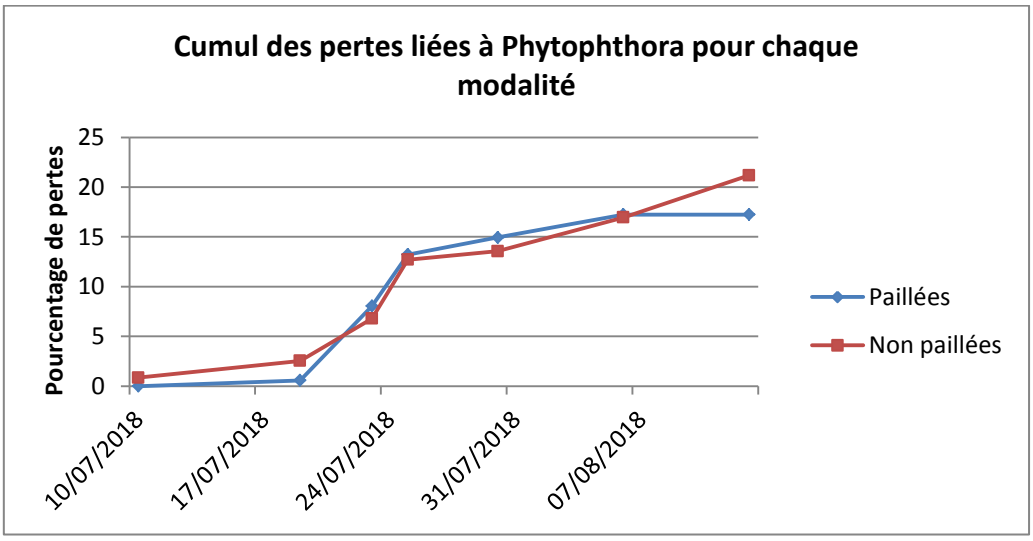


Figure 21. Nombre de plants de Lavandes en C7,5 L éliminés à cause de *Phythophthora*

Enfin, le dernier groupe associe les données d'abondance des pucerons des semaines 21 à 25 aux données d'abondance des auxiliaires des semaines 23 à 26 mais également à la distance au bosquet. Ce groupe rend compte de la première attaque ainsi qu'au début de la deuxième. C'est encore une fois la zone 1 qui contribue à ce groupe.

Ces résultats confirment que les données d'abondance d'auxiliaires sont fortement corrélées aux données d'abondance de pucerons, notamment les semaines qui suivent les attaques de pucerons (semaines 21 à 23 et 25 à 27). Dans le cas de la première attaque et du début de la deuxième, les données sont également corrélées à la distance au bosquet. Les relevés de biodiversité réalisés sur le bosquet ainsi que sur la bande couvre-sol sont présentés en annexe IV. Ils montrent une importante biodiversité d'auxiliaires dans le bosquet, celle-ci étant plus limitée dans le couvre-sol. En effet, les Lippia attirent quelques syrphes mais surtout des abeilles et des bourdons. Cela semble confirmer les résultats de l'ACP.

2. Régulation des acariens par l'introduction d'auxiliaires en culture de Lierre

Les lâchers d'acariens prédateurs ont montré leur efficacité puisque la population de Tétranyques tisserands a diminué à la suite de ceux-ci. La figure 20 présente l'évolution des populations d'acariens sur Lierre ainsi que la population d'auxiliaires observée.

La variété 'Glacier' semble plus sensible aux acariens puisque des classes 5, correspondant à la présence de toiles, ont été attribuées. Quelques acariens prédateurs sont présents dès le début de l'essai et avant les premiers lâchers. La population d'auxiliaires est ensuite assez élevée bien qu'en semaine 29, une forte diminution soit observée parallèlement à une légère diminution de la température.

Un traitement localisé avec le produit Eradicoat ® à la dose de 25 L/ha a été appliqué en semaine 30 pour gérer de nouvelles apparitions de foyers alors que le feuillage des plantes avait été relevé. Lors des observations de la semaine suivante, aucun acarien n'a été relevé sur les zones traitées.

B. Gestion des maladies

1. Elimination des plants de lavandes atteints par Phytophthora

La figure 21 montre l'évolution de la maladie à travers le cumul de plants éliminés en C7,5 L. Ces plants sont ceux cultivés en C2 L en 2017 et qui ont été rempotés en mars 2018. C'est pour cette raison que deux modalités persistent, les plants paillés et les plants non paillés. Toutefois, les deux modalités semblent suivre la même évolution. Le paillage n'aurait donc pas d'effet sur la propagation de la maladie. Environ 20% de pertes sont à déclarer pour chaque modalité.

D'après les données climatiques présentées en annexe X, le 23 juillet, date à laquelle le plus grand nombre de plants a été jeté, était une journée à faible hygrométrie. Cependant, le 2 juillet, 11 mm de pluie ont été relevés entraînant un pic d'hygrométrie à 90%. L'hygrométrie a ensuite diminué les jours suivant puis a augmenté de nouveau autour du 20 jusqu'à 75%. L'épisode pluvieux et cette hygrométrie élevée peuvent être une explication de la quantité de plants atteints à cette date.

Or, en 2017, les pertes liées à *Phytophthora* s'élevaient à 26% dans la modalité paillée et à 17% dans la modalité non paillée. Ainsi, les pertes sont légèrement plus faibles cette année et notamment en ce qui concerne la modalité paillée. Ces résultats sont principalement dus au mode irrigation en goutte-à-goutte en 2018 qui permet d'éviter la propagation du champignon.

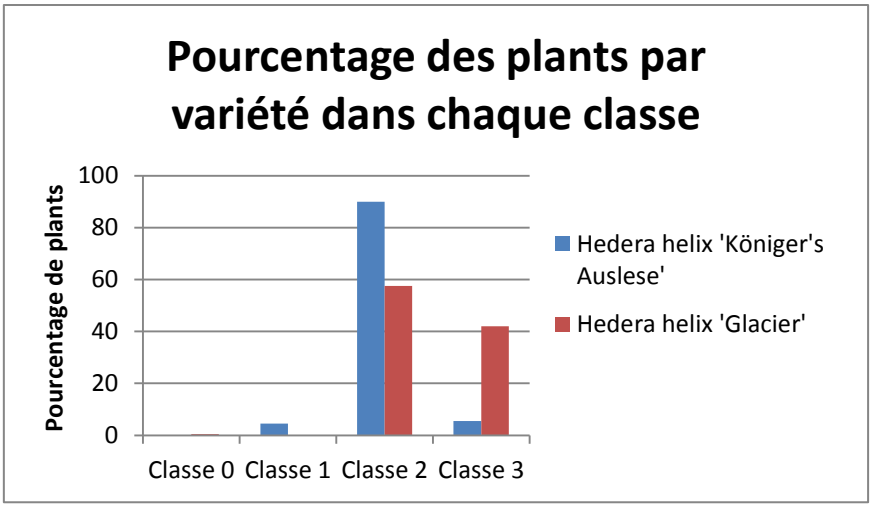


Figure 22. Pourcentage de plants de chaque variété selon les classes définies lors de la notation qualité de mi-saison

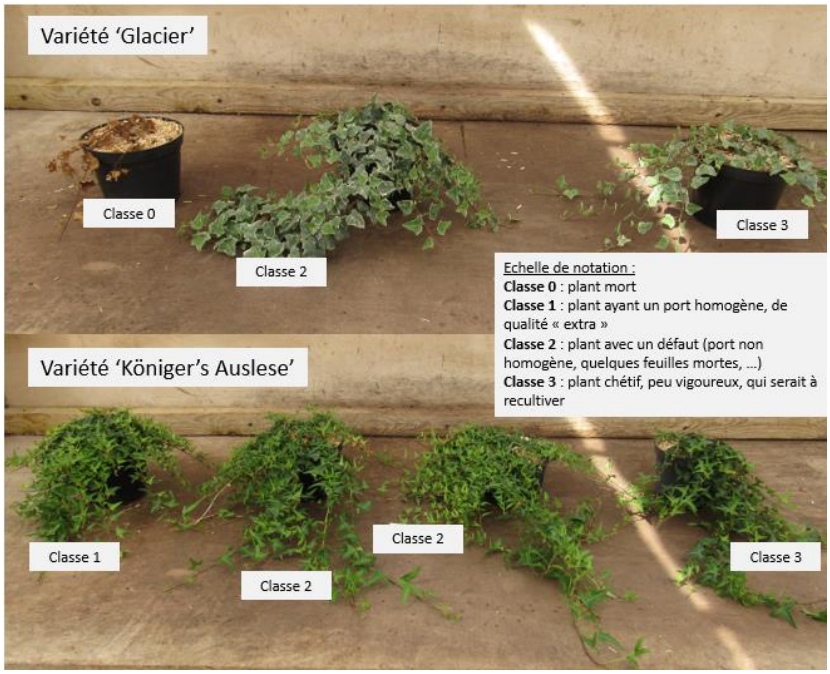


Figure 23. Illustration de l'échelle de notation des classes de qualité pour chaque variété

Tableau XII. Calcul de l'Indice de Fréquence de Traitement

	N° TTT	Date	Produits	Problématiques	Zone	Mode application	Dose homologuée	Dose appliquée	Dosage de produit dans la bouillie (%)	Coeff. De surface traitée (%)	IFT (produits phytosanitaires conventionnels)	IFT vert (produits de biocontrôle)	Surface traitée (m²)
SYSTEME	1	S 11	Epsilon	Adventices	Aires gravillonnées	Pulvérisation	0,2 kg/ha	0,2 kg/ha	100%	28,11%	0,2811	0,0000	885,325
	2		Altar	Adventices	Aires gravillonnées	Pulvérisation	7 L/ha	7 L/ha	100%	28,11%	0,2811	0,0000	885,325
	3	S 22	Californicus	Acariens	Lierre	Lâcher	50 ind/m²	50 ind/m²	100%	0,95%	0,0000	0,0000	30
	4	S 24	Californicus	Acariens	Lierre	Lâcher	50 ind/m²	50 ind/m²	100%	0,95%	0,0000	0,0000	30
	5	S 25	Persimilis	Acariens	Lierre	Lâcher	6 ind/m²	6 ind/m²	100%	0,48%	0,0000	0,0000	15
	6	S 26	Californicus	Acariens	Lierre	Lâcher	50 ind/m²	50 ind/m²	100%	0,95%	0,0000	0,0000	30
	7	S 28	Californicus	Acariens	Lierre	Lâcher	50 ind/m²	50 ind/m²	100%	0,95%	0,0000	0,0000	30
	8	S 30	Eradicoat	Acariens	Lierre	Pulvérisation	75 L/ha	25 L/ha	33%	0,06%	0,0000	0,0002	2
	9	S 33	Eradicoat	Acariens	Lierre	Pulvérisation	75 L/ha	25 L/ha	33%	0,19%	0,0000	0,0006	6
	13	S 34	Mustang Duo	Adventices	Aires gravillonnées	Pulvérisation	7 L/ha	7 L/ha	100%	28,11%	0,2811	0,0000	885,325
	14		Altar	Adventices	Aires gravillonnées	Pulvérisation	7 L/ha	7 L/ha	100%	28,11%	0,2811	0,0000	885,325
	10	S 34	Californicus	Acariens	Lierre	Lâcher	50 ind/m²	50 ind/m²	100%	0,95%	0,0000	0,0000	30
	11	S 36	Californicus	Acariens	Lierre	Lâcher	50 ind/m²	50 ind/m²	100%	0,95%	0,0000	0,0000	30
	12	S 38	Californicus	Acariens	Lierre	Lâcher	50 ind/m²	50 ind/m²	100%	0,95%	0,0000	0,0000	30
										total IFT	1,1242	0,0008	

2. Adaptation de l'arrosage contre l'anthracnose sur Lierre

L'anthracnose a été régulée seulement par distançage des plants et ajustement de l'arrosage au niveau de la dose et de la fréquence. Les données sont présentées en annexe XI. La maladie fut vite régulée puisqu'en semaine 22, le pourcentage de plants atteints a été divisé par 3 pour la variété 'Glacier', la plus touchée avec 80% de plants atteints au début de l'essai et par 2,25 pour la variété 'Königer's Auslese'. En semaine 22, une diminution de l'hygrométrie a également été observée pour atteindre 58%. Celle-ci pourrait expliquer le pourcentage de la maladie plus faible.

C. Gestion des adventices

Les adventices sont gérées en tenant compte du système complet. En effet, les abords sont tondus avant la montée à graines et un traitement herbicide peut être prévu, notamment sur les aires gravillonnées. De plus, un désherbage manuel des couvre-sols fleuris a été réalisé en semaine 31. Le paillage des conteneurs limite la pousse d'adventices mais un désherbage manuel est régulièrement nécessaire. Celui-ci est réalisé environ tous les mois et de manière plus ponctuelle si des adventices sont observées.

Les données de désherbage sont disponibles en annexe XII. Les principales adventices retrouvées sur le système sont *Oxalis* sp., *Euphorbia maculata, Senecio vulgaris* ou encore *Sonchus* sp..

D. Données de qualité

La figure 22 montre les proportions de chaque classe selon la variété de lierre lors de la notation de qualité mi-saison en semaine 30 et la figure 23 présente l'échelle de notation, illustrée des plants représentatifs de chaque classe.

Aucun plant de la variété 'Glacier' n'a été noté dans la classe 1 car la qualité n'a pas été jugée suffisante. En effet, les plants ont eu du mal à démarrer. Concernant la variété 'Königer's Auslese', aucune classe 0 n'a été attribuée car aucun plant n'est mort.

De manière générale, la qualité des plants de la variété 'Königer's Auslese' est meilleure que celle de la variété 'Glacier'. En effet, seulement 6% des plants de la variété 'Kôniger's Auslese' sont notés en classe 3 car peu vigoureux contre 42% pour la variété 'Glacier'. La catégorie « non commercialisable » n'est pas adaptée ici puisque la saison n'est pas finie et les plants chétifs en semaine 30 peuvent reprendre de la vigueur. Ce résultat est notamment lié au fait que la variété 'Glacier' semble plus sensible à l'anthracnose que la variété 'Königer's Auslese' bien que la bibliographie la considère moyennement sensible.

E. Résultat de l'IFT

Le programme de protection sanitaire ainsi que les calculs des IFT sont présentés dans le tableau XII. La colonne rouge concerne les produits phytosanitaires conventionnels et la verte les produits de biocontrôle.

Deux traitements de biocontrôle ont été appliqués sur *Hedera helix* 'Glacier' avec le produit Eradicoat ®. Ce produit, ayant été appliqué tôt le matin d'une part pour les conditions climatiques et d'autre part pour éviter toute exposition inutile des pollinisateurs situés à proximité, permet notamment de contrôler les foyers d'acariens. Il a donc été appliqué de manière localisée sur 2 m² et 6 m² respectivement. Aucun lâcher ni produit n'a été appliqué sur culture de lavandes. L'IFT est donc nul sur l'ensemble des cultures et l'IFT vert vaut 0,09.

Toutefois, sur l'ensemble du système, deux applications herbicides ont été appliquées sur les aires gravillonnées qui représentent 28,11% de la surface du système total. L'IFT du système complet est donc de 1,12.

Tableau XIII. Calculs des coûts de protection des cultures ainsi que de l'entretien de l'environnement

	N° TTT	Produits	Dose homologuée	Prix (en €/L, ou Kg ou indv.)	Quantité prélevée (en L ou ind/m²)	Coût produit (en €/m²)	Temps de préparation / EPI / nettoyage (en h)	Temps appli. (en h/m²)	Coût horaire (en €)	Coefficient surface traitée	Coût pour 1000m²
Cultures	1	Californicus	1 sachet/2,5m²	0,57494	0,4	0,229976	0	0,0015	16	27%	**69,27 €**
	2	Californicus	1 sachet/2,5m²	0,57494	0,4	0,229976	0	0,0015	16	27%	**69,27 €**
	3	Persimilis	6 ind/m²	0,019105	6	0,11463	0	0,0015	16	14%	**18,90 €**
	4	Californicus	1 sachet/2,5m²	0,57494	0,4	0,229976	0	0,0015	16	27%	**69,27 €**
	5	Californicus	1 sachet/2,5m²	0,57494	0,4	0,229976	0	0,0015	16	27%	**69,27 €**
	6	Eradicoat	75 L/ha	15,07	0,00025	0,0037675	0,5	0,0005	16	2%	**8,21 €**
	7	Thripher	1 capsule/100 m²	4,362	0,01	0,04362	0	0,0015	16	18,18%	**12,29 €**
	8	Eradicoat	75 L/ha	15,07	0,00025	0,0037675	0,5	0,0005	16	5%	**8,64 €**
	9	Californicus	1 sachet/2,5m²	0,57494	0,4	0,229976	0	0,0015	16	27%	**69,27 €**
	10	Californicus	1 sachet/2,5m²	0,57494	0,4	0,229976	0	0,0015	16	27%	**69,27 €**
	11	Californicus	1 sachet/2,5m²	0,57494	0,4	0,229976	0	0,0015	16	27%	**69,27 €**
										Total coûts de protection des cultures	532,92 €
Environnement	1	Epsilon	0,2 kg/ha	200,1	0,00002	0,004002	0,5	0,00025	16	28,11%	**10,25 €**
	2	Altar	7 L/ha	6,962	0,0007	0,0048734	0,5	0,00025	16	28,11%	**10,49 €**
	3	Tondeuse						0,003669725	16	17,30%	**10,16 €**
	4	Tondeuse						0,003669725	16	17,30%	**10,16 €**
	5	Tondeuse						0,003669725	16	17,30%	**10,16 €**
	6	Tondeuse						0,003669725	16	17,30%	**10,16 €**
	7	Tondeuse						0,003669725	16	17,30%	**10,16 €**
	8	Tondeuse						0,003669725	16	17,30%	**10,16 €**
	9	Tondeuse						0,003669725	16	17,30%	**10,16 €**
	10	Tondeuse						0,003669725	16	17,30%	**10,16 €**
	11	Tondeuse						0,003669725	16	17,30%	**10,16 €**
	12	Tondeuse						0,003669725	16	17,30%	**10,16 €**
	13	Tondeuse						0,003669725	16	17,30%	**10,16 €**
	14	Mustang Duo	7 L/ha	37,276	0,0007	0,0260932	0,5	0,00025	16	28,11%	**16,46 €**
	15	Altar	7 L/ha	6,962	0,0007	0,0048734	0,5	0,00025	16	28,11%	**10,49 €**
										Total coûts de protection des abords	159,44 €
										Total coûts de protection des cultures en tenant comtpe du coût des abords	692,36 €

Tableau XIV. Bilan économique global

CULTURES	Descriptif des coûts	Cultures	Coefficient de surface pour une surface totale de 1000 m² de culture	Temps	Coût horaire	Nombre de pots (pour 1000 m² de chaque culture)	Coût pot	Quantité substrat	Coût substrat	Nom engrais	Quantité engrais	Coût engrais	Quantité paillis	Coût paillis	Coût tuteur	Coût plante	Coût pour 1000 m² de surface de culture *sensu stricto*	Coût pour 1000 m² de surface de culture en tenant compte des coûts des abords
			(en %)	(en h)	(en €)		(en €)	(en L/pot)	(en €/L)		(en kg/pot)	(en €/Kg)	(en L/pot)	(en €/L)	(en €)	(en €)	(en €)	(en €)
	Opérations	Lierres C 3L	27%	100	16	13333	0,15359	3	0,09	Basacote	0,012	4,2968	0,567057	0,08	0,0458	0,74	19108,75	19108,75
										LD Plus	0,009	3,3048						
		Lavandes C 2L	23%	100		16000	0,12255	2	0,09	Kompo Exper	0,035	2,0105	0,427649	0,08			7620,49	7620,49
		Lavandes godets (boutures)		33,33			0,01895	0,28	0,09							1		
		Lavandes C 7,5L	32%	100		8486	0,41694	7,5	0,09	Kompo Exper	0,0308	2,0105	1,053706	0,08			11392,74	11392,74
		Vivaces	18%	100		13950	0,12255	2	0,09	Basacote	0,008	4,2968	0,427649	0,08		1,15	20742,58	20742,58
		Potentilles		3,33		67	2,4	17	0,09							3,7	561,95	561,95
	Observations	Système		100													16501,70	16501,70
	Protection sanitaire																532,92	692,36
	Chauffage																	
	Chiffre d'affaire potentiel	Lierres C 3L	Nombre de pots commercialisé x prix de vente														25149,09	25149,09
		Lavandes C 2L																
		Lavandes C 7,5L															14463,49	14463,49
		Vivaces																
	Marge opérationnelle																22577,97	22418,53

Le raisonnement sur les parcelles de cultures uniquement permet donc d'être en cohérence avec les objectifs de DEPHY EXPE avec l'utilisation d'aucun produit phytosanitaire. Toutefois, la prise en compte des abords dans le calcul ne permet pas de répondre à cet objectif du fait de l'emploi de deux applications d'herbicides dans l'année.

F. Approche économique

Le tableau XIII présente les coûts de protection des cultures. Ne considérant que les parcelles cultivées, la protection sanitaire coûte ainsi 0,53 € du m². Toutefois, l'approche par système de culture tient compte également de l'environnement. Des applications de désherbant sur les aires non végétalisées ainsi que le passage d'une tondeuse sur les zones enherbées est donc à prendre en compte ce qui amène le coût de protection à 0,69 € par m².

Le bilan économique global, présenté en tableau XIV prend en compte les coûts de production et de protection du système ainsi que le chiffre d'affaire potentiel. Il en résulte la marge opérationnelle correspondant à la différence des coûts (production et protection) avec le chiffre d'affaire. L'explication de chaque cellule du tableau est disponible en annexe XIII. Il a été décidé de prendre en compte ici les vivaces. Elles représentent en effet un coût pour l'année 2018, qui sera amorti en 2019 lors de la vente.

Cette approche économique se raisonne sur les parcelles cultivées mais tient compte des coûts des abords. En effet, ceux-ci ne sont pas directement valorisables et nécessitent un coût d'entretien mais ils permettent de réduire les coûts concernant la protection sanitaire des cultures. La marge opérationnelle est donc plus faible dans le cas d'une approche système tenant compte de l'environnement. Toutefois, celle-ci reste positive, le chiffre d'affaire potentiel compensant les coûts. Le système est donc économiquement viable.

Discussion

A. Précédent cultural

La démarche de systèmes de culture dans les nouveaux projets DEPHY est intéressante notamment au niveau de la conservation des inoculums. En effet, puisque les mêmes parcelles sont concernées d'une année à l'autre, les ravageurs et les maladies peuvent se conserver.

Les acariens sont susceptibles de rester sur la bâche ou encore dans les bambous utilisés comme tuteurs par exemple (Malais and Ravensberg, 2008). Il en va de même pour les champignons. Un vide sanitaire est donc nécessaire ainsi que le choix d'une poterie neuve lors de la saison prochaine (Parke and Grünwald, 2012). Ces leviers d'action permettent d'éviter une partie de conservation d'inoculum.

B. Importance de l'aménagement et de la gestion des abords

Les populations de pucerons ont ici été régulées par la faune auxiliaire présente sur la station. Or, celle-ci est présente grâce aux aménagements mis en place et leur entretien. D'après les résultats présentés, le bosquet, bien que situé à une distance plus élevée de la culture que la bande de couvre-sol semble avoir un impact plus fort. En effet, à la vue des relevés de biodiversité réalisés et présentés en annexe IV, de nombreux pollinisateurs sont présents au niveau de la bande-fleurie mais peu d'auxiliaires, à la différence du bosquet.

Il semble donc important de favoriser les populations d'auxiliaires au niveau du bosquet. L'abri à chrysopes installés en 2018 est l'un des moyens mis en place pour cela. D'autres aménagements peuvent être mis en place comme des hôtels à insecte, plus généralistes. Il semble également intéressant de maintenir un corridor écologique qui abrite les auxiliaires, mais également les ravageurs, des abords jusqu'aux différentes cultures. Cependant, chaque espèce a ses préférences en termes d'habitat. Certaines préfèrent des prairies tandis que d'autres des aménagements boisés (Perovic *et al.*, 2010). Les pièges Barber installés en 2018 et dont les relevés sont présentés en annexe XIV, ne montrent pas de résultats concluant mais il serait intéressant de continuer ces relevés les années suivantes.

La première partie de l'analyse statistique a été réalisée à partir de la moyenne sur la saison. Toutefois, cette méthode peut masquer des effets de dynamique des populations. En effet, au cours de la saison, de nombreux autres paramètres peuvent influer sur les différentes abondances (Karp *et al.*, 2018) comme le climat, les différents stades des insectes ou encore les prédations intra-guildes, non prises en compte ici. Il ne peut donc se dégager de tendances globales quant à l'influence des abords sur les cultures (Karp *et al.*, 2018).

La gestion des adventices selon leur nombre et leur stade de développement est à prendre en compte. En effet, le risque de contamination est réel et si les adventices atteignent la culture, il est plus difficile de les contrôler.

Enfin, la gestion des ravageurs permet indirectement de gérer le développement de champignons. En effet, une plante fragilisée par une attaque d'insectes est plus sensible aux maladies (Mullen and Hagan, 1999).

C. Traitements

Le premier traitement avec un produit de biocontrôle a été positionné à une étape clé comme solution de rattrapage. En effet, il a été appliqué la semaine du tuteurage des lierres. Avec cette opération, le feuillage est relevé et le passage d'une plante à l'autre est plus compliqué pour les prédateurs (Amoah *et al.*, 2016). L'utilisation d'un produit de biocontrôle en localisé permet de plus de cumuler les stratégies et ainsi, optimiser la protection. Il est également intéressant d'un point de vue économique et peut être employé dans l'urgence lors d'une attaque, ce qui n'est pas le cas pour les lâchers d'auxiliaires. De plus, conformément aux objectifs de la deuxième version du programme, aucun produit phytosanitaire n'a été utilisé sur la culture.

Toutefois, le raisonnement sur le système complet implique de prendre en compte les traitements herbicides réalisés sur les aires gravillonnées. C'est une limite importante pour la transition vers le « Zéro Phyto ». En effet, l'enherbement n'est pas toujours possible à cause du tassement de terrain par exemple et la mise en place de bâches plastiques représente un coût. L'IFT total n'est toutefois pas très élevé du fait de la faible proportion de ces aires par rapport à la surface totale.

D. Transfert possible chez les pépiniéristes ?

Cette année d'essai montre de bons résultats en ce qui concerne l'IFT. En effet, l'utilisation d'un produit de biocontrôle ainsi qu'une intervention localisée permet d'obtenir un très faible IFT vert. Cet argument est à avancer auprès des pépiniéristes afin de ne pas les décourager avec le terme « Zéro Phyto ». En effet, l'utilisation de produits alternatifs n'est pas à proscrire dans tous les cas. L'utilisation de la PBI montre une efficacité certaine mais la commande des auxiliaires nécessite un délai d'environ 5 jours avant réception de ceux-ci. Ainsi, le positionnement de traitements alternatifs pendant ces périodes permet de compenser ce délai de réception si l'anticipation n'a pas été suffisante.

Cette utilisation de produits alternatifs a également un autre avantage non négligeable qui est le prix. En effet, la très faible quantité prélevée à chaque traitement ainsi que le faible coût initial d'achat rend cette stratégie intéressante économiquement. Au terme de cette saison d'essai, le coût de protection s'élève à 0,69 €/m² en tenant compte du coût d'entretien des abords, ce qui est acceptable pour une première année de mise en place. L'objectif est ensuite de diminuer ce coût au fur et à mesure.

La marge opérationnelle de cette année d'essai en tenant compte des abords est positive mais plus faible qu'uniquement la considération des parcelles cultivées. Toutefois, au fil du temps, un entretien des abords maintenant une forte biodiversité doit permettre de réduire les coûts de protection et d'augmenter la qualité des plants. Ainsi, le nombre de plants commercialisables sera plus élevé ce qui permettra un chiffre d'affaire potentiel plus important. Combiné à la baisse des coûts de production, la marge opérationnelle serait au moins égale à la marge opérationnelle ne tenant pas compte du système global.

L'utilisation de paillis est également un coût supplémentaire mais il est compensé par la diminution de temps de désherbage manuel ou chimique. Un compromis est donc nécessaire sur ce point.

Le calcul présenté ici est adapté au système défini au CDHR. Les temps d'intervention dépendent du matériel que possèdent les entreprises. En effet, les professionnels ayant fait l'acquisition d'une rempoteuse ont un gain de temps au niveau de la production et donc un coût plus faible. De plus, lors de la mise en place d'un système de culture et d'une analyse globale, les temps d'intervention et d'observation sont nécessairement plus élevés que dans une approche classique. En effet, l'observation des abords est primordiale. Pour un possible

transfert chez un pépiniériste, celui-ci doit être prêt à accepter cette perte de temps au niveau de la production. Une enquête pourrait être intéressante dans les années à venir pour estimer les temps actuels dédiés à l'observation des cultures et la marge acceptable afin de définir les points clés au niveau de l'observation des abords. Ces temps d'observation étant plus élevés, ils diminuent donc la marge opérationnelle finale.

Enfin, les deux variétés de lierre semblent avoir des appétences différentes en ce qui concerne les ravageurs. D'autres résultats, non présentés ici, semblent montrer une appétence des acariens plus forte pour la variété 'Glacier'.

Si ces hypothèses sont vérifiées lors des prochaines saisons d'étude, un schéma différent peut être envisagé. Il serait par exemple intéressant d'utiliser une troisième variété, d'alterner un plant sur deux de chaque variété ou encore d'alterner les rangs de variété pour augmenter la diversité et diminuer l'impact des ravageurs. Toutefois, pour être acceptées par les pépiniéristes, ces propositions de schémas doivent être simples de mise en œuvre. Alterner un pot sur deux semble donc compliqué, notamment au niveau de la problématique d'arrosage. Alterner un rang sur deux semble au contraire techniquement acceptable en utilisant deux réseaux d'irrigation appliquant chacun des doses différentes.

E. Perspectives

Les principales problématiques rencontrées cette année concernent principalement les attaques de ravageurs sur lierre et la problématique *Phytophthora* sur lavandes.

Contre les pucerons, les attaques ont été régulées efficacement par les auxiliaires indigènes. Les efforts doivent être poursuivis dans l'aménagement et les entretiens des abords pour les maintenir. L'installation d'abris à chrysopes est l'un des exemples dans cette voie. Les résultats sont intéressants sur le long terme.

D'autre part, une piste de lutte contre l'acarien tétranyque semble être la lutte génétique par ARN interférent mais nécessite plus d'expérimentation pour être établie. Elle permettrait de protéger les variétés vis-à-vis de cet acarien (Van Leeuwen *et al.*, 2012). Toutefois, ce nouveau moyen de lutte est à nuancer au regard du poids économique des cultures considérées par rapport à la recherche et au développement ainsi qu'à la problématique OGM.

Toutefois, d'autres méthodes peuvent être intéressantes. L'utilisation des défenses indirectes induites des plantes semble notamment, plus accessible à l'échelle de l'horticulture ornementale. Il a en effet été montré que le haricot de Lima, *Phaseolus lunatus* libère un complexe de composés volatils à travers la voie de transduction de l'acide jasmonique lorsqu'il est attaqué par *Tetranychus urticae*. La composition du complexe et le taux de chaque composé attirent *Phytoseiulus persimilis*, prédateur spécifique de l'acarien tétranyque. D'autres plantes comme le Gerbera libèrent certains de ces mêmes composés mais avec des ratios différents qui n'attirent pas les prédateurs (Dicke *et al.*, 1999). Une stratégie impliquant les haricots de Lima comme plantes indicatrices pourrait alors être utilisée. Toutefois, il faut déterminer si la quantité de prédateurs présente naturellement dans l'environnement est suffisante.

Les plantes de la famille des Brassicacées semblent également comporter des composés toxiques pour les Tétranyques tels que les glucosinolates aromatiques et aliphatiques ainsi que certaines huiles essentielles contenant des terpènes (Agut *et al.*, 2018). Toutefois, le marché des produits à base d'huiles essentiels est limité par la quantité de certaines plantes nécessaire pour produire une quantité suffisante de produit efficace, par le prix des huiles essentielles, par la pureté des produits et les dérives potentielles ainsi que par des difficultés d'ordre réglementaire (Attia *et al.*, 2013). Quelques produits sont toutefois homologués et

peuvent être utilisés de manière localisée afin de compenser le délai de réception des auxiliaires par exemple. Un produit à base d'huile essentielle d'orange douce appelé PREV-AM est par exemple utilisé sur de nombreuses cultures en tant qu'insecticide ou fongicide [10].

Conclusion

Selon les objectifs du programme DEPHY EXPE, un système de culture doit répondre à trois objectifs pour être validé. Le premier est une qualité égale à un plant produit dans un système de référence, conventionnel ; le deuxième une réduction de l'IFT ; le troisième concerne la viabilité économique en tenant compte des coûts de production, de protection et en calculant la marge opérationnelle.

Ici, bien que la première année ne soit pas achevée, les premiers résultats sont encourageants. En effet, les attaques de pucerons ont été régulées naturellement et celles d'acariens par des lâchers d'auxiliaires et par traitements de biocontrôle. Ainsi, l'IFT vert est très faible. Les coûts de protection sanitaire sont raisonnables. Toutefois, à la mi-saison, la qualité des plants ne semble pas suffisante. La marge opérationnelle, bien que positive pourrait donc être plus importante.

Pour 2019, la définition du système pourrait être réduite bien qu'il semble intéressant de garder les aires gravillonnées pour prendre en compte la problématique du désherbage des abords pour laquelle peu de solutions existent à l'heure actuelle ainsi que le bosquet, étant abri de nombreux auxiliaires.

La stratégie de 2019 doit donc reprendre la stratégie de 2018 pour confirmer les premiers résultats obtenus mais également cibler une qualité supérieure des plants. Pour cela, mélanger les variétés des grimpantes afin d'analyser si les attaques sont plus faibles semble être un premier axe d'étude. Le fait de pailler les plants dès le rempotage doit également permettre de réduire le nombre de plants contaminés. En effet, en 2018, le paillis de miscanthus n'a pu être mis en place qu'à partir de la semaine 23 du fait de la date de réception de celui-ci.

De plus, les abords nécessitent de plus amples études. En effet, cette année, seule une quantification rapide des auxiliaires présents dans les abords a été réalisée. Bien que cela nécessite un temps d'observation considérablement plus long, il serait intéressant de réaliser un inventaire faunistique complet et de quantifier réellement à la fois les populations de ravageurs et d'auxiliaires au sein des abords pour étudier les équilibres naturels présents ici.

Bibliographie

AGUT B., PASTOR V., JAQUES J. et FLORS V., 2018. Can Plant Defence Mechanisms Provide New Approaches for the Sustainable Control of the Two-Spotted Spider Mite Tetranychus urticae? In : *International Journal of Molecular Sciences*. 21 février 2018. Vol. 19, n° 2, p. 614. DOI 10.3390/ijms19020614.

ALTLAND J. et LANTHIER M., 2007. Influence of Container Mulches on Irrigation and Nutrient Management. In : *Journal of Environmental Horticulture*. pp. 234-238.

AMOAH B, ANDERSON J., ERRAM D., GOMEZ J., HARRIS A., KIVETT J., RUANG-RIT K., WANG Y., MURRAY L. et NECHOLS J., 2016. Plant spatial distribution and predator–prey ratio affect biological control of the twospotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) by the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). In : *Biocontrol Science and Technology*. 2 avril 2016. Vol. 26, n° 4, pp. 548‑561. DOI 10.1080/09583157.2015.1133807.

AMOROSO G., FRANGI P., PIATTI R., FINI A. et FERRINI F., 2010. Effect of mulching on plant and weed growth, substrate water content, and temperature in container-grown giant Arbovitae. octobre 2010. In : *HorTechnology*. pp. 957-962.

ANON., 2018. Liste des 23 projets lauréats de l'AAP DEPHY EXPE 2017. 5 mars 2018. 2 p.

ARLOTTI D., 2013. Essais paillages de chanvre industriel. 2013. 15 p.

ATTIA S., GRISSA K. L., LOGNAY G., BITUME E., HANCE T. et MAILLEUX A. C., 2013. A review of the major biological approaches to control the worldwide pest Tetranychus urticae (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides: Biological approaches to control Tetranychus urticae. In : *Journal of Pest Science*. septembre 2013. Vol. 86, n° 3, pp. 361‑386. DOI 10.1007/s10340-013-0503-0.

AUBERTOT J-N, BARBIER J-M, CARPENTIER A., GRIL J-N, GUICHARD L., LUCAS P. et SAVARY S., 2005. Pesticides, agriculture et environnement [en ligne]. S.l. : Editions Quæ. [Consulté le 14 août 2018]. ISBN 978-2-7592-0935-4. Disponible à l'adresse : http://www.cairn.info/pesticides-agriculture-et-environnement--9782759209354.htm.

BARLOW C. A., 1962. The influence of temperature on the growth of experimental populations of *Myzus persicae* (Sulzer) and *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Aphididae). In : *Canadian Journal of Zoology*. mars 1962. Vol. 40, n° 2, pp. 145‑156. DOI 10.1139/z62-019.

BAUER H. et BAUER U., 1980. Photosynthesis in leaves of the juvenile and adult phase of ivy (*Hedera helix*). In : *Physiologia Plantarum*. août 1980. Vol. 49, n° 4, pp. 366‑372. DOI 10.1111/j.1399-3054.1980.tb03318.x.

BÉRANGER M., CHARBONNIER E. et INSTITUTS DE TECHNIQUE AGRICOLE (FRANCE), 2018. Index ACTA biocontrôle. Paris : ACTA éditions, les instituts techniques agricoles. 376 p. ISBN 978-2-8579-4304-4

BÉRANGER M., SELLAM M. et INSTITUTS DE TECHNIQUE AGRICOLE (FRANCE), 2016. Guide pratique de défense des cultures. Paris : ACTA éditions, les instituts techniques agricoles. ISBN 978-2-85794-295-5.

BIOBEST FRANCE, 2015. Chrysopa MC-500 System. 2 janvier 2015.

BIOBEST FRANCE, 2018. Californicus-System. 2018.

BRESCH S., DEOGRATIAS J-M, GUIBERT N. et MARY L., 2017. Compte-rendu technique 2017. 2017. Disponible à l'adresse : https://www.astredhor.fr/

BRUNET N., GUICHARD L., OMON B., PINGAULT N., PLEYBER E. et SEILER A., 2008. L'indicateur de fréquence de traitements (IFT) : un indicateur pour une utilisation durable des pesticides. In : *Courrier de l'environnement de l'INRA*. décembre 2008. Vol. 56, pp. 131‑141.

BUTAULT J.P., DEDRYVER C.A., GARY C., GUICHARD L., JACQUET F., MEYNARD J.M., NICOT P., PITRAT M., REAU R., SAUPHANOR B., SAVINI I., VOLAY T., 2010. Ecophyto R&D. Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ? Synthèse du rapport d'étude, INRA Editeur (France), 90 p.

CARRON C-A, BAROFFIO C. et SCHNEIDER E, 2017. Nouveau ravageur en Suisse : Chrysolina americana. In : *Agroscope Transfer*. mai 2017. Vol. 183. 3 p.

CELLULE D'ANIMATION NATIONALE DEPHY, 2014. EXPESCOPE. Disponible à l'adresse : https://www.ecophytopic.fr/sites/default/files/EXPESCOPE_2014.compressed.pdf

CERTIS EUROPE B.V., 2016. Eradicoat ®. septembre 2016.

COURTIN Rémi, 1997. Insectes et Acariens du Lierre. In : *Insectes*. 1997. n° 104, pp. 15‑18.

DICKE M., GOLS R., LUDEKING D. et POSTHUMUS M. A, 1999. Jasmonic acid and herbivory differentially induce carnivore-attracting plant volatiles in lima bean plants. In : *Journal of Chemical Ecology* . Vol. 25. No8. pp. 1907-1922.

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'ALIMENTATION, 2012. *Le NOmbre de Doses Unités (NODU) Vert Biocontrôle*. novembre 2012.

FERRE, Alain, 2012. Des plantes fleuries pour protéger de futures fleurs en « PBI plein air ». In : *Phytoma* . février 2012. N° 651. pp. 21-24.

FRANCE AGRIMER, 2013. La filière horticole Données 2012. Disponible à l'adresse : https://www.franceagrimer.fr /

FRANCE AGRIMER, 2017. L'horticulture ornementale Données 2015. février 2017. ISSN : 2264-6264.

GARY C., MUNIER-JOLAIN N., PELLISSIER F., COLINET L. et GAUNAND A., 2014. Mise en place d'une politique publique de réduction des usages de pesticides : le plan Ecophyto. In : *Annexe 3 Impact Etudes de cas ; Rapport d'auto-évaluation 2008-2012*. mars 2014. pp. 5‑15.

GONG X., LI S., SUN X., WANG L., CAI L., ZHANG J. et WEI L., 2018. Green waste compost and vermicompost as peat substitutes in growing media for geranium (*Pelargonium zonale* L.) and calendula (*Calendula officinalis* L.). In : *Scientia Horticulturae*. juin 2018. Vol. 236, pp. 186‑191. DOI 10.1016/j.scienta.2018.03.051.

GRECO N. M., SÁNCHEZ N. E. et LILJESTHRÖM G. G., 2005. *Neoseiulus Californicus* (Acari: Phytoseiidae) as a Potential Control Agent of *Tetranychus Urticae* (Acari: Tetranychidae): Effect of Pest/Predator Ratio on Pest Abundance on Strawberry. In : *Experimental and Applied Acarology*. octobre 2005. Vol. 37, n° 1‑2, pp. 57‑66. DOI 10.1007/s10493-005-0067-7.

GROSS, P, 1993. Insect Behavioral and Morphological Defenses Against Parasitoids. In : *Annual Review of Entomology*. pp. 251-273.

GUICHARD L., DEDIEU F., JEUFFROY M-H., MEYNARD J-M, REAU R et SAVINI I., 2017. Le plan Ecophyto de réduction d'usage des pesticides en France : décryptage d'un échec et raisons d'espérer. In : *Cahiers Agricultures*. janvier 2017. Vol. 26, n° 1, p. 14002. DOI 10.1051/cagri/2017004.

HAMLEN R. A. et LINDQUIST R. K., 1981. Comparison of Two *Phytoseiulus* Species as Predators of Twospotted Spider Mites on Greenhouse Ornamentals. In : *Environmental Entomology*. 1 août 1981. Vol. 10, n° 4, pp. 524‑527. DOI 10.1093/ee/10.4.524.

HASSANPOUR M., MAGHAMI R., RAFIEE-DASTJERDI H., GOLIZADEH A., YAZDANIAN M. et ENKEGAARD A., 2015. Predation activity of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) upon *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae): Effect of different hunger levels. In : *Journal of Asia-Pacific Entomology*. juin 2015. Vol. 18, n° 2, pp. 297‑302. DOI 10.1016/j.aspen.2015.03.005.

HAVARD M., ALAPHILIPPE A., DEYTIEUX V., ESTORGUES V., LABEYRIE B., LAFOND D., MEYNARD J-M, PETIT M-S, PLÉNET D., PICAULT S. et FALOYA V., 2017. Guide de l'expérimentateur « système » - Concevoir, conduire et valoriser une expérimentation système pour les cultures assolées et pérennes, GIS PIClég, GIS Fruits, Réseau ECOVITI, RMT Systèmes de culture innovants, GIS Relance Agronomique. 172 p. ISBN 2-7380-1400-3.

HENRY A., TOUPET A-L et DEYTIEUX V., 2012. Recueil et analyse critique des règles de décision. 490 p.

HILL S. B. et MACRAE R. J., 1995. Conceptual Framework for the Transition from Conventional to Sustainable Agriculture. In : *Journal of Sustainable Agriculture* . Vol. 7. pp. 81-87. DOI: 10.1300/J064v07n01_07

HOFFMAN G. et MCEVOY P. B., 1985. Mechanical limitations on feeding by meadow spittlebugs *Philaenus spumarius* (Homoptera: Cercopidae) on wild and cultivated host plants. In : *Ecological Entomology*. novembre 1985. Vol. 10, n° 4, pp. 415‑426. DOI 10.1111/j.1365-2311.1985.tb00739.x.

HUFFAKER C. B., VAN DE VRIE M. et MCMURTRY J. A., 1969. The Ecology of Tetranychid Mites and Their Natural Control. In : *Annual Review of Entomology*. janvier 1969. Vol. 14, n° 1, pp. 125‑174. DOI 10.1146/annurev.en.14.010169.001013.

JOHANNESEN J., LUX B., MICHEL K., SEITZ A. et MAIXNER M., 2008. Invasion biology and host specificity of the grapevine yellows disease vector *Hyalesthes obsoletus* in Europe. In : *Entomologia Experimentalis et Applicata*. mars 2008. Vol. 126, n° 3, pp. 217‑227. DOI 10.1111/j.1570-7458.2007.00655.x.

JOLIVET P., 1994. Aptérisme et brachyptérisme chez les Coléoptères chrysomélidés ou le malheur de ne pas voler. In : *Insectes*. 1994. n° 92.

JULLIEN E. et JULLIEN J., 2013. Diagnostic et soins des plantes au jardin. Paris : Ulmer. ISBN 978-2-84138-614-7.

KARP D. S., CHAPLIN-KRAMER R., MEEHAN T. D., MARTIN E. A., DECLERCK F., GRAB H., GRATTON C., HUNT L., LARSEN A. E., MARTÍNEZ-SALINAS A., O'ROURKE M. E., RUSCH A., POVEDA K., JONSSON M., ROSENHEIM J. A., SCHELLHORN N. A., TSCHARNTKE T., WRATTEN S. D., ZHANG W., IVERSON A. L., ADLER L. S., ALBRECHT M., ALIGNIER A., ANGELELLA G. M., ZUBAIR ANJUM M., AVELINO J., BATÁRY P., BAVECO J. M., BIANCHI F. J. J. A., BIRKHOFER K., BOHNENBLUST E. W., BOMMARCO R., BREWER M. J., CABALLERO-LÓPEZ B., CARRIÈRE Y., CARVALHEIRO L. G.,

CAYUELA L., CENTRELLA M., ĆETKOVIĆ A., HENRID. C., CHABERT A., COSTAMAGNA A. C., DE LA MORA A., DE KRAKER J., DESNEUX N., DIEH, E., DIEKÖTTER T., DORMANN C. F., ECKBERG J. O., ENTLING M. H., FIEDLER D., FRANCK P., FRANK VAN VEEN F. J., FRANK T., GAGIC V., GARRATT M. P. D., GETACHEW A., GONTHIER D. J., GOODELL P. B., GRAZIOSI I., GROVES R. L., GURR G. M., HAJIAN-FOROOSHANI Z., HEIMPEL G. E., HERRMANN J. D., HUSETH A S., INCLÁN D. J., INGRAO A. J., IV, P., JACOT K., JOHNSON G. A., JONES ., KAISER M., KASER J. M., KEASAR T., KIM T. N., KISHINEVSKY M., LANDIS D. A., LAVANDERO B., LAVIGNE C., LE RALEC A., LEMESSA D., LETOURNEAU D. K., LIERE H., LU Y., LUBIN Y., LUTTERMOSER T, MAAS B., MACE K., MADEIRA F., MADER V., CORTESERO A. M., MARINI L., MARTINEZ E., MARTINSON H. M., MENOZZI P., MITCHELL M. G. E., MIYASHITA T., MOLINA G. A. R., MOLINA-MONTENEGRO M. A., O'NEAL M. E., OPATOVSKY I., ORTIZ-MARTINEZ S., NASH M., ÖSTMAN Ö., OUIN A., PAK D., PAREDES D., PARSA S., PARRY H., PEREZ-ALVAREZ R., PEROVIĆ D. J., PETERSON J. A., PETIT S., PHILPOTT S. M., PLANTEGENEST M., PLEĆAŠ M., PLUESS T., PONS X., POTTS S. G., PYWELL R. F., RAGSDALE D. W., RAND T.A., RAYMOND L., RICCI B., SARGENT C., SARTHOU J-P, SAULAIS J., SCHÄCKERMANN J., SCHMIDT N. P., SCHNEIDER G., SCHÜEPP C., SIVAKOFF Fr. S., SMITH H. G., STACK WHITNEY K., STUTZ S., SZENDREI Z., TAKADA M. B., TAKI H., TAMBURINI G., THOMSON L. J., TRICAULT Y., TSAFACK N., TSCHUMI M., VALANTIN-MORISON M., VAN TRINH M.i, VAN DER WERF W., VIERLING K. T., WERLING B. P., WICKENS J. B., WICKENS V. J., WOODCOCK B. A., WYCKHUYS K., XIAO H., YASUDA M., YOSHIOKA A. et ZOU Y., 2018. Crop pests and predators exhibit inconsistent responses to surrounding landscape composition. In : *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2 août 2018. p. 201800042. DOI 10.1073/pnas.1800042115.

KIM W. G., HONG S. K. et CHO W. D., 2001. Occurence of Anthracnose on English Ivy Caused by *Colletotrichum trichellum* in Korea. In : *Microbiolgy*. 2001. Vol. 29, pp. 107‑109.

KOPPERT, 2012. *Chrysopa (codes 04280 - 04285)*. mars 2012.

MALAIS M. H. et RAVENSBERG W. J., 2008. Connaître et reconnaître : la biologie des ravageurs des serres et de leurs ennemis naturels. Berkel en Rodenrijs : Koppert. ISBN 978-90-5439-176-0.

MAMAROT J., PSARSKI P. et ROUQUIER R., 1997. Mauvaises herbes des grandes cultures. Paris : Assocation de Coordination Technique Agricole. ISBN 978-2-85794-148-4.

METCALFE D. J., 2005. *Hedera helix* L. In : *Journal of Ecology*. juin 2005. Vol. 93, n° 3, pp. 632‑648. DOI 10.1111/j.1365-2745.2005.01021.x.

MIGLIORINI D., GHELARDINI L., TONDINI E., LUCHI N. et SANTINI A., 2015. The potential of symptomless potted plants for carrying invasive soilborne plant pathogens. In : RICHARDSON, David M. (éd.), *Diversity and Distributions*. octobre 2015. Vol. 21, n° 10, pp. 1218‑1229. DOI 10.1111/ddi.12347.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT, 2015. Plan Ecophyto II. 20 octobre 2015. Disponible à l'adresse : agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/151022_ecophyto.pdf

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE, 2008. *Plan Ecophyto 2018 de réduction des usages de pesticides 2008-2018*. 10 septembre 2008. Disponible à l'adresse : https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/plant/docs/pesticides_sup_nap_france_plan_ecophyto_fr.pdf

MINUTO A., GULLIN, M L., TITONE P. et GARIBALDI A., 2001. Influence of cultural practices on incidence of *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* causing root rot of lavender (*Lavandula officinalis* L.). In : *Phytopathologia Mediterranea*. 2001. Vol. 40, n° 1, pp. 45-54.

MULLEN J. et HAGAN A., 1999. Diseases of English Ivy. avril 1999. In : Alabama Cooperative Extension System

MUTTALEB A., 2018. The Effect of Three Different Mulches on Weed Presence, Soil Characteristics, and Zinnia Growth. In *Murray State Theses and Dissertations*. : . 79 p.

PARKE J. L. et GRÜNWALD N. J., 2012. A Systems Approach for Management of Pests and Pathogens of Nursery Crops. In : *Plant Disease*. septembre 2012. Vol. 96, n° 9, pp. 1236‑1244. DOI 10.1094/PDIS-11-11-0986-FE.

PETIT M-S, REAU R., DUMAS M., MORAINE M., OMON B. et JOSSE S., 2012. Mise au point de systèmes de culture innovants par un réseau d'agriculteurs et production de ressources pour le conseil. In : *Innovations Agronomiques*. 2012. Vol. 20, pp. 79‑100.

PRUSINOWSKA R. et ŚMIGIELSKI K B., 2014. Composition, biological properties and therapeutic effects of lavender (*Lavandula angustifolia* L). A review. In : *Herba Polonica*. 2 octobre 2014. Vol. 60, n° 2, pp. 56‑66. DOI 10.2478/hepo-2014-0010.

REGNAULT-ROGER C., 2012. Trends for Commercialization of Biocontrol Agent (Biopesticide) Products. In : MÉRILLON, Jean Michel et RAMAWAT, Kishan Gopal (éd.), *Plant Defence: Biological Control* [en ligne]. Dordrecht : Springer Netherlands. pp. 139‑160. [Consulté le 14 août 2018]. ISBN 978-94-007-1932-3. Disponible à l'adresse : http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-94-007-1933-0_6.

ROOT A., SAMPSON C. et LEWIS J., 2008. Efficacy of Eradicoat and Eradicoat T against *Tetranychus urticae* (Koch), their toxicity to *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot) and their role integrated pest management programs. In : *Integrated Control in Protected Crops, Temperate Climate.* Vol. 32, pp 179-182.

SAPONARI M., LOCONSOLE G., CORNARA D., YOKOMI R. K., DE STRADIS A., BOSCIA D., BOSCO D., MARTELLI G. P., KRUGNER R. et PORCELLI F., 2014. Infectivity and Transmission of *Xylella fastidiosa* by *Philaenus spumarius* (Hemiptera: Aphrophoridae) in Apulia, Italy. In : *Journal of Economic Entomology*. 1 août 2014. Vol. 107, n° 4, pp. 1316‑1319. DOI 10.1603/EC14142.

SEBILLOTTE M., 1990. Système de culture, un concept opératoire pour les agronomes. p. 165‑196.

SERAIL, 2015a. *Orius laevigatus*. février 2015. Disponible à l'adresse : ecophytopic.fr/sites/default/files/Fiche_Orius%20laevigatus.pdf

SERAIL, 2015b. *Phytoseiulus persimilis*. 2015. Disponible à l'adresse : cultures-legumieres.ecophytopic.fr/sites/default/files/actualites_docccultures_legumieres/Fiche_Phytoseiulus_persimilis_cle85b79d.pdf

SILVA D. B., BUENO V. H. P., SAMPAIO M. V. et LENTEREN J. C VAN, 2015. Performance of the parasitoid *Praon volucre* in *Aulacorthum solani* at five temperatures. In : *Bulletin of Insectology.* Vol. 68. pp. 119-125.

SUTY L., 2010. La lutte biologique : vers de nouveaux équilibres écologiques. Versailles : Quae. ISBN 978-2-7592-0612-4.

TROTTIN-CAUDAL Y., VILLENEUVE F., ARVANITAKIS L. et CENTRE TECHNIQUE INTERPROFESSIONNEL DES FRUITS ET LÉGUMES, 2006. Reconnaître les auxiliaires: légumes et fraises sous serres, abris et en plein champ = Recognizing beneficials : protected and field vegetable and strawberry crops. Paris : CTIFL. ISBN 978-2-87911-193-3.

VAN LEEUWEN T., DERMAUW W., GRBIC M., TIRRY L. et FEYEREISEN R., 2013. Spider mite control and resistance management: does a genome help? In : *Pest Management Science*. février 2013. Vol. 69, n° 2, pp. 156‑159. DOI 10.1002/ps.3335.

ZAHM, F, 2011. Grenelle Environnement, plan Ecophyto 2018 et indicateurs agro-environnementaux: Outils de pilotage versus instruments d'une transformation de l'action publique agro-environnementale. 10èmes journées françaises de l'évaluation, Jun 2011, Nantes, France. 13 p., 2011. <hal-00622558> .

Sitographie

[1] https://www6.inra.fr/encyclopedie-pucerons/Glossaire, consulté le 21/08/2018

[2] http://www.cnrtl.fr/definition/metabole/1, consulté le 21/08/18

[3] http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/2439/0/quantites-pesticides-vendues-france.html, consulté le 15/06/2018

[4] http://www.adt.educagri.fr/index.php?id=213, consulté le 22/03/2018

[5] https://www6.inra.fr/encyclopedie-pucerons/Especes/Pucerons, consulté le 21/08/18

[6] https://www.tela-botanica.org/, consulté le 21/08/18

[7] https://www.ibmafrance.com/biocontrole/, consulté le 14/08/18

[8] http://ephytia.inra.fr/fr/C/18479/Biocontrol-Fiches-auxiliaires-ravageurs, consulté le 21/08/18

[9] https://ephy.anses.fr/ppp/eradicoat, consulté le 19/07/18

[10] https://ephy.anses.fr/ppp/prev-am, consulté le 24/08/2018

AGROCAMPUS OUEST

☑ **CFR Angers**

☐ **CFR Rennes**

Année universitaire : 2017 - 2018

Spécialité :

HORTICULTURE

Spécialisation (et option éventuelle) :

PROTECTION DES PLANTES ET DE L'ENVIRONNEMENT EN HORTICULTURE

Mémoire de Fin d'Études

☑ d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage

☐ de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage

☐ d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Annexes

Par : Coralie PETITJEAN

Soutenu à ANGERS le 6 septembre 2018

Devant le jury composé de :

Président : M. Bruno JALOUX

Maître de stage : Mme Sophie BRESCH

Enseignant référent : Mme Vanessa SOUFFLET-FRESLON

Autres membres du jury (Nom, Qualité)

M. Tom HEBBINCKUYS, chargé d'expérimentation

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation «Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France» disponible en ligne http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr

Annexe I : Comparaison des axes des deux plans Ecophyto

Plan Ecophyto 2018 (2008-2018)

AXE 1 : Évaluer les progrès en matière de diminution de l'usage des pesticides

AXE 2 : Recenser et généraliser les systèmes agricoles et les moyens connus permettant de réduire l'utilisation des pesticides en mobilisant l'ensemble des partenaires de la recherche, du développement et du transfert

AXE 3 : Innover dans la conception et la mise au point des itinéraires techniques et des systèmes de cultures économes en pesticides

AXE 4 : Former à la réduction et à la sécurisation de l'utilisation des pesticides

AXE 5 : Renforcer les réseaux de surveillance sur les bio-agresseurs et sur les effets non intentionnels de l'utilisation des pesticides

AXE 6 : Prendre en compte les spécificités des DOM

AXE 7 : Réduire et sécuriser l'usage des produits phytopharmaceutiques en zone non agricole

AXE 8 : Organiser le suivi national du plan et sa déclinaison territoriale, et communiquer sur la réduction de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques

Plan Ecophyto II

AXE 1 : Faire évoluer les pratiques et les systèmes

AXE 2 : Amplifier les efforts de recherche, développement et innovation

AXE 3 : Réduire les risques et les impacts des produits phytopharmaceutiques sur la santé humaine et sur l'environnement

AXE 4 : Supprimer l'utilisation de produits phytopharmaceutiques partout où cela est possible dans les jardins, les espaces végétalisés et les infrastructures

AXE 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

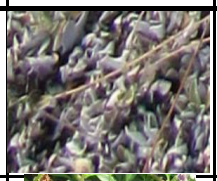
AXE 6 : S'appuyer sur une communication dynamique et des approches participatives, pour instaurer un débat citoyen constructif quant à la problématique des produits phytopharmaceutiques, et instaurer une gouvernance simplifiée

Annexe II : Programme de protection sanitaire

CULTURES	N° TTT	Date	Produits	Problématiques	Culture	Mode application	Dose homologuée	Dose appliquée	Dosage de produit dans la bouillie (%)	Surface traitée (m²)	Coeff. De surface traitée (%)
	1	S 22	Californicus	Acariens	Lierre	Lâcher	50 ind/m²	50 ind/m²	100%	30	100%
	2	S 24	Californicus	Acariens	Lierre	Lâcher	50 ind/m²	50 ind/m²	100%	30	100%
	3	S 25	Persimilis	Acariens	Lierre	Lâcher	6 ind/m²	6 ind/m²	100%	15	50%
	4	S 26	Californicus	Acariens	Lierre	Lâcher	50 ind/m²	50 ind/m²	100%	30	100%
	5	S 28	Californicus	Acariens	Lierre	Lâcher	50 ind/m²	50 ind/m²	100%	30	100%
	6	S 30	Eradicoat	Acariens	Lierre	Pulvérisation	75 L/ha	25 L/ha	33%	2	7%
	7	S 33	Eradicoat	Acariens	Lierre	Pulvérisation	75 L/ha	25 L/ha	33%	6	20%
	8	S 34	Californicus	Acariens	Lierre	Lâcher	50 ind/m²	50 ind/m²	100%	30	100%
	9	S 36	Californicus	Acariens	Lierre	Lâcher	50 ind/m²	50 ind/m²	100%	30	100%
	10	S 38	Californicus	Acariens	Lierre	Lâcher	50 ind/m²	50 ind/m²	100%	30	100%

Annexe III : Caractéristiques des espèces utilisées en couvre-sol et des plantes fleuries

Les photos sont personnelles.

Espèce	Période de floraison	Type de sol	Exposition	Hauteur	Photo	Références
Hieracium pilosella	Juillet à septembre - fleurs jaunes	Sec	Ensoleillement	15 cm		Pépinières Lepage, 2016
Lippia nodiflora	Juin à août - fleurs roses	Sec et frais	Ensoleillement	3 cm		Pépinières Lepage, 2016
Potentilla fruticosa 'Goldfinger'	Début juin à octobre - fleurs jaunes foncées	Sols meubles acides à neutre, frais et peu humide	Ensoleillement direct à indirect	Jusqu'à 1,3 m		Pépinières Lemaire, 2017

Références bibliographiques :

www.lepage-vivaces.com/pdfvegecad/101381.pdf, consulté le 21/08/2018

https://www.lepage-vivaces.com/doc/pdf_plante/2506_PHYLNOCA.pdf, consulté le 21/08/2018

http://www.catalogue-pepiniere-lemaire.be/Arbres/potentilla%20fruyicosa%20potentille%20arbustive.pdf, consulté le 21/08/2018

Annexe IV : Relevés des abords

Date	Bosquet	Aire pluvio	Bande sable	Couvre-sol (PLACOHB)	Potentilles
28/05/2018	4 coccinelles (L)				6 Méligèthes
05/06/2018	Coccinelle (L) Cicadelles (A)			Bourdons	Méligèthes
11/06/2018					Syrphe (A)
20/06/2018	Coccinelle à 22 points (A) Coccinelle à 2 points (A) Coccinelles à 7 points (A) Coccinelles asiatiques (A) Punaises (L) Scymnus (L) Syrphes (A) Cicadelle verte (A) Lépidoptères Abeilles Guêpes			Abeilles Guêpes Bourdons Syrphes Coléoptères Téléphore fauve	Syrphes (A) Méligèthes
25/06/2018	Punaises (L - A) Syrphes (A) Pucerons Coccinelles asiatiques (A) Bourdons Abeilles Scymnus (L)			Bourdons Abeilles	Méligèthes Punaises Coléoptères
02/07/2018		Lépidoptères		Syrphe (A)	
09/07/2018	Syrphes (A) Punaises vertes (A) *Tyria jacobaeae* (Chenille) *Yponomeuta* sp.			Bourdons Abeilles	
18/07/2018	Syrphes (A) Guêpes *Alydus* sp. Chrysopes (O) Chrysopes (L) Lépidoptères Momies (Classe 4) Cicadelle verte (A) Cicadelle (L)	Guêpes	Sauterelle	Bourdons Abeilles Lépidoptères	Bourdons Diptères *Oulema melanopus* ? Chrysomèle Abeilles Guêpe Praon
25/07/2018	Chrysopes (O) Guêpes Sauterelle Aleurodes Lépidoptères (Ooplaques) Chenilles (cocons) Bourdons Abeilles			Abeilles nombreuse Bourdons Sauterelle	Chrysomèle Abeilles
01/08/2018	Guêpes Araignées Fourmis Orius Cicadelle (L - A) Diptères			Abeilles	Bourdons Chrysomèles
06/08/2018	Chrysope (A) *Yponomeuta* sp. (A) Coléoptère noir Araignées Punaise verte (A) *Rhaphigaster nebulosa* (A) Guêpes Dégâts chenille			Syrphe (A) Bourdons Abeilles	Bourdons Guêpe
13/08/2018	Parasitoïdes x2 ?? Guêpes Cicadelle verte (A) Œuf chrysope Acariens Dégâts chenille			Bourdons Syrphes	
20/08/2018	Guêpes *Alydus* sp.			Abeilles Bourdons Syrphe	

Annexe V : Mesures de conductivité – pH – nitrates du substrat de culture d'*Hedera helix*

	Königer's Auslese'			Glacier'		
Date	Conductivité	pH	Nitrates	Conductivité	pH	Nitrates
01/06/2018	0,68	5,03	500	0,54	5,63	250
21/06/2018	0,84	5,29	250	0,74	4,86	250
22/06/2018				0,73	5,5	250
06/07/2018	0,66	5,04	250	0,82	4,96	250
19/07/2018	1,27	5,04	500	0,61	4,96	250
24/07/2018	0,53	5,19	250			
08/08/2018	2,74	4,93	500	1,73	5,08	500
14/08/2018	2,17	5,31	500	1,15	4,98	500

Les valeurs d'août sont élevées mais probablement dues au surfaçage.

Annexe VI : Classes de notations des bioagresseurs

			Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Ravageurs	**Thrips**		Absence	1	2-3	4-7	8-15	16-32
	Pucerons		Absence	1-3	4-10	11-30	31-100	> 100
	Cochenilles		Absence	1 organe touché	2-3 organes touchés	4 organes et plus		
	Acariens		Absence	1-10	10-50	> 50	Toile	
	Chenilles		Absence	Dégâts ou excréments sans chenille	1 chenille vivante	2 chenilles et plus		
	Aleurodes		Absence	Quelques adultes	3-10	11-30	31-100	> 100
	Mineuses		Absence	1 feuille touchée	2-3 feuilles touchées	4 feuilles et plus		
	Cicadelles		Absence	1-2	3-10	> 10		
Maladies	**Fusariose**		Absence	1 organe touché	Plante entière			
	Rouille		Absence	1 organe touché	Plante entière			
	Oïdium		Absence	1 feuille touchée	2-3 feuilles touchées	4 feuilles et plus		
	Botrytis		Absence	1 feuille touchée	2-3 feuilles touchées	4 feuilles et plus		
Auxiliaires	Nombre exact	**Phytoseides**						
		Prédateurs pucerons						
		Orius						
		Thrips prédateurs						
		Macrolophus						
	Classes	**Momies / parasitoïdes pucerons**	Absence	1-3	4-10	11-30	31-100	
		Momies / parasitoïdes aleurodes	Absence	1-3	4-10	11-30	31-100	
		Momies / parasitoïdes cochenilles	Absence	1-3	4-10	11-30	31-100	

Annexe VII : Données de distance de chaque zone aux abords, calculées sous R

	bloc	A	B	C	distances_bloc_cs	distances_bloc_bosquet	classe
1	1	4 . 7	56.5 . 17.5	139.5 . 40.5	63.0	169.0	E
2	2	28.5 . 8	56.5 . 17.5	139.5 . 40.5	37.5	143.5	I
3	3	38 . 7	56.5 . 17.5	139.5 . 40.5	29.0	135.0	P
4	4	47.25 . 26.25	56.5 . 17.5	139.5 . 40.5	18.0	106.5	P
5	5	19.25 . 26.75	56.5 . 17.5	139.5 . 40.5	46.5	134.0	I
6	6	12.25 . 26.25	56.5 . 17.5	139.5 . 40.5	53.0	141.5	E

La colonne ‘bloc’ correspond à chacune des zones ;

la colonne 'A' aux coordonnées du centre de la zone ;

la colonne 'B' aux coordonnées du centre de la zone couvre-sol ;

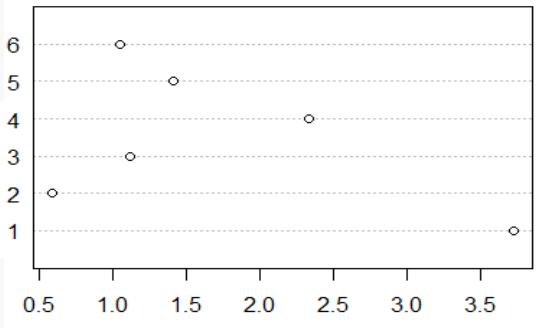
la colonne 'C' aux coordonnées du centre de la zone bosquet ;

les colonnes « distances_bloc_cs » et « distances_bloc_bosqet » aux calculs des distances considérées ;

et la colonne ‘classe’ au code de la classe d’éloignement au bosquet de chaque zone.

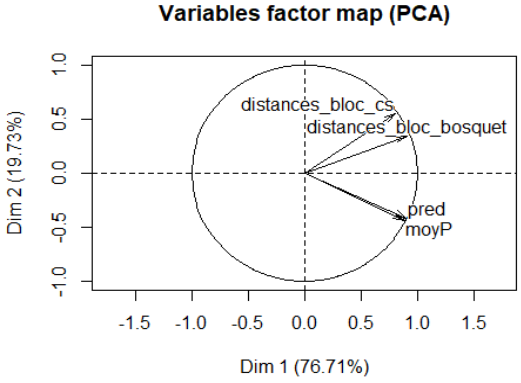
Annexe VIII : Résultat de l'ACP prenant en compte les moyennes de chaque zone sur la saison

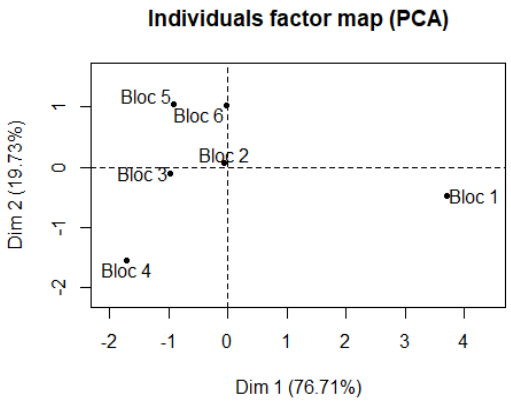
```
res <- PCA(bloc_ACP)

## Etape 1 : Présence de distorteurs ?
dotchart(res$ind$dist)
```




```
## Etape 2 : Nombre d'axe ?
res$eig
```

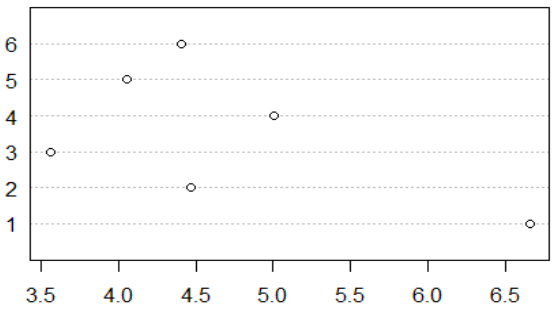
```
##       eigenvalue percentage of variance cumulative percentage of variance
## comp 1 3.06859123             76.7147806                          76.71478
## comp 2 0.78924194             19.7310486                          96.44583
## comp 3 0.10617377              2.6543442                          99.10017
## comp 4 0.03599306              0.8998266                         100.00000

## Etape 3 : Que représente les axes ?
res$var$cor # coefficient de corrélation entre variable initiale et axe

##                            Dim.1      Dim.2       Dim.3       Dim.4
## pred                   0.8996862 -0.4138440 -0.03037128  0.13555637
## moyP                   0.8851515 -0.4392553  0.09169530 -0.12309975
## distances_bloc_cs      0.8091387  0.5516895  0.20022656  0.02902789
## distances_bloc_bosquet 0.9060670  0.3473738 -0.23822815 -0.04026617

## Etape 4 : qualité de représentation des individus
res$ind$cos2

##               Dim.1       Dim.2        Dim.3        Dim.4
## Bloc 1 0.9832478417 0.016052299 0.0005230931 0.0001767660
## Bloc 2 0.0106218985 0.010651976 0.6998360786 0.2788900465
## Bloc 3 0.7684299530 0.008304964 0.1321057743 0.0911593091
## Bloc 4 0.5412892862 0.440026024 0.0180235015 0.0006611879
## Bloc 5 0.4294898356 0.547356265 0.0228407182 0.0003131810
## Bloc 6 0.0005010426 0.925920937 0.0734883861 0.0000896343

par(mfrow = c(1, 2))
plot(res, choix = "var", axes = c(1, 2))

plot(res, choix = "ind", axes = c(1, 2))
```





Annexe IX : Résultat de l'ACP prenant en compte les moyennes de chaque zone par semaine

```
res <- PCA(bloc_sem_ACP)
## Etape 1 : Présence de distorteurs ?
dotchart(res$ind$dist)
```




```
## Etape 2 : Nombre d'axe ?
res$eig
```

```
##        eigenvalue percentage of variance cumulative percentage of variance
## comp 1   9.081233              39.483621                           39.48362
## comp 2   4.919661              21.389831                           60.87345
## comp 3   4.110378              17.871208                           78.74466
## comp 4   2.830905              12.308281                           91.05294
## comp 5   2.057824               8.947059                          100.00000

## Etape 3 : Que représente les axes ?
res$var$cor # coefficient de corrélation entre variable initiale et axe
```

```
##                Dim.1        Dim.2        Dim.3       Dim.4       Dim.5
## MoyP...S.20 -0.26274445 -0.726029594 -0.22110897 -0.34804936  0.48354819
## MoyP...S.21  0.94702757  0.310889595  0.03948619 -0.03846560 -0.05871692
## MoyP...S.22  0.85702283  0.451617658 -0.21625338  0.04225777 -0.11402684
## MoyP...S.23  0.63163705  0.312080754 -0.42564228  0.56776273  0.01069407
## MoyP...S.24  0.97802468  0.130274940 -0.15237304 -0.03863314  0.04226221
## MoyP...S.25  0.57954198 -0.226825951 -0.22359407 -0.69398943  0.28471994
## MoyP...S.26 -0.10617366 -0.683744281 -0.18283245  0.66244622 -0.22126503
## MoyP...S.27  0.01313580  0.283669548  0.79367587 -0.22581854 -0.48830690
## MoyP...S.28 -0.18797016  0.103626237  0.08324468 -0.48407713 -0.84419694
## MoyP...S.29         NaN          NaN         NaN         NaN         NaN
## MoyP...S.30         NaN          NaN         NaN         NaN         NaN
## MoyP...S.31         NaN          NaN         NaN         NaN         NaN
## MoyP...S.32         NaN          NaN         NaN         NaN         NaN
## Pred...S.20         NaN          NaN         NaN         NaN         NaN
## Pred...S.21 -0.58304084  0.264299278 -0.43452320 -0.63173289 -0.04808745
## Pred...S.22 -0.30141464  0.295992107  0.72927294  0.10747275  0.52739784
## Pred...S.23  0.97128095  0.189153929  0.10566782  0.00840532  0.09796819
## Pred...S.24  0.78981021  0.240002546  0.56049276  0.06313220 -0.02146626
## Pred...S.25  0.98419530  0.153937213 -0.07030950 -0.03380184  0.03971095
## Pred...S.26  0.97802468  0.130274940 -0.15237304 -0.03863314  0.04226221
## Pred...S.27 -0.19660909  0.005764112  0.92714906  0.29669519 -0.11695399
## Pred...S.28 -0.20480488  0.960971386 -0.07856453  0.13880644 -0.09565220
## Pred...S.29 -0.07971764 -0.628997619 -0.19273589  0.69576217 -0.27708297
## Pred...S.30 -0.34441415  0.804132817 -0.40161884  0.21175954  0.16914346
## Pred...S.31 -0.16440503  0.053664983  0.87997807  0.01252573  0.44223610
## Pred...S.32 -0.40847571  0.759538567 -0.25044839  0.34290421  0.27557407
## ...._cs      0.75324784 -0.635556813  0.03629834  0.06012634  0.15411841
## ..._bosquet  0.86759280 -0.355541913  0.33428714 -0.04435023 -0.08460405
```

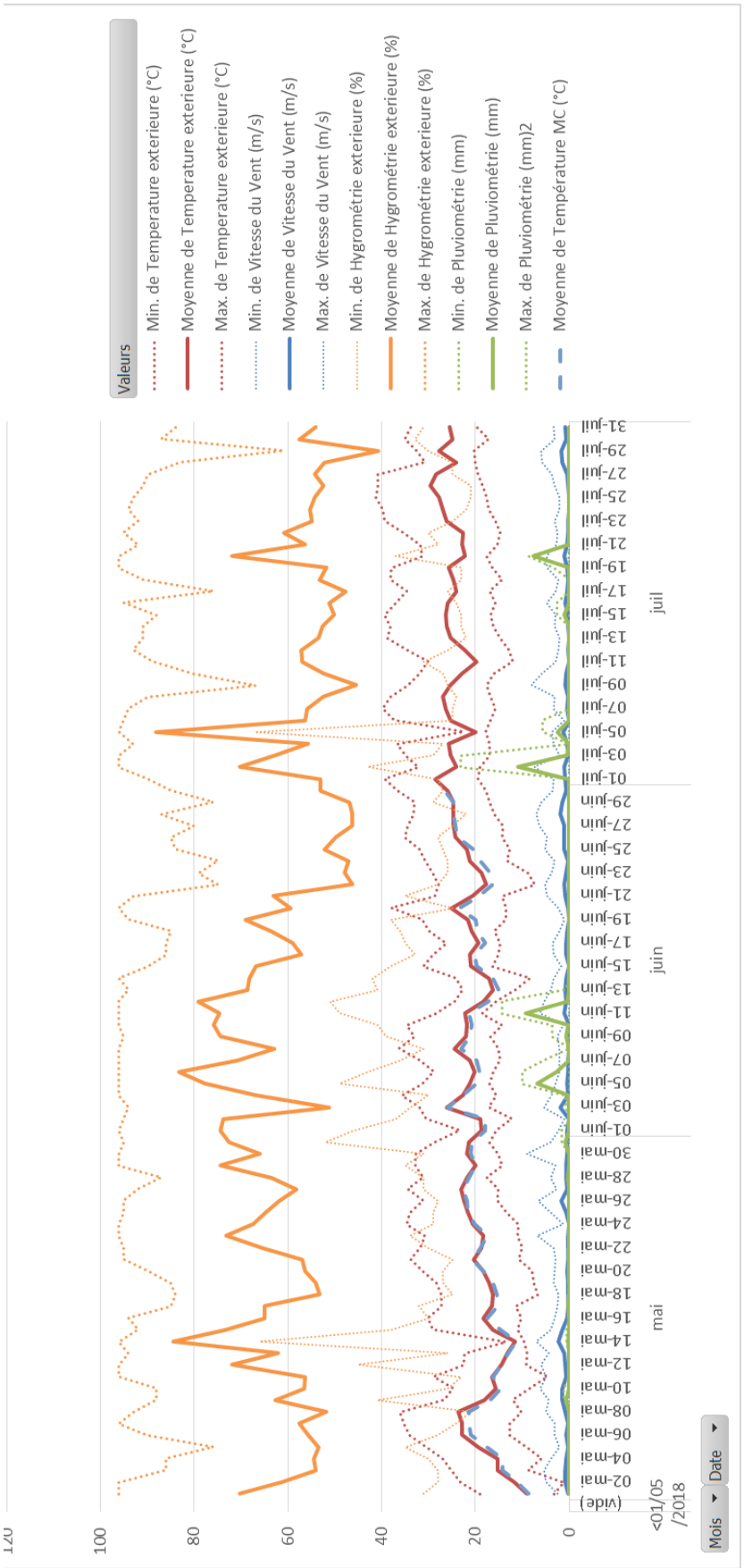
```
## Etape 4 : qualité de représentation des individus
res$ind$cos2

##         Dim.1       Dim.2      Dim.3        Dim.4        Dim.5
## 1 0.97894499 0.009409592 0.01075504 0.0004761669 0.0004142155
## 2 0.01825019 0.048686675 0.86706779 0.0354609284 0.0305344141
## 3 0.12671941 0.020863885 0.01124904 0.2619840865 0.5791835792
## 4 0.25495563 0.464415256 0.22320888 0.0412922002 0.0161280270
## 5 0.13198741 0.285668119 0.02590206 0.3454029729 0.2110394354
## 6 0.02636540 0.592350184 0.03538704 0.3199502312 0.0259471479

par(mfrow = c(1, 2))
plot(res, choix = "var", axes = c(1, 2))

plot(res, choix = "ind", axes = c(1, 2))
```

➔ Les résultats graphiques sont présentés en figure 19

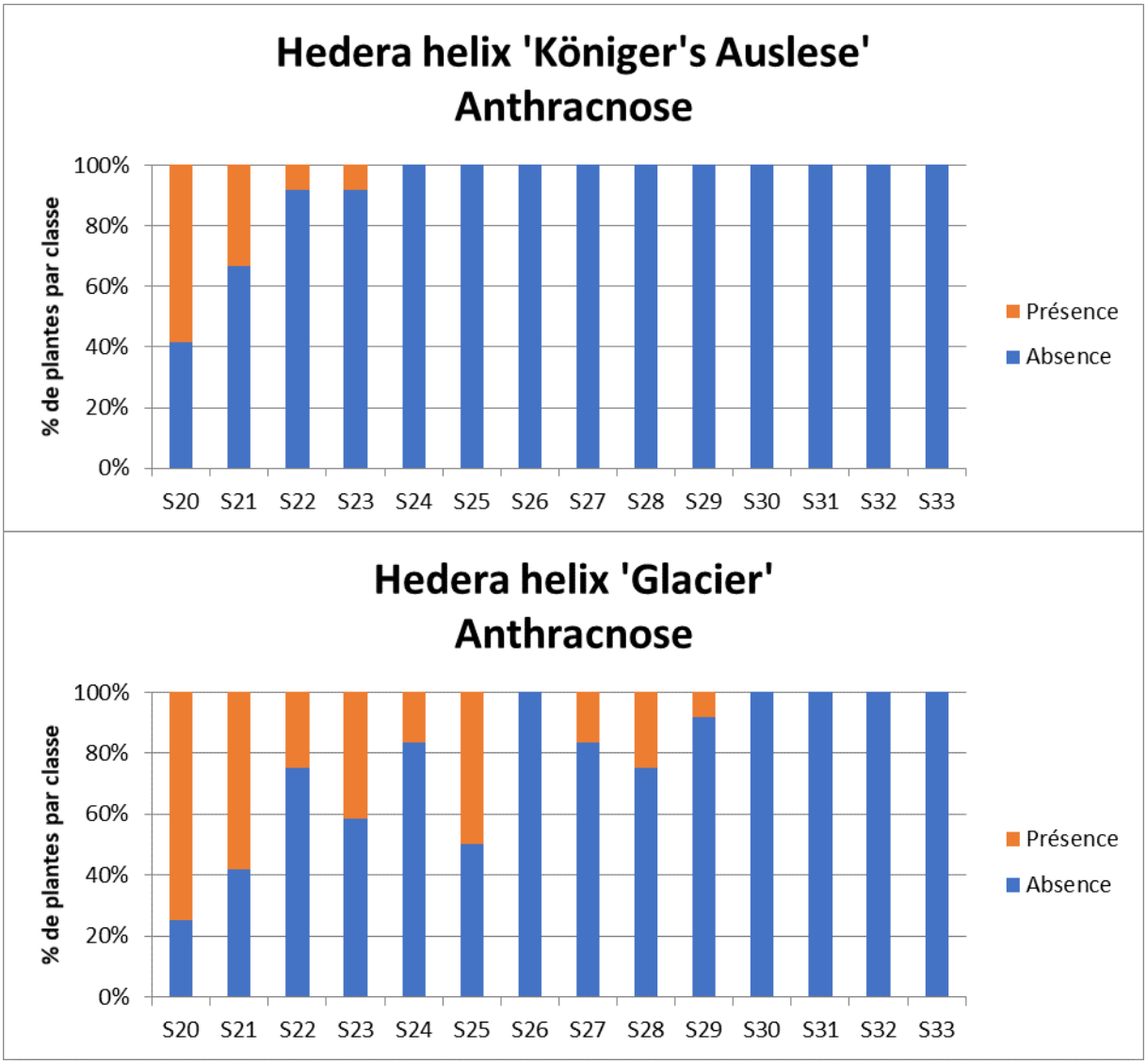
```
par(mfrow = c(1, 2))
plot(res, choix = "var", axes = c(1, 2))

plot(res, choix = "ind", axes = c(1, 2))
```

➔ Les résultats graphiques sont présentés en figure 19

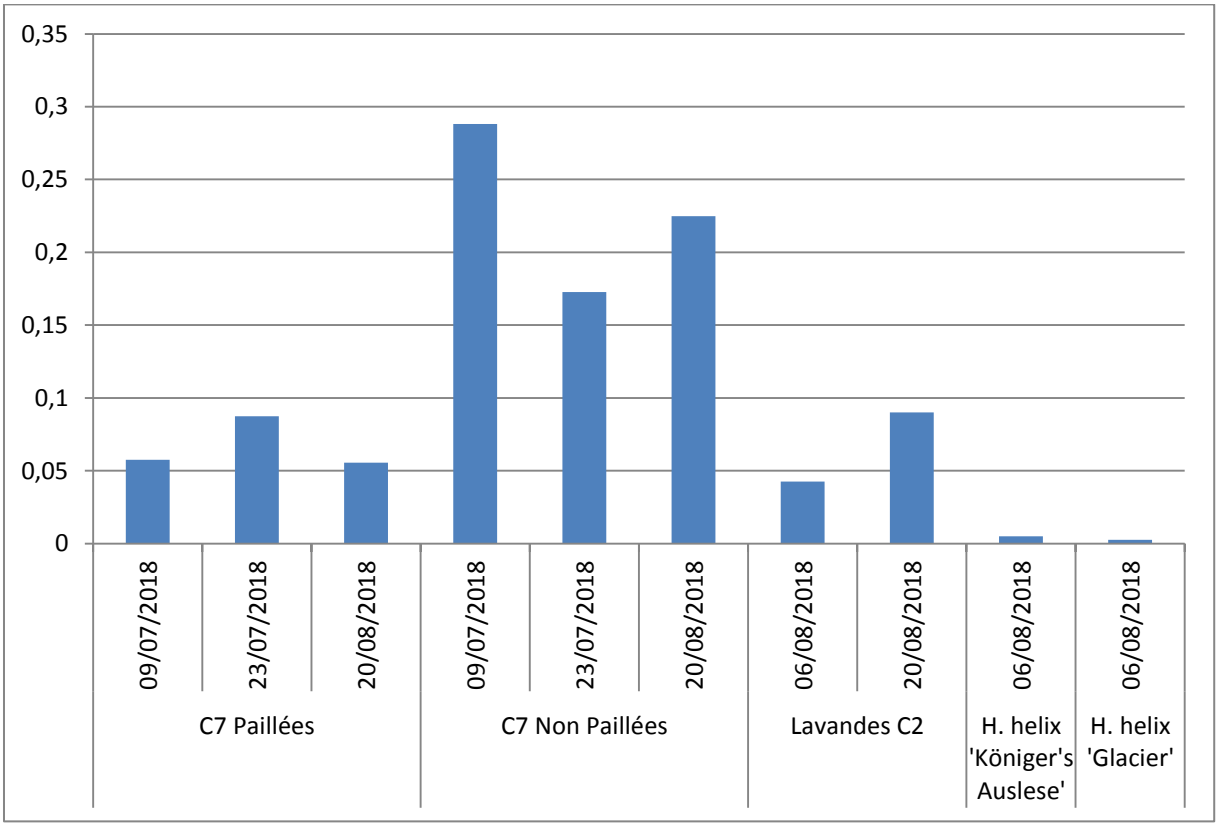
Annexe X : Données climatiques de mai à août 2018



Annexe XI : Evolution de l'anthracnose sur les deux variétés de Lierre



Annexe XII : Données de désherbage



Pourcentage de plants désherbés pour chaque culture.

Lierres	Lavandes C7,5	Lavandes C2
Epilobium tetragonum	*Oxalis* sp.	*Epilobium tetragonum*
Taraxacum sp.	*Senecio vulgaris*	*Senecio vulgaris*
	Euphorbia maculata	*Sonchus oleraceaus*
		Rumex sp.
		Euphorbia maculata
		Helminthotheca echioides
		Graminée
		Cardamine hirsuta
		Convolvulus arvensis

Liste (non exhaustive) des adventices rencontrées

Annexe XIII : Explications des tableaux économiques

Tableau du calcul des coûts de protection

	Prix (en €/L, ou Kg ou indv.)	Quantité prélevée (en L ou ind/m²)	Coût produit (en €/m²)	Temps de préparation / EPI / nettoyage (en h)	Temps appli. (en h/m²)	Coût horaire (en €)	Coefficient surface traitée (en %)	Coût pour 1000m²
Californicus	267,69 € les 500 sachets + 19,78 € de transport	Pour 1000 m², 400 sachets sont nécessaires soit 0,4 sachet / m²	Prix * quantité prélevée	Pas de temps de préparation	1h30 d'application sont nécessaires pour 1000 m²	Coût moyen d'après enquête	Surface traitée / Surface totale du système(3150 m²) ou surface totale de culture	(Temps d'application * Coût horaire + Coût du produit) * 1 000 m² + Temps de préparation * Coût horaire
Persimilis	18,43 € les 2 000 individus + 19,78 € de transport	6 individus sont nécessaires / m²						
Eradicoat	75,35 € les 5 L	La dose recommandée est de 25 L/ha 0,25 mL/m²		Une demie-heure de préparation est nécessaire par traitement quelque soit la surface	Une demie-heure d'application est nécessaire pour 1000 m²			
Epsilon	200,10 € le kg	0,2 kg/ha			Deux produits utilisés en mélange donc 1/4 d'heure d'application chacun			
Altar	34,81 les 5L	7 L/ha						
Mustang Duo	186,38 les 5L	7 L/ha						

Tableau du calcul du bilan global

Cultures	Coefficient de surface pour une surface totale de 1000 m² de système	Temps	Coût horaire	Nombre de pots (pour 1000 m² de chaque culture)	Coût pot	Quantité substrat	Coût substrat	Nom engrais	Quantité engrais	Coût engrais	Quantité paillis	Coût paillis	Coût tuteur	Coût plante
	(en %)	(en h)	(en €)		(en €)	(en L/pot)	(en €/L)		(en kg/pot)	(en €/Kg)	(en L/pot)	(en €/L)	(en €)	(en €)
Lavandes godets	Surface traitée / Surface totale du système(3150 m²) ou surface totale de culture	Extrapolation du nombre d'heures passées	Coût moyen d'après enquête	Densité réelle observée ramenée à 1000 m²	Prix d'1 pot	Contenance	180€ les 2000 L					80 € / m3		Coûts des intrants et coût de la protection sanitaire de 2017 sur 1000 m² divisés par le nombre de plants
Lavandes C2									25 semaines de culture * 7 jours soit 126 arrosages de 200 mL avec 1 g/L	2412,6 € les 1200 kg	Volume d'un cylindre (en L) = pi * (16,5 cm)² * 2 cm de paillis * 1000			
Lavandes C7,5									22 semaines de culture * 7 jours soit 154 arrosages de 200 mL avec 1 g/L		Volume d'un cylindre (en L) = pi * (25,9 cm)² * 2 cm de paillis * 1000			
Lierres C3									Basacote : dose de 4 kg/m3	107,42 € les 25 kg	Volume d'un cylindre (en L) = pi * (19 cm)² * 2 cm de paillis * 1000		22,90 € HT les 500 tuteurs	0,74 € pièce
									LD Plus : dose de 3 g/L	82,62 € les 25 kg				
Vivaces C2									Basacote : dose de 4 kg/m3	107,42 € les 25 kg	Volume d'un cylindre (en L) = pi * (16,5 cm)² * 2 cm de paillis * 1000			1,15 € pièce
Potentilles				1 potentille pour 15 m² ramené à 1000 m²										3,70 € en C3

Coût pour 1000 m² de surface de culture = coût des potentilles à raison d'une potentille pour 15 m² de culture + coût de chaque culture * proportion qu'elle représente dans 1000 m² de surface de culture sensu stricto + temps d'observation*coût horaire

Chiffre d'affaire potentiel = prix de vente de la plante d'après le catalogue "Plandanjou" * nombre de plants commercialisables d'après la notation qualité * proportion de la culture dans 1000 m² de surface de culture

Marge opérationnelle = Chiffre d'affaire potentiel - (coûts de production + coûts de protection)

Date	Piège 1 (CAAHMRO)	Piège 2	Piège 3	Piège 4	Piège 5	Piège 6	Piège 7	Piège 8	Piège 9	Piège 10
21/06/2018	*Ectobius* juvénile Divers acariens	Carabe (*Harpalus* ?) Hyménoptère	Fourmi							
03/07/2018	Fourmis Cloporte	Acariens								
18/07/2018 (T0)	Araignée Cloporte Fourmi		2 fourmis 1 Méligèthe	1 limace	1 Cloporte	1 Cloporte 1 Carabe	1 Sauterelle	2 Cloportes 1 Araignée	2 Araignées 3 Cloportes Coléoptère orange et bleu	
19/07/2018	Fourmi Diptère			2 limaces larves			*Lygus* sp.	Fourmi Cloporte	Cloporte	2 Araignées Coléoptère Fourmi
25/07/2018		Escargot 2 Araignées Fourmi Thrips Coléoptère métallique Cocon chenille						Cloporte	Carabe Cloporte Araignée	

	Diplôme : Ingénieur Spécialité : Horticulture Spécialisation / option : Protection des Plantes et de l'Environnement en Horticulture Enseignant référent : Vanessa SOUFFLET-FRESLON

Auteur(s) : Coralie PETITJEAN Date de naissance* : 23/08/1995	Organisme d'accueil : CDHR Centre Val de Loire Adresse : 620 Rue de Cornay 45590 Saint-Cyr-en-Val, France Maître de stage : Sophie BRESCH
Nb pages : 37 Annexe(s) : 14	
Année de soutenance : 2018	

Titre français : Mise en place de systèmes de culture innovants dans un objectif « Zéro Phyto » dans le cadre du programme DEPHY EXPE en pépinière ornementale hors-sol

Titre anglais : Establishment of innovative cropping system with the aim of "Zéro Phyto" as part of DEPHY EXPE program in ornamental horticulture in nurseries

Résumé (1600 caractères maximum) :

Dans le cadre du Plan Ecophyto II, le programme DEPHY EXPE HORTIPEPI vise à mettre au point des systèmes de culture innovants, viables économiquement, produisant des plants répondant au cahier des charges de qualité sans utilisation de produits phytosanitaires. Pour cela, au CDHR Centre Val de Loire, un système de culture est défini regroupant plusieurs gammes (grimpantes, méditerranéennes, vivaces) ainsi que leurs abords. L'étude est réalisée sur une année complète prenant en compte les successions de culture, le précédent cultural ainsi que les interactions entre les composantes. Différents leviers d'action sont mis en œuvre dont la mise en place de paillage, la PBI en passant par la gestion des abords ou de l'irrigation. Les cultures sont gérées selon des règles de décision définies en amont en concertation avec les autres stations participantes. Il résulte de cette première année d'expérimentation, une bonne régulation des bioagresseurs sans utilisation de produit phytosanitaire. L'approche économique quant à elle montre un coût de protection sanitaire acceptable et une marge opérationnelle positive rendant le système économiquement viable. D'autres expérimentations sont à mener pour confirmer les résultats et travailler sur la qualité des plants.

Abstract (1600 caractères maximum) :

In the Plan Ecophyto II, DEPHY EXPE HORTIPEPI program aims to develop innovative cropping systems, economically viable, producing plants in accordance with quality specifications without the use of any pesticides. For this purpose, CDHR Centre Val de Loire defined a cropping system with several ranges (climbing plant, Mediterranean plant, perennial) and their environment. The study is carried out over a full year taking into account the successions of culture, the previous crop as well as the interactions between the components. Various methods of action are implemented including the use of straw mulch, integrated crop protection as well as the management of surrounding areas or irrigation. Crops are managed according to decision rules defined beforehand in agreement with the other participating stations. As a result of this first year of experimentation is a good regulation of pests without the use of phytosanitary products. The economic approach shows an acceptable cost of health protection and a positive operating margin making the system economically viable. Other experiments are to be conducted to confirm the results and improve the plant quality.

Mots-clés : « Zéro Phyto » ; système de culture ; Plan Ecophyto ; solutions alternatives ; pépinière hors-sol

Key Words: "Zéro Phyto" ; crop system ; Ecophyto plan ; alternatives solutions ; nurseries

* *Elément qui permet d'enregistrer les notices auteurs dans le catalogue des bibliothèques universitaires*