HAL open science

Analyse d'un système de culture visant à se passer de l'utilisation de produits phytosanitaires en production de Mandevilla et Impatiens de Nouvelle-Guinée en pots, hors-sol, sous serre en verre, dans le cadre du projet DEPHY EXPE HORTIPOT 2

Pierre-Louis Huot

To cite this version:

Pierre-Louis Huot. Analyse d'un système de culture visant à se passer de l'utilisation de produits phytosanitaires en production de Mandevilla et Impatiens de Nouvelle-Guinée en pots, hors-sol, sous serre en verre, dans le cadre du projet DEPHY EXPE HORTIPOT 2. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02336919

HAL Id: dumas-02336919

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02336919v1

Submitted on 29 Oct 2019

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 : 2018-2019 Spécialité : HORTICULTURE Spécialisation : SCIENCES ET INGÉNIERIE DU VÉGÉTAL (SIV) Option : INGÉNIERIE DES PRODUCTIONS ET PRODUITS DE L'HORTICULTURE (I2PH)	**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)

Analyse d'un système de culture visant à se passer de l'utilisation de produits phytosanitaires en production de *Mandevilla* et *Impatiens* de Nouvelle-Guinée en pots, hors-sol, sous serre en verre, dans le cadre du projet DEPHY EXPE HORTIPOT 2

Par : Pierre-Louis HUOT

Soutenu à Angers le 09 Septembre 2019

Devant le jury composé de :

Président : M. Etienne CHANTOISEAU

Maître de stage : M. Olivier YZEBE

Enseignant référent : Mme Vanessa SOUFFLET-FRESLON

Autres membres du jury :

M. Sébastien PICAULT, Direction Recherche, Innovation et Expertise - équipe Légumes du CTIFL, Centre opérationnel de Carquefou

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

Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

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] :
(ou de l'étudiant-entrepreneur)

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] **Huot Pierre-Louis**
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** :

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 à remercier toute l'équipe du CDHR Centre. En particulier M. Arnaud de Reviers, président du CDHR et Mme Sophie Bresch, directrice du CDHR. Merci Olivier, mon maître de stage, pour ses conseils, sa relecture et sa bonne humeur ; merci à Laurence d'avoir mis l'ambiance pendant les repas, à Coralie pour sa disponibilité à toute heure en matière d'entomologie et de nous fournir en bons fromages du Jura, à Claire pour ses « râleries » amusantes, à Delphine pour son sourire, à Baptistin de rigoler si facilement à mon pauvre humour, à Aurélie de m'avoir fait découvrir les camerises, à Kimberley pour ses discussions profondes (ou pas), à Ludovic pour ses conseils techniques précis, à Annie pour son accent du Sud marquant le milieu de la semaine et à Nathalie pour avoir fait acheter une vraie tête de débrousailleuse.

Merci également à Mme Vanessa Soufflet-Freslon pour ses bons conseils.

Merci enfin à ma famille pour son soutien et particulièrement à ma mère pour sa relecture attentive des petites coquilles.

Table des matières

Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire i
Remerciements ii
Table des matières iii
Liste des annexes v
Table des illustrations vi
Table des tableaux vii
Liste des abréviations viii
Liste des unités viii
Avant-propos x
1 Introduction 1
1.1 Les plans Écophyto et le programme DEPHY 1
1.1.1 Les plans Écophyto, vers une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires 1
1.1.1.1 Écophyto 2018 2
1.1.1.2 Écophyto II 2
1.1.1.3 Écophyto II + ... 3
1.1.2 Le réseau DEPHY, un outil de terrain 3
1.1.2.1 Les missions du réseau DEPHY dans le plan Écophyto 3
1.1.2.2 DEPHY EXPE et DEPHY FERME, la recherche appliquée en deux temps 4
1.1.3 Le projet DEPHY EXPE HORTIPOT 4
1.1.3.1 Focus sur les enjeux de la filière horticulture ornementale 4
1.1.3.2 Programme de recherche 5
1.1.3.3 Les stations impliquées 6
1.1.3.4 Les résultats du projet HORTIPOT 6
1.1.3.5 Les premiers résultats et les perspectives pour HORTIPOT 2 7
1.2 L'analyse système en expérimentation 8
1.2.1 Les bases de l'analyse système en agronomie 8
1.2.2 Les 6 étapes de l'expérimentation système 8
1.2.3 Intérêt et complémentarité de l'analyse système par rapport à une analyse factorielle 9
1.3 Le système de culture étudié 9
1.3.1 La production de plantes en pots sous serre en verre 9
1.3.1.1 La culture en milieu fermé 9
1.3.1.2 La régulation de la croissance 10
1.3.1.3 La pression des adventices 10
1.3.2 Les espèces cultivées, leurs bioagresseurs et les leviers d'actions possibles . 11
1.3.2.1 La culture de *Mandevilla* 11
1.3.2.1.1 Le *Mandevilla* 11
1.3.2.1.2 Les principaux ravageurs et les leviers d'actions possibles 12
1.3.2.1.3 Les principales maladies 13
1.3.3.1 La culture d'*Impatiens* de Nouvelle-Guinée 15
1.3.3.1.1 L'*Impatiens* de Nouvelle-Guinée 15
1.3.3.1.2 Les principaux ravageurs 15
1.3.3.1.3 Les principales maladies 16
1.4 Problématique 17
2 Matériel et méthodes 18
2.1 Disposition du système de culture 18

2.1.1 La serre en verre et les abords 18
2.1.2 Le cycle de culture 18
2.1.3 Matériel végétal 18
2.1.4 Conduite culturale 18
2.1.4.1 Arrosage et fertilisation 19
2.1.4.2 Conduite climatique 19
2.2 Suivi expérimental et leviers d'actions mis en place 19
2.2.1 Les variables collectées 19
2.2.2 Régulation de la croissance 20
2.2.3 Contre les adventices 21
2.2.4 Contre les ravageurs 21
2.2.5 Contre les maladies 21
2.3 Analyse des données 22
2.3.1 Données brutes 22
2.3.2 Données transformées 22
2.3.3 Traitement statistique 22
3 Résultats et discussion 23
3.1 Conduite culturale 23
3.2 Données climatiques 23
3.3 Gestion des bioagresseurs 27
3.3.1 Gestion des ravageurs 27
3.3.1.1 Observations 27
3.3.1.2 Perspectives 28
3.3.2 Gestion des maladies 30
3.3.2.1 Observations 30
3.3.2.2 Perspectives 30
3.3.3 Gestion des adventices 30
3.3.4 Gestion des abords 30
3.3.4.1 Observations 30
3.3.4.2 Perspectives 31
3.3.5 Régulation de la croissance 31
3.3.6 Calcul de l'IFT 33
3.4 Analyse économique 33
3.4.1 Données de qualité commerciale 33
3.4.1.1 Observations 33
3.4.1.2 Perspectives 35
3.4.2 Coût de protection sanitaire 35
3.4.3 Bilan économique 35
3.5 Un potentiel transfert chez les horticulteurs 36
3.5.1 La disposition des cultures 36
3.5.2 Thigmomorphogénèse 36
3.5.3 Enherbement des bandes sablées 36
3.5.4 Gestion des ravageurs 36
4 Conclusion 37
Bibliographie 38
Sitographie 43
Annexes 44

Liste des annexes

Annexe I : Document officiel pour le calcul du NODU. (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2012)
Annexe II : Plan de la serre. (Huot, 2019)
Annexe III : Hygrométrie et ensoleillement dans la serre. (Huot, 2019)
Annexe IV : Script R utilisé pour le traitement statistique des données récoltées sur *Mandevilla*. (Huot, 2019)
Annexe V : Résultats des traitements statistiques. (Huot, 2019)
Annexe VI : Explication du tableau de calcul des coûts de protection sanitaire. (Huot, 2019)
Annexe VII : Explication du tableau de calcul du bilan économique. (Huot, 2019)

Table des illustrations

Figure 1 : Organigramme hiérarchique et fonctionnel du CDHR Centre. (CDHRC, 2019)..... ix
Figure 2 : Plan des installations du CDHR (CDHR, 2013) ix
Figure 3 : Ventes de pesticides dans les pays membre de l'Union Européenne en 2017 (données : Eurostat, 2019) 1
Figure 4 : Ventes de pesticides par hectare de SAU dans les pays membres de l'Union Européenne en 2017 (données : Eurostat, 2019) 1
Figure 5 : Le dispositif DEPHY. (Petitjean, 2018) 4
Figure 6 : Localisation des stations impliquées dans les projets HORTIPOT et HORTIPOT 2. (Huot, 2019, d'après [5]) 6
Figure 7 : La démarche systémique appliquée à l'expérimentation en six étapes. (Havard et al., 2017) 9
Figure 8 : Dispositif de thigmomorphogénèse avec piégeage de masse par bandes engluées. (Deogratias et al., 2018) 10
Figure 9 : *Mandevilla* (Huot, 2019)) 11
Figure 10 : Système racinaire de *Mandevilla*. a. racines tubérisées, b. racines fines. (Boutebtoub et al., 2009) 11
Figure 11 : *Impatiens* de Nouvelle-Guinée. (Huot, 2019) 15
Figure 12 : Le cycle de culture sur un an. (Huot, 2019) 18
Figure 13 : Chariot expérimental pour la thigmomorphogénèse. (Huot, 2019) 21
Figure 14 : Températures au sein du système de culture. (Huot, 2019).....23
Figure 15 : Chronologie des opérations culturales et des leviers d'actions activés sur *Mandevilla*. (Huot, 2019) 24
Figure 16 : Chronologie des opérations culturales et des leviers d'action activés sur *Impatiens*. (Huot, 2019) 25
Figure 17 : Suivi de population de pucerons sur *Mandevilla.* (Huot, 2019).....26
Figure 18 : Suivi de population de pucerons sur *Impatiens.* (Huot, 2019) 26
Figure 19 : *M. euphorbiae* sur *Mandevilla* (à gauche). (Huot, 2019) 26
Figure 20 : Suivi de pression de *Botrytis cinerea* sur *Impatiens.* (Huot, 2019) 29
Figure 21 : Variétés touchées par *B. cinerea.* (Huot, 2019) 29
Figure 22 : Rosée sur *Impatiens* SunStanding. (Huot, 2019).....29
Figure 23 : Gazon semé sous les tablettes en semaine 24. Tablette en bordure (gauche) et tablette au centre (droite). (Huot, 2019).....31
Figure 24 : Effet de la thigmomorphogénèse. (Huot, 2019) 31
Figure 25: Répartition des plants de *Mandevilla* selon les classes commerciales. (Huot, 2019).....32
Figure 26 : Répartition des plants d'*Impatiens* selon les classes commerciales. (Huot, 2019) 32
Figure 27 : Plant cassé au collet. (Huot, 2019) 33
Figure 28 : Fumagine et exuvies de pucerons. (Huot, 2019) 33

Table des tableaux

Tableau I : Les projets DEPHY EXPE réalisés ou en cours dans les différentes filières ornementales. (Huot, 2019, source : [4]) 5
Tableau II : Bioagresseurs rencontrés sur *Mandevilla* et *Impatiens.* (Huot, 2019) 14
Tableau III : Liste des variétés utilisées (Huot, 2019) 18
Tableau IV : Variables collectées. (Huot, 2019) 19
Tableau V : Échelle de notation pour les bioagresseurs et les maladies. (Huot, 2019) 20
Tableau VI : Règles de décisions contre les principaux ravageurs. (Huot, 2019) 21
Tableau VII : Calcul de l'IFT et de l'IFT vert (Huot, 2019) 32
Tableau IX : Calcul du bilan économique. (Huot, 2019) 34
Tableau VIII : Calcul des coûts de protection sanitaire. (Huot, 2019) 34
Tableau X : Évaluation du système de culture. (Huot, 2019) 37

Liste des abréviations

ANOVA : Analyse de variance

ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

ASTREDHOR : Association nationale des structures d'expérimentation et de démonstration en horticulture (Institut Technique de l'horticulture).

BPE : Bonnes Pratiques Expérimentales

CDHR : Comité de Développement Horticole de la Région Centre-Val-de-Loire.

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

IFT : Indice de Fréquence de Traitement

INSV : Impatiens Necrotic Spotted Virus

MPS : Milieu Programma Sierteelt

NODU : Nombre de Doses Unitaires

PVC : Polychlorure de Vinyle

RATHO : Rhône-Alpes Technique Horticole

RdD : Règle de Décision

SAU : Surface Agricole Utile

SdC : Système de Culture

TSWV : Tomato Spot Wilt Virus

TTT : Traitement

Liste des unités

€ : euros

h : heure

ha : hectare

hL : hectolitre

ind : individu

kg : kilogramme

L : litre

mm : millimètre

m^2 : mètre carré

m^3 : mètre cube

nb : nombre

W : Watt

°C : degrés Celsius

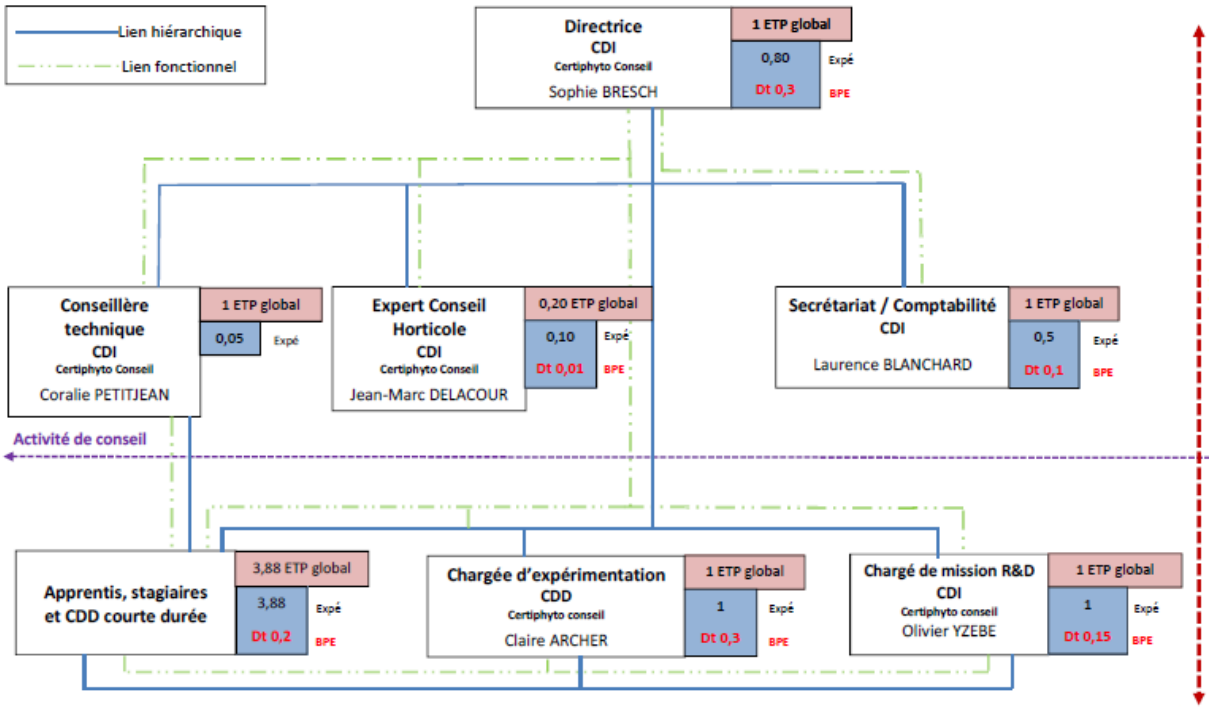


Figure 1 : Organigramme hiérarchique et fonctionnel du CDHR Centre. (CDHRC, 2019)

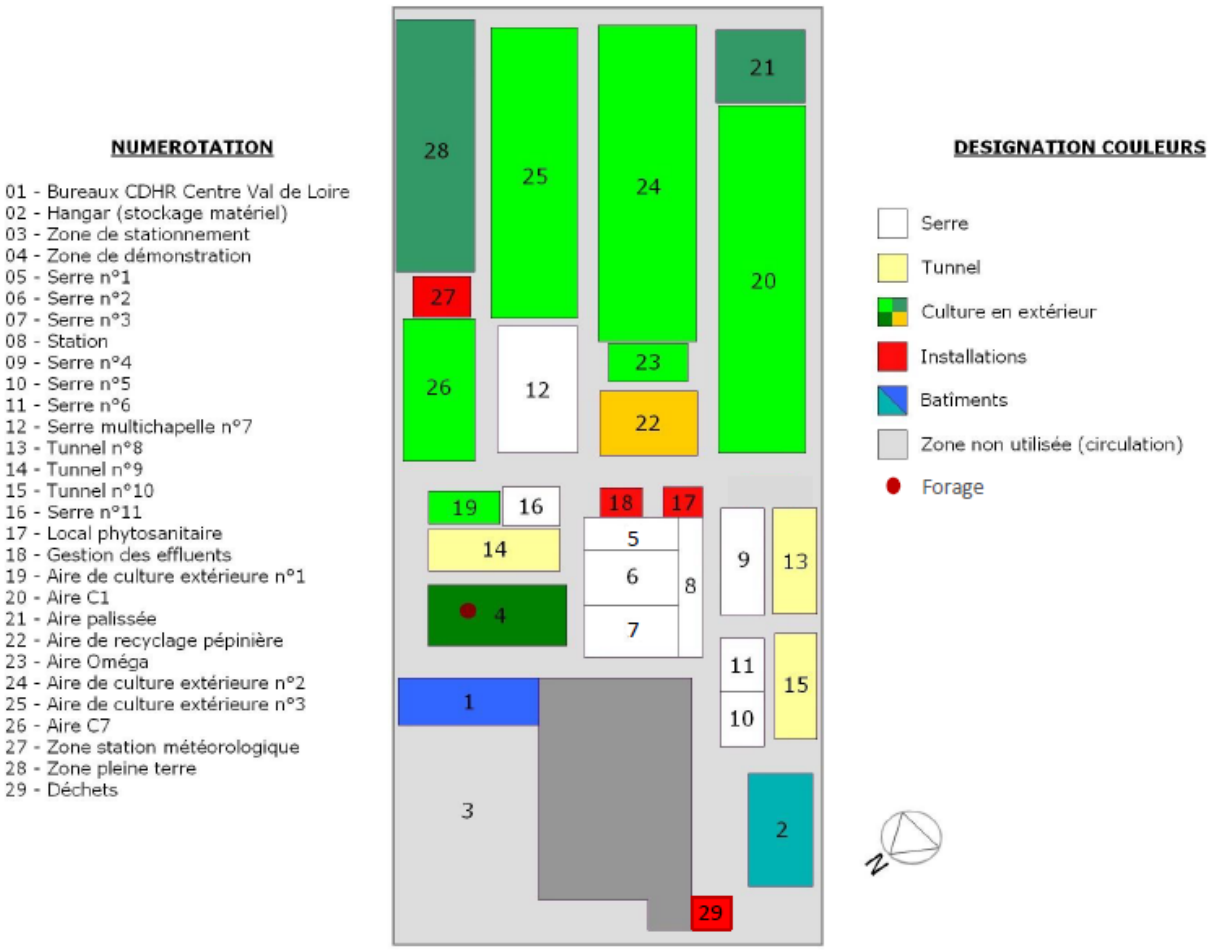


Figure 2 : Plan des installations du CDHR (CDHR, 2013)

Avant-propos

Le Comité de Développement Horticole de la Région Centre-Val-de-Loire (CDHR) est une association Loi 1901 faisant partie de l'institut technique horticole ASTREDHOR dans l'unité Loire-Bretagne. Basé à Saint-Cyr-en-Val, en plein cœur de la zone horticole au sud d'Orléans, cet organisme de conseil et station d'expérimentation en cultures ornementales a été créé en 1981 sous l'impulsion de producteurs horticoles. Il regroupe les différents acteurs du végétal (entreprises de production et de commercialisation, prestataires de services pour le paysage et collectivités territoriales, structures de Recherche et Développement, structures pédagogiques, acteurs publics pour la filière régionale), se positionnant en véritable interface. Son organigramme est présenté en Figure 1.

La station d'expérimentation s'étend sur 1,5 ha et dispose d'un grand panel d'infrastructures (plan en Figure 2). Elle dispose de plusieurs serres en verre permettant des cultures au sol ou sur tablettes, des tunnels froids en plastiques, une serre multi chapelles et des aires de production extérieures en pleine terre et hors-sol (bâchées, ou en béton munies du système OmégaΩ®).

La station est particulièrement soucieuse de l'environnement. Outre l'implantation de structures de services écosystémiques (haies, bandes fleuries et enherbées, abris à insectes...) et son engagement dans la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, elle dispose d'un système de récupération et d'élimination des effluents phytosanitaires (Osmofilm®). Ainsi, la station permet de diffuser des bonnes pratiques environnementales au plus près des horticulteurs. D'autre part, elle possède l'agrément BPE (Bonnes Pratiques d'Expérimentation).

Les missions du CDHR se répartissent en trois thématiques :

- Accompagnement et conseil : suivi personnalisé des professionnels adhérents
- Communication et formation : au travers de « clubs professionnels »
- Expérimentation et innovation : répondre aux problématiques des professionnels. Acquisition et diffusion de références technico-économiques.

Les essais réalisés sur la station se font en réponse à des demandes privées, le personnel garantissant la confidentialité si le commanditaire en fait la demande, mais également en réponse à des demandes publiques au travers de programmes régionaux ou nationaux. Ces derniers font l'objet d'un financement de l'État et s'étalent généralement sur plusieurs années.

Parmi les programmes nationaux, on retrouve principalement les projets DEPHY EXPE HORTIPOT 2 et HORTIPEPI 2, dans le cadre du plan Écophyto II+.

1 Introduction

1.1 Les plans Écophyto et le programme DEPHY

1.1.1 Les plans Écophyto, vers une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires

Depuis plusieurs années, l'utilisation des produits phytosanitaires est un sujet de société clivant, entre demandes des consommateurs, impératifs économiques et urgence écologique. Le gouvernement français a décidé en 2008 de lancer le plan Écophyto, afin de réduire l'utilisation des pesticides, tout en conciliant les intérêts de chacun.

En 2017, la France était le deuxième plus gros acheteur de pesticides en Europe derrière l'Espagne, avec un peu plus de 70 millions de kg d'ingrédients actifs vendus (Figure 3). Cependant, compte-tenu de sa première place européenne en termes de Surface Agricole Utilisée (SAU) avec presque 30 000 ha, la France pointe en huitième position pour le volume d'ingrédients actifs vendus par hectare de SAU (environ 2,5 t/ha, Figure 4) (Eurostat, 2019).

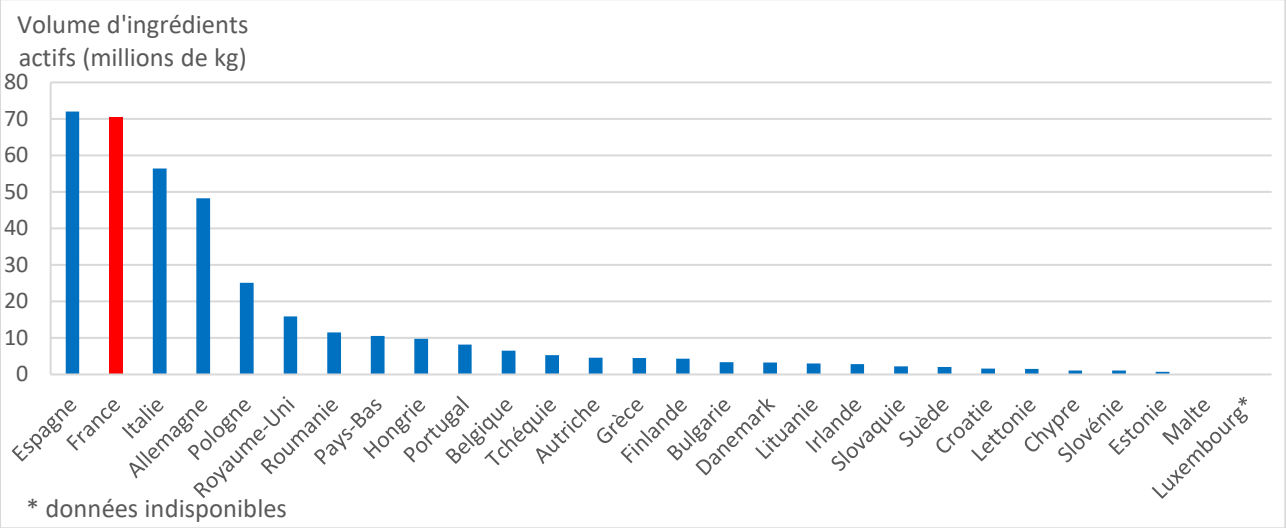


Figure 3 : Ventes de pesticides dans les pays membre de l'Union Européenne en 2017 (données : Eurostat, 2019)

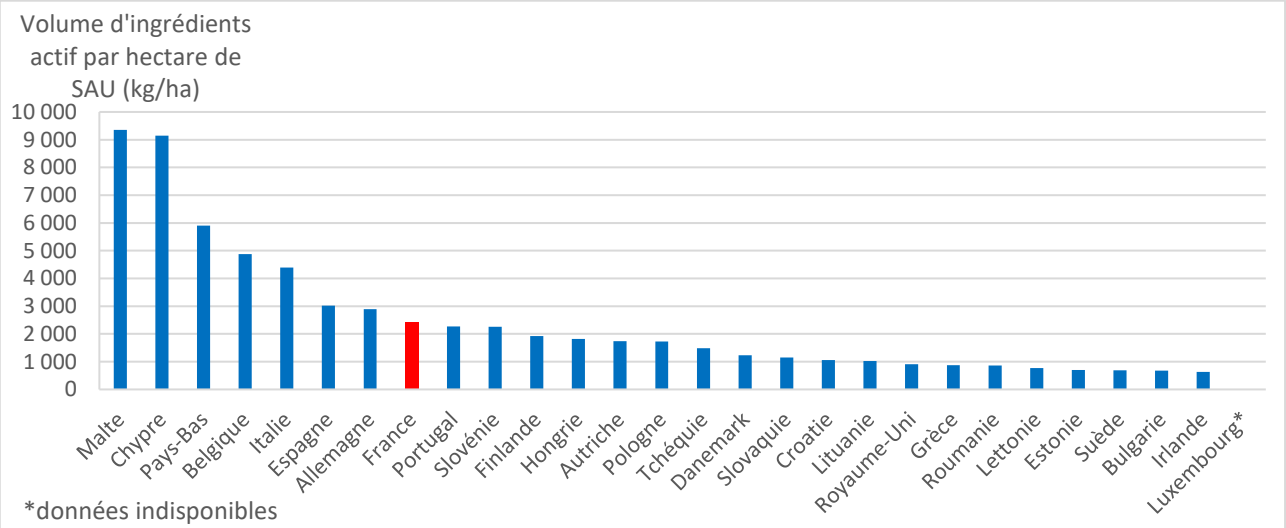


Figure 4 : Ventes de pesticides par hectare de SAU dans les pays membres de l'Union Européenne en 2017 (données : Eurostat, 2019)

1.1.1.1 Écophyto 2018

Le premier plan Écophyto a fait suite au Grenelle de l'environnement de 2007, qui avait pour mission de fixer des objectifs à moyen et long terme en matière de développement durable et d'environnement. Il est le fruit du travail du Comité opérationnel n°15 « agriculture écologique et productive », qui devait répondre à l'engagement n°129 du Grenelle de l'environnement :

- *« Retrait, à raison de leur substituabilité, des produits les plus préoccupants : 30 d'ici fin 2008, 10 d'ici fin 2010, et réduction de moitié d'ici fin 2012 des produits pour lesquels il n'existe pas de substitution,*
- *Objectif de réduction de moitié des usages des pesticides en accélérant la diffusion des méthodes alternatives et sous-réserve de leur mise au point,*
- *Lancer dès 2008 un état des lieux de la santé des salariés agricoles et des agriculteurs et un programme de surveillance épidémiologique,*
- *Interdiction de l'épandage aérien sauf dérogations. »* (Paillotin, 2008)

Les moyens mis en œuvre pour atteindre cet objectif ont ensuite été déclinés en huit axes concrets :

- L'évaluation de l'évolution de l'utilisation des pesticides se base sur les indicateurs NODU (NOmbre de Doses Unitaires), proportionnel au nombre de doses de produits phytosanitaires vendues en France (méthode de calcul en Annexe I), et IFT (Indice de Fréquence de Traitement), qui reflète l'intensité d'utilisation des produits phytosanitaires (Brunet et al., 2008).
- D'autre part, les systèmes de cultures économes en pesticides sont recensés pour faciliter leur diffusion.
- Cette liste a vocation à s'étendre par la recherche appliquée et l'innovation.
- Les professionnels sont formés aux risques liés à l'utilisation de ces produits.
- Un réseau de surveillance des bioagresseurs est mis en place afin d'utiliser les produits de manière optimale, au meilleur moment.
- Les zones non agricoles sont également concernées, et, dans ce cadre, la loi Labbé, interdisant l'utilisation de pesticides par les collectivités, a pris effet au 1er janvier 2017.
- Les spécificités de l'Outre-Mer sont étudiées.
- Enfin, la communication est organisée autour du suivi des efforts aux niveaux national et régional (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 2008).

1.1.1.2 Écophyto II

En 2015, le gouvernement prend acte que le plan Écophyto I n'a pas atteint les résultats escomptés, avec l'observation d'une augmentation de 5 % du NODU national entre la période 2009 - 2011 et la période 2011 – 2013 (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Pêche, Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, 2015).

Cependant, dans cette nouvelle version, l'objectif de réduction de l'utilisation des pesticides en 10 ans est réaffirmé, avec une trajectoire en deux temps : réduction de 25 % d'ici 2020 par la généralisation et la diffusion des systèmes économes en intrants, et une réduction de 50 % à l'horizon 2025 par des mutations plus profondes des filières.

Le nouveau plan prévoit une plus grande territorialisation, par le renforcement de l'échelon régional dans les trajectoires données, ainsi que la priorité donnée aux leviers d'actions adaptés à l'échelle de l'entreprise, en laissant aux responsables la capacité de définir une trajectoire adaptée à l'exploitation. D'autre part, les projets de filières sont soutenus préférentiellement (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Pêche, Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, 2015).

1.1.1.3 Écophyto II +

Cette nouvelle version du plan Écophyto II fait suite aux États Généraux de l'Alimentation de 2017. Ceux-ci confirment les objectifs et ambitions du plan Écophyto II, au regard des avancées scientifiques montrant l'impact des produits phytosanitaires sur la santé humaine et sur l'environnement. Cependant, les conclusions de l'atelier 11 demandent des obligations de résultats par des contrats avec les parties prenantes, en particulier le déploiement effectif des 30 000 fermes agro-écologiques (Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, 2018). D'autre part, les ventes de pesticides ont augmenté de 15 % entre 2011 et 2017 en France, malgré la baisse de 6 % enregistrée entre 2014 et 2017 (données Eurostat, 2019).

Au printemps 2018, une concertation des parties prenantes a permis la publication d'un plan d'action gouvernemental sur les produits phytopharmaceutiques et une agriculture moins dépendante aux pesticides. Celui-ci fixe 4 priorités :

- Diminuer rapidement l'utilisation des substances les plus préoccupantes pour la santé et l'environnement
- Mieux connaître les impacts des produits phytosanitaires pour mieux informer, protéger la population et les professionnels et préserver l'environnement
- Amplifier la recherche et le développement d'alternatives et la mise en œuvre de ces solutions par les agriculteurs
- Renforcer le plan Écophyto II, améliorer sa gouvernance et son fonctionnement (Ministère des Solidarités et de la Santé, Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, 2018)

D'autre part, le gouvernement a publié le 22 juin 2018 un plan de sortie du glyphosate en cinq ans, stipulant que les agriculteurs ne seront pas laissés dans une impasse. Les solutions alternatives efficaces à cette molécule sont consignées dans un centre de ressources accessible à tous sur le site ressources-glyphosate.ecophytopic.fr [1].

Ainsi, le 10 avril 2019, le gouvernement présente le plan Écophyto II+ qui intègre les directives de ces deux plans gouvernementaux, tout en ne modifiant pas le fond de la première version, et en mettant à jour les données et statistiques (Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, 2018).

1.1.2 Le réseau DEPHY, un outil de terrain

1.1.2.1 Les missions du réseau DEPHY dans le plan Écophyto

Le réseau DEPHY (réseau de Démonstration, Expérimentation et Production de références sur les systèmes économes en produits pHYtosanitaires), lancé en 2010, est une action majeure des plans Écophyto. C'est un réseau national qui a pour vocation de créer, tester, comprendre et mettre en valeur les systèmes de cultures économes en pesticides, dans les sept grands types de productions végétales françaises : la polyculture-élevage, les grandes cultures, l'arboriculture fruitière, les productions légumières, la viticulture, l'horticulture et les cultures tropicales [2].

Ce réseau multi-partenarial intègre les différents acteurs de la recherche, de l'enseignement, de la production, du transfert et du développement. Il a pour objectifs de créer des liens entre les acteurs, afin de mieux innover, capitaliser les connaissances, et valoriser et transférer des techniques et systèmes agricoles économes en produits phytosanitaires et performants économiquement (Réseau DEPHY, 2014).

Ainsi, le réseau DEPHY est l'outil de terrain privilégié des plans Écophyto, car il permet la mise en pratique des objectifs de réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires. De fait, les fermes DEPHY en horticulture ont presque atteint les objectifs du plan Écophyto I, avec une réduction de 43 % de l'utilisation de pesticides entre 2010 et 2017 (Alim'agri, 2019).

1.1.2.2 DEPHY EXPE et DEPHY FERME, la recherche appliquée en deux temps

Pour répondre aux objectifs fixés, le réseau est structuré en deux dispositifs : DEPHY EXPE et DEPHY FERME (Figure 5). Ils répondent aux objectifs d'évaluation et de valorisation de systèmes de culture environnementalement, économiquement et socialement efficients. Cependant, leurs missions ne se situent pas au même niveau.

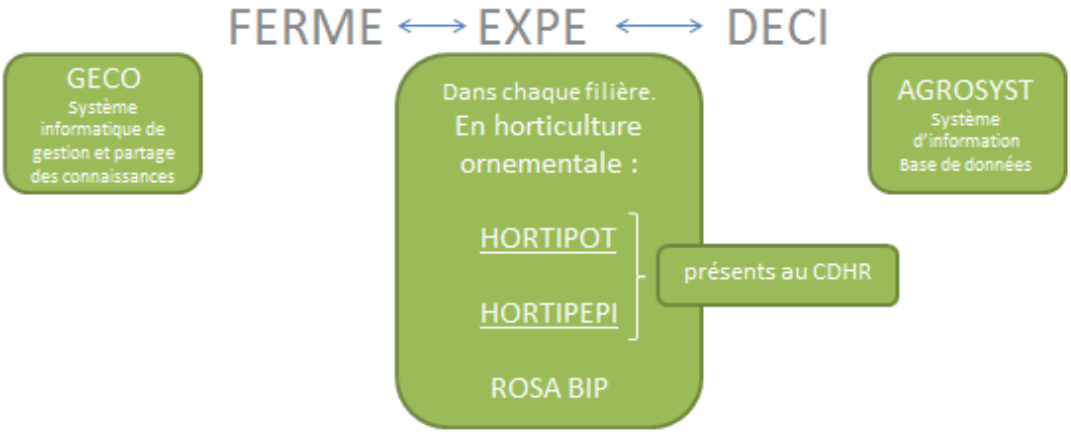


Figure 5 : Le dispositif DEPHY. (Petitjean, 2018b)

Le réseau DEPHY EXPE est composé de 41 porteurs de projet, répartis sur quelques 200 sites expérimentaux. Sa mission principale est de concevoir de nouveaux systèmes en rupture, n'utilisant de pesticides qu'en ultime recours. Ainsi, ce dispositif permet d'évaluer de nouveaux systèmes de production à petite échelle, tout en assurant la possibilité de transfert chez les producteurs, à plus grande échelle. Les résultats concluants ont vocation à être ensuite testés chez les producteurs du dispositif DEPHY FERME, afin de montrer la rentabilité de ces systèmes en conditions réelles (Cellule d'Animation Nationale du Réseau DEPHY, 2019).

Le réseau DEPHY FERME compte aujourd'hui 3 050 fermes pilotes présentes sur l'ensemble du territoire français, y compris l'Outre-Mer (elles étaient 1 900 en 2014). Ces fermes sont réunies en 254 groupes, suivis par un ingénieur réseau. L'objectif de ces groupes est de développer, mettre en commun et transmettre les systèmes de production végétales économes en produits phytosanitaires. Les agriculteurs engagés sont volontaires pour réduire leur impact sur l'environnement et la santé humaine (Cellule d'Animation Nationale du Réseau DEPHY, 2018). La principale problématique de ce réseau est l'équilibre entre la réduction de l'utilisation de pesticides (objectif environnemental), tout en assurant un revenu correct à l'exploitant (objectif économique), et en gardant un rythme de travail acceptable (objectif social).

Pour permettre une mise en commun des résultats plus rapides, un outil a été lancé pour ces deux dispositifs : la plateforme Agrosyst. Lancée par l'INRA en 2014, elle permet la collecte et la standardisation des données produites par les partenaires du réseau DEPHY (Cellule d'Animation Nationale du Réseau DEPHY, 2016).

1.1.3 Le projet DEPHY EXPE HORTIPOT

1.1.3.1 Focus sur les enjeux de la filière horticulture ornementale

Cette petite filière française (1,8 % des exploitations) est comparable à une industrie par sa forte valeur ajoutée (6,3 % de la valeur des livraisons des produits végétaux) et son mode de production intensif (FranceAgriMer, 2019). D'autre part, c'est un des secteurs les plus employeurs de l'agriculture avec 4,2 % du total de l'emploi agricole dont 8,1 % de l'emploi

salarié agricole. Malgré une augmentation des exportations (+14 % en 2018 par rapport à 2017), la balance commerciale accuse un fort déficit de 878 millions d'euros (FranceAgriMer, 2019).

Les enjeux de cette production végétale diffèrent des autres secteurs de l'agriculture car elle n'est pas destinée à l'alimentation. D'autre part, l'ornement exige l'absence de défaut visuel, donc le minimum de présence de ravageurs ou de maladies pour que les plantes soient commercialisables. Ainsi, la demande des consommateurs ne favorise pas la réduction des intrants phytosanitaires. Cependant, la filière s'organise afin de différencier les produits de qualité avec différents labels : Fleurs de France, Labels Rouges (dahlias, rosiers, gazon, géraniums et sapins de Noël), Plante Bleue (production éco-responsable), MPS (démarche de développement durable), Agriculture Biologique et Charte Qualité Fleurs Coupées (tenue en vase…) [3]. Ces labels, en particulier Plante Bleue et MPS, permettent de valoriser financièrement et renforcer la demande de plantes produites avec moins de produits phytosanitaires.

Afin de répondre aux interdictions croissantes de molécules actives ainsi qu'à une nouvelle demande de produits ornementaux plus respectueux de l'environnement, six projets DEPHY EXPE ont été mis en place depuis 2012 (Tableau I)

Tableau I : Les projets DEPHY EXPE réalisés ou en cours dans les différentes filières ornementales. (Huot, 2019, source : [4])

Filière de l'horticulture ornementale	2012-2017	2018-2023
Fleurs coupées sous abri	HORTIFLOR	ROSA BIP (focus sur les roses)
Productions de pépinière hors sol	HORTIPEPI	HORTIPEPI 2
Plantes en pot hors sol sous abri	HORTIPOT	HORTIPOT 2

1.1.3.2 Programme de recherche

L'ASTREDHOR a répondu à l'appel à projets de DEPHY EXPE en 2011 dans le but de *« mettre au point des itinéraires culturaux innovants pour réduire l'utilisation de produits phytosanitaires en production de plantes en pots, hors sol et sous abri. »* (Deogratias et al., 2019) Le succès de ce premier projet a permis de poursuivre les recherches dans une deuxième version lancée suite au nouvel appel à projets DEPHY EXPE de 2017 (Deogratias, 2018).

Le projet HORTIPOT testait 14 systèmes économes en produits phytosanitaires (objectif de réduction de 50 % de pesticides par rapport à un itinéraire "conventionnel raisonné"), sur quatre genres de référence *(Pelargonium, Chrysanthemum, Hibiscus et Poinsettia)* cultivés sur l'ensemble du territoire français, ainsi qu'une gamme de diversification. Les stratégies mises en place reposent principalement sur l'efficience et la substitution (stratégies Efficience - Substitution - Reconception de Hill) : mieux cibler les traitements phytosanitaires et les remplacer au maximum par la lutte biologique (Hill, MacRae, 1996).

Pour les deux versions, les objectifs de réduction ne se limitent pas à la lutte contre les bioagresseurs, mais visent également les autres intrants pouvant avoir un impact sur l'environnement (fertilisants, régulateurs de croissance, eau, chaleur, etc.).

Le projet HORTIPOT 2 s'appuie sur l'analyse système. Ainsi, il n'y a plus que cinq systèmes étudiés (un par station). La gamme d'espèces étudiée s'est élargie : plantes de diversification annuelles et bisannuelles *(Verbena, Salvia, Osteospermum, Petunia, Begonia, Pelargonium…), Mandevilla, Impatiens, Cyclamen, Chrysanthemum*, plantes aromatiques et potagères, etc. D'autre part ce projet prend un risque maximal en visant le « zéro phyto », comme cela avait été presque atteint pour certaines cultures lors de de la première version d'Écophyto. Les règles de décision pour la lutte contre les bioagresseurs ne fixent un recours aux produits chimiques qu'en ultime recours (Deogratias, 2018).

1.1.3.3 Les stations impliquées

Afin de pouvoir récolter le maximum de données sous différents climats, les expérimentations ont été réalisées sur cinq stations présentées en Figure 6.

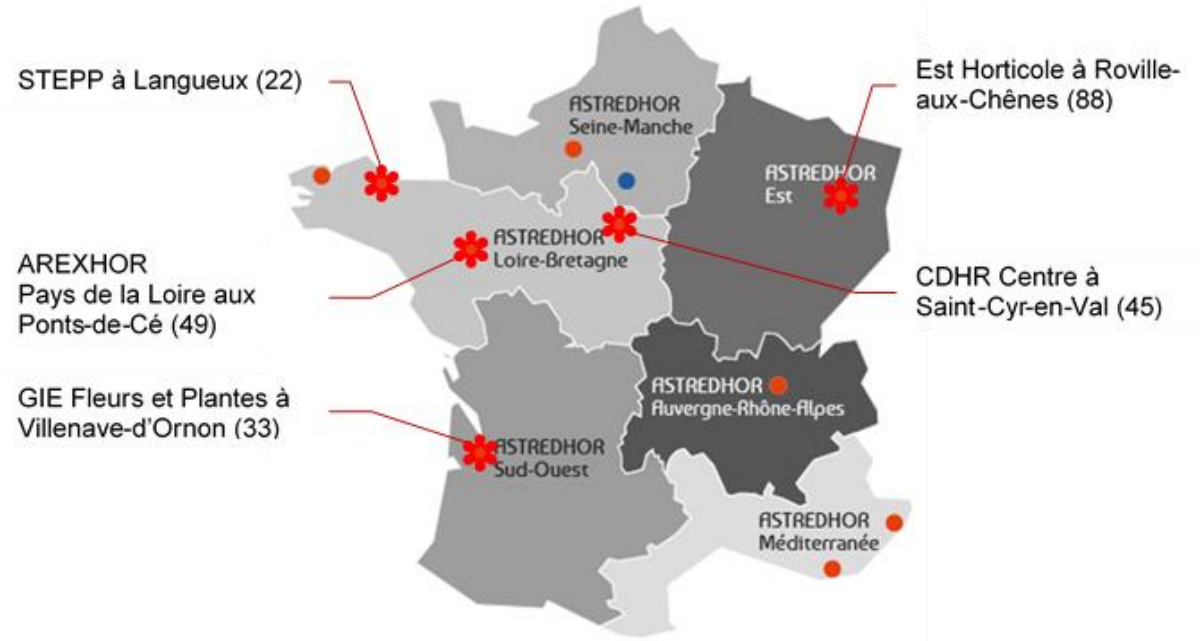


Figure 6 : Localisation des stations impliquées dans les projets HORTIPOT et HORTIPOT 2.
(Huot, 2019, d'après [5])

Des comités techniques ont lieu régulièrement afin de définir les règles de décision et faire un suivi des essais sur les différentes stations. Ce suivi permet d'adapter les trajectoires adoptées et d'homogénéiser les protocoles.

1.1.3.4 Les résultats du projet HORTIPOT

Le projet HORTIPOT a donné satisfaction puisque son objectif de réduction de 50 % d'usage des produits phytosanitaires a été atteint dans la majorité des systèmes étudiés (Deogratias et al., 2018 ; 2019).

Pour chaque culture, un système « innovant » a été comparé à un système « conventionnel » de référence.

Afin de réduire la croissance, quatre leviers ont été testés en remplacement des nanifiants chimiques : stress hydrique, froid, lumière et stimulation mécanique. Les deux derniers ont donné les meilleurs résultats, la thigmomorphogénèse (stimulation mécanique) étant plus simple, moins onéreuse à mettre en place à grande échelle et pouvant être couplée avec un piégeage de masse des insectes volants par des bandes engluées.

Les leviers mis en place afin de gérer les populations de ravageurs sont les suivants : suivi de ces populations (en particulier thrips, pucerons, aleurodes et chenilles) par comptage hebdomadaire et sur panneaux englués, la lutte biologique par lâchers d'auxiliaires avec ou sans apports de nourriture ou de refuges, la lutte mécanique par des panneaux chromatiques et des bandes engluées, ainsi que l'utilisation de produits de biocontrôle (à base de *Bacillus thuringiensis* par exemple) pouvant être pris en compte dans le NODU vert[1]. Si la pression des bioagresseurs augmente, l'utilisation de produits conventionnels est possible.

[1] NODU pour les produits de biocontrôle : micro-organismes, phéromones et substances naturelles. Les macro-organismes, n'étant pas soumis à déclaration, ne peuvent pas être comptabilisés pour l'instant (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2012).

La qualité commerciale (plant bien développé, homogène, compact, sans dégât sur feuilles et fleurs) des plants conduits avec l'itinéraire innovant est toujours équivalente ou supérieure à celle des plants conduits avec l'itinéraire conventionnel. Cependant, la marge financière des premiers accuse un léger déficit par rapport aux deuxièmes. Cela est dû en grande partie au coût élevé de la protection sanitaire.

1.1.3.5 Les premiers résultats et les perspectives pour HORTIPOT 2

La deuxième version du projet HORTIPOT ne compare plus deux itinéraires, mais analyse le cycle de culture d'un système et de ses abords.

Le système de culture étudié est composé d'une serre en verre équipée d'un système de gestion climatique. Le cycle de culture débute avec la production de *Mandevilla* et d'*Impatiens* entre mars et juin, il se poursuit par une culture de cyclamens entre juillet et décembre, et se termine en décembre par un vide sanitaire[2]. Les abords du système sont les bandes ensablées présentes sous les tablettes.

Lors de la première année d'expérimentation, les espèces étudiées étaient :

- Une gamme de diversification (*Dipladenia*, *Impatiens, Dianthus, Verbena, Pelargonium, Osteospermum, Begonia, Salvia, Petunia, Sanvitalia)*
- Une gamme de *Cyclamen persicum.*

En effet, la réponse de l'appel à projet DEPHY EXPE en mars ne permettait pas de commander les plants de *Mandevilla* et d'*Impatiens* assez tôt pour commencer au moment prévu par le protocole.

Les lâchers d'auxiliaires et les traitements de biocontrôle se sont révélés efficaces contre les ravageurs présents relativement abondamment (pucerons, thrips, tétranyques). Ces ravageurs n'ont pas occasionné de dégâts entraînant une déclassification au stade commercial. Ce sont les chenilles qui ont généré les principales pertes. L'IFT final est de 0 et l'IFT vert est de 5. L'objectif zéro phyto est donc atteint pour cette première année. Pour la suite, les populations de *Duponchelia fovealis* seront à surveiller plus précisément afin de limiter les attaques.

Le dispositif expérimental de thigmomorphogénèse a été efficace, mais le matériel utilisé (des goutteurs) a blessé les plantes, induisant une déclassification commerciale.

D'un point de vue économique, la marge opérationnelle est positive (15 000 € pour 1 000 m² pour la culture *sensu stricto* et 12 000 € pour 1 000 m² de système en comptant l'entretien des abords). Cependant, elle pourrait être améliorée en augmentant la qualité des plants (particulièrement de *Cyclamen* fortement dépréciés par les dégâts de chenilles) et en réduisant les coûts de protection. Les coûts d'entretien des bandes sablées (désherbage) devront être réduits également en implantant un couvre-sol. (Petitjean, 2018a)

[2] Ce mémoire ne traitera que la première partie de ce cycle en raison du peu de données récoltées à cette date pour la culture de cyclamens.

1.2 L'analyse système en expérimentation

1.2.1 Les bases de l'analyse système en agronomie

L'analyse système est l'étude de la complexité d'un ensemble d'objets et des relations entre eux et avec leur environnement (Havard et al., 2017).

En expérimentation agronomique, le système étudié est le système de culture (SdC). *« Un système de culture est l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre 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 techniques appliqués à ces différentes cultures et les éléments structurels (matériel végétal, densité de plantation, équipements avec les abris, palissage...). »* (Sebillotte, 1990)

Dans le système de culture, on distingue communément le **système décisionnel** (l'agriculteur, les stratégies qu'il choisit, les règles de décisions (RdD) qui en découlent et les indicateurs qui permettent d'appliquer les RdD) ; le **système technique** (l'ensemble de l'itinéraire technique appliqué, les leviers d'actions choisis) ; et le **système biophysique ou agroécosystème** (les cultures, le sol, le climat, les bioagresseurs, les auxiliaires, etc. et leurs interactions).

1.2.2 Les 6 étapes de l'expérimentation système

L'expérimentation système se décompose en six étapes, symbolisées en Figure 7 sous forme d'une double boucle, représentant une première phase de prototypage et une deuxième phase d'expérimentation. Ces étapes ne sont pas strictement chronologiques.

Les trois premières étapes correspondent au système décisionnel.

1- Diagnostic et cadrage de l'expérimentation

Il s'agit de l'étape de description du système, des enjeux et des **objectifs** que le SdC doit atteindre.

2- Conception des SdC candidats

À partir des attentes fixées, différents prototypes de SdC sont construits et évalués *a priori* ou *ex ante*, en particulier le choix des **stratégies,** des **leviers d'action,** et les **règles de décision** qui en découlent. Selon Hill (1996), il existe trois grandes stratégies d'expérimentation en agronomie : **l'Efficience, la Substitution et la Reconception**. La première vise à optimiser une technique culturale (par exemple, s'aider d'Outils d'Aide à la Décision (OAD) pour traiter au meilleur moment). La Substitution est le remplacement d'une technique par une autre (par exemple le remplacement d'insecticides chimiques par des lâchers d'auxiliaires). La Reconception est la création d'un nouveau SdC à partir de l'origine (Hill, MacRae, 1996). Ces stratégies fonctionnent rarement seules, car le changement d'une technique impacte la cohérence globale du système. Ainsi, il faut adapter l'ensemble du SdC à ce changement.

3- Construction de l'expérimentation

Rédaction des protocoles et plannings, formalisation des RdD.

4- Mise en œuvre des SdC et de l'expérimentation

Cette étape correspond à la mise en œuvre des protocoles (mise en place, observations, prise de décisions, rassemblement des résultats…).

5- Évaluation et analyse

Évaluation des SdC, de leurs résultats technico-économiques et agronomiques, de la faisabilité et du transfert, analyse de ces évaluations et propositions d'évolution du système décisionnel.

6- Valorisation

Rédaction et diffusion des synthèses, interventions, transfert auprès des professionnels (Havard et al., 2017).

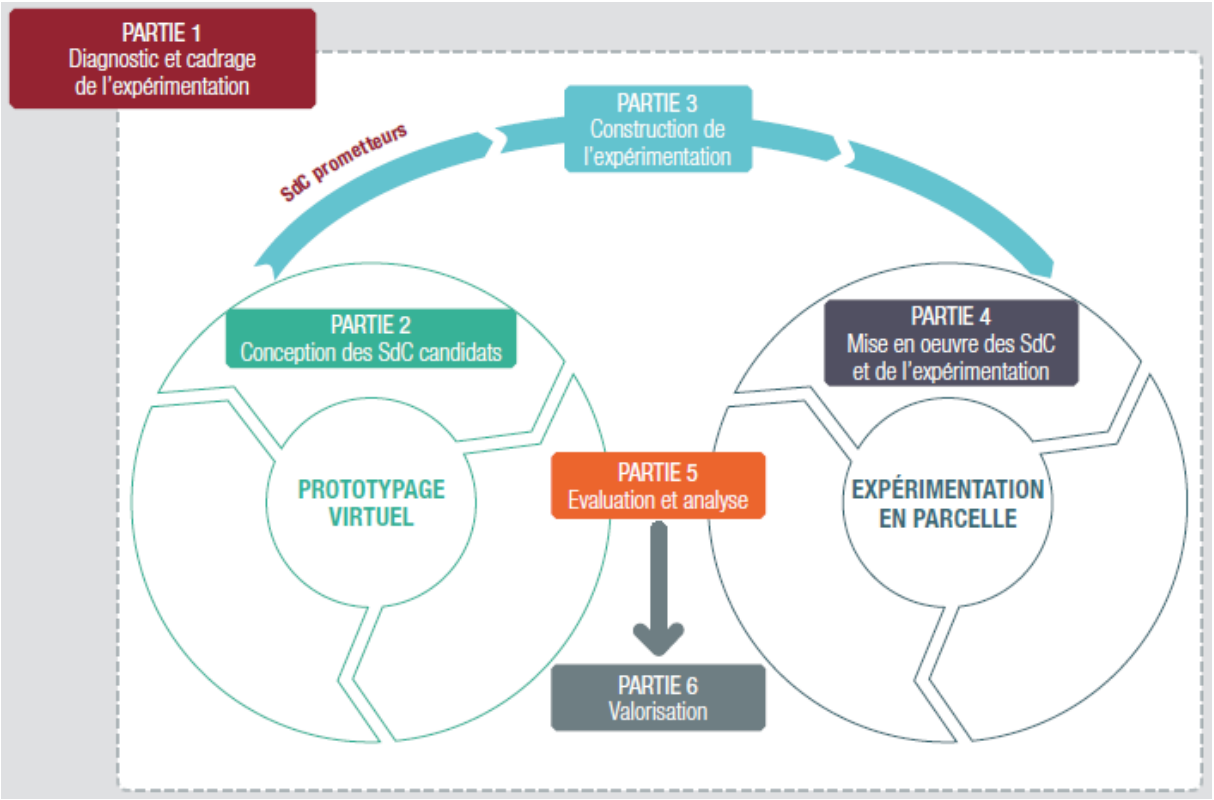


Figure 7 : La démarche systémique appliquée à l'expérimentation en six étapes. (Havard et al., 2017)

1.2.3 Intérêt et complémentarité de l'analyse système par rapport à une analyse factorielle

Ces deux types d'analyse ne s'opposent pas, car ils n'ont pas le même objectif. Le premier vise à étudier la cohérence d'un système de culture et sa capacité à répondre aux objectifs fixés ; le second cherche à montrer l'effet ou non d'un ou plusieurs facteurs, toutes choses étant égales par ailleurs.

L'analyse factorielle permet donc de choisir une technique optimale dans certaines conditions. Ainsi, l'expérimentateur système peut s'appuyer dessus afin de fixer les objectifs, stratégies et règles de décisions du système de culture. Cependant, l'analyse factorielle est moins adaptée à un transfert direct chez les producteurs, la complexité d'un SdC ne permettant pas de garantir l'égalité des facteurs externes (Havard et al., 2017).

1.3 Le système de culture étudié

1.3.1 La production de plantes en pots sous serre en verre

1.3.1.1 La culture en milieu fermé

Produire des plantes en milieu fermé limite les interactions entre la culture et l'environnement extérieur. Cela a pour avantages de pouvoir conduire la culture dans des conditions climatiques optimales (chauffage, éclairage, irrigation), mais aussi de limiter les bioagresseurs par des méthodes de prophylaxie (vide sanitaire, tapis désinfectants…), par des filets anti-insectes ou par une gestion climatique défavorable à un bioagresseur (gestion

de l'humidité, de la chaleur…). De plus, la structure de la serre constitue une barrière physique aux ravageurs. Cependant, en cas d'invasion, les ravageurs peuvent se reproduire plus rapidement, et les auxiliaires présents naturellement dans les abords ne peuvent pas entrer, il faut obligatoirement en apporter par des lâchers. La lutte biologique par conservation (cf. § 1.3.2.1.2) est donc quasiment impossible sous serre verre.

1.3.1.2 La régulation de la croissance

Un des critères importants pour la qualité des plants est un port compact et ramifié. Or les températures optimales favorisent plutôt la croissance, il faut donc arriver à la limiter afin d'obtenir des plantes de bonne qualité. Pour cela, les producteurs disposent de plusieurs moyens.

Le premier est l'utilisation de régulateurs de croissance chimiques. Ils *« définissent une substance active ou une préparation phytopharmaceutique utilisée pour mieux contrôler la croissance des plantes sans occasionner de nuisance sur le plan agronomique. »* [6] Ce sont souvent des phytohormones qui ont pour but de renforcer la tige ou de réduire la croissance cellulaire.

Figure 8 : Dispositif de thigmomorphogénèse avec piégeage de masse par bandes engluées. (Deogratias et al., 2018)

La thigmomorphogénèse est *« une modification de la croissance d'une plante en réponse aux stimuli mécaniques externes. »* (Jaffe, 1973) Cette technique simple (passage de bâches frangées, goutteurs, capillaires, barres de PVC...) donne généralement de bons résultats, mais la fréquence de passage est à adapter en fonction du matériel végétal. Certains végétaux ne répondent pas à ces stimulations. Sur *Dipladenia*, on observe une réduction des lianes de 90 %. De plus, cette technique facilement adaptable en production à moindre coût peut être couplée avec un piégeage de masse des insectes volants (Figure 8)[3] (Deogratias et al., 2018).

L'abaissement de la température peut également induire une moindre croissance (Cornillon et al., 1984). On peut utiliser cette technique plus particulièrement pour les cultures d'hiver, couplant ainsi avec une réduction des frais de chauffage. Cependant, ce levier donne de meilleurs résultats dans les climats plus rudes[3] (Deogratias et al., 2018).

Le stress hydrique donne des résultats très hétérogènes et demande une très bonne maîtrise de ce levier, qui n'est donc pas conseillé[3] (Deogratias et al., 2018).

La lumière (filtres augmentant le rapport entre lumières rouge et rouge lointain) donne de bons résultats (réduction de l'utilisation de régulateurs chimiques pour une qualité similaire) avec des bénéfices qualitatifs (ramification, couleur du feuillage…), mais encore hétérogènes entre les différentes espèces[3] (Deogratias et al., 2018).

1.3.1.3 La pression des adventices

La gestion des adventices est un point important de la production de plantes en pots, car, outre la compétition hydrique, la présence de mauvaises herbes déprécie la valeur d'un pot fleuri. Produire en serre facilite la lutte en limitant l'apport de graines extérieures.

L'utilisation de désherbants chimiques pour les plantes à massifs en pots est déconseillée en raison de la toxicité pour les plants. Les plantes ligneuses sont plus résistantes et peuvent, selon l'espèce, être désherbées avec un antigerminatif (Fillâtre et al., 2001).

[3] Résultats HORTIPOT

Si la pression n'est pas trop élevée, un désherbage manuel régulier est facile à mettre en place, couplé avec d'autres opérations (suivi de bioagresseurs…) Le paillage est aussi un bon levier d'action contre les adventices. Celui-ci est d'autant plus efficace que son épaisseur est grande. Il est recommandé d'utiliser des produits à faible granulométrie (<20 mm) pour les paillages en vrac (coques de sarrasin, miscanthus, chanvre, lin, etc.). Des disques de paillage existent également, mais sont plus adaptés pour des grands conteneurs. En outre, l'utilisation du paillage permet de limiter les arrosages et présente un aspect visuel propre lors de la commercialisation (Cannesan, Langlois, 2018).

Les adventices présentes dans le système de culture sont également à surveiller. Celles-ci constituent en effet une banque de graines, ou de ravageurs. Par exemple, la présence de *Solanaceae* peut attirer les aleurodes. Ces plantes peuvent toutefois servir comme plantes pièges ou plantes indicatrices (Ferre, 2008). De la même manière, certaines adventices peuvent être un refuge pour certains auxiliaires. La lutte contre les adventices peut donc être raisonnée en fonction de l'espèce.

1.3.2 Les espèces cultivées, leurs bioagresseurs et les leviers d'actions possibles

1.3.2.1 La culture de *Mandevilla*

1.3.2.1.1 Le *Mandevilla*

Le *Dipladenia* ou *Mandevilla* (synonymes) fait partie de la famille des *Apocynaceae*. Les horticulteurs différencient le *Dipladenia*, grimpant et pouvant atteindre jusqu'à 3 m de haut, du *Mandevilla* (Figure 9), conduit en touffe (Triolet, 2014). Il donne de grosses fleurs en trompette entre mars et octobre, dans les tons blanc - rose - rouge - orange. Les lianes portent un feuillage persistant vert sombre. Cette plante vivace originaire d'Amérique du Sud doit être cultivée à des températures supérieures à 16°C et avec une forte luminosité, sans quoi on observe un étiolement des tiges (pousses volubiles) et des chloroses (RATHO, 2006a). Le *Mandevilla* supporte bien la chaleur et le manque d'eau, mais craint les températures inférieures à 5°C [7, 8]. Son adaptation aux conditions difficiles est dû à ses racines hypertrophiées semi tubérisées visibles en Figure 10 (Boutebtoub et al., 2009). Ces caractéristiques en font un végétal de plus en plus apprécié pour sa facilité d'entretien [7].

Figure 9 : *Mandevilla* (Huot, 2019))

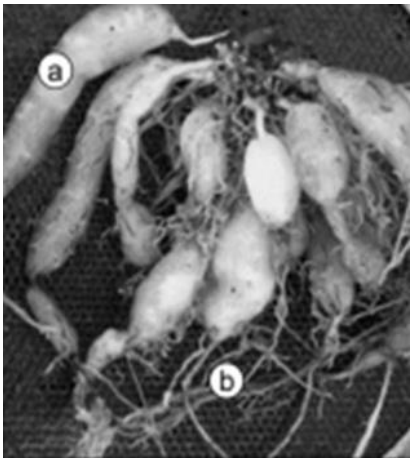


Figure 10 : Système racinaire de *Mandevilla*. a. racines tubérisées, b. racines fines. (Boutebtoub et al., 2009)

1.3.2.1.2 Les principaux ravageurs et les leviers d'actions possibles

Le Tableau II résume les principaux ravageurs et maladies rencontrées sur *Mandevilla* et *Impatiens.*

Le *Mandevilla* est attaqué par les ravageurs classiques des cultures ornementales : pucerons, thrips, aleurodes, chenilles, acariens et cochenilles [9].

Contre tous ces ravageurs, la lutte chimique est aujourd'hui le levier d'action principal, dans la limite de la liste des produits homologués. Un autre levier souvent mis en place en système fermé est la pratique d'un vide sanitaire, permettant de réduire les attaques précoces. La lutte mécanique par des bandes engluées, de couleur jaune principalement, est un levier alternatif facile d'utilisation. Ces bandes permettent de capturer une grande partie des insectes adultes volant près des cultures. Pour certains insectes, en particulier les Lépidoptères, des pièges à phéromones ou l'utilisation de la confusion sexuelle sont efficaces. La lutte biologique est un dernier levier plus difficile à mettre en place, car il nécessite un bon suivi des populations de ravageurs et d'auxiliaires. De plus, il est spécifique de chaque type de ravageur. Cependant, c'est le meilleur levier alternatif aux produits phytosanitaires, s'il est bien actionné. Il existe plusieurs grands types de lutte biologique (Suty, 2010) :

- Lutte par acclimatation : introduction d'un auxiliaire non indigène sur un territoire afin de lutter durablement contre un bioagresseur exotique.
- Lutte par inondation : lâchers d'auxiliaires en fonction de la pression du ravageur.
- Lutte par conservation : modification de l'environnement de la culture dans le but d'augmenter les populations d'auxiliaires indigènes (attirer ceux à l'extérieur de la culture, ou conserver et faire croitre ceux présents dans le système).

Les pucerons sont de petits insectes regroupés dans la super-famille des *Aphidoideae* dans l'ordre des Hémiptères, bien que la majorité des individus soient aptères. Leur reproduction est principalement asexuée par parthénogenèse, faisant augmenter rapidement la taille de leurs colonies ((Malais, Ravensberg, 2008). Parmi les pucerons, quelques espèces retiennent l'attention : *Aphis fabae, Myzus persicae et Macrosiphum euphorbiae*. Ce sont trois espèces très polyphages, présentes sur de nombreuses cultures ornementales [10, 11, 12]. Ces insectes piqueurs s'installent sur les jeunes feuilles et tiges de *Mandevilla.* Lorsque l'attaque est forte, des petits écoulements de latex se font remarquer à l'endroit des piqûres. De la fumagine peut également se développer. Les deux premiers sont prédatés par l'hyménoptère parasitoïde *Aphidius colemani,* alors que le troisième n'est pas un hôte préférentiel de cet insecte à cause de ses longues pattes qui gênent la ponte. Un autre parasitoïde plus grand, *Aphidius ervi,* semble plus indiqué. Cependant, la sève toxique de *Mandevilla* gêne l'installation des parasitoïdes (RATHO, 2006a). La lutte biologique peut également être conduite grâce à des insectes carnassiers, tels que les larves de coccinelles (attention toutefois au coût élevé de cet auxiliaire), de chrysopes, de cécidomyies ou de syrphes. Il est à noter que *M. persicae* est susceptible de transmettre le virus de la mosaïque foliaire (RATHO, 2006a). Certains produits de biocontrôle compatibles avec une lutte biologique peuvent être utilisés en cas d'impasse. Eradicoat® est un insecticide de contact à base de maltodextrine, qui bouche les orifices respiratoires des pucerons, mais également des aleurodes et des acariens (Certis, 2017).

La cochenille la plus abondante sur *Mandevilla* est *Planococcus citri* (ordre des Hémiptères, famille des *Pseudococcidae)* (Cox, 1989). Les femelles sont aptères, roses, et recouvertes de filaments blancs et cireux. Les mâles peuvent voler et mesurent environ 4,5 mm. Leur dispersion se fait de multiples façons : en rampant de plantes en plantes, par le vent, par les outils ou par le personnel (Kerns et al., 2002). Il est conseillé d'associer différentes méthodes afin de lutter efficacement. La lutte prophylactique est indispensable afin de limiter la dispersion de ces insectes. Pour agir le plus précocement possible, des capsules de phéromones peuvent être disposées avec des panneaux jaunes englués afin de piéger les

mâles. Le premier auxiliaire contre *P. citri* est la coccinelle australienne *Cryptolaemus montrouzieri*, qui s'attaque à tous les stades de cette cochenille. Des parasitoïdes du genre *Leptomastix* peuvent également être utilisés (RATHO, 2006a).

Les principales chenilles présentes sur *Mandevilla* sont les noctuelles *Heliothis armigera* et *Spodoptera littoralis,* ainsi que *Duponchelia fovealis*. La lutte biologique se fait aisément grâce à *Bacillus thuringiensis* [9].

Les thrips, acariens et aleurodes sont détaillés dans le point 1.3.3.1.2.

1.3.2.1.3 Les principales maladies

Le *Mandevilla* est sensible à plusieurs maladies fongiques, particulièrement au moment du bouturage et de l'enracinement. Les principaux champignons observés sur *Mandevilla* sont *Phytophthora sp., Fusarium oxysporum, Botrytis cinerea* et *Rhizoctonia solani* (RATHO, 2006a).

De manière générale, la lutte prophylactique en désinfectant les outils et les serres, et les pots est indispensable. La gestion climatique joue un rôle important dans la lutte contre les champignons préférant les milieux chauds et humides. Un distançage des plants peut parfois suffire à faire baisser la pression de champignons du feuillage. De même, une réduction de l'irrigation permet souvent d'éliminer un champignon du substrat (RATHO, 2006a).

Phytophthora est un genre de champignons telluriques de la famille des *Pythiaceae*, dont certains sont des organismes de quarantaine. Il est à l'origine de nécroses au collet des végétaux, ainsi qu'un pourrissement des racines, induisant le dépérissement de la plante (Jullien, Jullien, 2013). Les conditions optimales pour son développement sont une température chaude (en particulier si le substrat peut chauffer) et des arrosages excessifs (Mullen, Hagan, 1999). Les pots de petite contenance sont à l'origine d'un échauffement plus rapide du substrat et favorisent ainsi le développement du champignon (Minuto et al., 2001). Toutefois, si les conditions sont défavorables à son développement, il peut rester sous forme de chlamydospores et ainsi ne présenter aucun symptôme. Ceci constitue un risque important au niveau du commerce international (Migliorini et al., 2015).

Les *Fusarium* sont des Deutéromycètes (champignons imparfaits) dont les formes sexuées connues sont des Ascomycètes *(Gibberella, Calonectria, Nectria, Plectosphaerella).* Ils sont responsables de nombreuses maladies appelées fusarioses [13]. *Fusarium oxysporum* est reconnu comme étant certainement l'espèce de champignon tellurique la plus répandue dans le monde. Elle est en effet présente dans de nombreux types de sol et possède un grand nombre de formes spécialisées (Champion, 1997). Cette espèce investit son hôte par les racines et remonte par le système vasculaire (Fravel et al., 2003). Ceci provoque des nécroses racinaires, un brunissement des vaisseaux, et le dessèchement des tiges et des feuilles (Costa Rodrigues, Menezes, 2005). Des produits de biocontrôle contenant certaines souches de *Trichoderma* ou le champignon *Pythium oligandrum* permettent de limiter la contamination (Deogratias et al., 2015).

Les pathogènes *B. cinerea* et *R. solani* sont détaillés dans le point 1.3.3.1.3.

Tableau II : Bioagresseurs rencontrés sur *Mandevilla* et *Impatiens.* (Huot, 2019)

Type	Espèce	Présent sur *Mandevilla*	Présent sur *Impatiens*	Photo[4]	Lutte biologique
Ravageur	*Aphis fabae*	X	X		*Aphidius colemani, Aphidius ervi, Chrysoperla carnea, Adalia bipunctata, Aphidoletes aphidimyza*
	Myzus persicae	X	X		*Aphidius colemani, Aphidius ervi, Chrysoperla carnea, Adalia bipunctata, Aphidoletes aphidimyza*
	Macrosiphum euphorbiae	X	X		*Aphidius ervi, Chrysoperla carnea, Adalia bipunctata, Aphidoletes aphidimyza*
	Planococcus citri	X			*Cryptoleamus montrouzieri, Leptomastix spp.*
	Duponchelia fovealis	X			*Bacillus thuringiensis*
	Frankliniella occidentalis	X	X		*Amblyseius swirskii, Neoseiulus cucumeris Euseius gallicus*
	Bemisia tabaci	X	X		*Amblyseius swirskii, Amblyseius californicus*
	Tetranychus urticae	X	X		*Amblyseius swirskii, Amblyseius californicus*
Maladie	*Phytophthora sp.*	X	X		*Trichoderma spp.*
	Fusarium oxysporum	X			*Trichoderma spp., Pythium oligandrum*
	Botrytis cinerea	X	X		*Trichoderma spp., Gliocladium spp., Bacillus subtilis et Pseudomonas syringae*
	Rhizoctonium solani		X		*Trichoderma spp., Gliocladium spp., Aphelenchus avenae*
	Impatiens Necrotic Spot Virus (INSV)		X		Lutte contre le vecteur (thrips)

[4] Photos : B. Chaubet sur Encyclop'Aphid (pucerons) ; M. Triolet (*F. oxysporum*) ; Ephytia pour le reste.

1.3.3.1 La culture d'*Impatiens* de Nouvelle-Guinée

1.3.3.1.1 L'*Impatiens* de Nouvelle-Guinée

Cette plante herbacée de la famille des *Balsaminaceae* est un hybride d'*Impatiens hookeriana* et d'*Impatiens hawkerii*. Elle peut mesurer jusqu'à 30 cm de haut, et fleurit abondamment de mai à octobre, avec des coloris variés selon la variété (Figure 11) [14].

Figure 11 : *Impatiens* de Nouvelle-Guinée. (Huot, 2019)

La production d'*Impatiens* est assez rapide (3-4 mois). La température de la serre doit être comprise entre 16 et 20°C. Cette plante d'ombre demande un arrosage copieux et régulier, sans quoi elle s'affaisse. Un stress hydrique peut provoquer de petites nécroses et la chute de fleurs, mais un bon arrosage suffit à redresser rapidement la plante. La principale méthode de multiplication est le bouturage, au début de l'année (RATHO, 2006b).

1.3.3.1.2 Les principaux ravageurs

Les quatre principaux ravageurs sont les pucerons, les acariens, les thrips et les aleurodes (RATHO, 2006b). Les deux premiers ainsi que les leviers d'actions généraux ont été détaillés dans le point 1.3.2.1.2.

Le thrips *Frankliniella occidentalis* est un thysanoptère de la famille des *Thripidae.* Ce petit insecte de 1 à 2 mm de long est originaire de Californie et est vecteur de nombreux tospovirus, dont l'Impatiens Necrotic Spot Virus (INSV) et le Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV) (Riley et al., 2011). Il engendre également des déformations sur les feuilles et fleurs en formation [15]. La gestion des thrips présents en petites populations se fait aisément à l'aide d'acariens prédateurs *(Amblyseius swirskii, Neoseiulus cucumeris* ou *Euseius gallicus)*. De plus, l'efficacité des acariens est accrue avec la mise en place de solutions d'habitat et d'alimentation par du pollen[5] (Deogratias et al., 2018).

Les aleurodes sont représentés par deux espèces principales de l'ordre des Hémiptères et de la famille des *Aleyrodidae : Bemisia tabaci* et *Trialeurodes vaporariorum.* Ces deux espèces peuvent cohabiter sur une même culture, mais *B. tabaci* se développe mieux en été et avec des températures plus élevées que *T. vaporariorum* (Cui et al., 2008). Ces petites mouches blanches provoquent le développement de fumagine sur leur miellat et sont vecteurs de plus d'une vingtaine de virus [16, 17]. Le suivi de panneaux chromatiques permet d'avoir un bon aperçu de la population d'aleurodes dans la culture. Leur régulation en PBI se fait en utilisant des aubergines en tant que plantes pièges (push-pull), combinées à des lâchers d'acariens prédateurs (*A. swirskii*). L'apport de pollen augmente l'efficience de ces auxiliaires, leur permettant de se reproduire plus rapidement. D'autre part, l'alimentation des acariens coûte environ huit fois moins cher qu'un lâcher d'*A. swirskii*[5] (Deogratias et al., 2018).

Les acariens observés sont *Tetranychus urticae* (tétranyque tisserand) et *Phytonemus pallidus* (tarsonème) [9]. La lutte biologique se fait à l'aide d'acariens prédateurs tels que *Amblyseius californicus* ou *A. swirskii.*

[5] Résultats HORTIPOT

1.3.3.1.3 Les principales maladies

L'*Impatiens* de Nouvelle-Guinée est sensible à plusieurs champignons parmi lesquels *Botrytis cinerea, Rhizoctonia solani* et *Pythium sp. / Phytophthora sp* (RATHO, 2006b). Ce dernier est détaillé dans le point 1.3.2.1.3.

Botrytis cinerea est un Deutéromycète, anamorphe de l'Ascomycète *Botryotinia fuckeliana* (téléomorphe). La forme asexuée de ce champignon cause de nombreux dommages sur plus de 200 cultures (vigne, fruits et légumes, protéagineuses, oléagineuses, plantes ornementales, etc.) (Williamson et al., 2007). Ce saprophyte est à l'origine d'une pourriture humide, molle, avec un développement de duvets gris foncé (les conidies) (RATHO, 2006b). Outre la lutte chimique, des champignons antagonistes peuvent être utilisés en traitement préventif tels que *Trichoderma harzianum*, *Clonostachys rosea* (*Gliocladium roseum*) et *Ulocladium oudemansii* ou bien des bactéries comme *Streptomyces griseoviridis*, *Bacillus subtilis* et *Pseudomonas syringae* (Williamson et al., 2007). Enfin, les pratiques culturales prophylactiques sont également efficaces. *B. cinerea* se développe bien dans des conditions de température modérée, d'humidité importante et à faible luminosité. Un distançage des plants permet d'aérer la canopée et ainsi créer des mouvements d'air et une meilleure pénétration de la lumière. Ceci fait baisser l'humidité ambiante au niveau des parties aériennes et accélère l'évaporation des gouttes de rosée ou laissées par l'irrigation (Williamson et al., 2007).

Rhizoctonia solani est l'anamorphe du Basidiomycète *Thanatephorus cucumeris* (Gonzalez et al., 2011). Ce champignon pathogène cause des pertes sur de nombreux types de culture : grandes cultures (betterave, pomme de terre, maïs), maraîchage (laitue, radis, chicorée) ou floriculture (chrysanthème, giroflée, *Impatiens*) (Camporota, 1989). Sur *Impatiens*, on observe des taches noires ou une pourriture brun-orange au sommet de la plante, avec la présence de mycélium. Une plante touchée par *R. solani* s'affaisse en quelques jours. Le biocontrôle par des souches de *Trichoderma* et *Gliocladium* permet de réduire la pression de *R. solani* d'au moins 50 % (Lewis, Papavizas, 1985). Le nématode mycéliophage *Aphelenchus avenae* permet également de lutter contre *R. solani*, mais avec des différences de développement du nématode allant du simple au décuple entre différentes souches de ce champignon (Caubel et al., 1981).

L'Impatiens Necrotic Spot Virus (INSV) est un tospovirus de la famille des *Bunyaviridae*, partageant certaines propriétés avec le Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV) (de Haan et al., 1992). Ce virus est transmis par les thrips, dont *F. occidentalis*. Cependant, ce virus affecte le développement et la reproduction de ces insectes (Deangelis et al., 1993). Il fait l'objet d'une interdiction réglementaire au niveau européen (directive 200/29/CE) sur une dizaine de plantes dont l'*Impatiens* de Nouvelle-Guinée et au niveau français, la lutte (destruction par incinération) est obligatoire sous certaines conditions (ANSES, 2015). Les symptômes observés sont divers, en fonction de l'organe affecté :

- *« Feuille et foliole : présence de mosaïque plus ou moins marquée, de petites taches chlorotiques (virant du vert au jaune) à nécrotiques brunes, plus ou moins dispersées sur le limbe, d'anneaux bruns, de taches d'aspect rougeâtre évoluant vers une teinte bronzée, de nécrose.*
- *Pétiole et tige : apparition de lésions nécrotiques allongées, courbure apicale de l'extrémité de la tige, rabougrissement*
- *Fleur : déformation, décoloration*
- *Plante : nanisme, déformation »* [18].

Les mesures de prophylaxie sont indispensables afin de prévenir la présence de ce virus. De la même manière, les populations de thrips doivent être surveillées attentivement [18].

1.4 Problématique

Cet essai constitue la deuxième année du projet DEPHY EXPE HORTIPOT 2, qui vise à consolider les acquis de la première version de ce projet en appliquant l'analyse système.

Le système de culture doit répondre aux objectifs suivants :

- N'utiliser de produits phytosanitaires pour la gestion des bioagresseurs qu'en ultime recours.
- Produire des plants de qualité (port homogène, compact, sans bioagresseurs ni traces de ceux-ci), permettant ainsi d'obtenir une marge opérationnelle acceptable.
- Être transférable directement chez les producteurs.

En quelle mesure ce système de culture de *Mandevilla* et *Impatiens* en pot sous serre verre répond à ces critères ?

Ce mémoire commence par détailler le système de culture, les leviers d'actions choisis et les règles de décision à appliquer. Il présente ensuite les résultats obtenus en les discutant, selon les trois grands critères ci-dessus. Il se termine par la reprise des points importants et des points d'attention ou à améliorer pour la poursuite du projet HORTIPOT 2.

2 Matériel et méthodes

2.1 Disposition du système de culture

2.1.1 La serre en verre et les abords

Une chapelle de 115 m² est dédiée au projet DEPHY EXPE HORTIPOT 2. Elle comporte 12 tablettes de subirrigation avec système de chauffage, des écrans thermiques et des ouvrants non munis de filets anti-insectes, le tout automatisé par ordinateur. L'autre chapelle de la serre en verre est utilisée pour de la multiplication. Cette chapelle, séparée par une porte coulissante hermétique, est considérée hors du SdC. Il en est de même pour les abords extérieurs de la serre, les flux d'insectes par les ouvrants et durant l'ouverture des portes étant négligés. Les abords comptabilisés sont les bandes sablées présentes sous chaque tablette.

2.1.2 Le cycle de culture

Le SdC est suivi sur un an. Le cycle de culture débute avec la production de *Mandevilla* et d'*Impatiens*, il se poursuit par une culture de *Cyclamen*, et se termine par un vide sanitaire (Figure 12). Ce mémoire ne traitera que la première partie de ce cycle en raison du peu de données récoltées à cette date pour la culture de cyclamens.

Figure 12 : Le cycle de culture sur un an. (Huot, 2019)

2.1.3 Matériel végétal

Au total, 256 *Mandevilla* et 698 *Impatiens* ont été mis en place pour cette année (Tableau III). À cause de certains problèmes de transport, les 3 variétés d'*Impatiens* SunStanding ont été mélangées. Le Tableau III donne les chiffres *a priori*. Les chiffres exacts n'ont pu être obtenus qu'au moment de la notation finale (en pleine floraison).

Tableau III : Liste des variétés utilisées (Huot, 2019)

	Nom	Nombre
Variété 1	*Mandevilla* Rio® Red 'Fisrix Dered'	256
Variété 2	*Impatiens* 'Wild Romance Red'	52
Variété 3	*Impatiens* 'Tamarinda Violet'	52
Variété 4	*Impatiens* 'Tamarinda Orange'	40
Variété 5	*Impatiens* SunStanding 'Apollo Purple'	155
Variété 6	*Impatiens* SunStanding 'Apollo Lilac'	143
Variété 7	*Impatiens* SunStanding 'Apollo Ruby Red'	194
Variété 8	*Impatiens* 'Wild Romance White'	53
Variété 9	*Impatiens* 'Tamarinda Red Star'	9

2.1.4 Conduite culturale

Les plants sont empotés dans des pots de 13 cm de diamètre, avec un substrat Klasmann Référence 446, avec starter mais non fertilisé, auquel est ajouté de l'engrais

Osmocote 12-7-19 5-6 Mois à raison de 3 kg/m³. Les plants sont disposés côte à côte dans des plaques de 10. Lorsque les racines atteignent le fond du pot, un distançage est effectué en déplaçant un pot sur deux. Le plan de la serre est présenté en 0.

Un pincement des *Mandevilla* est prévu afin de favoriser la ramification.

2.1.4.1 Arrosage et fertilisation

Arrosage à l'eau claire par aspersion manuelle jusqu'au moment où les racines atteignent le fond du pot, puis distançage et mise en route de la subirrigation.

Aucune fertilisation n'est ajoutée en cours de culture.

2.1.4.2 Conduite climatique

<u>Températures :</u> - Chauffage : 15°C nuit 15°C jour
- Aération : 25°C nuit 25°C jour

<u>Ombrage :</u> - Seuil ombrage : 700 W/m²
- Seuil désombrage : 650 W/m²

2.2 Suivi expérimental et leviers d'actions mis en place

2.2.1 Les variables collectées

Le suivi expérimental est réalisé par la collecte d'un certain nombre de données. Celles-ci servent à appliquer les règles de décision choisies et/ou à évaluer le système et/ou à faire évoluer les pratiques culturales pour les années suivantes. Les variables collectées sont consignées en Tableau IV.

Tableau IV : Variables collectées. (Huot, 2019)

Domaine	Variables collectées	Fréquence	Rôle
Climat	Température, hygrométrie, vent, pluviométrie, température du substrat	Continu	Influence les pratiques culturales et les règles de décision
Opérations culturales	Toute opération effectuée sur la culture, temps de travail	Continu	Influence la culture et l'évaluation du SdC
Bioagresseur	Nombre, classe, ou présence/absence	Hebdomadaire	Influence les règles de décision et l'évaluation du SdC
Auxiliaire des cultures	Nombre ou classe	Hebdomadaire	Influence les règles de décision et l'évaluation du SdC
Qualité des plantes	Classe de qualité	En fin de culture	Influence l'évaluation du SdC
Coût des intrants	Coût unitaire, quantité d'intrant utilisée, surface traitée	Continu	Influence l'évaluation du SdC

En début de saison, 6 % des plants sont piquetés afin de réaliser le suivi des bioagresseurs et des auxiliaires, selon l'échelle en Tableau V.

Cinq parcelles fluctuantes par variété peuvent être ajoutées afin de suivre un foyer détecté en dehors des parcelles fixes. Ces parcelles fluctuantes sont intégrées dans les graphiques au même titre que les autres parcelles.

Tableau V : Échelle de notation pour les bioagresseurs et les maladies. (Huot, 2019)

	Variable	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Ravageur	Pucerons	Absence	1-3 ind	4-10 ind	11-30 ind	30-100 ind	
	Chenilles	Absence	Dégâts ou excréments sans chenille	1 chenille	2 chenilles ou plus		
	Acariens	Absence	1-10 ind	11-50 ind	>50 ind	Toile	
	Thrips	Absence	1 ind	2-3 ind	4-7 ind	8-15 ind	16-32 ind
	Aleurodes	Absence	Quelques adultes	3-10 ind	11-30 ind	31-100 ind	>100 ind
	Cochenilles	Absence	1 organe touché (nœud, feuille...)	2-3 organes touchés	4 organes et plus		
Maladie	Fusariose	Absence / Présence					
	Botrytis	Absence / Présence					
	Rhizoctonia	Absence / Présence					
Auxiliaire	Prédateurs pucerons	Nb exact					
	Orius	Nb exact					
	Phytoseides (acariens prédateurs)	Nb exact					
	Momies de pucerons	Absence	1-3 momies	4-10 momies	11-30 momies	30-100 momies	

En fin de saison, chaque plant est noté afin de déterminer sa classe commerciale :

- Classe 1 : Qualité « Extra », port compact, homogène, quelques fleurs et des boutons.
- Classe 2 : Quelques défauts, port non homogène, plant étiolé ou trop petit
- Classe 3 : Présence de symptômes (ravageurs, ou maladie)
- Classe 4 : À recultiver
- Classe 5 : Plant mort

Seules les classes 1 et 2 sont considérées comme commercialisables.

2.2.2 Régulation de la croissance

Le levier choisi pour réguler la croissance est la thigmomorphogénèse à l'aide d'un chariot expérimental. Il s'agit d'un roll sur lequel est fixée une grande barre qui soutient des bâches frangées d'un côté de la serre et des capillaires de goutteurs à 1 cm les uns des autres de l'autre côté (Figure 13). Ces derniers remplacent les goutteurs utilisés en 2018, qui laissaient des marques sur les plantes.

Sept passages sur les plants (aller-retour) sont répartis dans la journée (8h15 – 9h15 – 10h15 – 11h15 – 12h15 – 13h30 – 14h30 – 15h30 du lundi au vendredi) et selon les disponibilités le week-end. La vitesse d'avancement est fixée à 5 secondes par tablette, obtenus à l'aide d'un métronome. Des bandes engluées sont collées sur le chariot afin de piéger les insectes volants lors des passages.

Figure 13 : Chariot expérimental pour la thigmomorphogénèse. (Huot, 2019)

2.2.3 Contre les adventices

Dans les pots et les abords, un désherbage est effectué si nécessaire. Afin de faire baisser la pression dans les abords, un couvre sol est semé en semaine 11 à raison de 25 g/m². Ce couvre-sol est le mélange Routemaster Three, composé de 35% fétuque rouge demi-traçante, 35% fétuque ovine durette, 15% ray-grass anglais tétraploïde, 10% fétuque rouge traçante, 5% *Poa reptans.*

2.2.4 Contre les ravageurs

Le Tableau VI reprend les leviers d'action avec les règles d'actions utilisées afin de gérer les ravageurs. Ce schéma de lutte est adaptable en fonction des auxiliaires disponibles.

Tableau VI : Règles de décisions contre les principaux ravageurs. (Huot, 2019)

Ravageur	Seuil	Produit	Dose
Pucerons	Dès le premier observé (dans l'ordre d'intervention)	a. *Aphidius colemani*	a. Sur la surface totale : 0,5 à 1 ind./m²
		b. *Chrysoperla carnea*	b. Sur foyers : 10 ind./m²
Thrips	1) Dès le premier observé	*Amblyseius cucumeris* ou *swirskii*	1) 100 ind./m²
	2) Si pas de plante >classe 3		2) Apport 1 fois / 3 semaines
	3) Si 1 plante >classe 3		3) Apport 1 fois / 2 semaines
Acariens	1) En préventif	*Amblyseius cucumeris* ou *swirskii*	1) 5 ind./m²
	2) Sur foyer		2) 100 ind./m²
Chenilles	Dès le premier observé	Delfin® *(B. thuringiensis)*	0,075 kg/hL
Cochenilles	Dès le premier observé	*Chrysoperla carnea*	Jusqu'à 30 ind./m²
Aleurodes	Dès le premier observé	*Amblyseius cucumeris* ou *swirskii*	100 ind./m²

2.2.5 Contre les maladies

Afin de limiter au maximum la propagation des maladies, le levier d'action principal est la destruction des plants atteints. Cela est valable pour l'INSV, *Phytophthora, Rhizoctonia et Fusarium.* Un suivi hebdomadaire de l'élimination des plants est réalisé. Pour *Botrytis,* seuls les plants complètement atteints sont éliminés. Les plants moins atteints sont nettoyés et un distançage d'un plant sur deux est effectué, afin de favoriser le flux d'air dans la canopée.

2.3 Analyse des données

2.3.1 Données brutes

Les données climatiques sont enregistrées en continu. Les autres notations sont réalisées sur des fiches, puis saisies et enregistrées informatiquement.

2.3.2 Données transformées

Si nécessaire, les classes sont transformées en nombres en prenant la valeur minimale de la classe.

À la fin de la culture, un calcul de l'IFT est effectué grâce aux données de traitements.

L'analyse économique repose sur le calcul des coûts de production (matériel, temps de travail, énergie...) et de protection (auxiliaires, biocontrôle, traitements), et du chiffre d'affaire potentiel. Les calculs sont raisonnés sur 1 000 m² afin de ne pas surestimer les coûts plus élevés en expérimentation à cause des quantités plus faibles qu'en production. Le chiffre d'affaire est estimé à partir des données de qualité. Les prix de ventes sont déterminés à partir du catalogue Selecta.

2.3.3 Traitement statistique

Afin de déterminer si les traitements contre les pucerons ont eu un effet significatif, un traitement statistique a été réalisé. La démarche de l'analyse de variance à un facteur (ANOVA) a été choisie pour étudier l'effet du facteur « semaine » sur la somme des pucerons observés.

Le traitement des données a été réalisé avec le logiciel R, en suivant les étapes suivantes :

1) Vérification des postulats de répartition normale des résidus et d'homoscédasticité.
2) Si ces postulats sont vérifiés, réalisation de l'ANOVA, comparant les moyennes de nombre de pucerons entre les 16 semaines. Puis réalisation d'un test de Tukey afin de répartir les différentes semaines en groupes homogènes.
3) Si ces postulats ne sont pas vérifiés, réalisation du test non paramétrique de Kruskal-Wallis, comparant les médianes de nombre de pucerons entre les 16 semaines.

3 Résultats et discussion

Cette partie analysera en quelle mesure les différents leviers d'action mis en place dans le système de culture répondent aux trois critères suivants :

- N'utiliser de produits phytosanitaires pour la gestion des bioagresseurs qu'en ultime recours.
- Produire des plants de qualité (port homogène, compact, sans bioagresseurs ni traces de ceux-ci), permettant ainsi d'obtenir des marges brute et directe acceptables.
- Être transférable chez les producteurs.

3.1 Conduite culturale

L'ensemble des opérations culturales effectuées est résumé en Figures 15 et 16.

3.2 Données climatiques

Les données climatiques sont présentées en Figure 14 pour les températures et en Annexe II pour l'hygrométrie et l'ensoleillement. Les données climatiques du mois de mars sont manquantes en raison d'un problème informatique.

Les températures moyennes dans la serre sont comprises entre 15 et 20°C sur la majeure partie de la période de culture. Plusieurs pics se font remarquer. Un premier pic en semaines 16-17, la première fois de la saison que ces moyennes passent la barre des 20°C. Un second en semaines 22-23, la première fois de la saison que ces moyennes dépassent 25°C. Un troisième fin juin, qui correspond au premier épisode caniculaire de cette année.

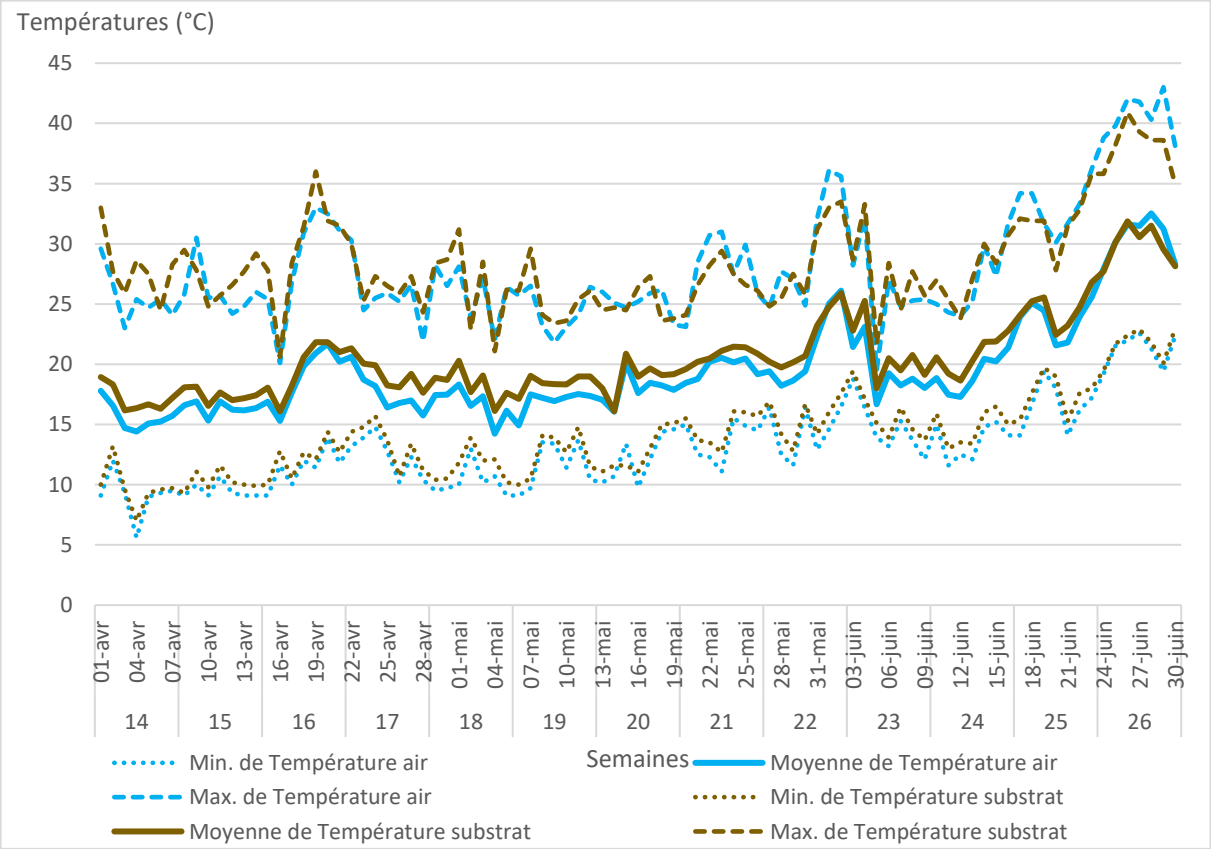


Figure 14 : Températures au sein du système de culture. (Huot, 2019)

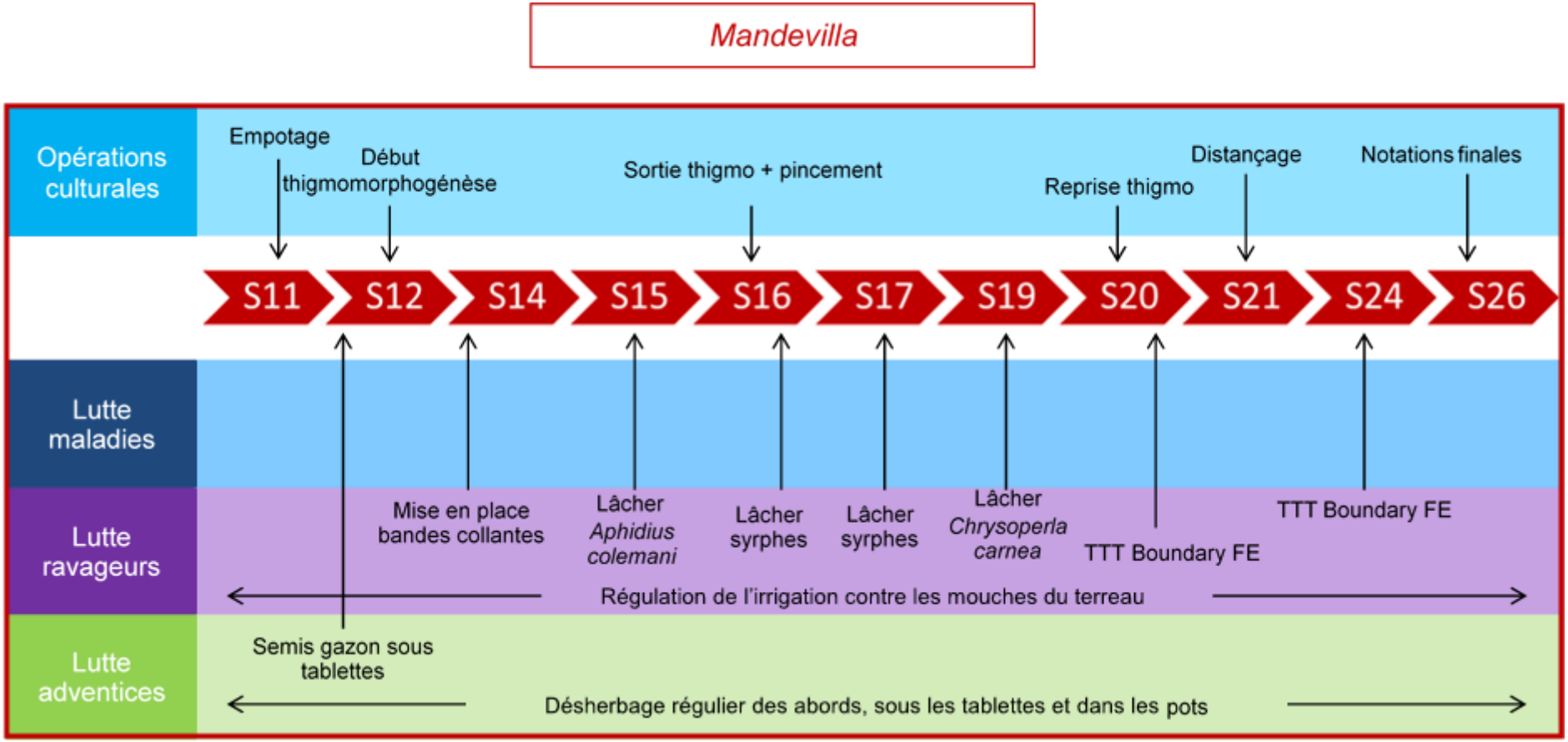


Figure 15 : Chronologie des opérations culturales et des leviers d'actions activés sur *Mandevilla*. (Huot, 2019)

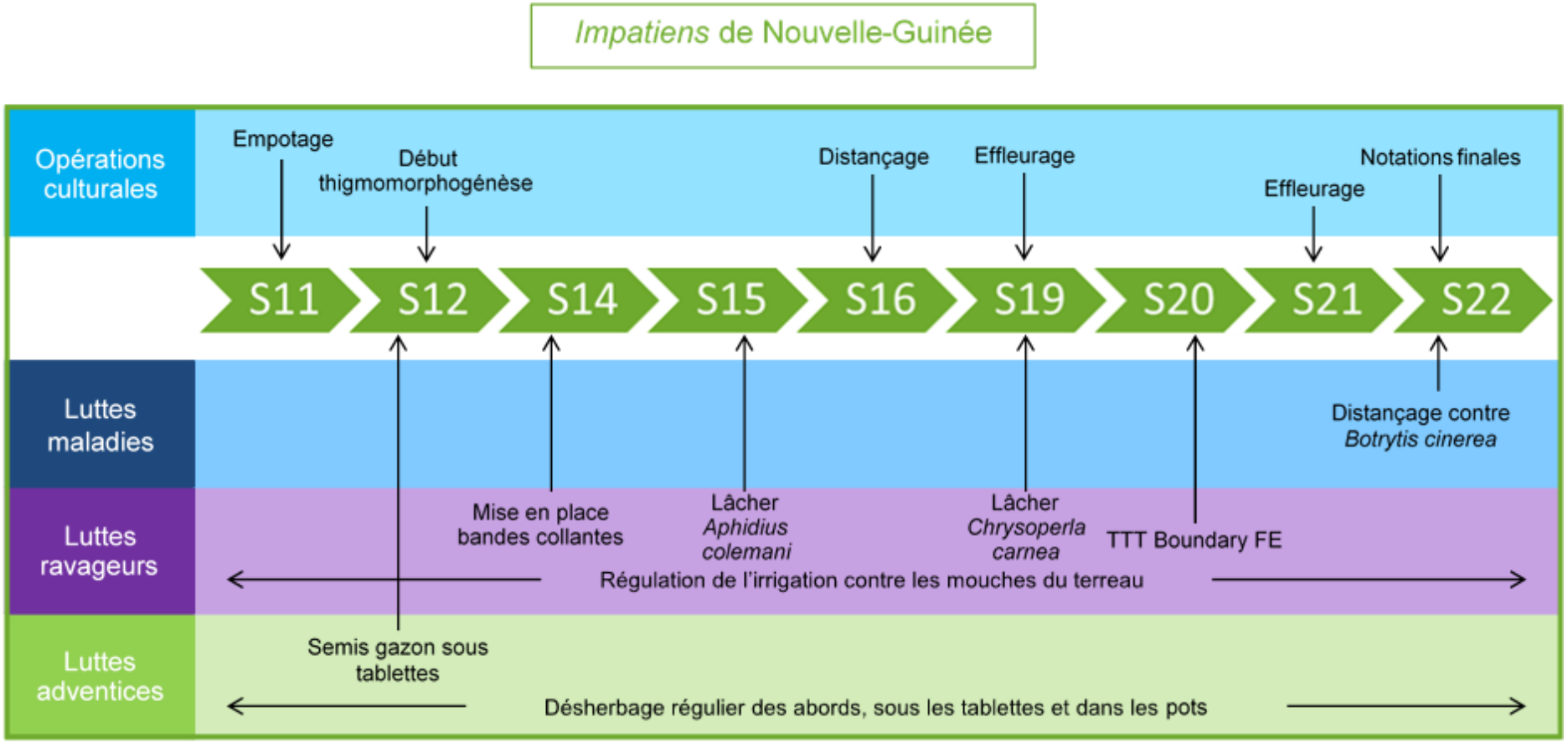


Figure 16 : Chronologie des opérations culturales et des leviers d'action activés sur *Impatiens*. (Huot, 2019)

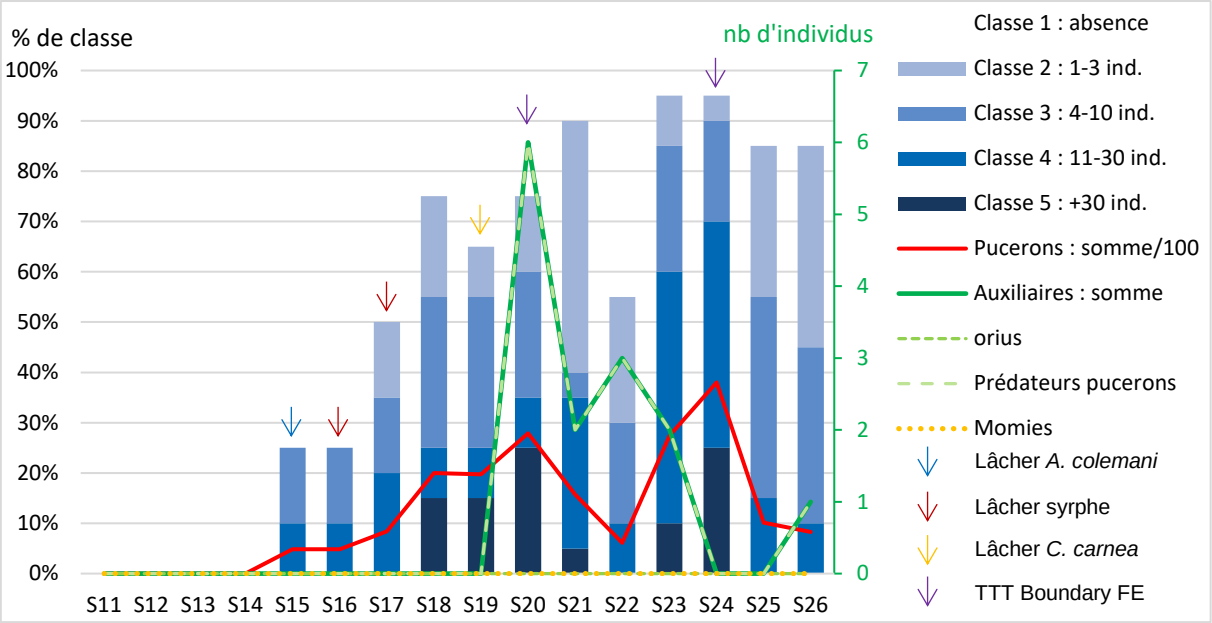


Figure 17 : Suivi de population de pucerons sur *Mandevilla.* (Huot, 2019)

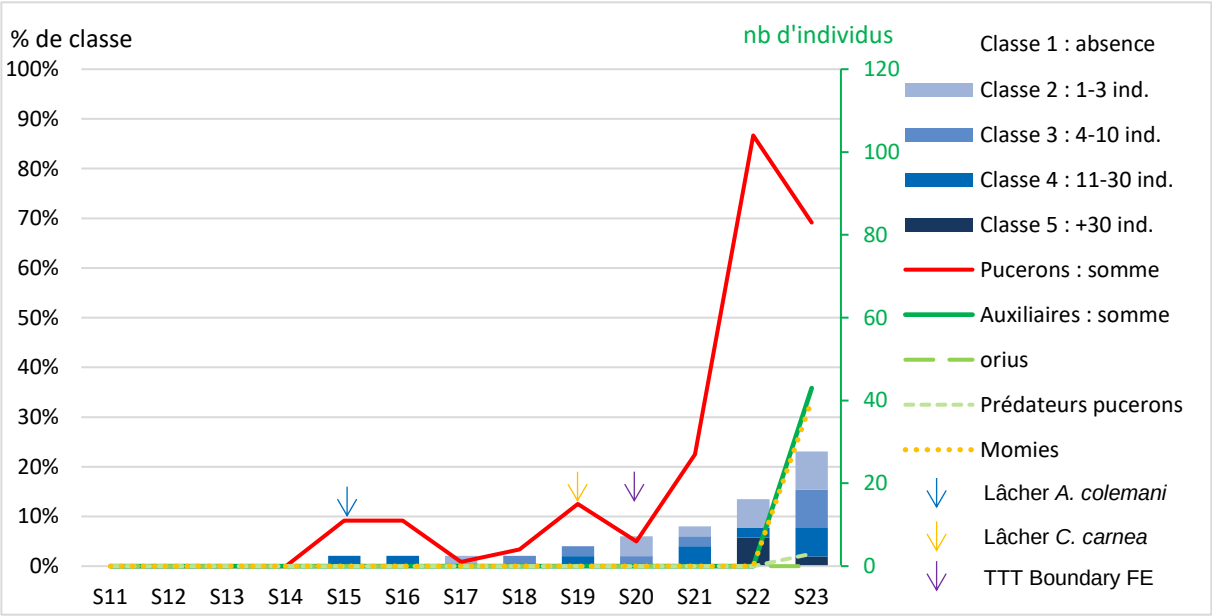


Figure 18 : Suivi de population de pucerons sur *Impatiens.* (Huot, 2019)

Figure 19 : *M. euphorbiae* sur *Mandevilla* (à gauche). (Huot, 2019)
Pucerons desséchés après traitement au Boundary FE (à droite). (Huot, 2019)

3.3 Gestion des bioagresseurs

3.3.1 Gestion des ravageurs

3.3.1.1 Observations

Cette année, les seuls ravageurs observés ont été des pucerons, sur *Mandevilla* principalement, puis sur *Impatiens* en fin de culture. Sur toute la période de présence des pucerons, les températures étaient favorables à leur développement, avec une moyenne comprise entre 15 et 25°C. En effet, l'optimum de développement se situe entre 15 et 18°C pour *M. euphorbiae* et entre 16 et 28°C pour *A. gossypii* (Malais, Ravensberg, 2008). L'attaque s'est déroulée en deux étapes.

La première espèce observée était *Macrosiphum euphorbiae* sur *Mandevilla* (S15 à S26) et sur *Impatiens* (S15 à S23). L'attaque s'est rapidement étendue sur la quasi-totalité des plants de *Mandevilla* (Figure 17), favorisée par un pic de température en semaines 16-17 (Figure 14), alors que l'attaque sur *Impatiens* est restée localisée (Figure 18). En effet, ces pucerons se trouvaient principalement sur les fleurs d'*Impatiens*, qui étaient effleurées régulièrement. Il est à noter que les différents lâchers d'auxiliaires n'ont pas pu endiguer la propagation des *M. euphorbiae.* Cela pourrait être expliqué, d'une part, par la toxicité des pucerons ayant ingéré de la sève de *Mandevilla* et, d'autre part, par le fait que *A. colemani* n'est pas un hôte préférentiel de *M. euphorbiae* (grandes pattes qui gênent la ponte).

Les petites baisses enregistrées sur *Impatiens* après les lâchers d'*Aphidius* et de chrysopes ne peuvent pas être corrélées à ces lâchers. En effet, on ne retrouve aucun de ces auxiliaires (larves, adultes ou momies) sur les plants. De plus, les populations de pucerons et leur répartition sont trop faibles pour déterminer si l'effet est significatif ou non.

Ainsi, deux traitements au Boundary FE ont été proposés en semaines 20 et 24. Cet engrais foliaire à base de fer chélaté ne possède pas d'Autorisation de Mise sur le Marché pour traiter les pucerons. Des horticulteurs ont pu remarquer un certain effet de ce produit sur les colonies de pucerons, mais aucun test scientifique n'a pu prouver cette efficacité. C'est pourquoi ce levier d'action a été testé contre les pucerons dans le but de diminuer les populations.

Le traitement statistique (script pour *Mandevilla* en Annexe IV et résultats en Annexe V) a permis de montrer un effet significatif du facteur « Semaine » sur les populations de pucerons présentes sur *Mandevilla* et d'*Impatiens,* grâce au test de Kruskal-Wallis de comparaison des médianes (p-valeur inférieure à 0.05). En effet, aucun des deux postulats de répartition normale des résidus et d'homoscédasticité n'étaient vérifiés. Bien qu'il ne soit pas possible de déterminer si l'effet est significatif entre les semaines 20 et 21 et les semaines 24 et 25, par le test de Tukey, il est observable sur les populations de pucerons présentes sur *Mandevilla*. En effet, les pucerons touchés par la pulvérisation du produit sont retrouvés morts dans les jours qui suivent le traitement (Figure 19).

Cependant, la population de *M. euphorbiae* sur *Impatiens* a augmenté entre la semaine 20 (TTT Boundary FE) et la semaine 21 (Figure 18). Cela est sûrement dû au mode de pulvérisation à basse pression pour ce traitement de contact, qui n'a pas atteint les pucerons placés sous les feuilles, comme c'était le cas pour ceux observés sur *Impatiens*. En revanche, les populations de pucerons sur *Mandevilla* ont chuté, car les ravageurs étaient accessibles au produit (jeunes tiges et sur la face supérieure des feuilles principalement). Ce sont les pucerons restés sous les feuilles qui ont permis aux populations de se développer à nouveau à partir de la fin de la semaine 22, à la faveur d'un nouveau pic de température.

Un inoculum au cours de la semaine 21 sur *Impatiens* uniquement – dû *a priori* à un transport par le personnel – a apporté des *Aphis gossypii* et *A. fabae.* Cette fois, la dispersion

géographique de ces pucerons sur *Impatiens* est exponentielle, bien que leur nombre total ait baissé pour la dernière semaine des notations (Figure 18). La dispersion de ces ravageurs a peut-être été facilitée par le passage du chariot de thigmomorphogénèse, en secouant et faisant tomber les pucerons sur les pots adjacents. D'autre part, les *Aphidius* lâchés en semaine 13 et restés dans le système ont été utiles à ce moment, comme le montre la contribution des momies de ce parasitoïde dans le total des auxiliaires (Figure 18).

Ces pucerons ont pu se développer rapidement car ils ont été observés en semaine 22, après le traitement au Boundary FE, qui n'était pas ciblé sur la tablette où ils se trouvaient, mais sur celles qui présentaient les pucerons de la première attaque.

3.3.1.2 Perspectives

La sève de *Mandevilla* semble être problématique pour que la lutte biologique soit efficace. Cela est avéré pour *A. colemani* (RATHO, 2006a), mais reste encore à vérifier pour d'autres auxiliaires tels que les larves de chrysope ou de syrphe. Le cas échéant, l'itinéraire serait à repenser avec une lutte contre les pucerons sans lutte biologique avec des auxiliaires (utilisation de Boundary FE) si aucun autre macroorganisme n'est efficace. Le Boundary FE montrant une bonne efficacité, pourrait être intégré dans les règles de décision, dès observation d'une classe 5 par exemple.

D'autre part, les pics de population d'auxiliaires arrivent environ deux semaines après le début de la hausse des populations de pucerons (Figure 17). L'objectif serait de faire coïncider les deux courbes de populations de pucerons et de populations d'auxiliaires, c'est-à-dire que les auxiliaires se développent aussi rapidement et précocément que les pucerons. Cela serait possible grâce à des infrastructures telles que les plantes relais associées à des lâchers préventifs, permettant aux auxiliaires d'être présents dans le système avant même l'apparition des pucerons.

Une prophylaxie plus rigoureuse aurait sûrement permis d'éviter la contamination plus tardive des *Impatiens*. Des protocoles simples peuvent être mis en place, comme une vérification qu'aucun ravageur ne se trouve sur l'opérateur en sortant d'une culture, ou la mise à disposition d'une ou plusieurs blouse(s) à l'entrée de chaque chapelle. Si des pucerons tombent sur les manches de cette blouse (lors d'un arrosage ou d'une notation par exemple), ceux-ci resteront dans le système de culture d'où ils proviennent et ainsi ne seront pas transportés dans un autre système.

Dans la mesure où la chapelle n'est pas équipée de filets anti-insectes, on pourrait imaginer la mise en place d'une lutte biologique par conservation afin d'attirer des auxiliaires présents à l'extérieur de la serre. En effet, bien que les flux d'insectes soient négligés ici, des insectes exogènes au système ont été observés (papillons, syrphes d'une autre espèce que ceux lâchés...). Des plantes relais peuvent être suspendues sur un ou plusieurs étages entre les ouvrants et les cultures. Les espèces utilisées peuvent être un mélange de *Fabaceae* et d'espèces fleuries comme le bleuet (*Centaurea cyanus*) ou l'alysson (*Lobularia maritima*) (Mbaye, 2013 ; Lambion, 2017). Il faudra être vigilant à ce que ces plantes ne se sèment pas dans les cultures situées en dessous et qu'elles ne soient pas un refuge de potentiels ravageurs. Une étude des flux peut être étudiée grâce à des pièges à aspirateurs.

Afin de pousser l'attraction des auxiliaires tels que les syrphes ou les chrysopes, on pourrait placer des plantes telles que des potentilles (*Potentilla fruticosa*) autour de la serre.

Pour d'autres ravageurs, comme les aleurodes, des plantes indicatrices peuvent être disposées. Les *Solanaceae* attirent facilement ces insectes et pourraient être utilisées comme telles.

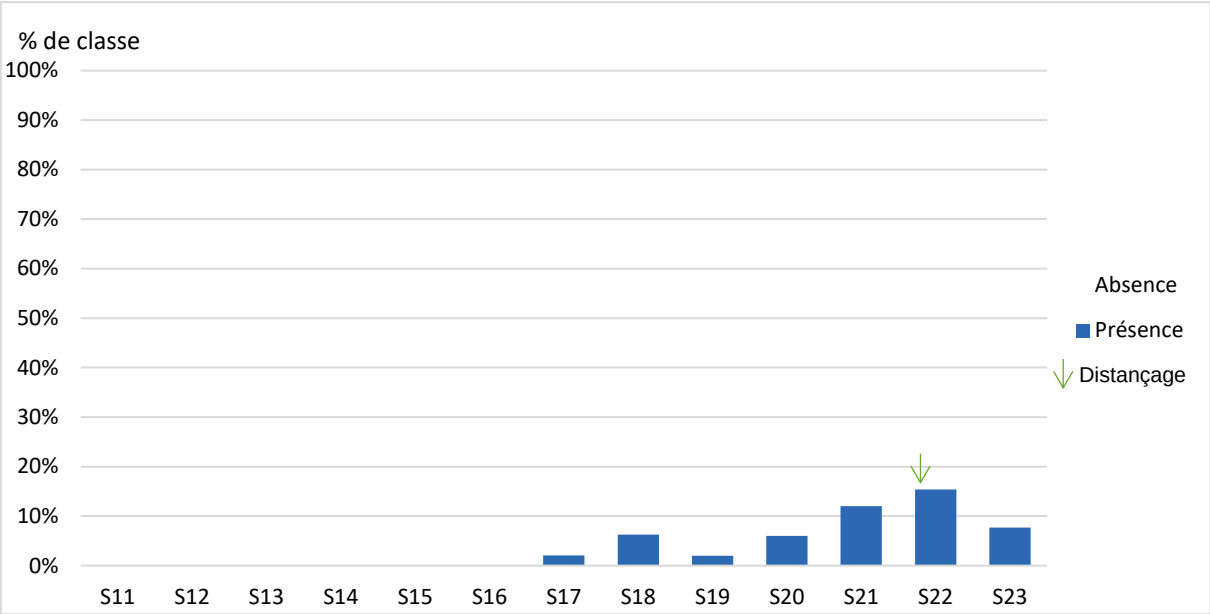


Figure 20 : Suivi de pression de *Botrytis cinerea* sur *Impatiens.* (Huot, 2019)

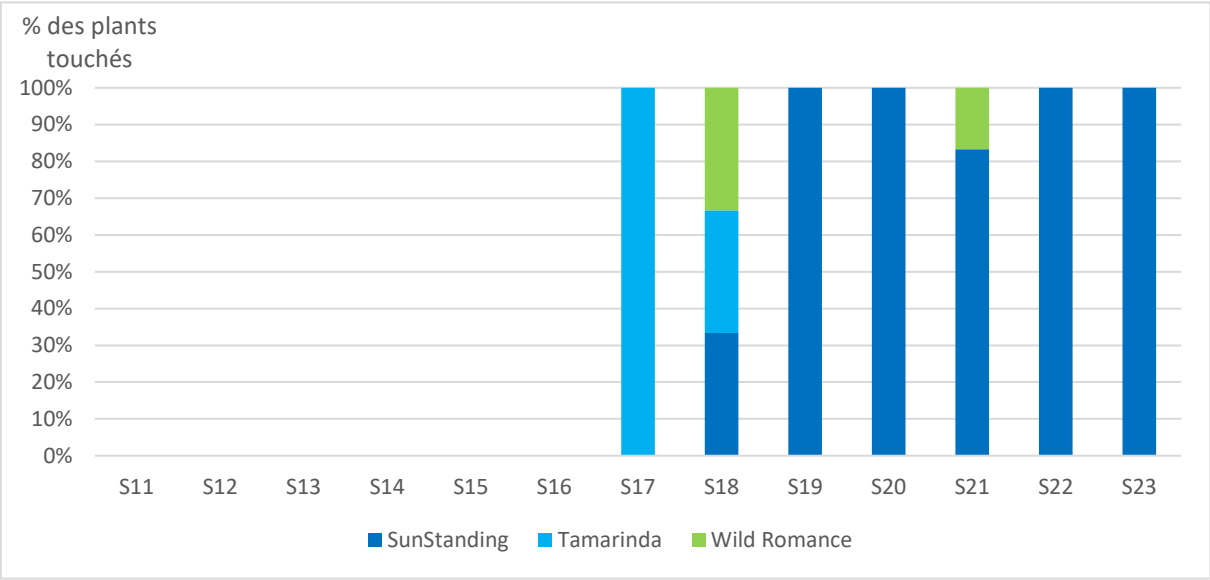


Figure 21 : Variétés touchées par *B. cinerea.* (Huot, 2019)

Figure 22 : Rosée sur *Impatiens* SunStanding. (Huot, 2019)

3.3.2 Gestion des maladies

3.3.2.1 Observations

Aucune maladie n'a été observée sur *Mandevilla*.

Botrytis cinerea (la seule maladie observée cette année) est apparu sur *Impatiens* à mi-culture (semaine 17, Figure 20), d'abord sur les feuilles sénescentes, puis dans la canopée (semaine 20). Ce sont les variétés les plus poussantes (SunStanding) qui ont été le plus touchées (Figure 21). En effet leur canopée plus dense ainsi qu'une rosée quotidienne abondante (Figure 22) ont favorisé le développement de ce champignon.

Aucune corrélation entre la proportion de plants touchés et l'hygrométrie ne peut être faite. En effet, cette dernière est trop fluctante au sein des différentes semaines. On remarque même une augmentation du nombre de plants touchés en semaine 20 alors que l'hygrométrie baisse à cette période.

Le distançage effectué en semaine 22 a été efficace, dans la mesure où le nombre de plants atteints a chuté de 50 % (Figure 20). Ce levier d'action n'a pas pu être mis en place plus tôt, car le chariot expérimental pour l'induction de la thigmomorphogénèse s'arrête à la moitié des tablettes de culture. Il a donc fallu attendre la notation commerciale afin de garder la totalité des plants sur le passage de ce chariot, avant de procéder au distançage.

3.3.2.2 Perspectives

Une allonge des « bras » du chariot de thigmomorphogénèse permettrait d'effectuer un distançage plus précoce en présence de *B. cinerea.*

D'autre part, un traitement préventif par un organisme antagoniste (*Trichoderma* par exemple) pourrait être effectué au moment de l'empotage.

Si la pression est particulièrement forte, un distançage supplémentaire pourrait être effectué dans la limite de la place disponible. Une ventilation permettrait également d'augmenter les flux d'air et ainsi réduire l'humidité dans la canopée. Celle-ci peut être obtenue grâce aux ouvrants, mais également grâce à un système de refroidissement fonctionnant avec uniquement le ventilateur.

3.3.3 Gestion des adventices

Les adventices présentes dans les cultures ont été ôtées lors des notations hebdomadaires. Cependant, aucune quantification n'a été effectuée, mais leur pression n'était pas forte.

Il serait intéressant d'inclure le désherbage dans les notations hebdomadaires (nombre de pots et espèces rencontrées). On pourrait alors étudier l'éventuel intérêt d'un paillage de cosses de sarrasin ou de miscanthus pour s'affranchir totalement des adventices et du désherbage.

3.3.4 Gestion des abords

3.3.4.1 Observations

L'implantation du gazon sous les tablettes a donné des résultats fluctuants selon la position de la tablette dans la serre. En effet le gazon semé dans les bandes sablées situées au centre de la serre, étant plus à l'ombre, a mis plus de temps à lever et s'est rapidement étiolé. Certaines zones se retrouvent ainsi avec un taux de recouvrement presque nul en semaine 24, soit 13 semaines après le semis (Figure 23).

Ainsi, pour cette première année, l'implantation du gazon n'a pas empêché la réalisation de trois désherbages. De plus, l'entretien du gazon, en particulier la tonte est difficile. En effet, les tondeuses standard (à moteur ou à cylindre) ne passent pas, l'utilisation d'une tondeuse à fil (débrousailleuse) n'est pas possible, et la tonte à la cisaille serait trop coûteuse en temps de main-d'œuvre.

Figure 23 : Gazon semé sous les tablettes en semaine 24. Tablette en bordure (gauche) et tablette au centre (droite). (Huot, 2019)

Un avantage de ce gazon est qu'aucun ravageur n'a été observé dessus. Cependant, aucun auxiliaire n'a été observé non plus.

3.3.4.2 Perspectives

Pour l'année suivante, il serait intéressant de laisser le gazon aux endroits où il a bien poussé, et implanter d'autres plantes couvre-sol aux endroits vides. Ces dernières devront être adaptées à l'ombre et demander peu d'entretien : fort pouvoir couvre-sol et peu poussant en hauteur afin d'éviter une tonte éventuelle. Une attraction des auxiliaires des cultures serait un plus. On peut ainsi retenir certaines espèces comme la piloselle (*Hieracium pilosella*), la matricaire (*Matricaria tchihatchewii*) ou encore l'achillée (*Achillea millefolium*). Des relevés réguliers du taux d'implantation permettraient de quantifier le pouvoir couvrant de ces espèces dans un milieu ombragé. Ces espèces étant florifères leur attractivité pour les auxiliaires mais également pour les ravageurs pourra être évaluée.

3.3.5 Régulation de la croissance

Figure 24 : Effet de la thigmomorphogénèse. (Huot, 2019)

La croissance des plants a été régulée entièrement par induction de thigmomorphogénèse. Aucune notation quantitative n'a été effectuée, l'intérêt de cette pratique ayant été démontrée par le projet HORTIPOT (Deogratias et al., 2018) et généralisée dans le projet HORTIPOT 2.

L'effet de la thigmomorphogénèse a été bien flagrant sur les deux cultures. Seulement quelques *Mandevilla* présentaient des pousses volubiles (moins d'une dizaine), malgré les deux traitements au Boundary FE (engrais foliaire). Une séparation nette est visible entre les plants restés dans la zone de thigmomorphogénèse et ceux sortis lors du distançage en semaine 22 (Figure 24).

Cette technique mise en œuvre à cette fréquence est donc bien adaptée à ce système et permet de produire des plants compacts sans utiliser de nanifiant chimique. De plus, la mise en place de bandes engluées a permis de capturer un bon nombre d'insectes volants, perturbés lors des passages (sciarides en particulier). Cependant, certains auxiliaires ont été également piégés (*Aphidius*, syrphes...).

Tableau VII : Calcul de l'IFT et de l'IFT vert (Huot, 2019)

N° TTT	Date	Produits	Problématiques	Culture	Mode application	Dose homologuée	Dose appliquée	Dosage de produit dans la bouillie (%)	Coeff. De surface traitée (%)	Surface traitée (m²)	IFT (produits phytosanitaires conventionnels)	IFT vert (produits de biocontrôle)
1	S15	Aphidius	Pucerons	Mandevilla / Impatiens	Lâcher	1 ind/m²	1 ind/m²	100%	24%	12	0	0
2	S16	Syrphes	Pucerons	Mandevilla	Lâcher	0,035 ind/m²	0,04 ind/m²	100%	100%	50	0	0
3	S17	Syrphes	Pucerons	Mandevilla	Lâcher	0,035 ind/m²	0,1 ind/m²	100%	100%	50	0	0
4	S17	Syrphes	Pucerons	Mandevilla	Lâcher	0,035 ind/m²	0,08 ind/m²	100%	100%	50	0	0
5	S19	Chrysopa	Pucerons	Mandevilla / Impatiens	Lâcher	10 ind/m²	5,7 ind/m²	100%	16%	8	0	0
6	S20	Boundary FE	Pucerons	Mandevilla / Impatiens	Pulvérisation	3 L/ha	3 L/ha	100%	58%	29	0	58%
7	S21	Boundary FE	Pucerons	Mandevilla / Impatiens	Pulvérisation	3 L/ha	3 L/ha	100%	33%	17	0	33%
										Total IFT	**0**	**0,92**

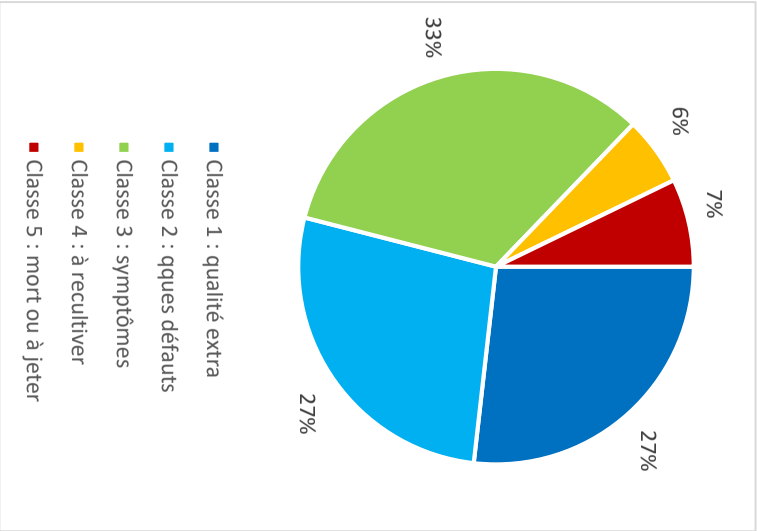


Figure 25: Répartition des plants de *Mandevilla* selon les classes commerciales. (Huot, 2019)

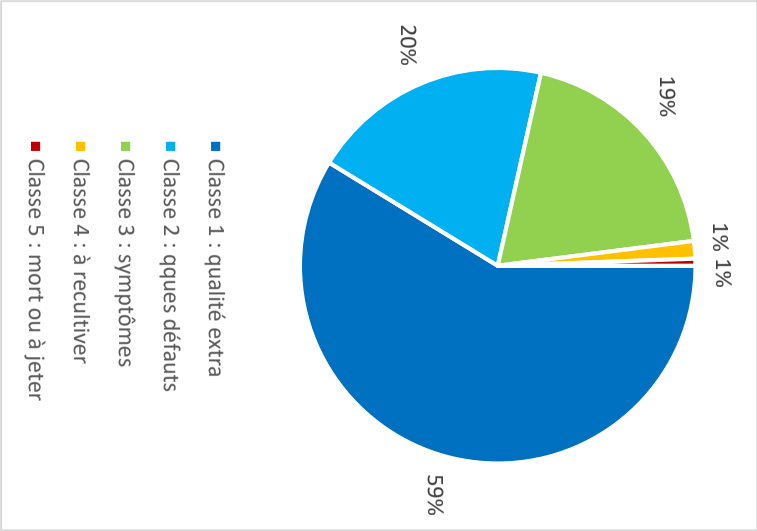


Figure 26 : Répartition des plants d'*Impatiens* selon les classes commerciales. (Huot, 2019)

3.3.6 Calcul de l'IFT

Le Tableau VII récapitule l'ensemble des traitements et lâchers d'auxiliaires effectués sur les cultures et détaille le calcul de l'IFT et de l'IFT vert. Les lâchers d'auxiliaires ne sont pas encore comptabilisés dans l'IFT vert.

Les deux traitements de biocontrôle au Boundary FE ont été effectués sur foyers, respectivement sur 7 et 4 tablettes, soit 58 et 33 % de la surface de culture. L'IFT vert final est donc de 0,92.

Aucun traitement avec un produit phytosanitaire conventionnel n'a été effectué cette année, portant ainsi l'IFT à 0.

Le premier objectif de ce système de culture est donc atteint : la gestion des bioagresseurs par des pratiques culturales et des traitements de biocontrôle, ainsi que la régulation de la croissance, a été assez efficace pour pouvoir se passer de tout produit phytosanitaire.

Cependant, la qualité de la production permet-elle d'assurer à l'horticulteur un chiffre d'affaire suffisant pour dégager un revenu convenable ?

3.4 Analyse économique

3.4.1 Données de qualité commerciale

3.4.1.1 Observations

Figure 27 : Plant cassé au collet. (Huot, 2019)

La totalité des plants ont été notés selon les classes commerciales décrites en 2.2.1 en semaine 22 pour les *Impatiens* et en semaine 26 pour les *Mandevilla* (Figures 25 et 26). En effet, ces derniers ont présenté un retard en raison d'une mauvaise reprise après l'empotage.

Certains plants ont présenté une fragilité au niveau du collet et ont cassé lors du passage du chariot de thigmomorphogénèse (Figure 27). Les sciarides présentes ont été suspectées, mais les tiges du *Mandevilla* sont trop lignifiées pour ces ravageurs. La raison la plus probable de cette fragilité est le mauvais traitement des jeunes plants durant leur transport.

Figure 28 : Fumagine et exuvies de pucerons. (Huot, 2019)

La décision a donc été prise de les sortir tous de la zone couverte par ce chariot en semaine 16 et de les pincer afin de mettre tous les plants au même stade de développement et de favoriser la ramification. Les plants ont été remis sous la thigmomorphogénèse en semaine 20, lorsque la majorité des plants ont bien repris (Figure 16). Cependant, 7 % des plants n'ont pas repris et 6 % présentaient toujours un gros retard lors de la notation commerciale (Figure 25).

Cette année, un peu plus de la moitié des *Mandevilla* et presque quatre *Impatiens* sur cinq étaient commercialisables. Les causes des pertes sont la présence de symptômes sur les plants (classe 3). En effet un tiers des premiers présentaient soit des pucerons, soit des traces de ceux-ci : piqûres, fumagine, exuvies (Figure 28) ou cadavres ; et un cinquième des derniers étaient touchés par *B. cinerea*.

Tableau VIII : Calcul des coûts de protection sanitaire. (Huot, 2019)

	N° TTT	Levier d'action	Dose homologuée	Prix (en €/L ou kg ou ind)	Quantité prélevée (en L ou ind/m²)	Coût produit (en €/m²)	Temps de préparation / EPI / nettoyage (en h)	Temps appli. (en h/m²)	Coefficient surface traitée	Temps protection sanitaire (en h)	Coût pour 1000 m² de cultures
CULTURES	1	Aphidius	1 ind/m²	0,08	1,00	0,08		0,0015	24%	0,36	18,76 €
	2	Syrphes	0,035 ind/m²	0,59	0,04	0,02		0,0015	12%	0,18	2,86 €
	3	Syrphes	0,035 ind/m²	0,59	0,10	0,06		0,0015	12%	0,18	7,14 €
	4	Syrphes	0,035 ind/m²	0,59	0,08	0,05		0,0015	12%	0,18	5,71 €
	5	Chrysopa	10 ind/m²	0,04	5,63	0,21		0,0015	16%	0,24	34,31 €
	6	Boundary FE	3 L/ha	51,00	0,00031	0,016	0,50	0,0005	58%	0,79	9,18 €
	7	Boundary FE	3 L/ha	51,00	0,00034	0,017	0,50	0,0005	33%	0,67	5,64 €
	8	distançage						0,0150	67%	10,04	- €
									Total coûts de protection des cultures	*12,64*	*83,59 €*
ABORDS	8	désherbage						0,0095	45%	4,25	- €
	9	désherbage						0,0095	45%	4,25	- €
	10	désherbage						0,0095	45%	4,25	- €
									Total coûts de protection des abords	*12,74*	*- €*
									Total coûts de protection des cultures en tenant compte des abords	**25,37**	**83,59 €**

Tableau IX : Calcul du bilan économique. (Huot, 2019)

Descriptif des coûts	Cultures	Coefficient de surface pour une surface totale de 1000 m² de système (en %)	Nombre de pots pour 1000 m² de système	Coût pot (en €)	Quantité substrat (en L/pot)	Coût substrat (en €/L)	Nom engrais	Quantité engrais (en kg/pot)	Coût engrais (en €/Kg)	Coût plante (en €)	proportion de pots commercialisables	prix de vente (en €)	Densité semis (en g/m²)	Coût semis (en €/g)	Temps estimé pour 1000 m² (en h)	Coût horaire (en €/h)	Coût pour 1000 m² de surface de système (en €)
Opérations	Mandevilla	33%	18 000	0,10	1,20	0,13	Osmocote	0,004	4,51	0,40							4 048,28 €
	Impatiens	67%								0,30							6 896,55 €
	Abords	45%											25	0,0004			4,92 €
Protection sanitaire	Système																83,59 €
Charges opérationnelles	*Système*																*11 033,34 €*
Chiffre d'affaire	Mandevilla										53%	2,90					9 175,78 €
	Impatiens										79%	2,50					23 553,01 €
Chiffre d'affaire total	*Système*																*32 728,79 €*
Marge Brute	**Système**																**21 695,45 €**
Temps	Mandevilla	33%													600		3 200,00 €
	Impatiens	67%													600		6 400,00 €
	Observations														15	16	240,00 €
	Abords	45%													80		576,00 €
	Protection sanitaire														25,37		406,00 €
Chauffage	Système																- €
Charges de structures	*Système*																*10 822,00 €*
Marge Directe	**Système**																**10 873,45 €**

Sur la totalité du système, c'est 72 % des plants qui sont commercialisables et presque un quart qui est déclassé à cause de symptômes. Ce résultat est mitigé : la qualité est plutôt bonne, mais pourrait être bien meilleure, avec presque la totalité des plants commercialisables si aucun symptôme n'était visible et un taux de mortalité plus faible.

3.4.1.2 Perspectives

Afin d'augmenter la qualité des plants, et en particulier limiter les pertes dues à la présence de symptômes, une attention particulière devra être portée sur la gestion des pucerons sur *Mandevilla* (limiter plus rapidement les grosses colonies à l'origine de l'apparition de fumagine), ainsi que sur la gestion de *B. cinerea* sur *Impatiens* par un distançage plus précoce en cas de contamination par ce champignon.

3.4.2 Coût de protection sanitaire

Le Tableau VIII présente le calcul des coûts de protection sanitaire et du temps qui lui a été consacré. La description de chaque cellule est disponible en Annexe VI. Cette année, la protection sanitaire représente un peu plus de 0,08 €/m², que ce soit uniquement sur les cultures ou en prenant en compte les abords. En effet, les seuls coûts engagés pour le désherbage des abords sont ceux de main-d'œuvre, qui ne sont donc pas comptés dans les coûts de protection, mais dans les charges opérationnelles.

Il est à noter que le traitement au Boundary FE est moins onéreux qu'un lâcher d'auxiliaires (facteur 4 entre les moyennes des coûts de lâchers par m² et des coûts de traitements au Boundary FE par m²).

3.4.3 Bilan économique

Le bilan économique est présenté dans le Tableau IX. L'explication de chaque cellule se trouve en Annexe VII.

Le système étant sur deux niveaux, il est normal que la somme des coefficients de surface dépasse 100 %. En effet, les *Mandevilla* étaient cultivés sur un tiers des tablettes (quatre tablettes sur douze) et les *Impatiens* sur les deux autres tiers (huit sur douze). Dans notre système, le chariot expérimental ne permettait pas de placer les cultures sur la totalité des tablettes, mais un producteur ne remplirait pas une moitié de tablette. Les bandes sablées étant situées en-dessous des tablettes, occupent 45 % de la surface au sol, les 55 % restants sont bétonnés.

Sur cette année, 1 000 m² de ce système de culture a coûté environ 11 000 € de charges opérationnelles, et a rapporté presque 33 000 € de chiffre d'affaire estimé, pour donner une marge brute de presque 21 700 €.

Cependant, si on tient compte des charges de structures (main-d'œuvre uniquement cette année), la marge directe descend à un peu moins de 11 000 €. Sur une culture courte (environ 3 mois), ce système dégage donc un bon bénéfice.

Ici, la gestion des abords n'a pas été un gros poste de défense, car elle n'a coûté pas tout à fait 600 €, qui correspondent essentiellement au coût de la main d'œuvre pour le désherbage. Cependant, cette surface n'est pas valorisable en tant que telle, mais doit permettre à terme, lorsque le couvre-sol sera bien implanté, de réduire encore ces coûts de désherbage, et, pourquoi pas, favoriser et améliorer la lutte biologique.

Le système tel qu'il a été conduit cette année, permettant d'obtenir un bénéfice, est considéré comme viable économiquement.

En quelle mesure ce système « zéro phytos », viable économiquement est-il transférable chez les producteurs ?

3.5 Un potentiel transfert chez les horticulteurs

3.5.1 La disposition des cultures

Pour l'expérimentation, il a été choisi de disposer les cultures par tablettes, et en alternant celles de *Mandevilla* et celles d'*Impatiens.* Cela a permis de ralentir la propagation des pucerons d'une tablette de *Mandevilla* à l'autre. En effet, la tablette la plus éloignée des premiers foyers a été envahie plus tard. Placer les cultures en quinconce permet d'intervenir sur des surfaces plus localisées et ainsi réduire l'IFT.

Il serait donc intéressant de conserver cette disposition, y compris dans une culture pleinement productive, bien que cela ne soit pas un schéma classique chez les horticulteurs. Cependant, il faut faire attention à ne pas remplir les tablettes en entier pour faciliter le distançage et ne pas y perdre trop de temps.

3.5.2 Thigmomorphogénèse

Le chariot expérimental n'est pas adapté à une production : la vitesse, bien que régulée par un métronome, n'est pas précise ; les passages demandent un opérateur (coûts de main-d'œuvre) et ne peuvent pas être effectués correctement les week-ends. Malgré cela, les passages ont été efficaces.

Il existe des systèmes de thigmomorphogénèse plus adaptés à un contexte de production. Ces machines motorisées prenant exemple sur une rampe d'arrosage peuvent être programmées en fréquence et en vitesse d'avancement. Des bandes chromatiques engluées peuvent être apposées sur ce type de machine.

3.5.3 Enherbement des bandes sablées

Les bandes sablées servent de drains dans ce modèle de serre. Toutes n'en sont pas équipées.

Si la serre en est équipée, l'enherbement ou l'implantation d'un couvre-sol est contraignant physiquement si les tablettes sont déjà en place et peu mobiles. Ainsi cette opération devrait être effectuée avant la mise en place des tablettes dans le cas d'une nouvelle construction, ou durant une période de vide sanitaire pendant laquelle il serait possible de déplacer plus les tablettes.

Dans les prochaines années d'expérimentation, il faudrait étudier l'intérêt de ce couvre-sol sur la biodiversité ainsi que sur le désherbage. Si de bons résultats sont démontrés, il serait alors intéressant de transférer ce levier d'action chez les professionnels.

3.5.4 Gestion des ravageurs

Le bilan économique a été réalisé en supposant que les observations prennent une heure par semaine sur la totalité de la période de culture. Cette opération ne doit pas être négligée et doit être réalisée rigoureusement. En effet, les règles de décision reposent sur ces observations et la lutte biologique pourra être plus efficace. De plus, il faut tenir compte des délais de livraison des auxiliaires, et des stocks éventuellement indisponibles.

Afin de réduire le nombre de lâchers, il est possible de créer un environnement favorable aux auxiliaires au sein même de la culture (lutte biologique par conservation). Ce type de lutte passe principalement par la mise à disposition de plantes relais, mais de plus en plus de systèmes proposant « le gîte et le couvert » aux auxiliaires se développent, en particulier par le nourrissage des acariens prédateurs par du pollen, soit sur des plantes en produisant beaucoup, soit par saupoudrage (Maugin et al., 2019). On pourrait étudier la question d'un nourrissage d'autres macroorganismes tels que les prédateurs de pucerons.

Ainsi, ce système est transférable à une production, ou plus précisément les différents leviers d'action mis en place peuvent être transposés à plus grande échelle.

Cependant, seule une expérimentation en taille réelle chez le producteur pourrait affiner le niveau d'intérêt de chaque levier et de vérifier si ce système est effectivement viable à grande échelle. Un tel SdC pourrait être étudié au sein du réseau DEPHY FERME.

4 Conclusion

Le système de culture tel qu'il a été défini répond aux attentes du programme DEPHY EXPE, mais certains points peuvent encore être améliorés (Tableau X).

Tableau X : Évaluation du système de culture. (Huot, 2019)

Objectif	Indicateur(s)	Valeur	Conclusion	Améliorations
Zéro phyto	IFT	0	Objectif atteint	Lutte par conservation Boundary FE dès classe 5
	IFT vert	0,92		
Plants de qualité	Nombre de plants commercialisables	683 (72 %)	Objectifs atteints, mais améliorations possibles	Optimiser la lutte contre les pucerons sur *Mandevilla* et contre *Botrytis* sur *Impatiens*
Système viable économiquement	Marge brute	21 580,30 €		
	Marge directe	10 758 ,30 €		
Transfert possible en production			Leviers d'action transposables	

Les principales perspectives pour l'année 2020 sont :

- l'implantation de plantes couvre-sol sous les tablettes et plantes relais autour et dans la serre, avec l'évaluation de leur attractivité sur les auxiliaires et les ravageurs
- l'étude des abords de la serre (bande de bois raméal fragmenté et chemins), avec essai de quantification des flux d'insectes par aspiration
- amélioration de la lutte biologique par conservation (plantes relais)
- amélioration de la lutte biologique par des plantes indicatrices (*Solanaceae* pour détection des aleurodes par exemple)
- amélioration des règles de décision pour la lutte contre les pucerons sur *Mandevilla* (problématique de la sève toxique pour *A. colemani*)
- conserver un IFT nul, si le climat et les températures le permettent.

Les résultats obtenus au CDHR seront à mettre en relation avec ceux récoltés dans les autres stations du projet HORTIPOT 2, en particulier ceux de la station Est Horticole de Roville-aux-Chênes, travaillant sur les mêmes espèces, sous un autre climat.

Afin d'ouvrir le panel des leviers d'actions testés, il serait intéressant de prospecter des leviers testés dans d'autre projet DEPHY EXPE tels que 2.ZERHO, utilisant et développant des outils télématiques afin de réduire l'utilisation de pesticides Ce projet fait suite au projet DEPHY EXPE OTELHO, à l'origine de l'outil numérique S@M, à destination des systèmes horticoles.

Bibliographie

ALIM'AGRI, 2019. Infographie - Le plan Écophyto en chiffres [En ligne]. Disponible à l'adresse : https://agriculture.gouv.fr/infographie-le-plan-ecophyto-en-chiffres [Consulté le 07/08/19].

ANSES, 2015. Détection des virus Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV) et Impatiens Necrotic Spot Virus (INSV) par technique sérologique ELISA sur végétaux herbacés [En ligne]. Disponible à l'adresse : https://bit.ly/2U9FxdU [Consulté le 29/08/19].

BOUTEBTOUB, Wahiba, CHEVALIER, Michel, MAUGET, Jean-Claude, SIGOGNE, Monique, MOREL, Philippe et GALOPIN, Gilles, 2009. Localizing Starch Reserves in *Mandevilla sanderi* (Hemsl.) Woodson Using a Combined Histochemical and Biochemical Approach. In : *HortScience* [En ligne]. Vol. 44, n°7, p. 1879-1883. DOI 10.21273/HORTSCI.44.7.1879.

BRUNET, Nicolas, GUICHARD, Laurence, OMON, Bertrand, PINGAULT, Nathanaël, PLEY-BER, Emilie et SEILER, Andréas, 2008. L'indicateur de fréquence de traitements (IFT) : un indicateur pour une utilisation durable des pesticides. In : *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*. [En ligne] Vol. 56, n° 56, p. 131-141, hal-01197265.

CAMPOROTA, P., 1989. Maladies des plantes dues à *Rhizoctonia solani* (Kühn) : stratégie et techniques d'étude - résultats. In : *Agronomie*. Vol. 9, n° 4, p. 327-334, hal-00885202.

CANNESAN, Marc-Antoine et LANGLOIS, Agnès, 2018. Brochure technique : Paillages en cultures hors-sol [En ligne]. Disponible à l'adresse : https://bit.ly/2NFdQIC [Consulté le 29/08/19].

CAUBEL, G, JOUAN, B, QUÉNÉHERVÉ, Patrick et RADWAN, J, 1981. Lutte contre *Rhizoctonia solani* Kühn, parasite du cotonnier par le nématode *Aphelenchus avenae* Bastian. In : *Revue de Nématologie* [En ligne]. Vol. 4, Disponible à l'adresse : http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:00466 [consulté le 29/08/19].

CELLULE D'ANIMATION NATIONALE DU RÉSEAU DEPHY, 2016. Le réseau DEPHY FERME : D'une idée à 3000 agriculteurs [En ligne]. Disponible à l'adresse : http://www.ecophytopic.fr/sites/default/files/duneideea3000agriculteurs.pdf [Consulté le 11/08/19].

CELLULE D'ANIMATION NATIONALE DU RÉSEAU DEPHY, 2018. Le Réseau DEPHY FERME au 1er Août 2018 [En ligne]. Disponible à l'adresse : http://www.ecophytopic.fr/sites/default/files/Fiche_ferme_2018.pdf [Consulté le 11/08/19].

CELLULE D'ANIMATION NATIONALE DU RÉSEAU DEPHY, 2019. Plaquette de présentation - Le réseau DEPHY EXPE [En ligne]. Disponible à l'adresse : http://www.ecophytopic.fr/sites/default/files/Plaquette_DEPHY_EXPE2.pdf [Consulté le 11/08/19].

CERTIS, 2017. Eradicoat®. 2017 [En ligne]. Disponible à l'adresse : https://bit.ly/2LcqZWR [Consulté le 29/08/19].

CHAMPION, Rémi. Identifier les champignons transmis par les semences. Paris : INRA, 1997, 400p . (Techniques et pratiques). ISBN 978-2-7592-0451-9.

CORNILLON, Pierre, AUGÉ, Magali et FLORENT, Paul, 1984. Influence de la température des racines sur la croissance de jeunes plants d'aubergine (*Solanum melonegena* L.) et de piment (*Capsicum annuum* L.). In : *Agronomie*. Vol. 4, n° 6, p. 543-548 (hal-00884670).

COSTA RODRIGUES, Antônia Alice et MENEZES, Maria, 2005. Identification and pathogenic characterization of endophytic *Fusarium* species from cowpea seeds. In : *Mycopathologia*. Vol. 159, n° 1, p. 79-85. DOI 10.1007/s11046-004-7138-x.

COX, J. M., 1989. The mealybug genus *Planococcus* (Homoptera: *Pseudococcidae*). In : *Bulletin of the British Museum (Natural History), Entomology* [En ligne]. Vol. 58, n° 1, p. 1-78. Disponible à l'adresse : https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19891132447 [Consulté le 29/08/19].

CUI, Xuhong, WAN, Fanghao, XIE, Ming et LIU, Tongxian, 2008. Effects of Heat Shock on Survival and Reproduction of Two Whitefly Species, *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* Biotype B. In : *Journal of Insect Science*. Vol. 8, n° 24, p. 1-10. DOI 10.1673/031.008.2401.

DE HAAN, Peter, DE AVILA, Antonio C., KORMELINK, Richard, WESTERBROEK, Annemarie, GIELEN, Jan J. L., PETERS, Dick et GOLDBACH, Rob, 1992. The nucleotide sequence of the S RNA of Impatiens necrotic spot virus, a novel tospovirus. In : *FEBS Letters*. Vol. 306, n° 1, p. 27-32. DOI 10.1016/0014-5793(92)80830-A.

DEANGELIS, J. D., SETHER, D. M. et ROSSIGNOL, P. A., 1993. Survival, Development, and Reproduction in Western Flower Thrips (Thysanoptera: *Thripidae*) Exposed to Impatiens Necrotic Spot Virus. In : *Environmental Entomology*. Vol. 22, n° 6, p. 1308-1312. DOI 10.1093/ee/22.6.1308.

DEOGRATIAS, Jean-Marc, 2018. HORTIPOT 2 Mise au point d'itinéraires culturaux innovants pour réduire l'utilisation de produits phytosanitaires en production de plantes en pots, hors sol et sous abri [En ligne]. Disponible à l'adresse : https://bit.ly/2L1hUB9 [Consulté le 29/08/19]

DEOGRATIAS, Jean-Marc, DARLES, B., TRIOLET, Marion, JOUANNIC, Romain et GERBORE, Jonathan, 2015. Evaluation de l'efficacité de différents produits de biocontrôle à base de microorganismes antagonistes, pour lutter contre la fusariose du *Dipladenia.* In : *AFPP - Cinquième conférence internationale sur les méthodes alternatives de protection des plantes*, Lille [En ligne]. Disponible à l'adresse : https://bit.ly/343LxJE [Consulté le 29/08/19].

DEOGRATIAS, Jean-Marc, STAPEL, Oscar, HEBBINCKUYS, Tom, JOUSSEMET, Marie-Anne et BRESCH, Sophie, 2019. Recueil de fiches du projet HORTIPOT [En ligne]. Disponible à l'adresse : https://bit.ly/2JZetLt [Consulté le 29/08/19].

DEOGRATIAS, J.M., RIAUDEL, O., BRESCH, S., JOUSSEMET, M.A., HEBBINCKUYS, T. et STAPEL, O., 2018. Projet HORTIPOT : mise au point d'itinéraires culturaux innovants pour réduire l'utilisation de produits phytosanitaires en production de plantes en pots hors-sol. In : *Innovations Agronomiques*. n° 70, p. 131-149. DOI 10.15454/dadqoz.

FERRE, Alain, 2008. Lutte contre les aleurodes grâce à des plantes-pièges. In : *Revue horticole : la revue technique des pépiniéristes, horticulteurs et maraichers* [En ligne]. n° 507, p. 28-33 Disponible à l'adresse : https://bit.ly/2L1if6P [Consulté le 29/08/19].

FILLÂTRE, Jacques, GEORGEAULT, Sébastien et MOREAU, Gladys, 2001. Rapport annuel du CTEA : Désherbage chimique des conteneurs en pépinière ornementale : utilisation de deux herbicides de pré-levée des adventices [En ligne]. ARMEFLHOR. Disponible à l'adresse : https://bit.ly/2MIdnpm [Consulté le 29/08/19].

FRANCEAGRIMER, 2019. Chiffres clés 2018 / Horticulture / L'horticulture ornementale - données 2017/18 [En ligne]. Disponible à l'adresse : https://bit.ly/2ZrVDR6 [Consulté le 29/08/19].

FRAVEL, D., OLIVAIN, C. et ALABOUVETTE, C., 2003. *Fusarium oxysporum* and its biocontrol. In : *New Phytologist*. Vol. 157, n° 3, p. 493-502. DOI 10.1046/j.1469-8137.2003.00700.x.

GONZALEZ, Marleny, PUJOL, Merardo, METRAUX, Jean-Pierre, GONZALEZ-GARCIA, Vicente, BOLTON, Melvin D. et BORRÁS-HIDALGO, Orlando, 2011. Tobacco leaf spot and root rot caused by *Rhizoctonia solani* Kühn: Tobacco leaf spot and root rot. In : *Molecular Plant Pathology*. Vol. 12, n° 3, p. 209-216. DOI 10.1111/j.1364-3703.2010.00664.x.

HAVARD, Morgane, ALAPHILLIPE, Aude, DEYTIEUX, Violaine, ESTORGUES, Vianney, FALOYA, Vincent, LABEYRIE, Baptiste, LAFOND, David, MEYNARD, Jean-Marc, PETIT, Marie-Sophie, PLÉNET, Daniel et PICAULT, Sébastien, 2017. Guide de l'expérimentateur « système » : concevoir, conduire et valoriser une expérimentation « système » pour les cultures assolées et pérennes. s.l. : GIS PIClég, GIS Fruits, Réseau ECOVITI, RMT Systèmes de culture innovants, GIS Relance Agronomique. ISBN 2-7380-1400-3.

HILL, Stuart B. et MACRAE, Rod J., 1996. Conceptual Framework for the Transition from Conventional to Sustainable Agriculture. In : *Journal of Sustainable Agriculture*. Vol. 7, n° 1, p. 81-87. DOI 10.1300/J064v07n01_07.

JAFFE, M. J., 1973. Thigmomorphogenesis: The response of plant growth and development to mechanical stimulation. In : *Planta*. Vol. 114, n° 2, p. 143-157. DOI 10.1007/BF00387472.

JULLIEN, Élisabeth et JULLIEN, Jérôme, 2013. Diagnostic et soins des plantes de jardin. Paris : Ulmer. ISBN 978-2-84138-614-7.

KERNS, David, WRIGHT, Glenn et LOGHRY, John, 2002. Cooperativ extension : Citrus mealybug (*Planococcus citri*). In : *Citrus Arthropod Pest Management in Arizona* [En ligne]. Disponible à l'adresse : https://www.ag.arizona.edu/crop/citrus/insects/citrusmealy.pdf [Consulté le 29/08/19].

LAMBION, Jérôme, 2017. Bandes fleuries : quels dispositifs envisager pour limiter les attaques de pucerons ? In : *Les essais en cours au GRAB*, Théza [En ligne]. Disponible à l'adresse : http://orgprints.org/33928/ [Consulté le 29/08/19].

LEWIS, JA et PAPAVIZAS, GC, 1985. Effect of mycelial preparations of *Trichoderma* and *Gliocladium* on populations of *Rhizoctonia solani* and the incidence of damping-off. In : *Phytopathology* [En ligne]. Vol. 75, n° 7, p. 812-817. Disponible à l'adresse : https://bit.ly/2NCfwCz [Consulté le 29/08/19].

MALAIS, Marleen H et RAVENSBERG, Willem 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.

MAUGIN, Emilie, LHOSTE-DROUINEAU, Ange, CABEU, Isabelle, FILLÂTRE, Jacques, BRESCH, Cécile, DENEGRI, Tatiana, DEOGRATIAS, Jean-Marc et PARIS, Bruno, 2019. Optimiser la PBI grâce au gîte et au couvert. In : *Phytoma*. n° 725, p. 54.

MBAYE, Adama, 2013. L'effet d'un système de plantes-relais et les mécanismes sur les processus de régulation naturelle des populations de pucerons d'Aphis gossypii en culture de courgettes sous abri froid [En ligne]. Mémoire de master. Angers : Université d'Angers. Disponible à l'adresse : http://dune.univ-angers.fr/fichiers/20091190/20133MABTV1479/fichier/1479F.pdf [Consulté le 29/08/19].

MIGLIORINI, Duccio, GHELARDINI, Luisa, TONDINI, Elena, LUCHI, Nicola et SANTINI, Alberto, 2015. The potential of symptomless potted plants for carrying invasive soilborne plant pathogens. In : RICHARDSON, David M., *Diversity and Distributions*. Vol. 21, n° 10, p. 1218-1229. DOI 10.1111/ddi.12347.

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE, 2018. Plan Ecophyto II+ [En ligne]. Disponible à l'adresse : https://agriculture.gouv.fr/le-plan-ecophyto-quest-ce-que-cest [Consulté le 29/08/19].

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT, 2012. Le NOmbre de Doses Unités (NODU) Vert Biocontrôle [En ligne]. Disponible à l'adresse : https://bit.ly/2PftFbd [Consulté le 29/08/19].

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA PÊCHE et MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE, 2015. Plan Ecophyto II [En ligne]. Disponible à l'adresse : https://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/151022_ecophyto.pdf [Consulté le 29/08/19].

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE, 2008. Ecophyto 2018 [En ligne]. Disponible à l'adresse : https://agroof.net/old/agroof_dev/documents/auximore/plan_ecophyto_2018.pdf [Consulté le 07/08/19].

MINISTÈRE DES SOLIDARITÉS ET DE LA SANTÉ et MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR, DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION, 2018. Plan d'actions sur les Produits Phytopharmaceutiques et une agriculture moins dépendante aux pesticides [En ligne]. Disponible à l'adresse : https://agriculture.gouv.fr/plan-dactions-sur-les-produits-phytopharmaceutiques-et-une-agriculture-moins-dependante-aux [Consulté le 07/08/19].

MINUTO, Andrea, GULLINO, M. Lodovica, TITONE, Patrizia et GARIBALDI, Angelo, 2001. Influence of cultural practices on incidence of *Phytophthora nicotianae* var. parasitica causing root rot of lavender (*Lavandula officinalis* L.). In : *Phytopathologia Mediterranea*. [En ligne] Vol. 40, n° 1, p. 45-54. Disponible à l'adresse : https://www.jstor.org/stable/26456581 [Consulté le 29/08/19].

MULLEN, J et HAGAN, A, 1999. Diseases of English ivy. In : *ANR-1148, Alabama Cooperative Extension System* [En ligne]. Disponible à l'adresse : https://bit.ly/30DBwRg [Consulté le 29/08/19].

PAILLOTIN, Guy, 2008. Ecophyto 2018 - Chantier 15 « Agriculture écologique et productive » : rapport final du Président du Comité opérationnel « Ecophyto 2018 » [En ligne]. Disponible à l'adresse : https://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/134000646/index.shtml [Consulté le 07/08/19].

PETITJEAN, Coarlie, 2018a. Compte-rendu DEPHY EXPE HORTIPOT 2018. Comité de Développement Horicole de la Région Centre-Val-de-Loire (document interne). 19 p.

PETITJEAN, Coralie, 2018b. 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 [En ligne]. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage. Angers : Agrocampus-Ouest. Disponible à l'adresse : https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01874520 [Consulté le 15/08/19].

RATHO, 2006a. Fiche technique : *Dipladenia sanderi*. 2006. s.l. : s.n.

RATHO, 2006b. Fiche technique : *Impatiens* de Nouvelle-Guinée. 2006. s.l. : s.n.

RÉSEAU DEPHY, 2014. Le réseau DEPHY : Objectifs et organisation [En ligne] Disponible à l'adresse : https://bit.ly/2L1j9jI [Consulté le 07/08/19].

RILEY, David G., JOSEPH, Shimat V., SRINIVASAN, Rajagopalbabu et DIFFIE, Stanley, 2011. Thrips Vectors of Tospoviruses. In : *Journal of Integrated Pest Management*. Vol. 2, n° 1, p. I1-I10. DOI 10.1603/IPM10020.

SEBILLOTTE, Michel, 1990. Système de culture, un concept opératoire pour les agronomes. In: L. Combe , D. Picard , Les systèmes de culture, p. 165-196 [En ligne]. (Un Point sur...), Paris : INRA. Disponible à l'adresse : https://prodinra.inra.fr/record/94106 [Consulté le 29/08/19].

SUTY, Lydie, 2010. La lutte biologique: Vers de nouveaux équilibres écologiques. Versailles : Editions Quae - Educagri. (Sciences en partage). ISBN 978-2-7592-0612-4.

TRIOLET, Marion, 2014. Evaluation de l'efficacité de différents produits de biocontrôle à base de micro-organismes pour lutter contre la fusariose du *Dipladenia.* Approches biologiques et moléculaires [En ligne]. Mémoire de fin d'études, Master 2 Sciences Technologie Santé, Mention Biologie et Technologie du Végétal, Spécialité Production et Technologie du Végétal (ProTeV). Angers : Université d'Angers, Agrocampus-Ouest, Université de Rennes 1. Disponible à l'adresse : http://dune.univ-angers.fr/fichiers/20104072/20143MABTV3131/fichier/3131F.pdf [Consulté le 29/08/19].

WILLIAMSON, Brian, TUDZYNSKI, Bettina, TUDZYNSKI, Paul et VAN KAN, Jan A. L., 2007. *Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease. In : *Molecular Plant Pathology*. Vol. 8, n° 5, p. 561-580. DOI 10.1111/j.1364-3703.2007.00417.x.

Sitographie

[1] https://agriculture.gouv.fr/le-gouvernement-engage-la-sortie-du-glyphosate

[2] http://www.ecophytopic.fr/dephy/dephy-reseau-dephy

[3] https://www.labelfleursdefrance.fr/demarches-reconnues/

[4] http://www.ecophytopic.fr/tr/innovation-en-marche/r%C3%A9seau-dephy/dephy-exp%C3%A9rimentation

[5] https://www.astredhor.fr/?IDINFO=420&carte=1

[6] https://www.bayer-agri.fr/produits/tous-les-regulateurs-de-croissance/

[7] https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/dipladenia-mandevilla.php

[8] https://www.mandevilla.ch/fr/dipladenia-informations/

[9] http://ephytia.inra.fr/fr/C/19320/VigiHorti-Dipladenia

[10] https://www6.inra.fr/encyclopedie-pucerons/Especes/Pucerons/Aphis/A.-fabae

[11] https://www6.inra.fr/encyclopedie-pucerons/Especes/Pucerons/Myzus/M.-persicae

[12] https://www6.inra.fr/encyclopedie-pucerons/Especes/Pucerons/Macrosiphum/M.-euphorbiae

[13] https://mycota-crcc.mnhn.fr/site/genreDetail.php%3Fnum=20&n=Fusarium.html

[14] https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/impatiens.php

[15] http://ephytia.inra.fr/fr/C/19738/Biocontrol-Degats

[16] http://ephytia.inra.fr/fr/C/19693/Biocontrol-Degats

[17] http://ephytia.inra.fr/fr/C/19659/Biocontrol-Degats

[18] http://ephytia.inra.fr/fr/C/22467/Vigi-Semences-Tomato-spotted-wilt-virus-Impatiens-necrotic-spot-virus

Annexes

Annexe I : Document officiel pour le calcul du NODU. (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2012)

ÉCOPHYTO
RÉDUIRE ET AMÉLIORER L'UTILISATION DES PHYTOS

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT

Le NOmbre de Doses Unités (NODU) des Usages Agricoles

Le plan Ecophyto vise à réduire l'utilisation des produits phytopharmaceutiques en France tout en maintenant un niveau élevé de production agricole, en quantité et en qualité. Afin d'apprécier les avancées du plan, un indicateur de suivi de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques a été mis en place conjointement avec l'ensemble des parties prenantes, c'est le NODU « NOmbre de Doses Unités ». Celui-ci constitue l'indicateur de référence du suivi du plan et permet une approche nationale et inter-annuelle, toutes cultures confondues.

a) Pourquoi un NODU « usages agricoles » ?

Les usages agricoles regroupent l'essentiel des applications de produits phyto-pharmaceutiques à l'échelle nationale. Cependant, en ce qui concerne le plan Ecophyto, il a été décidé de suivre de manière distincte différents types d'usages agricoles. Ainsi, sont étudiés séparément les usages agricoles dit « classiques ou foliaires » qui sont les majoritaires et les usages agricoles en « traitement de semences » ou en « bioncontrôle vert ». Cette note méthodologique fait exclusivement état des usages agricoles dits « classiques ou foliaires », aussi simplement nommés « usages agricoles ». Des notes méthodologiques spécifiques aux usages agricoles de type « traitements de semences » et de produits de « biocontrôle vert » sont disponibles sur le site Internet du ministère en charge de l'agriculture.

b) Méthodologie de calcul du NODU « usages agricoles »

Le NODU permet d'apprécier l'intensité d'utilisation des produits phytopharmaceutiques, rapportant la quantité vendue de chaque substance active à une « dose unité » qui lui est propre et s'affranchissant ainsi des éventuelles substitutions de substances actives.

Le calcul de l'indicateur peut être divisé en deux étapes distinctes et concomitantes, d'une part le calcul des quantités de substances actives vendues et d'autre part, le calcul des « doses unités » de chaque substance active.

1/ Dans le cadre de la déclaration au titre de la redevance pour pollutions diffuses, les distributeurs renseignent les quantités de produits vendus (en L ou en kg). A l'échelle nationale, l'ensemble des données constitue la Banque Nationale des Ventes des distributeurs (BNV-d). *Des informations supplémentaires relatives à la BNV-d sont disponibles sur le site Internet du ministère en charge de l'agriculture (« Qu'est-ce que la Banque Nationale des Ventes distributeurs ?»).*

En parallèle, la Base de Données Nationale de la Protection des Végétaux (BDNPV) tenue par le ministère en charge de l'agriculture regroupe les concentrations de chaque substance active au sein de chaque produit.

Par croisement des données, les quantités de produits sont alors converties en quantités de substances actives.

2/ Pour chaque substance active, la quantité vendue est rapportée à la quantité utilisée lors d'un traitement «moyen» ; d'où le terme de « dose unité », c'est-à-dire la dose de substance active appliquée lors d'un traitement «moyen».

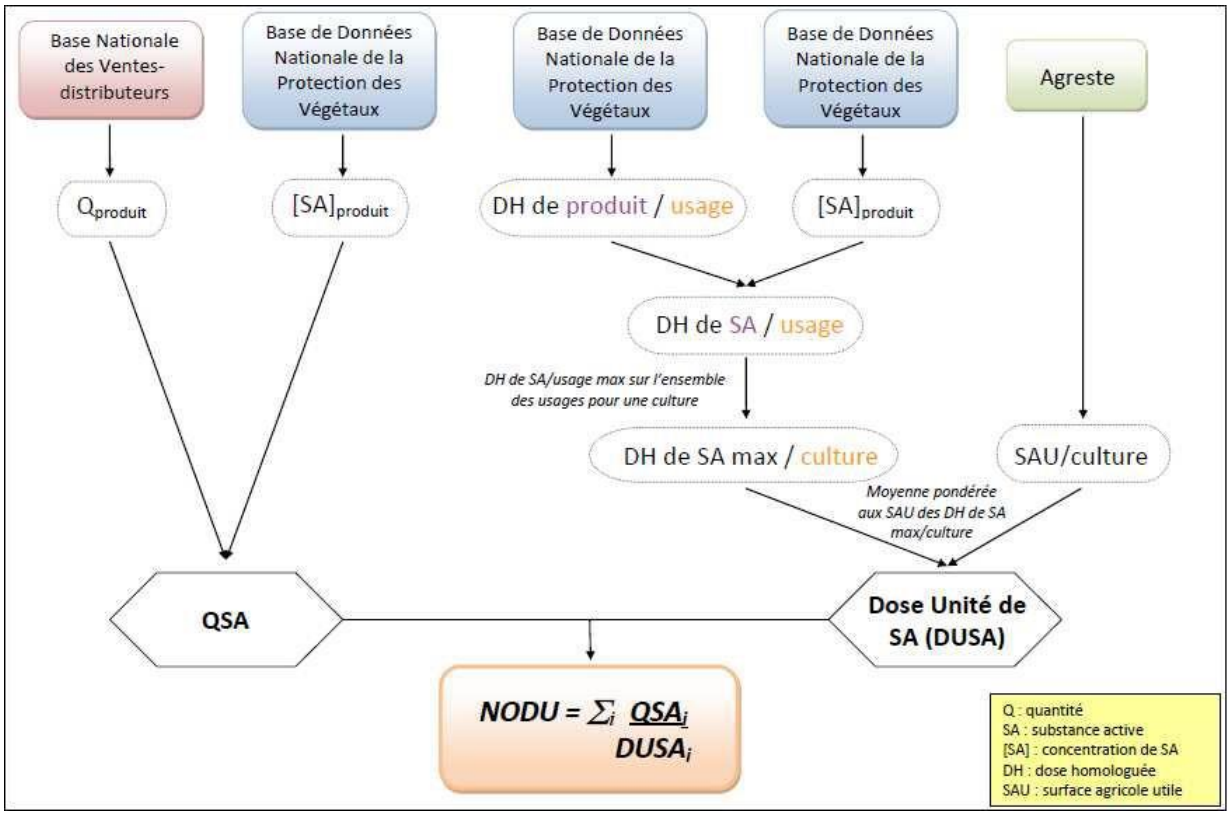
La « dose unité » de chaque substance active est calculée à partir de l'ensemble des doses homologuées définies pour chaque couple produit/usage contenant la substance active en question [usage = culture+cible+mode de traitement]. Ces doses homologuées sont définies lors de l'autorisation de mise sur le marché et sont renseignées dans la BDNPV (en kilogramme par hectare).

Il est à noter qu'il existe un cas particulier nécessitant une conversion des unités des doses homologuées ; ceci concerne les produits utilisés en traitements post-récolte, c'est-à-dire appliqués sur les grains récoltés dans le but d'améliorer leur conservation, par exemple en silo. En effet, ces doses homologuées sont définies en quantité de produits phyto-pharmaceutique (L ou kg) par quantité de grains. Afin de pouvoir agréger l'ensemble des produits dans le calcul du NODU, les doses sont converties en kilogramme (ou litre) de produit phytopharmaceutique par hectare. Pour cela, la dose homologuée pour une culture donnée est multipliée par le rendement moyen à l'hectare de cette culture.

Le calcul de la dose unité est détaillé au sein de la fiche méthodologique « NODU, NOmbre de Doses Unités » disponible sur le site Internet du ministère en charge de l'agriculture et un exemple est présenté en annexe 1 de cette note méthodologique.

Pour chaque substance active, la quantité appliquée est ainsi convertie en un nombre de traitements « moyens » réalisés.

3/ La somme sur toutes les substances actives utilisées est effectuée ; c'est le NODU, le nombre de traitements «moyens» appliqués à l'échelle nationale (toutes cultures et toutes substances actives confondues).



Les substances actives des usages agricoles

Parmi l'ensemble des produits phytopharmaceutiques vendus en France, un tri est opéré afin de ne prendre en compte que les produits utilisés en usages agricoles, hors produits de traitements de semences et hors produits de biocontrôle vert.

Ainsi, sont exclus les produits portant la mention EAJ (Emploi Autorisé dans les Jardins) et les produits utilisés uniquement en traitements de semences ou appartenant à la catégorie « biocontrôle vert ». En ce qui concerne les produits portant la mention EAJ, il existe actuellement un biais puisque certains d'entre eux sont utilisés en zones agricoles. Ainsi, leur

retrait systématique pourrait se traduire par une sous-estimation des usages agricoles. La réglementation est actuellement en cours de révision afin de ne plus tolérer cette ambiguïté. Par ailleurs, compte-tenu des unités spécifiques associées, les produits sous forme d'appât ne sont pas pris actuellement en compte dans le calcul du NODU.

c) Limites liées au calcul du NODU « usages agricoles »

Quelques limites peuvent être relevées dans le calcul du NODU :

- Les données de ventes des produits phytopharmaceutiques au sein de la BNV-d peuvent être amendées par les distributeurs durant 3 ans ; les données utilisées ne sont donc pas, à proprement parler, définitives.
- Le NODU tient compte des quantités de produits vendues au cours de l'année et non des quantités effectivement appliquées ; en effet, des stocks sont réalisés.
- Certaines conventions et hypothèses de calcul sont utilisées. Par exemple, chaque substance active est considérée comme étant appliquée sur l'ensemble des cultures pour laquelle celle-ci est homologuée. Ces hypothèses étant valables chaque année, les approximations générées sont constantes et ont donc peu d'effet sur les évolutions relatives du NODU.
- Compte-tenu des unités de doses homologuées propres aux produits de traitements post-récolte (quantités de produit / quantité de semences), certaines conventions de calcul sont utilisées permettant une conversion (quantité de produit / hectare). *Le tableau regroupant l'ensemble des conversions utilisées sera bientôt disponible.*

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT

Ce document est disponible sur le site Internet du ministère en charge de l'agriculture : http://agriculture.gouv.fr/ecophyto

REDACTION ET MISE EN PAGE : Direction générale de l'alimentation

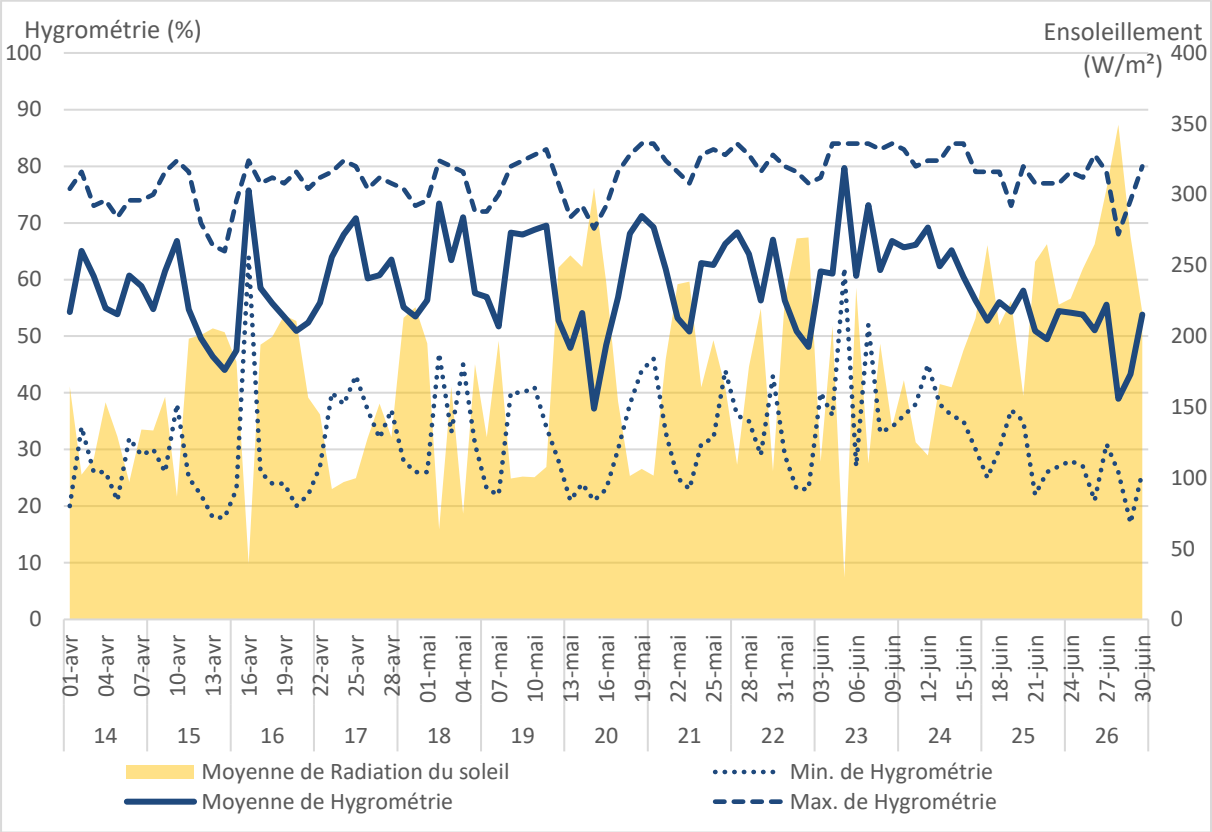
NOVEMBRE 2012

Annexe II : Plan de la serre. (Huot, 2019)

78	26 *Impatiens* 'Tamarinda Violet'	26 *Impatiens* 'Wild Romance White'	26 *Impatiens* 'Wild Romance Red'	71 *Impatiens* SunStanding 'Lilac'		28 *Impatiens* SunStanding 'Purple'	99
64	64 *Mandevilla* Rio® Red 'Fisrix Dered'			100 *Impatiens* SunStanding 'Ruby Red'			100
100	100 *Impatiens* SunStanding 'Purple'			64 *Mandevilla* Rio® Red 'Fisrix Dered'			64
64	64 *Mandevilla* Rio® Red 'Fisrix Dered'			26 *Impatiens* 'Tamarinda Violet'	27 *Impatiens* 'Wild Romance White'	26 *Impatiens* 'Wild Romance Red'	78
99	72 *Impatiens* SunStanding 'Lilac'		27 *Impatiens* SunStanding 'Purple'	58 *Mandevilla* Rio® Red 'Fisrix Dered'			58
72	5 *Impatiens* 'Tamarinda Red Star'	20 *Impatiens* 'Tamarinda Orange'	47 *Impatiens* SunStanding 'Ruby Red'	47 *Impatiens* SunStanding 'Ruby Red'	20 *Impatiens* 'Tamarinda Orange'	4 *Impatiens* 'Tamarinda Red Star'	71

Serre 6

Annexe III : Hygrométrie et ensoleillement dans la serre. (Huot, 2019)



Annexe IV : Script R utilisé pour le traitement statistique des données récoltées sur *Mandevilla*. (Huot, 2019)

```
##########################################################################################
#               Script pour l'analyse des données du projet DEPHY EXPE HORTIPOT 2                #
#    Etude de l'effet de la semaine sur les populations de pucerons sur culture de Mandevilla    #
#                                                                                                #
# - Analyse basée sur le modèle :                                                                #
# - Facteur : S = Semaine                                                                        #
# - Variable : PP = Population de pucerons observée                                              #
#                                                                                                #
#                                       PP ~ S + e                                               #
##########################################################################################


# Importer les données du fichier excel 'Fiche notations 18-DEPHY HORTI_Année 2019.xlsx',
# onglet 'Tableau pucerons Mandevilla R', en donnant le nom "PuceronsMandevilla" au jeu de données.

# ANALYSE STATISTIQUE

Donnees = PuceronsMandevilla

#Suppression des lignes contenant "NA" dans la colonne "SommePucerons"
Donnees = Donnees[-which(is.na(Donnees$SommePucerons)),]

PP = Donnees$SommePucerons
S = Donnees$Semaine

modele = PP ~ S

par(mfrow = c(3,2))
NrFig = 0


#Etape 1. Description des données
#_________________________________

#Diagrammes en boite à moustaches de différentes sources de variabilité étudiées

NrFig = NrFig+1
TitMain = paste0(NrFig, " - Box-Plot \n par modalité de la semaine")
boxplot(PP~S, , col="#FFCCCC", main=TitMain, cex.main=2, cex.axis=1.7, cex.lab=1.7)
stripchart(PP ~ S, vertical=TRUE, add=T)
NrFig = NrFig+1

#Etape 2. Vérification des postulats
#____________________________________

#Estimation des paramètres du modèle
# PP ~ S
modele.estime = lm(modele)

#Calcul des résidus et valeurs théoriques
residus = modele.estime$res
PP.estime = PP-residus

#Postulat d'homoscédasticité
#Graphique valeurs théoriques x résidus
NrFig = NrFig+1
TitMain = paste0(NrFig, " - Graph PP estimés x résidus")
plot(PP.estime, residus, main = TitMain, cex.main=1.5, cex.axis=1.7, cex.lab=1.5, pch=16)

#Postulat de normalité des résidus
#Histogramme, QQ-plot des résidus et tests d'ajustement d'une distribution gaussienne
#Histogramme avec 7 classes (8 bornes)
brks = max(abs(residus))
brks = seq(-brks, brks, length=8)
NrFig = NrFig+1
TitMain = paste0(NrFig, " - Histogramme des résidus")
hist(residus, breaks = brks, freq = FALSE, main=TitMain, cex.main=2, cex.lab=1.7, cex.axis=1.7)
curve(dnorm(x, 0, sd(residus)), col = "red2", add = TRUE, lwd=2)
#QQ-plot des residus
NrFig = NrFig+1
TitMain = paste0(NrFig, " - Normal QQ-Plot")
qqnorm(residus, cex.main=2, main=TitMain, cex.lab=1.7, cex=1, cex.axis=1.7, pch=3)

#Tests de Shapiro-Wilk et Kolmogorov-Smirnov
print(shapiro.test(residus))
print(ks.test(residus, "pnorm", mean=0, sd=sd(residus)))
```

```
#Etape 3. Tests et conclusions
#_____________________________

#ANOVA
print(anova(modele.estime))

#Comparaisons multiples avec 'TukeyC'
library(TukeyC)

comp.TukeyC = TukeyC(aov(modele), which = "S")
print(comp.TukeyC$Result)
NrFig = NrFig+1
TitMain = paste0(NrFig, " - Comparaisons multiples - Test de Tukey \n avec le facteur Semaine")
plot(comp.TukeyC, main=TitMain, cex.main=1, cex.axis=1.7, cex.lab=1.7)

# Etape 4 : test non paramétrique (au moins un postulat non vérifié)
#_____________________________________________________________________

#Kruskal-Wallis
print(kruskal.test(PP ~ S, data = Donnees))
```

NB. Les script pour traiter les données sur *Impatiens* est similaire à celui-ci.

Annexe V : Résultats des traitements statistiques. (Huot, 2019)

1. Traitement des données récoltées sur *Mandevilla*
   1.1. Vérification des postulats

```
> print(shapiro.test(residus))

      Shapiro-Wilk normality test

data:  residus
W = 0.80122, p-value < 2.2e-16

> print(ks.test(residus, "pnorm", mean=0, sd=sd(residus)))

      One-sample Kolmogorov-Smirnov test

data:  residus
D = 0.23764, p-value = 2.442e-15
alternative hypothesis: two-sided
```

   1.2. Test de Kruskal-Wallis

```
> print(kruskal.test(PP ~ S, data = Donnees))

      Kruskal-Wallis rank sum test

data:  PP by S
Kruskal-Wallis chi-squared = 136.45, df = 15, p-value < 2.2e-16
```

2. Traitement des données récoltées sur *Impatiens*
   2.1. Vérification des postulats

```
> print(shapiro.test(residus))

      Shapiro-Wilk normality test

data:  residus
W = 0.28865, p-value < 2.2e-16

> print(ks.test(residus, "pnorm", mean=0, sd=sd(residus)))

      One-sample Kolmogorov-Smirnov test

data:  residus
D = 0.45387, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: two-sided
```

   2.2. Test de Kruskal-Wallis

```
> print(kruskal.test(PP ~ S, data = Donnees))

      Kruskal-Wallis rank sum test

data:  PP by S
Kruskal-Wallis chi-squared = 44.55, df = 12, p-value = 0.0000123
```

Annexe VI : Explication du tableau de calcul des coûts de protection sanitaire. (Huot, 2019)

N° TTT	Produits	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)	Coefficient surface traitée	temps protection sanitaire (en h)	Coût pour 1000 m² de cultures
1	Aphidius	19,13 € la boite de 500 ind + 19,78 € de frais de port	dose homologuée de 1 ind/m²	Quantité prélevée * Prix	pas de temps de préparation	1h30 d'application sont nécessaires pour 1000 m²	Surface traitée / surface totale du système	(Temps d'application * coef de surface traitée * 1000) + Temps de prépartion	Coût produit * coef de surface traitée * 1000
2	Syrphes	39,70 € la boite de 100 ind + 19,78 € de frais de port	lâcher de 2 syrphes sur 50 m² (syrphes très mobiles, donc sur la totalité du SdC)						
3	Syrphes		lâcher de 5 syrphes sur 50 m²						
4	Syrphes		lâcher de 4 syrphes sur 50 m²						
5	Chrysopa	18,34 € la boite de 1000 ind + 19,78 € de frais de port	lâcher de 45 chrysopes sur 8 m²						
6	Boundary FE	51 € le bidon de 1L	9 mL pour 7 tablettes (29 m²)		Une demie-heure de préparation est nécessaire par traitement quelque soit la surface	1/2 h d'application pour 1000 m²			
7	Boundary FE		5,7 mL pour 4 tablettes (17 m²)						
8	distançage					extrapolation du nombre d'heures passées			
8	désherbage								
9	désherbage								
10	désherbage								

Annexe VII : Explication du tableau de calcul du bilan économique. (Huot, 2019)

Descriptif des coûts	Cultures	Coefficient de surface pour une surface totale de 1000 m² de système	Nombre de pots pour 1000 m² de système	Coût pot	Quantité substrat	Coût substrat	Quantité engrais	Coût engrais	Coût semis	Temps estimé pour 1000 m²	Coût horaire
		(en %)		(en €)	(en L/pot)	(en €/L)	(en kg/pot)	(en €/Kg)	(en €/g)	(en h)	(en €/h)
Opérations	Mandevilla	4 tablettes sur 12	75 pots sur 4,17 m² * 1000	12,47€ les 125 pots	pots de 1,3L	9,18 le sac de 70L	incorporation à 3kg/m³	112,5 le sac de 25 kg			
	Impatiens	8 tablettes sur 12									
	Abords	surface des bandes sablées sur la surface totale au sol							6,56€ le sac de 15 kg		
Protection sanitaire	Système										
Chiffre d'affaire	Mandevilla	(Nombre de pots commercialisables/nombre de pots total)*coefficient de surface*nombre de pots pour 1000 m²*prix de vente									
	Impatiens										
Marge Brute	**Système**	**chiffre d'affaire - charges opérationnelles**									
Temps	Mandevilla									extrapolation du nombre d'heures passées	coût moyen d'après enquête
	Impatiens										
	Observations										
	Abords										
	Protection sanitaire										
Marge Directe	**Système**	**Marge brute - charges de structure**									

AGRO CAMPUS OUEST	Diplôme : d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage Spécialité : Horticulture Spécialisation / option : Sciences et Ingénierie du Végétal / Ingénierie des Productions et Produits de l'Horticulture (I2PH) Enseignant référent : Vanessa Soufflet-Freslon

Auteur : Pierre-Louis Huot Date de naissance* : 25/04/1996	Organisme d'accueil : Comité de Développement Horticole de la Région Centre-Val-de-Loire
Nb pages : 37 Annexe(s) : 7	Adresse : 620, rue de Cornay 45590 Saint-Cyr-en-Val
Année de soutenance : 2019	Maître de stage : Olivier Yzebe

Titre français : Analyse d'un système de culture visant à se passer de l'utilisation de produits phytosanitaires en production de *Mandevilla* et *Impatiens* de Nouvelle-Guinée en pots, hors sol, sous serre en verre, dans le cadre du projet DEPHY EXPE HORTIPOT 2.

Titre anglais : Analysis of a cropping system to dispense with the use of plant protection products in production of *Mandevilla* and *Impatiens* from New Guinea in pots, above ground, in a glass greenhouse, as part of the DEPHY EXPE HORTIPOT 2 project.

Résumé :

Dans le cadre du plan Écophyto, le projet DEPHY EXPE HORTIPOT 2 a pour but de mettre au point des systèmes de culture innovants permettant de se passer de produits phytosanitaires en cultures ornementales en pot, hors-sol, tout en assurant une bonne qualité de production et un revenu décent pour le producteur. L'analyse système est choisie pour cette nouvelle version du projet HORTIPOT. L'analyse de la première partie du cycle de culture pour l'année 2019 (production de *Mandevilla* et *Impatiens*) est concluante. L'IFT est nul, l'IFT vert est de 0,92. 72 % des plants sont commercialisables. La marge brute avoisine 21 700 € et la marge directe 10 900 €. Les principales problématiques rencontrées cette année ont été les pucerons sur *Mandevilla* et *Botrytis cinerea* sur *Impatiens*, à l'origine des plus grosses pertes de production par déclassement des plants touchés. La lutte biologique contre pucerons sur *Mandevilla* est compliquée à mettre en place. Les perspectives sont principalement d'améliorer la lutte biologique par conservation (mise en place de plantes relais), et étudier les abords de la serre et les flux d'insectes entre l'intérieur et l'extérieur de la serre.

Abstract :

As part of the Ecophyto plan, the DEPHY EXPE HORTIPOT 2 project aims to develop innovative cropping systems that make it possible to dispense with phytosanitary products in ornamental pot crops, above ground, while ensuring a good quality of production and a decent income for the producer. The system analysis is chosen for this new version of the HORTIPOT project. The analysis of the first part of the crop cycle for the year 2019 (production of *Mandevilla* and *Impatiens*) is conclusive. The IFT is zero, the green IFT is 0.92. 72% of the plants are marketable. The gross margin is around € 21,700 and the direct margin € 10,900. The main issues encountered this year were the aphids on *Mandevilla* and *Botrytis cinerea* on *Impatiens*, causing the biggest production losses by decommissioning affected plants. Biological control against aphids on Mandevilla is complicated to put in place. The prospects are mainly to improve the biological control by conservation (establishment of relay plants), and to study the surroundings of the greenhouse and the flows of insects between the inside and the outside of the greenhouse.

Mots-clés : Écophyto, DEPHY, « Zéro Phyto », analyse système*, Mandevilla / Dipladenia, Impatiens*

Key Words: Écophyto, DEPHY, "Zero Phyto", system analysis, *Mandevilla / Dipladenia, Impatiens*

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