



HAL
open science

Diminuer l'utilisation des produits phytosanitaires sur des plantes fleuries, en pots et sous abri, par l'utilisation de plantes de service et de stimulation mécanique

Laura Pertron

► To cite this version:

Laura Pertron. Diminuer l'utilisation des produits phytosanitaires sur des plantes fleuries, en pots et sous abri, par l'utilisation de plantes de service et de stimulation mécanique. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. dumas-02969165

HAL Id: dumas-02969165

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02969165v1>

Submitted on 16 Oct 2020

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

<p>AGROCAMPUS OUEST</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> CFR Angers <input type="checkbox"/> CFR Rennes</p> <p>l'institut Agro agriculture • alimentation • environnement</p> 	 université angers  UNIVERSITÉ DE NANTES	 ASTREDHOR LOIRE-BRETAGNE Stepp
<p>Année universitaire : 2019- 2020</p> <p>Mention : Biologie végétale</p> <p>Parcours : Filières de l'Horticulture et Innovations</p>	<p align="center">Mémoire de Fin d'Études</p> <p><input type="checkbox"/> d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage</p> <p><input type="checkbox"/> d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)</p>	

Diminuer l'utilisation des produits phytosanitaires sur des plantes fleuries, en pots et sous abri, par l'utilisation de plantes de service et de stimulation mécanique

Par : Laura PERTRON



Soutenu à Angers le 10 septembre 2020

Devant le jury composé de :

Président : Béatrice TEULAT

Maître de stage : Oscar STAPEL

Enseignant référent : Yann TRICAULT

Autres membres du jury (Nom, Qualité)

Juré : Emmanuel GEOFFRIAU

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
«Patrimoine-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»
disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>

<p>AGROCAMPUS OUEST</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> CFR Angers <input type="checkbox"/> CFR Rennes</p> <p>l'institut Agro agriculture • alimentation • environnement</p> 	 université angers  UNIVERSITÉ DE NANTES	 ASTREDHOR LOIRE-BRETAGNE Stepp
<p>Année universitaire : 2019- 2020</p> <p>Mention : Biologie végétale</p> <p>Parcours :</p> <p>Filières de l'Horticulture et Innovations</p>	<p align="center">Mémoire de Fin d'Études</p> <p><input type="checkbox"/> d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage</p> <p><input type="checkbox"/> d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)</p>	

Diminuer l'utilisation des produits phytosanitaires sur des plantes fleuries, en pots et sous abri, par l'utilisation de plantes de service et de stimulation mécanique

Par : Laura PERTRON



Soutenu à Angers le 10 septembre 2020

Devant le jury composé de :

Président : Béatrice TEULAT

Maître de stage : Oscar STAPEL

Enseignant référent : Yann TRICAULT

Autres membres du jury (Nom, Qualité)

Juré : Emmanuel GEOFFRIAUX

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
«Patrimoine-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»
disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>

Remerciements

Je tiens à remercier Oscar Stapel de m'avoir permis d'effectuer mon stage au sein de la station, d'avoir su se rendre disponible, de m'avoir conseillée et pour ses relectures du mémoire ci-présent.

Un grand merci à mon tuteur, Yann Tricault, pour sa réactivité dans les réponses aux questions posées, pour ses relectures et indications qui m'ont permis de mieux orienter le contenu du mémoire.

Pour m'avoir aiguillée quand j'en avais besoin, pour toutes les discussions très instructives que nous avons eues et pour sa bonne humeur, je remercie Anne Pennaneac'h.

Merci à Ella et à Josué pour leur humour et leur capacité à faire passer le temps plus vite.

Je remercie tous ceux qui m'ont permis d'avancer avec le sourire tout au long de ce stage et de l'écriture de ce mémoire, malgré les obstacles rencontrés et la période particulière que nous avons traversé.

Je tiens à remercier tout particulièrement Fanny, pour ses conseils avisés en statistiques.

Pour son soutien psychologique lorsque j'étais gagnée par la fatigue, je souhaite remercier Malo.

Pour les enseignements qui nous ont été dispensés et qui m'ont été utiles pour appréhender le stage dans son ensemble, ainsi que les aides diverses apportées, je tiens à remercier l'équipe pédagogique d'Agrocampus-Ouest campus d'Angers et celle de l'Université d'Angers.

Et merci à tous les ordinateurs qui ont rajouté une part de challenge dans la rédaction de cet écrit.

Table des matières

Introduction	1
I. Contexte global	1
II. Cadre de l'étude : ASTREDHOR Loire-Bretagne STEPP	3
III. Problématique.....	4
IV. Synthèse bibliographique de la gestion de l'architecture des végétaux et des méthodes alternatives dans la lutte contre les bioagresseurs.....	5
1. Gestion de l'architecture des plantes	5
A. La gestion de la lumière	5
B. Le stress hydrique.....	5
C. La stimulation mécanique	6
D. Autres impacts sur la croissance	7
2. Les bioagresseurs étudiés et la gestion des thrips sous abri.....	8
A. Des bioagresseurs récurrents	8
B. Les moyens de contrôle alternatifs des ravageurs	10
a) Prophylaxie et lutte physique	10
b) Lutte biologique.....	10
c) Push-Pull.....	11
d) Les Stimulateurs de Défenses des Plantes (SDP).....	12
Évaluation des effets de la stimulation mécanique et de l'utilisation des plantes de service sur des plantes fleuries en pots et sous abri.....	13
V. Matériels et méthode	13
1. Site expérimental.....	13
2. Matériel végétal	13
3. Dispositif expérimental	14
4. Conditions culturales.....	14
5. Traitements et applications.....	14
6. Mesures	15
7. Analyses statistiques	16
VI. Résultats	16
1. Impacts de la stimulation et des plantes de services sur les populations de thrips.....	16
2. Effets du répulsif Alsa-F	17
3. Plantes de service	17
4. Incidence de la stimulation mécanique sur l'architecture des végétaux.....	17
VII. Discussion	18

Conclusion..... 23

ANNEXES

Glossaire

Arrhénotoque : Se dit d'une parthénogenèse qui ne produit que des individus mâles (Ding et al, 2018)

Liste des abréviations

ASTREDHOR : Association nationale des STRuctures d'Expérimentation et de
Démonstration en HORTiculture

DIF : DIFFérence de température

EPI : Équipement de Protection Individuelle

IFT : Indice de Fréquence de Traitement

LED : Light Emitting Diode

PAR : Photosynthetically Active Radiation (ou Rayonnement Photosynthétiquement Actif
RPA)

PBI : Protection Biologique Intégrée

PPS : Produits phytosanitaires

ROS : Reactive Oxygen Species (espèces réactives de l'oxygène)

SDP : Stimulateur de Défenses des Plantes

STEPP : Station Technique d'Expérimentation des Plantes en Pots

Liste des annexes

Annexe I : Fiche d'interventions (LP)

Annexe II : Relevés des températures dans la cellule des modalités "Non stimulé" (M1) et
"Stimulé" (M2) (LP)

Annexe III : Effets du répulsif Alsa-F sur les 5 dates de relevés (source : R)

Annexe IV : Test du χ^2 de l'appréciation commerciale d'*Argyranthemum* (source : Statbox)

Annexe V : p-valeurs des données architecturales (source : Statbox)

Table des figures

- Figure 1 : Évolution du plan Ecophyto (Turner, M., 2020)
- Figure 2: Essai de plaques en plastique recyclé PET (Crédits : STEPP)
- Figure 3: Comparaison de croissance sous différents spectres d'éclairage LED (Crédits : STEPP)
- Figure 4: Dégâts de thrips sur Gerbera (Crédits : ASTREDHOR)
- Figure 5 : Dégâts de thrips sur feuilles de tabac (Crédits : ephytia-inra)
- Figure 6 : Actions des phytochromes sur la photomorphogenèse (Tripathi et al, 2019)
- Figure 7 : Cascade de réaction après une stimulation mécanique (d'après Telewski, 2006)
- Figure 8 : Cycle de développement de *Frankliniella occidentalis* à 25°C en culture de concombre. J. Poidatz (Koppert)
- Figure 9: Plan de la cellule comprenant les modalités "Non stimulé" et "Stimulé" (LP)
- Figure 10: Cellule du témoin non traité (18 mars) (Crédits LP)
- Figure 11: Cellule des modalités "Non stimulé" et "Stimulé" (18 mars) (Crédits : LP)
- Figure 12: Cellule des modalités "Non stimulé" et "Stimulé" (20 avril) (Crédits : LP)
- Figure 13: Appréciation commerciale de *Dahlia x hybrida* Gallery 'Monet' (à gauche) et *Verbena x hybrida* Lanaï 'Up Merlot With Eye' (à droite) (Crédits : LP)
- Figure 14: Relevé du nombre de thrips sur les placettes "Témoin non traité" (T), "Non stimulé" (M1) et "Stimulé" (M2) (LP)
- Figure 15: AIsa-F comparaison du nombre de thrips sur les placettes "Non stimulé" (M1) et "Stimulé" (M2) (LP)
- Figure 16: Relevés de thrips dans les tagètes (LP)

Table des tableaux

- Tableau 1: Comparaison des principaux signes officiels de qualité mis en place dans les productions ornementales (Sources : Avisé, 2020 ; Hooren, E., 2020 ; Val'Hor, 2020 ; FNPHP, 2020)
- Tableau 2: Matériels et conditions de culture (LP)
- Tableau 3: Nombre de végétaux par modalité (LP)
- Tableau 4: Plantes testées pour la floribondité, la précocité et les ramifications (LP)
- Tableau 5: Hauteurs (LP)
- Tableau 6: Diamètres (LP)

Introduction

I. Contexte global

L'horticulture ornementale est caractérisée par des productions très diversifiées, **une filière longue**, une forte demande en main d'œuvre (Val'hor, 2017) **et par une importance toute particulière accordée à l'aspect esthétique des végétaux**. Depuis fin 2010 en France, l'ornement a subi une importante diminution de son attractivité (A. Maignant, 2016), mais ce recul a déjà été observé depuis 2005 (FranceAgriMer, 2017). Cette chute s'est expliquée par différentes raisons : À la fois un déclin de la consommation des végétaux français et, en parallèle, la concurrence des Pays-Bas, de l'Allemagne et de la Belgique, dont la compétitivité a surpassé les productions françaises (A. Maignant, 2016 ; FranceAgriMer, 2020a). Cette lutte des prix a favorisé l'augmentation des importations en France entraînant ainsi un déficit important de la balance commerciale du pays dans ce domaine. Cependant, depuis 2016, la situation s'est améliorée grâce au développement de la compétitivité de la France, par les biais d'une organisation plus réactive de la filière et d'une meilleure capacité dans la conquête des marchés (FranceAgriMer, 2020a). Et cela bien que l'augmentation des importations continue de progresser, entre 2017 et 2019, plus rapidement que les exportations (FranceAgriMer, 2020b).

Dans la filière des plantes ornementales, hormis la concurrence, les ventes dépendent de divers paramètres : la météo étant l'un des facteurs principaux aux conditions d'achat pour les particuliers et professionnels. Des effets de mode vont aussi influencer sur les végétaux, la culture (selon les origines dont sont issus les consommateurs potentiels), ainsi que le climat politique (les végétaux ornementaux peuvent être considérés comme secondaires dans certains pays, notamment car ils ne sont pas à destination vivrière) peuvent y jouer un rôle (Val'hor, 2019). D'autres événements peuvent aussi impacter la donne ; c'est ainsi que la crise liée au Covid-19 a causé des pertes drastiques dans les ventes de plantes ornementales (Fayolle P. 2020 ; Maillard O., 2020, Mabire A., 2020a) -les secteurs des plantes à destination alimentaire ont subi cette crise avec des pertes moins importantes- obligeant les structures à s'adapter rapidement. Les pertes se sont élevées entre 70% et 90% du chiffre d'affaire pour les ventes de végétaux ornementaux de printemps, en comparant à l'an passé notamment pour la pépinière et la floriculture (Avisé, 2020 ; Hespel L., 2020).

Tous les rassemblements (portes ouvertes, fêtes diverses...) étant proscrits, c'est une grande partie des possibilités de vendre ces végétaux qui a été supprimée, notamment pour les petites

Tableau 1: Comparaison des principaux signes officiels de qualité mis en place dans les productions ornementales (Sources : Avisé, 2020 ; Hooren, E., 2020 ; Val'Hor, 2020 ; FNPHP, 2020)

NOM	CATÉGORIE	ANNÉE	PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES
Plante Bleue	Label	2011	Démarche éco-responsable visant à limiter l'impact environnemental des pratiques horticoles (moins d'eau, de pesticides, d'engrais...). Composé de 3 niveaux. Le 3 ^{ème} niveau correspond à la certification Haute Valeur Environnementale de niveau 3)
Label Rouge	Label	Depuis 1987 en ornement	Qualité du végétal : vigueur, esthétique et/ou performances (floraison, résistance aux maladies, parfum, productivité)
MPS - ABC (Milieu Programma Sierteelt)	Label associé à un outil	2007	Classé en 4 niveaux (A+, A, B et C) Vise l' amélioration des pratiques environnementales au sein des cultures.
Fleurs de France	Label	2014	Démarche éco-responsable ou de qualité reconnue (la production doit avoir au moins un des 3 labels précédents, ou Agriculture Biologique ou la Charte Qualité Fleurs coupées)



Figure 1 : Évolution du plan Ecophyto (Turner, M., 2020)

structures favorisant une vente en direct. Ces mesures restrictives ont mené à la destruction, pour bon nombre d'exploitations, de centaines, voire de milliers de végétaux, notamment pour des productions précoces (fin février et début printemps). Les productions traditionnelles destinées aux marchés de printemps/été, ne sont que peu touchées sur le territoire français (Conseil ASTREDHOR d'avril 2020). Des adaptations ont dû être réalisées pour pallier, au moins partiellement, à ce contexte si particulier : livraison à domicile, drive de plantes, associations avec des végétaux à destination alimentaire... (Mabire A., 2020b).

Dans une autre mesure, afin de pouvoir faire face à la concurrence et ne pas disparaître, les producteurs en horticulture ornementale se doivent d'innover constamment : d'une part, pour fidéliser la clientèle, d'autre part, pour pouvoir attirer de potentiels nouveaux consommateurs. L'évolution des exigences de ces derniers, souhaitant des végétaux plus naturels a un impact non négligeable, poussant les producteurs vers des productions certifiées. C'est aussi pour cela que l'on voit fleurir des certifications ou des engagements de la part des horticulteurs : Plante Bleue, Label rouge, Fleurs de France (Val'hor, 2020) (*Tableau 1*), indiquant une culture plus vertueuse sous certains aspects. Mais cette abondance est à double tranchant, car pouvant semer une certaine confusion dans l'esprit des consommateurs non aguerris.

Une autre contrainte provient du gouvernement, voire de l'Europe : l'évolution des législations. Celle-ci découle en partie du changement d'exigences des populations. Les lois peuvent avoir de nombreuses répercussions sur les exploitations, que ce soit en facilitant les échanges externes au pays ou bien en modifiant les réglementations en termes d'utilisation de produits phytopharmaceutiques par exemple. C'est notamment le cas avec le plan Ecophyto II+, qui se fixe pour objectif une réduction des produits phytosanitaires (PPS) de 50% d'ici 2025 (Ministère de l'Agriculture et de l'alimentation, 2019a). Cette version du plan donne suite à différentes remédiations du plan initial, lancé en 2008 (*Figure 1*).

Pour éviter et/ou limiter l'utilisation des produits phytosanitaires très présents en horticulture ornementale (pesticides, régulateurs de croissance...), des recherches sont effectuées par des organismes tels que ASTREDHOR, l'INRAE... C'est dans cette optique que les projets DEPHY EXPE (ce sont les composantes expérimentales du réseau DEPHY) ont vu le jour. De 2013 à 2019, l'objectif était de réduire les PPS de plus de 50%, ce qui a été atteint lors des expérimentations en productions ornementales. Actuellement un nouveau DEPHY court jusqu'à 2026, avec pour finalité le zéro pesticide, combinant plusieurs stratégies de lutte intégrée (Push-Pull, radiations UV...). C'est notamment pour permettre aux producteurs français de pouvoir s'adapter et se rassurer, que les stations d'expérimentations entrent en jeu. C'est le cas des stations d'expérimentations, telles que celles faisant partie de l'Institut Technique de l'Horticulture



Figure 2: Essai de plaques en plastique recyclé PET (Crédits : STEPP)



Figure 3: Comparaison de croissance sous différents spectres d'éclairage LED (Crédits : STEPP)

ASTREDHOR. Ces stations ont pour but de développer des programmes de recherche et d'innovations, donnant la possibilité aux entreprises horticoles, de la fleuristerie et du paysage, de pouvoir améliorer leurs performances durablement, aussi bien économiques, que techniques ou encore environnementales (ASTREDHOR, 2020a). Elles permettent de faire un lien entre des problématiques rencontrées sur le terrain et les demandes aux niveaux national et international. Une station peut être spécialisée dans un ou plusieurs secteurs de l'horticulture (plantes en pot et à massif, pépinière ornementale, fleurs coupées, bulbes, paysage...). Divers moyens sont mis en place afin de maîtriser la croissance (filtres lumineux, stimulation mécanique), de diminuer la pression des bioagresseurs (produits naturels ou de lutte biologique, plantes de services). C'est au sein de la station d'ASTREDHOR Loire-Bretagne STEPP que l'étude du sujet de ce mémoire a été traitée.

II. Cadre de l'étude : ASTREDHOR Loire-Bretagne STEPP

La **Station Technique d'Expérimentation de Plantes en Pots (STEPP)** est une association, dont la construction a été réalisée en 1995, pour donner suite à la demande des professionnels et est située en Bretagne, dans les Côtes d'Armor. Elle fait partie d'une unité interrégionale qu'est ASTREDHOR Loire-Bretagne, avec les stations Caté, CDHR Centre Val de Loire et Arexhor Pays de la Loire. L'équipe est composée de 3 personnes à temps plein et régulièrement des stagiaires, qui viennent se former sur place. Ses essais sont axés majoritairement sur les **plantes à fleurs (en pots ou massifs)**, mais il peut aussi y avoir d'autres gammes de végétaux (gazons, maïs, maraîchage, pépinière) selon les prestations de services demandées par les sociétés privées. Les études sont commandées par les adhérents ou bien par des organismes extérieurs (tels que les fournisseurs de matériels horticoles et agricoles). C'est sur une surface totale de 2600m² que la structure mène des expériences sur des thématiques variées (impacts de la lumière et de ses différents spectres sur les plantes, protection alternative des plantes, réduction des Indices de Fréquence de Traitement (IFT), évaluation de conteneurs et d'emballages (*Figure 2*), substrats, fertilisations organique et de synthèse, biostimulants, maîtrise de la croissance (*Figure 3*) et de la floraison, techniques de multiplication, méthodes pour économiser l'énergie et l'eau) (ASTREDHOR, 2020b).

Une des missions de la station est de permettre aux producteurs de **se rapprocher au plus près du zéro-phyto**, ce qui correspond à une demande du marché actuelle, et de donner des solutions **applicables dans le maximum de structures** possible, produisant des végétaux d'ornement, bien que les procédés mis en place puissent être appliqués à d'autres cultures.



Figure 4: Dégâts de thrips sur Gerbera (Crédits : ASTREDHOR)



Figure 5 : Dégâts de thrips sur feuilles de tabac (Crédits : ephytia-inra)

Une des principales difficultés découlant de la production de plantes ornementales, est, qu'un moindre défaut de la plante pourra avoir un impact notable sur sa commercialisation, voire sur l'impossibilité de pouvoir vendre le végétal (*Figure 4, Figure 5*), car les seuils de tolérance sont très bas. Les plantes doivent répondre à des caractéristiques bien précises de présentation selon le public visé (fleuristes, jardinerie, grandes surfaces), ce qui rend la suppression des PPS particulièrement complexe.

III. Problématique

C'est sur la base d'un essai, courant depuis 2016 et prenant fin cette année, financé par la Région Bretagne et mis en place au sein de la STEPP, que s'inscrit la problématique traitée dans ce mémoire. Cette dernière est de déterminer dans quelles mesures est-il possible de **diminuer l'utilisation des produits phytosanitaires sur des plantes fleuries, en pots et sous abri, par l'utilisation de plantes de service et de stimulation mécanique**. L'objectif de cet essai est de mettre en place et vérifier l'efficacité de moyens de luttés alternatifs, ainsi que de la thigmomorphogénèse - qui est définie comme étant la "**modification de la croissance d'une plante en réponse aux stimuli mécaniques externes**" (Jaffe, 1973) - dans une optique de se rapprocher au mieux du zéro phyto. La stimulation mécanique est utile pour limiter ou éviter l'emploi de produits nanifiants, mais aussi dans son rôle de renforcement de la plante (Latimer, 1998) et permet donc de limiter sa sensibilité à différentes agressions qu'elle peut subir. Si des bandes engluées sont ajoutées, elle peut aussi permettre un piégeage des insectes ailés. Afin d'atteindre les objectifs des plans Ecophyto, les régulateurs de croissance font partie des produits dont il faut restreindre l'utilisation (Ministère de l'Agriculture et de l'alimentation, 2019b). Ils sont parmi les moyens les plus utilisés pour gérer l'architecture des plantes en productions ornementales (Ecophytopic, 2019) en raison de leur coût relativement faible en comparaison du bénéfice apporté et de leur efficacité (Crespel et al, 2018).

Une seconde partie de la problématique est axée sur la mise en place de luttés alternatives, telles que le Push-Pull, permettant de diminuer la pression de certains bioagresseurs en les repoussant de la culture (ici avec la pulvérisation d'un mélange à base d'ail, destiné à repousser les thrips) et en les attirant vers en dehors avec des plantes de services.

Le projet DEPHY HORTIPOT, de 2011 à 2017, a traité le sujet d'itinéraires innovants pour réduire les PPS, avec notamment, la mise en place de stimulation mécanique, à travers les différentes stations composant ASTREDHOR (Ecophyto DEPHY, 2018). Les résultats ont démontré une efficacité de la stimulation mécanique pour pouvoir réduire l'application de régulateurs de croissance.

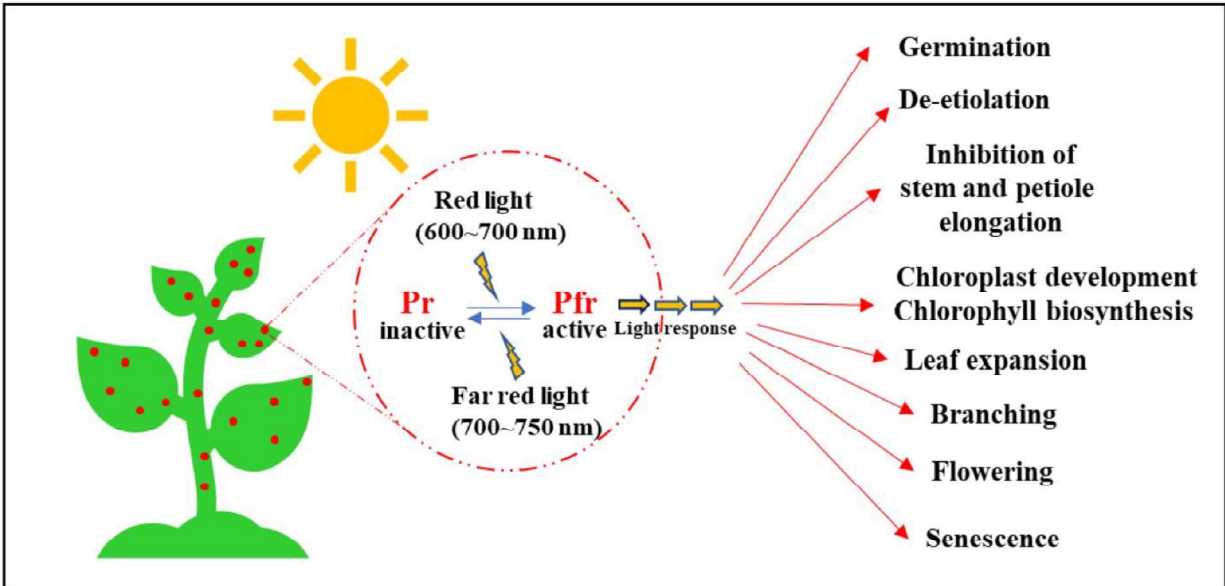


Figure 6 : Actions des phytochromes sur la photomorphogénèse (Tripathi et al, 2019)

IV. Synthèse bibliographique de la gestion de l'architecture des végétaux et des méthodes alternatives dans la lutte contre les bioagresseurs

1. Gestion de l'architecture des plantes

L'utilisation de régulateurs de croissance est largement développée dans le domaine de l'horticulture ornementale, afin d'avoir des plants compacts et homogènes. Les substances vont agir soit en favorisant la production d'éthylène, soit en inhibant la synthèse de gibbérellines. La première peut limiter la croissance et est libérée naturellement en cas de stress. Les secondes sont des phytohormones qui contrôlent différents points du développement des végétaux (Bergstrand, 2017). Ces produits sont intéressants grâce à leur efficacité et leur faible coût. En revanche, les évolutions au sein du monde du végétal (demande de produits plus naturels, prise de conscience des effets des PPS sur l'Homme et son environnement, développement de labels plus écologiques et disparition possible de régulateurs chimiques de croissance sur le marché...) font que l'image et la disponibilité des régulateurs de croissance est compromise.

Pour limiter l'utilisation des produits phytosanitaires et notamment les régulateurs de croissance, différents moyens peuvent être pris en compte.

A. La gestion de la lumière

Le contrôle de la croissance en hauteur s'effectue en partie par des signaux mécaniques et la lumière (Fournier et *al*, 2006). Les réactions vont être activées par les phytochromes (*Figure 6*).

Pour gérer la lumière, différentes solutions s'offrent au producteur. La mise en place de films photo-sélectifs, ou de produits à appliquer sur les parois des structures, va permettre de gérer les longueurs d'ondes du rayonnement photosynthétiquement actif (PAR), en optimisant la croissance du végétal (Mardenkro, 2020 ; Stapel et *al*, 2009). Un rapport élevé entre rouge/rouge lointain va favoriser le développement de plantes compactes (Stapel et *al*, 2009 ; Stapel et *al*, 2011). Ce ratio va agir sur certaines hormones (auxines, gibbérellines et éthylène) (Folta et *al*, 2008). Cependant, la réponse des plantes peut varier selon le cultivar (Crespel, 2018). Un apport de lumière bleue peut aussi avoir un impact sur la diminution de la croissance des végétaux (Olle et *al*, 2013 ; Huché-Thélier et *al*, 2016).

B. Le stress hydrique

Le stress hydrique va jouer un rôle sur le développement architectural de la plante en limitant, voire empêchant, la croissance du végétal, mais les adaptations pour résister à un stress

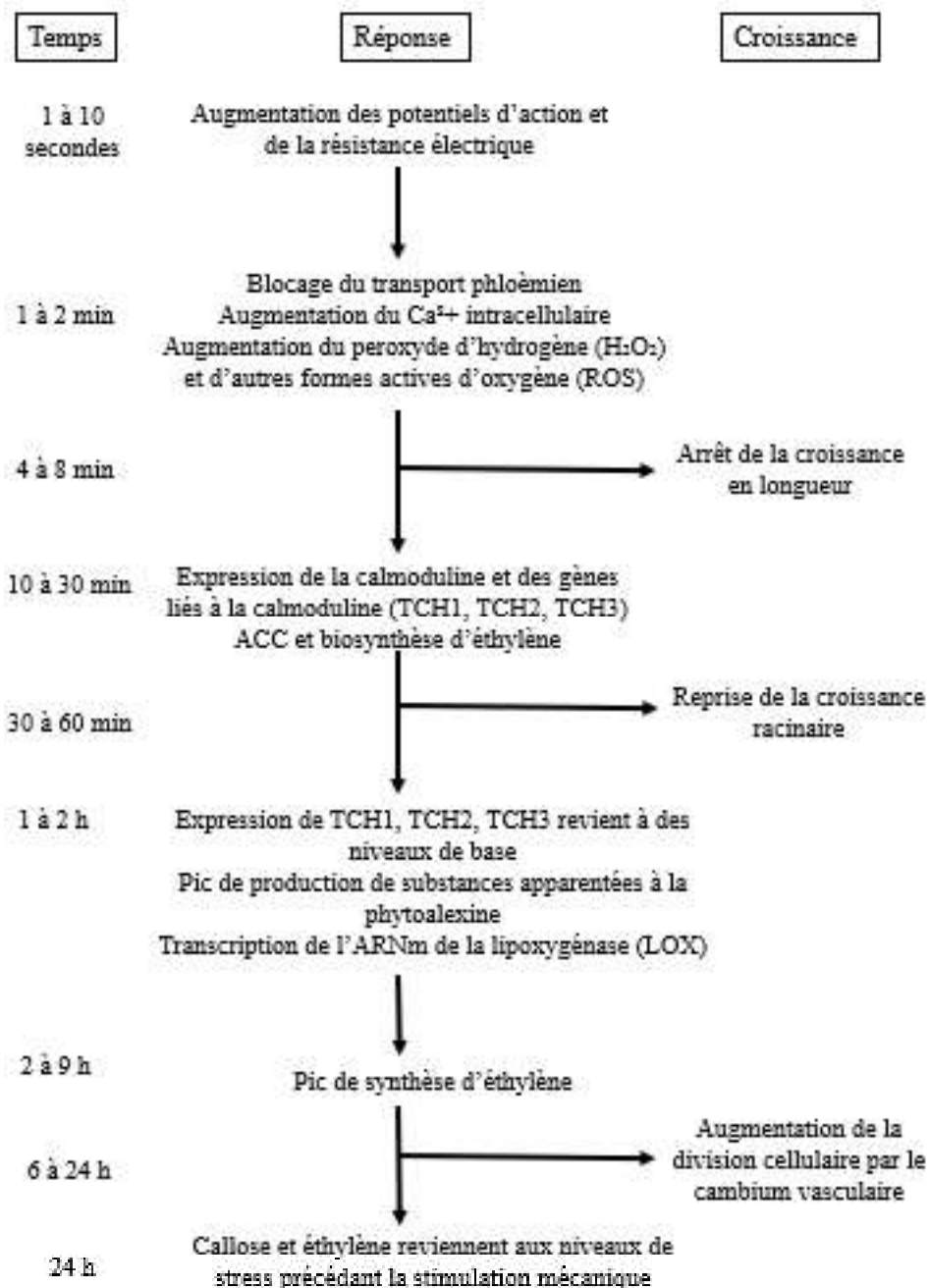


Figure 7 : Cascade de réaction après une stimulation mécanique (d'après Telewski, 2006)

abiotique vont aussi entraîner d'autres déséquilibres (carences). De plus, un excès de luminosité durant un stress abiotique risque de provoquer une augmentation de l'activité des ROS (Reactive Oxygen Species, générant alors un stress oxydatif), eux-mêmes ayant un rôle dans la mort cellulaire programmée, ils peuvent endommager la plante de façon irréversible (Bechtold et *al*, 2018), perdant l'intérêt pour la gestion de la croissance.

Le stress hydrique va agir par la baisse d'assimilation du CO₂, en limitant sa circulation à travers les stomates. Ceci va entraîner une réduction du nombre de feuilles et de leur surface, ainsi que de la longueur des tiges, réduisant par la même occasion la production de pigments photosynthétiques (Anjum, 2011). En somme, le stress hydrique apporte un lot de malus non négligeables.

C. La stimulation mécanique

Étudiée depuis près de 50 ans par des scientifiques, pour mesurer ses effets sur les végétaux, la **thigmomorphogenèse est un phénomène naturel** qui peut être reproduit de manière artificielle dans des cultures et qui indique une réponse du végétal à une **stimulation mécanique**. Parmi les manières de l'utiliser, il y a la mise en place d'une barre, d'un chariot ou de tout autre moyen, touchant le système aérien de façon plus ou moins intense et venant ainsi perturber les plantes à intervalles variables ou réguliers. Elle est déjà très utilisée pour permettre de **façonner l'architecture des végétaux** et pour pouvoir répondre à la demande de la part des consommateurs, à des critères esthétiques (plants trapus et uniformes). Son usage donne la possibilité de réduire les traitements à base de produits régulateurs de croissance, ou nanifiants, dont la toxicité sur les organismes vivants est reconnue. Leur action va s'axer principalement sur "l'inhibition de la biosynthèse de gibbérelline, hormone de croissance ayant le plus fort impact dans la croissance cellulaire des végétaux" (Bergstrand, 2017). Le stress généré par un stimulus physique va entraîner une cascade de réaction (*Figure 7*). Les signaux dus à une stimulation mécanique peuvent réduire la croissance des tiges et augmenter leur diamètre, les rendant moins cassantes (Niklas, 1998). À la suite d'un stress abiotique (dans le cas de la stimulation), les signaux calciques jouent un rôle dans la réponse de la plante (Xiong et *al*, 2006). Selon les stress imposés, les plantes réagissent en faisant varier la taille de leurs cellules, c'est ainsi qu'une stimulation mécanique aura tendance à engendrer une augmentation du nombre de cellules et de leur surface au sein de la plante, mais en réduisant leur largeur (Huber et *al*, 2013). La stimulation mécanique va aussi induire une augmentation significative de la rigidité des tissus végétaux, les tissus deviennent plus flexibles en étant stimulés (Huber et *al*, 2013). Une plus forte densité racinaire (Coutand, 2010) et foliaire,

ainsi que des pétioles plus courts et plus flexibles (Liu et *al*, 2007) pourront être notés par ce même mécanisme. Des essais ont été mis en place depuis les années 70-80 (Jaffe, 1973 ; Turgeon et Webb, 1971 ; Boyer et *al*, 1979 ; Biro et Jaffe, 1984), mais c'est principalement à partir des années 90 que la pratique se développe (Cipollini, 1999 ; Garner et *al*, 1997 ; Bjorkman, 1998 ; Latimer, 1991 ; Garner et Bjorkman, 1999). Pour la France, les études sur le sujet ont été majoritairement réalisées par ou en partenariat avec les stations d'ASTREDHOR (DEPHY EXPE : HORTIPOT). Les professionnels de la production horticole sous serre sont de plus en plus nombreux à utiliser ce type de stimulation, souvent fixé sur les chariots d'arrosage, afin de limiter l'utilisation de préparations phytosanitaires (Vidril, 2014 ; Regnard et Maillard, 2017).

Une étude réalisée sur des pétunias a démontré que ces derniers réagissent à des stimulations courtes (60 minutes par jour) par un chariot déplaçant des lanières en toile de jute et que la durée avant de vérifier ces effets est de 19 jours au minimum (Autio et *al*, 1994). Contrairement à d'autres plantes, telles que les asters, le pétunia ne semble pas subir de dommages notables lors de stimulations importantes. Pour l'aspect ornemental, il n'y pas d'augmentation du nombre de fleurs à s'ouvrir, mais la régulation de la taille permet d'avoir des plants plus trapus (Autio et *al*, 1994), dont la résistance de la tige sera plus importante et le résultat est proche de l'utilisation de nanifiants (Latimer, 1998). Pour d'autres végétaux, les bénéfices sur la gestion de la croissance des tiges ont été démontrés (Morel et *al*, 2012). Des essais sur rosiers ont donné des plants ayant plus de ramifications et des tiges plus courtes (Morel, 2017).

En fonction des plantes, il y aura un effet de stress variable -et celui-ci peut changer lors de l'essai- ce qui peut mener à avoir des plantes plus intéressantes par leur architecture, mais ayant une floraison moins abondante, car la plante pourrait chercher à s'ancrer plus dans le sol et donc développer un système racinaire plus important.

Mais il est à noter que certaines plantes ne sont pas adaptées pour subir de la stimulation mécanique et le bénéfice de la stimulation pourra être perdu en comptant les dommages causés au végétal (Latimer, 1998). En prenant l'exemple de végétaux tels que le Poinsettia, dont les bractées sont trop fragiles pour être stimulées (Crespel et *al*, 2018 ; ASTREDHOR, 2018), ou encore les asters (Autio et *al*, 1994).

D. Autres impacts sur la croissance

Réduire les apports en macro-éléments minéraux afin de vérifier les effets sur les végétaux a permis de déceler des diminutions du rythme de croissance (Gabelman & Gerloff, 1984), mais influencer sur ces paramètres peut mener la plante à des carences ayant des effets

indésirables (diminution de la floribondité, plants fragiles ou plus sensibles aux pathogènes...).

Des carences en potassium sur tomate ont donné une diminution de la croissance, mais dès que la nutrition redevient normale, les effets s'arrêtent (Pujos & Morard, 1997). En 2007, des essais diminuant la quantité de phosphore dans l'engrais (50%) sur des pensées, réalisés par la station ASTREDHOR Loire-Bretagne STEPP, montrent une diminution de la taille des végétaux, sans entraîner de carences. L'effet de la densité va jouer un rôle sur la tenue des plantes. Plus elles seront semées en forte densité, plus elles vont s'étioler. À contrario, des plantes seules vont s'étoffer plus (Anten et al, 2005). Le pincement, quant à lui, va permettre de moduler l'architecture du végétal, mais est gourmand en temps et en main d'œuvre.

La méthode DIF (Différence de température) est basée sur l'écart de températures entre le jour et la nuit. En cherchant à favoriser des températures diurnes inférieures aux nocturnes, on obtient un DIF négatif, pouvant agir sur la diminution de l'élongation des tiges de certains végétaux tels que le lys de Pâques. Mais le fait de varier les températures par rapport à la normale peut entraîner des problèmes physiologiques chez le végétal (avortement boutons floraux, ...) (Heins & Erwins, 1993) De plus, cette technique peut s'avérer coûteuse, car augmenter la température nocturne passe souvent par la mise en place de chauffage.

Les effets du DIF négatif ont été démontrés sur des plantules de tomates, réduisant la longueur des tiges, par des entrenœuds plus courts (Ito et al, 1995).

Toutes les méthodes (gestion de la lumière, application de stress, DIF) ne sont pas adaptées à chaque plante. En effet, selon le cycle, l'espèce, ou encore le résultat désiré, les moyens à mettre en œuvre pour obtenir une plante compacte vont varier.

En plus de ses impacts pour maîtriser la croissance, la stimulation mécanique a d'autres intérêts. Elle permet de piéger des insectes volants en masse (lorsqu'elle est associée à des pièges collants), de renforcer la plante contre des potentiels bioagresseurs, mais aussi de perturber ces derniers en provoquant des mouvements dans la végétation, favorisant ainsi leur départ vers des plantes de services (effet Push Pull).

2. Les bioagresseurs étudiés et la gestion des thrips sous abri

A. Des bioagresseurs récurrents

Parmi les ravageurs principaux présents dans les **cultures de plantes à fleurs printanières**, il y a les pucerons, qui s'adaptent très bien aux conditions environnementales en Bretagne et peuvent donc avoir des populations particulièrement prolifiques. Avec l'évolution climatique, le **thrips** est lui aussi problématique, car il parvient à s'implanter plus aisément.

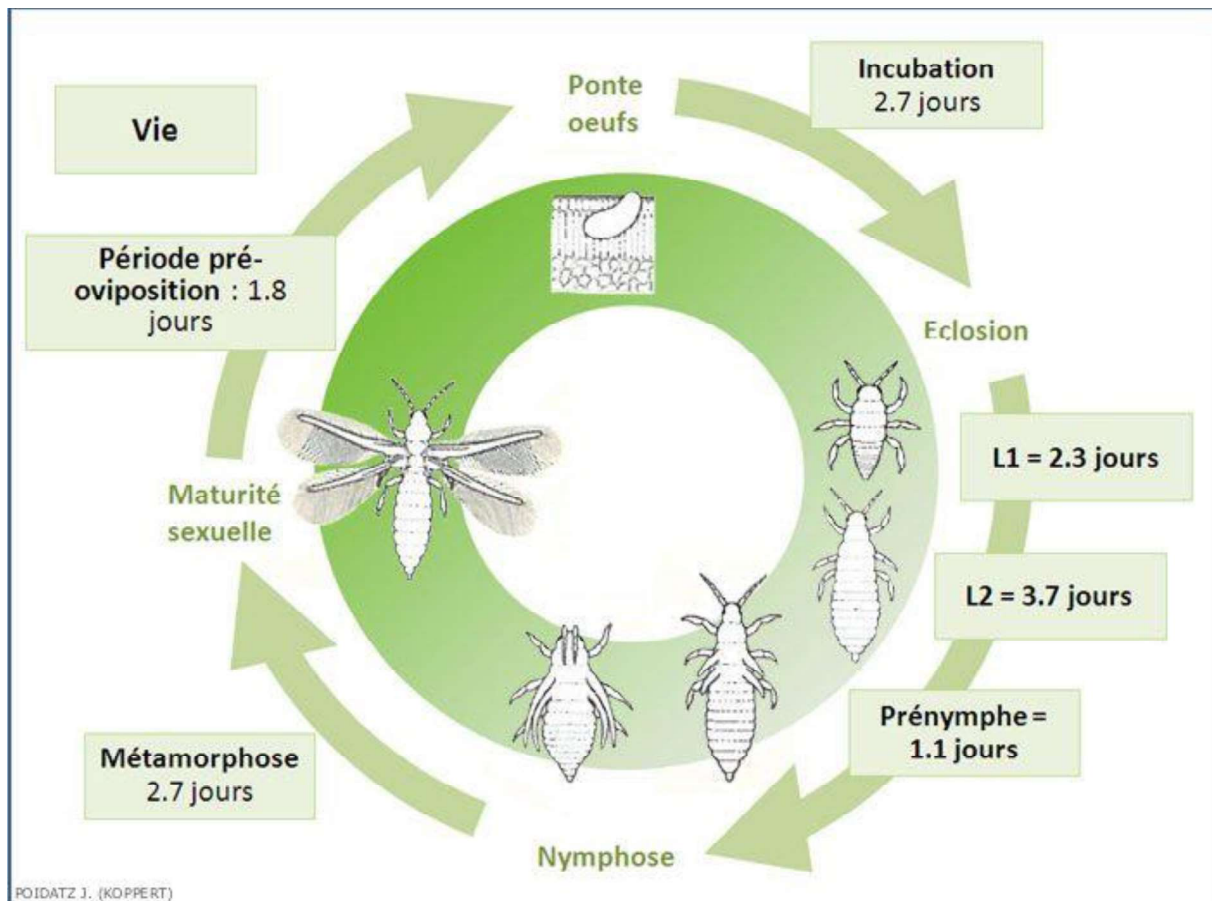


Figure 8 : Cycle de développement de *Frankliniella occidentalis* à 25°C en culture de concombre.
 J. Poidatz (Koppert)

De plus, l'adulte est assez mobile, ce qui fait de lui un modèle intéressant pour voir les effets de la stimulation mécanique. Les pucerons restent moins sensibles aux mouvements provoqués par le chariot de stimulation. Ces deux insectes sont les plus gênants, en France, dans les cultures de plantes à massif printanières, menant parfois à des impasses de lutte.

Les essais effectués à la STEPP ont pour objectif de pouvoir vérifier l'efficacité de certains moyens mis en place et pouvoir faciliter la mise en place de luttés alternatives.

Les thrips sont des insectes piqueurs-suceurs, faisant partie de l'ordre des Thysanoptères. Leur cycle ne comprenant pas de diapause, ils peuvent coloniser plus aisément des cultures (Malais M.H. et al, 2006). Ils sont complexes à gérer en raison de différents facteurs : une localisation majoritairement sous les feuilles, des cycles biologiques rapides, une petite taille et une grande mobilité, des régimes polyphages, les dégâts qu'ils peuvent causer -même en petites colonies- (l'aspect visuel du feuillage en ornement se voit rapidement dégradé, entraînant une dévaluation des plantes, voire l'impossibilité de vendre), leur diversité (complexifiant les moyens de lutte) et leur capacité à transmettre des virus (Li-Marchetti, 2017; Moudén et al., 2017).

Les dégâts causés par les thrips, sont majoritairement dus à la piqûre d'alimentation : points blancs à l'endroit de la piqûre, sur les feuilles ou au niveau des inflorescences. Des déformations foliaires, l'avortement des boutons floraux ou le mauvais développement des fleurs peuvent être visibles en cas d'infestation importante (Reitz, 2009). Mais les dommages peuvent être dus aussi à l'oviposition, lorsque la femelle insère sa tarière dans l'épiderme pour pondre. Des taches noires, les déjections de l'insecte vont apparaître sur le végétal

Dans le contexte de l'étude, c'est la présence de *Frankliniella occidentalis* qui est mise en avant. Son cycle général est composé de 6 étapes de développement (*Figure 8*) : un œuf, introduit dans les tissus foliaires ou floraux, par le biais d'un ovipositeur adapté. Ensuite, 2 stades larvaires qui vont se déplacer dans le même environnement. La prénymphe et nymphe vont, elles être localisées, soit au niveau du sol, soit cachées dans les zones les plus inaccessibles de la plante (base des feuilles, fleurs ou tout autre endroit pouvant servir d'abri). Et l'adulte sera au niveau des bourgeons et des fleurs (Karnkowski et Trdan, 2002 ; Koppert, 2020). Il apprécie de pouvoir se cacher dans des fleurs tubulaires, ceci lui permettant de se nourrir à l'abri, au moins partiellement, de ses prédateurs. La particularité du cycle de *F. occidentalis*, se situe dans sa reproduction par le biais d'une parthénogenèse dite arrhénotoque, dans ce cas les descendants seront uniquement des mâles, par la suite la reproduction sera sexuée, donnant naissance à des femelles (Ding et al, 2018).

B. Les moyens de contrôle alternatifs des ravageurs

Parmi les moyens actuels pour lutter contre les ravageurs, trois catégories se distinguent : des méthodes plutôt classiques telles que la pulvérisation de **produits phytosanitaires**, la mise en place de la **lutte biologique** ou la **lutte intégrée** (comprenant la Protection Biologique Intégrée), utilisant des outils en accord avec la lutte biologique, mais autorisant les PPS en cas de nécessité (lors du dépassement d'un certain seuil de nuisibilité des ravageurs). D'un autre côté, des moyens dits alternatifs, se recoupant avec la PBI, pourront être appliqués. Ceux-ci viseront à éviter l'épandage de PPS. Pour arriver à un niveau d'efficacité équivalent à ces derniers, il faut combiner les moyens alternatifs.

a) Prophylaxie et lutte physique

Sous le terme de prophylaxie se définit un ensemble de méthodes à visée préventive et qui sont primordiales pour apporter des bases saines pour débiter une culture. Parmi ces procédés, le désherbage a son importance, car il peut permettre d'éliminer d'éventuels foyers pour les pathogènes environnants (AREXHOR Seine-Manche, 2016). La mise en place d'un vide sanitaire entre deux productions limite les risques qu'un bioagresseur reste. L'élimination de plantes trop atteintes par une maladie, ou couvertes par un ravageur, va aussi diminuer la pression que celui-ci pourrait effectuer sur le reste de la culture. Pour mettre en place des mesures prophylactiques et anticiper les problèmes de bioagresseurs, la surveillance au préalable et durant la culture des mouvements de population de ceux-ci, par le biais de pièges chromatiques (bandes engluées bleues pour des thrips par exemple) ou à base de phéromones aura une utilité certaine.

Bien qu'utile, la prophylaxie ne permettra qu'un effet limité du contrôle des invertébrés et devra être complétée avec d'autres méthodes pour pouvoir réagir face à leur présence.

La lutte physique va s'orienter sur la mise en place de moyens physiques, tels que des systèmes de barrière (filets insect-proof), gestion de la température et de l'air (soufflage ou aspiration) ... (Panneton, 2001)

b) Lutte biologique

Cette lutte consiste en l'utilisation d'organismes vivants (invertébrés, bactéries, champignons...) étant antagonistes du bioagresseur visé (Huffaker et *al.*, 1976). L'action recherchée des auxiliaires va être de supprimer, ou du moins restreindre notablement, la pression effectuée par les ravageurs. Les modes d'apport des organismes vont varier selon la finalité souhaitée : acclimatation, conservation/entretien (méthode de lâchers inoculatifs) ou lâchers inondatifs (Jourdeuil et *al.*, 1993)

Le principal frein de cette méthode repose sur le coût élevé des solutions à disposer dans les productions et la difficulté à maintenir les populations d'auxiliaires dès que la quantité de bioagresseurs diminue (notamment avec les coccinelles). De plus les organismes utilisés ont souvent un spectre d'action limité, pouvant nécessiter l'apport d'autres solutions complémentaires. D'autres risques à prendre en compte viennent de l'impact des populations introduites sur celles qui sont indigènes, pouvant causer des dommages collatéraux sur des espèces auxiliaires naturellement présentes (Malauza, 2000), bien que de nos jours, ce risque soit plus largement pris en compte.

c) Push-Pull

L'utilisation de la stratégie Push-Pull permet **de perturber les bioagresseurs**, d'une part en les repoussant par le biais **de molécules répulsives ou de stimulation**, d'autre part en les **attirant vers des plantes de services** hautement attractives, et ainsi soulager la pression sur les plantes cultivées grâce à la migration forcée des ravageurs volants. Lorsque le ravageur est présent sur la plante de service, il est alors plus aisé de pouvoir l'éliminer avec d'autres moyens de lutte, tels que l'utilisation d'un agent biologique ou la destruction de la plante. Cette stratégie a été développée, dans un premier temps, en Australie pour faire face à des ravageurs dans les champs de coton, puis s'est largement répandue dans les cultures vivrières en Afrique en étant mise en place par des petits producteurs principalement (Reddy, 2016). Les résultats pour diverses études se basant sur des techniques de Push-Pull, montrent des résultats positifs (Li-Marchetti, 2017; Pickett et al., 2014).

Pour repousser les bioagresseurs, l'utilisation d'huiles essentielles est étudiée, voire déjà mise en place (Koschier, 2008). D'autres alternatives olfactives telles que l'usage d'extraits d'ail contre le thrips ont démontré des effets intéressants, avec un départ temporaire des insectes, mais n'entravant pas la présence des auxiliaires utilisés (Maugin, 2015). Hormis des plantes, il est possible d'utiliser des phéromones ou kairomones pour attirer les bioagresseurs en dehors de la culture. Un essai mené sur *Pelargonium* a permis de montrer une attractivité de la kairomone testée sur *F. occidentalis* (Maugin, 2015).

d) Les Stimulateurs de Défenses des Plantes (SDP)

Bien que n'ayant **pas** forcément un **effet direct** sur les ravageurs, ces substances vont permettre un renforcement plus global de la plante, la rendant moins sensible aux attaques de bioagresseurs. Ils vont agir par le biais de molécules déclenchant des réactions biochimiques au sein du végétal (Benhamou N., Rey P., 2012). C'est la perception du signal par des récepteurs situés au niveau de la membrane qui va activer des réactions du système de défense de la plante, créant un effet « booster » du système immunitaire. L'efficacité en extérieur peut être assez limitée du fait des nombreux paramètres pouvant influencer sur les conditions environnementales. De plus, de nombreux stimulateurs de défense des plantes contiennent des composés chimiques de synthèse, les rendant incompatibles avec une démarche « zéro-phyto » (ASTREDHOR, 2018).

La lutte avec des auxiliaires seule n'étant pas toujours satisfaisante et l'utilisation de produits chimiques ne pouvant pas répondre aux objectifs environnementaux (en plus d'une efficacité pas toujours optimale et de l'apparition possible de résistances), il est primordial de trouver des moyens de luttés alternatifs (STEPP Bretagne, 2018). C'est dans cette optique que l'essai mis en place combine les effets de la stimulation mécanique, du Push-Pull avec l'utilisation de plantes compagnes et plantes de services, ainsi que l'apport d'un mélange à base d'ail prévu pour être répulsif envers les thrips (cette partie étant intégrée au Push-Pull).

Ce mémoire réalisant le suivi d'un essai pour gérer des populations de thrips, les résultats seront axés sur eux. Ce choix va permettre de tester les effets d'une substance répulsive à base d'ail et tenter de confirmer ou d'infirmier son efficacité, ainsi que la stimulation mécanique.

Tableau 2: Matériels et conditions de culture (LP)

➤ GENRE, ESPÈCE, VARIÉTÉ, FOURNISSEUR
<p><i>Coreopsis grandiflora</i> ‘Sunkiss’ (Pan American)</p> <p><i>Perovskia atriplicifolia</i> ‘Blue Steel’ (Pan American)</p> <p><i>Gaura lindheimeri</i> ‘Sparkle White’ (Pan American)</p> <p><i>Verbena</i> x hybrida ‘Quartz XP Silver’ (Pan American) (n°2 sur la figure 9)</p> <p><i>Echinacea purpurea</i> ‘Cheyenne Spirit’ (Pan American)</p> <p><i>Argyranthemum frutescens</i> ‘Mixed Candies’ (Syngenta)</p> <p><i>Cleome hassleriana</i> Kleio ‘Pink Blush’ (Syngenta)</p> <p><i>Dahlia</i> x hybrida Gallery ‘Monet’ (Syngenta) (n°1 sur la figure figure 9)</p> <p><i>Dahlia</i> x hybrida Grandalia ‘Yellow Imp’ (Syngenta) (n°2 sur la figure 9)</p> <p><i>Petunia</i> x hybrida Sanguna ‘Patio Radiant Magenta’ (Syngenta)</p> <p><i>Verbena</i> x hybrida Lanai ‘Up Merlot With Eye’ (Syngenta) (n°1 sur la figure 9)</p>
➤ TYPE DE JEUNES PLANTS
<p>Plants Syngenta : Boutures racinées</p> <p>Plants Pan American : Jeunes plants issus de semis ayant poussé sous LED</p>
➤ SUBSTRAT
<p>PremierTech Potée fleuries « Les Essentiels » F101</p>
➤ FERTILISATION
<p>3kg/m3 de Basacote 13-8-18</p>
➤ CONTENANT
<p>Pots de 10,5 TEKU</p>
➤ TYPE D’ARROSAGE
<p>Aspersion manuelle</p>
➤ LIEU DE CULTURE
<p>Serre verre, cellules 1 (témoin) et 3 (M1 et M2)</p>
➤ CLIMAT
<p>Aération 17°C (cellule 1) et 15°C (cellule 3)</p>

Évaluation des effets de la stimulation mécanique et de l'utilisation des plantes de service sur des plantes fleuries en pots et sous abri

L'essai a pour objectifs de confirmer ou réfuter plusieurs hypothèses : un effet de la **stimulation mécanique sur la gestion architecturale** des végétaux ainsi que des impacts sur les **populations de ravageurs** recensés, l'**attractivité des plantes de services** pour les thrips et l'aspect **répulsif d'un produit à base d'ail** sur les thrips. L'expérimentation est mise en place à partir du 9 mars 2020 et mène jusqu'au 15 juin 2020.

V. Matériels et méthode

Dans l'essai réalisé, les plantes utilisées ont été en partie récupérées d'un essai avec différentes intensités lumineuses par le biais de LED où les plants étaient issus de semis, tandis que les autres ont été reçus sous forme de boutures racinées n'ayant été exposés qu'à la lumière naturelle (*Tableau 2*).

1. Site expérimental

Cet essai est mené dans une serre verre, au sein de la station d'expérimentation ASTREDHOR Loire Bretagne STEPP. Les plantes testées sont placées au sol, sur une toile tissée, tandis que le témoin est disposé dans une autre cellule de cette serre, sur tablette. Des toiles d'ombrages sont déployées automatiquement, dès que l'exposition lumineuse atteint 700 Joules par cm² dans les deux cellules.

2. Matériel végétal

Onze taxons de plantes sont étudiés dans cet essai (*Tableau 3*). Parmi eux, 6 sont issus de boutures racinées fournies par Syngenta : *Argyranthemum frutescens* 'Mixed Candies', *Cleome hassleriana* Kleio 'Pink Blush', *Dahlia hybrida* Gallery 'Monet', *Dahlia hybrida* Grandalia 'Yellow Imp', *Petunia hybrida* Sanguna® 'Patio Radiant Magenta', *Verbena hybrida* Lanai 'Up Merlot With Eye'.

Les 5 autres proviennent de semis de graines du fournisseur Pan American : *Coreopsis grandiflora* 'Sunkiss', *Perovskia atriplicifolia* 'Blue Steel', *Gaura lindheimeri* 'Sparkle White', *Verbena hybrida* 'Quartz XP Silver', *Echinacea purpurea* 'Cheyenne Spirit'.

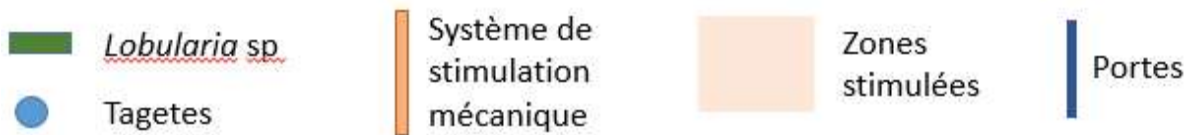
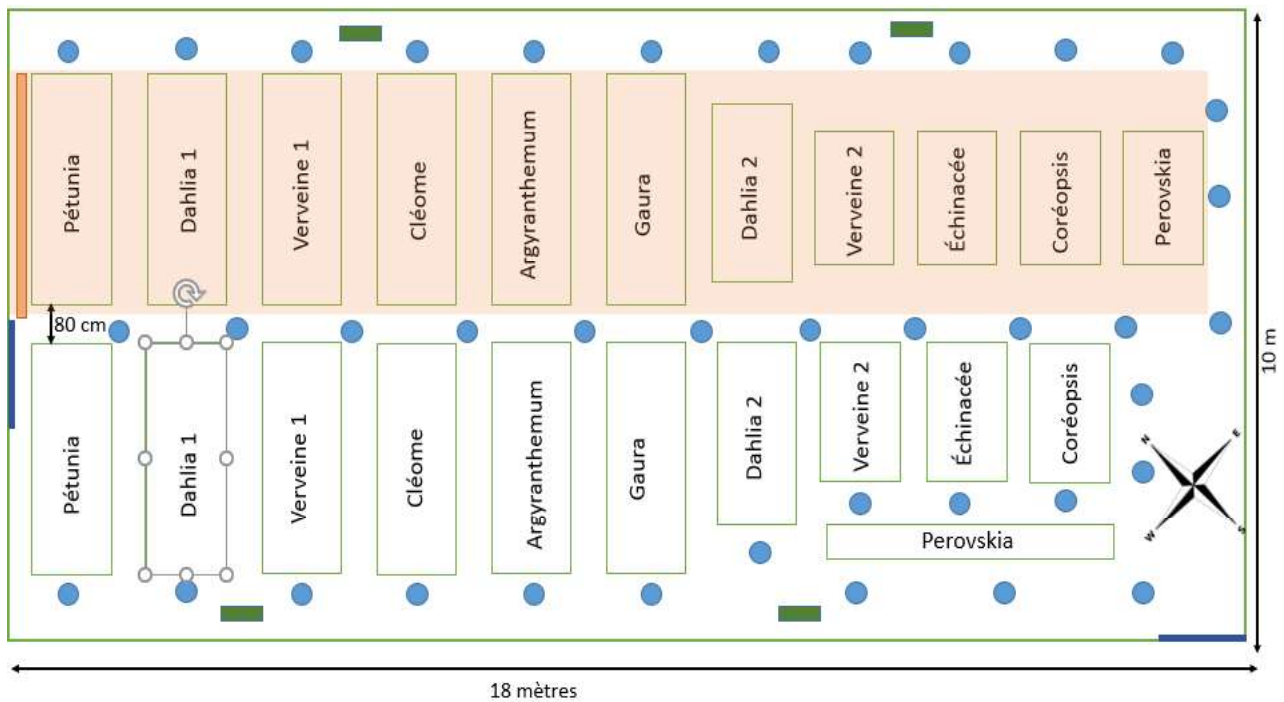


Figure 9: Plan de la cellule comprenant les modalités ‘Non stimulé’ et ‘Stimulé’ (LP)

Tableau 3: Nombre de végétaux par modalité (LP)

Genre	Variété	Nombre de plantes témoin	Nombre de plantes M1 et M2
<i>Argyranthemum</i>	‘Mixed Candies’	15	56
<i>Cleome</i>	‘Pink Blush’	15	56
<i>Coreopsis</i>	‘Sunkiss’	15	30
<i>Dahlia</i>	‘Monet’	15	55
<i>Dahlia</i>	‘Yellow Imp’	15	56
<i>Echinacea</i>	‘Cheyenne Spirit’	15	25
<i>Gaura</i>	‘Sparkle White’	15	48
<i>Perovskia</i>	‘Blue Steel’	15	23
<i>Petunia</i>	‘Patio Radiant Magenta’	15	55
<i>Verbena</i>	‘Up Merlot With Eye’	15	56
<i>Verbena</i>	‘Quartz XP Silver’	15	33

Des plantes de services sont utilisées pour attirer les bioagresseurs (*Tagetes patula* et *Tagetes erecta*) et nourrir les auxiliaires (*Lobularia maritima*). Les tagètes sont semées 1 mois avant la mise en place de l'essai dans des pots de 10,5, puis repotées en pots de 2L. Lors de leur mise en place autour de la culture, les premières fleurs sont écloses.

3. Dispositif expérimental

Dans cet essai 2 modalités sont testées, sans répétition. La première, “Non stimulée” (M1), regroupe des végétaux n'étant pas stimulés mécaniquement, mais avec une présence de plantes de services (tagètes et alysses) tout autour. La seconde modalité, “Stimulée” (M2), comprend des plantes qui sont à la fois encadrées par des plantes de services et stimulées par un système mécanique de balayage. Celui-ci fait passer une bâche plastique frangée de 200 microns, une fois par heure à partir de 8h et jusqu'à 17h chaque jour. Le système a cessé de fonctionner à partir du 12 mai. Le “Témoin non traité”(T) quant à lui, n'a pas subi de stimulation et n'a pas de plantes de services à proximité.

Les 11 variétés de plantes sont disposées en miroir dans la cellule comprenant les modalités M1 et M2 (*Figure 9 ; Figure 11 et 12*) Les plantes de services sont placées tout autour des végétaux étudiés dans des pots de 2L (*T. patula* et *T. erecta*) et des jardinières (*L. maritima*). Dans une autre cellule de cette même structure, le témoin composé des 11 mêmes variétés, mais comprenant des lots plus petits est disposé sur une tablette (*Figure 10*). Les modalités M1/M2 et le témoin ne comprennent pas le même nombre de végétaux (*Tableau 3*).

4. Conditions culturales

Pour la gestion de la température, les ouvrants de la serre se mettent en route dès 15°C pour la cellule « Non stimulé / Stimulé » et à partir de 17°C pour la cellule « Témoin non traité ». La seconde a une température plus élevée car d'autres végétaux sont testés en conditions de serre chaude.

Le substrat utilisé est spécifique pour les potées fleuries, référence « Les Essentiels » F101 du fabricant PremierTech, enrichi avec de l'engrais programmé Basacote 13-5-18 à libération lente favorisant la floraison, à une dose de 3kg/m³ de terreau.

L'arrosage est effectué manuellement par aspersion, avec un apport d'engrais dont l'effet est, lui aussi, axé sur la floraison.

5. Traitements et applications

Des inoculations de thrips matures sont réalisées à 3 reprises : 50 thrips le 29 avril (40



Figure 11: Cellule des modalités "Non stimulé" et "Stimulé" (18 mars) (Crédits : LP)



Figure 10: Cellule du témoin non traité (18 mars) (Crédits LP)



Figure 12: Cellule des modalités "Non stimulé" et "Stimulé" (20 avril) (Crédits : LP)



Figure 13: Appréciation commerciale de Dahlia x hybrida Gallery 'Monet' (à gauche) et Verbena x hybrida Lanäi 'Up Merlot With Eye' (à droite) (Crédits : LP)

dans la cellule M1/M2 et 10 dans la cellule témoin) ; 100 thrips le 7 mai (80 dans la cellule M1/M2 et 20 dans la cellule témoin) ; 100 thrips le 20 mai (90 dans la cellule M1/M2 et 10 dans la cellule témoin). Le nombre d'individus relâchés n'est pas le même dans les deux cellules, car il est adapté à la quantité de végétaux testés. Le prélèvement des thrips est fait par frappage des feuilles de plants de concombre, dans des seaux blancs afin de faciliter le comptage.

Le répulsif de thrips à base de composés soufrés d'ail, Alsa-F, est classé en tant qu'engrais minéral organique liquide. Il est apporté par pulvérisation sur la culture sous forme d'un mélange contenant 2 ml de produit pour 15 L d'eau. Alsa-F est utilisé 2 fois sur les cultures (8 et 11 juin), pour les modalités "Stimulé"(M2) et "Non stimulé"(M1), pour repousser les thrips de la culture vers les plantes de service (effet Push Pull). À chaque apport, une notation est effectuée avant, puis le lendemain (8, 9, 10, 12 et 15 juin). Une troisième notation est réalisée quelques jours après la seconde application, afin de mesurer la rémanence du produit.

Pour faire face à une explosion non prévue de la population de pucerons, des auxiliaires sont apportés sur les cultures dans les 2 cellules (*Aphidoletes aphidimyza* et *Aphidius sp*) (Annexe I).

6. Mesures

Chaque semaine (à partir du 11 mars) la présence de l'ensemble des invertébrés est relevée sur les plantes identifiées par des placettes disposées aléatoirement sur les 11 variétés observées (dans les lots non stimulé, stimulé et témoin non traité). La plante est inspectée dans son intégralité et le nombre total de thrips (tous les stades de développement) repérés est indiqué. Le même procédé est suivi sur les bandes jaunes engluées fixées au système de stimulation mécanique et sur les tagètes encadrant les cultures. Le choix de limiter à 30 placettes par modalité (soit 90 dans l'ensemble) permet d'avoir un regard sur chacune, tout en gardant une facilité de mise en place (vérifier l'intégralité des végétaux n'est pas envisageable au vu du temps requis). Sur les bandes engluées (30 cm de haut sur 3m de large), des petites plaques jaunes (15 par 21cm), elles aussi collantes et disposées de manière régulière, sont fixées pour pouvoir repérer les invertébrés en présence et avoir une régularité dans les observations.

Mensuellement ce sont des mesures sur les **hauteurs et diamètres** de chaque plante (modalités M1 et M2) qui sont effectuées pour évaluer l'effet thigmomorphogénèse. Et en fin de culture, lorsque le stade d'avancement de chaque variété le permet, la **floribondité**, la **précocité**, le **nombre de ramifications** (Tableau 4) et une **note d'appréciation commerciale** sont indiqués (Figure 13) (Annexe I). Cette dernière est basée sur une échelle de 1 à 4. Le 1 correspond à des plants non commercialisables, 2 à des plants vendus en grandes surfaces, 3 en jardinerie et 4 en fleuristerie.

Tableau 4: Plantes testées pour la floribondité, la précocité et les ramifications (LP)

Floribondité	Précocité	Ramifications
<i>A. frutescens</i> , <i>C. hassleriana</i> , <i>C. grandiflora</i> , <i>G. lindheimeri</i> , <i>V. hybrida</i> . <i>D. hybrida</i> Grandalia, <i>P. hybrida</i> , <i>D. hybrida</i> Gallery <i>V. hybrida</i> Lanaï	<i>C. grandiflora</i> <i>P. hybrida</i> <i>D. hybrida</i> Grandalia <i>D. hybrida</i> Gallery	<i>G. lindheimeri</i> <i>C. hassleriana</i>

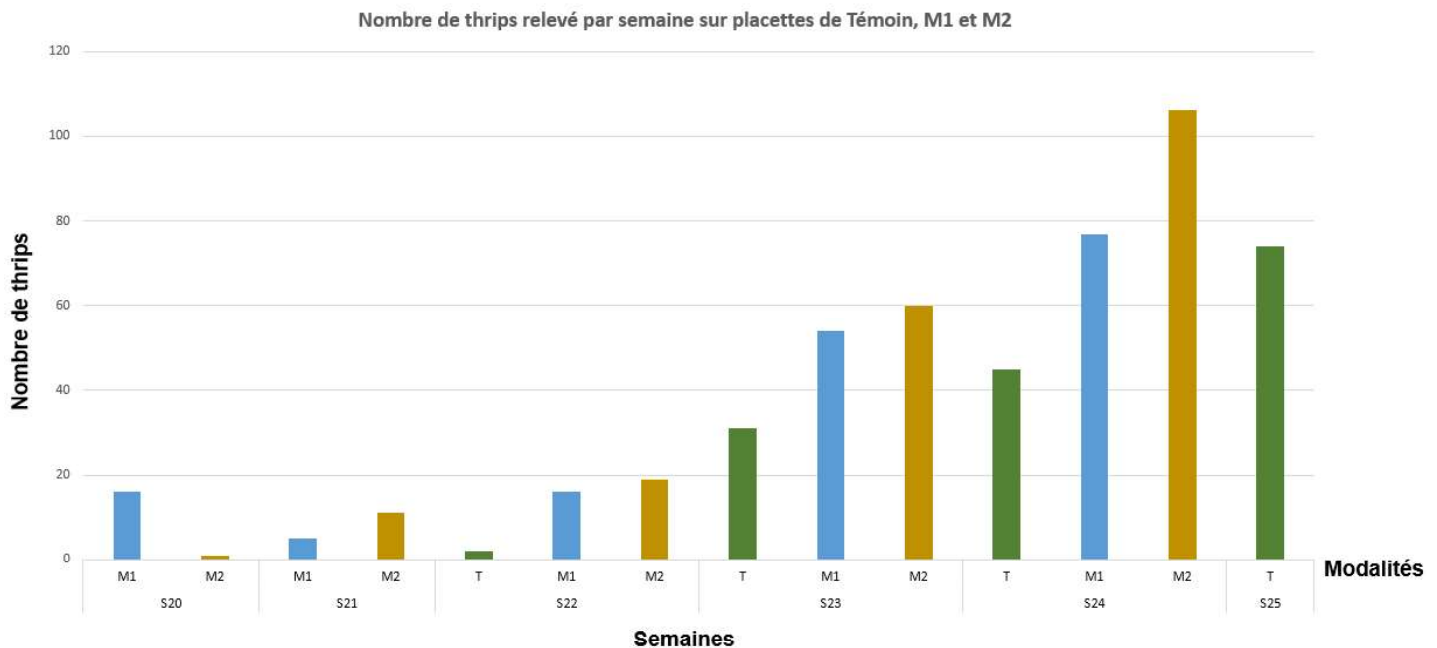


Figure 14: Relevé du nombre de thrips sur les placettes “Témoin non traité” (T), “Non stimulé” (M1) et “Stimulé” (M2) (LP)

La stimulation mécanique a cessé de fonctionner dès la S20, donc il n’y a pas d’effet sur l’effarouchement des thrips matures (les stades larvaires sont peu mobiles). Pas de différence significative entre M1 et M2. Les modalités testées comprennent plus de thrips que le témoin non traité. Chaque placette correspond à un plant sur lequel le relevé du nombre de thrips est effectué.

Pour le climat, des données sont prélevées une fois par heure depuis la mise en place de l'essai, jusqu'à sa fin (*Annexe II*).

7. Analyses statistiques

Les analyses statistiques sont réalisées avec le logiciel Statbox, en version 7.1, ainsi que sous le logiciel R, sous l'interface 4.0.2.

Différents jeux de données sont analysés :

Les données concernant les impacts de la stimulation mécanique sur les thrips (relevés d'insectes sur les placettes M1 et M2), ainsi que celles sur les effets du répulsif Alsa-F suivent une loi de Poisson. Les variables explicatives et à expliquer sont intégrées dans un modèle linéaire généralisé (GLM) sous R. L'analyse débute par une ANOVA de type 3. Dans le cadre de la relation entre la stimulation mécanique et la présence des thrips, elle permet d'étudier les interactions entre le nombre de ces insectes, les 6 dates de comptages (*Annexe I*) et les modalités (stimulation ou non). S'il y a un effet significatif pour un des facteurs, l'analyse est approfondie avec une comparaison des modalités par paires. Des groupes homogènes sont ensuite constitués (r : emmeans).

Pour savoir si l'Alsa-F a eu un effet sur les populations de thrips, leur nombre, les 5 dates de comptages (*Annexe I*) et les modalités (stimulation ou non) sont analysées par une ANOVA identique à celle citée au-dessus. Et la démarche est la même que précédemment.

Les données axées sur les effets de la stimulation mécanique sur l'architecture des plantes (hauteur, diamètre, floribondité, précocité des boutons floraux, ramifications, diamètre des tiges) sont comparées sur le logiciel Statbox, par le test de Mann-Whitney ($\alpha = 0.05$).

Les notes d'appréciation commerciales sont comparées par un test du Khi^2 ($\alpha = 0.05$), réalisé via Statbox.

VI. Résultats

1. Impacts de la stimulation et des plantes de services sur les populations de thrips

Le témoin ayant moins de thrips, l'essai n'est pas concluant sur ce point et ne peut donc être validé statistiquement.

L'évolution des populations de thrips montre une détection plus tardive des individus dans le lot témoin (*Figure 14*), malgré un apport simultané. Cet écart peut être dû à différents facteurs (sexe des individus, environnement direct...)

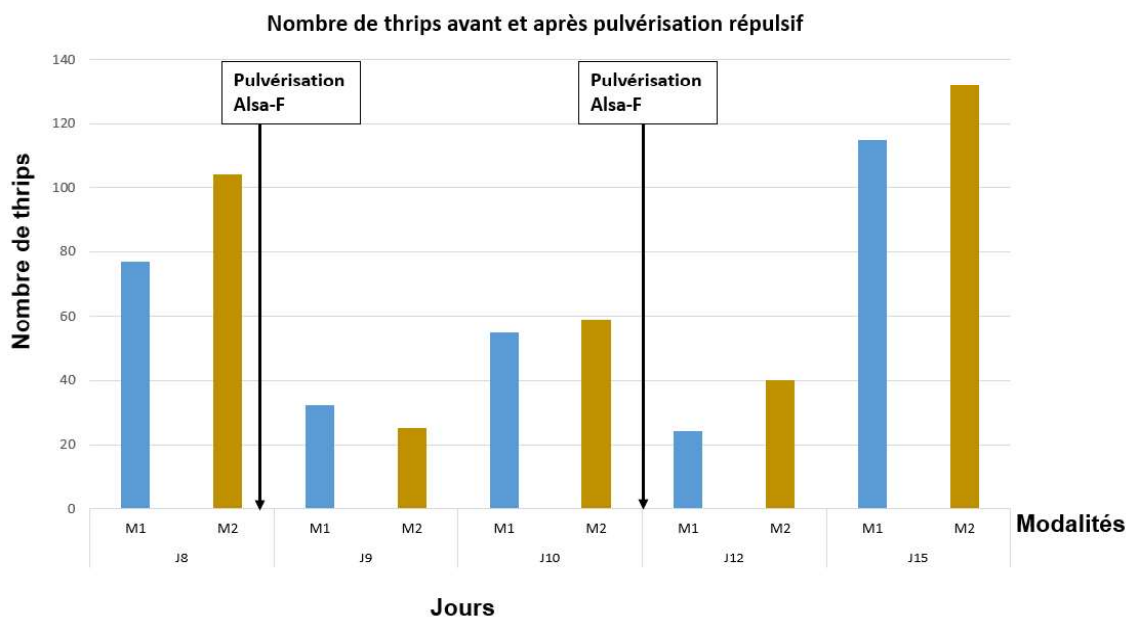


Figure 15: Alsa-F comparaison du nombre de thrips sur les placettes ‘‘Non stimulé’’ (M1) et ‘‘Stimulé’’ (M2) (LP)

Les pulvérisations d’Alsa-F ont un effet significatif sur la répulsion des thrips. Il n’y a pas d’effet de la stimulation mécanique par cause de dysfonctionnement. Chaque placette correspond à un plant sur lequel le relevé du nombre de thrips est effectué.

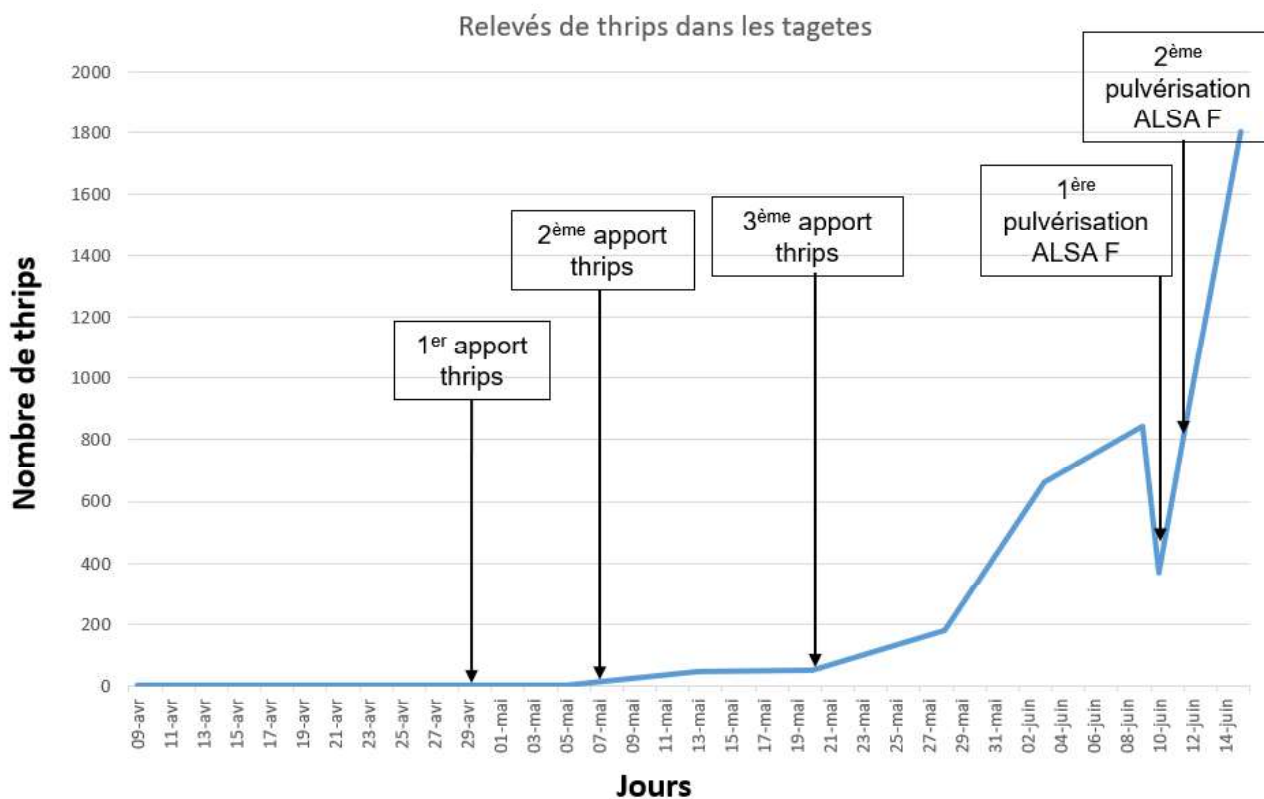


Figure 16: Relevés de thrips dans les tagètes (LP)

2. Effets du répulsif Alsa-F

Les dates ont un effet significatif sur le nombre de thrips. Les densités mesurées aux deux dates un jour après traitement d'Alsa-F (9 et 12 juin) sont significativement similaires (Annexe III), avec un nombre de thrips bien diminué sur les plantes qui ont reçu le répulsif. Dès le 15 juin (4 jours après traitement), il y a un retour important du nombre de thrips (*Figure 15*).

Il n'y a pas d'effet visible de la stimulation mécanique, mais cela s'explique par le dysfonctionnement du chariot de balayage un mois avant la fin de l'essai. Le système a fonctionné pendant 2 mois, mais cela n'a pas permis de noter une différence significative entre les modalités.

3. Plantes de service

Les effets de *T. patula* et *T. erecta* sur les thrips peuvent être observés par la *Figure 16*. Lors des pulvérisations d'Alsa-F, il y a une concordance entre la diminution des thrips recensés dans les cultures et une augmentation de ceux que l'on trouve dans les tagètes. Ceci permet de visualiser l'intérêt de ces plantes de services pour servir dans la stratégie Push Pull en tant que plante attractive. La chute notée le 11 juin correspond à un grand nombre de fleurs de tagètes enlevées lors du comptage réalisé le 10 juin.

4. Incidence de la stimulation mécanique sur l'architecture des végétaux

Les p-valeurs de chaque catégorie de plantes sont représentées dans l'annexe V.

Pour la hauteur des plantes (*Tableau 5*), relevée sur 3 dates, les tests statistiques effectués indiquent une tendance de la stimulation mécanique à limiter le développement des plantes suivantes : *C. hassleriana*, *C. grandiflora*, *P. atriplicifolia*, *D. hybrida* Grandalia, *P. hybrida*.

Au niveau du diamètre des plantes (*Tableau 6*), relevé dans les mêmes conditions, les tests statistiques pointent une tendance de la stimulation mécanique à produire des plantes plus compactes pour *C. grandiflora*, *D. hybrida* Gallery, *D. hybrida* Grandalia, *P. atriplicifolia*, *P. hybrida*, *V. hybrida*

La floribondité a montré un plus grand nombre de fleurs pour les individus stimulés *A. frutescens*, *C. hassleriana*, *C. grandiflora*, *G. lindheimeri*, *V. hybrida*. Tandis que pour *D. hybrida* Grandalia, *P. hybrida* on observe moins de fleurs en stimulation. Les *D. hybrida* Gallery et *V. hybrida* Lanaï n'ont pas de différence.

La précocité a permis de relever un nombre significativement plus élevé de boutons floraux dans la modalité stimulée pour les *C. grandiflora* et *P. hybrida* et un nombre inférieur pour *D. hybrida* Grandalia. Il n'y a pas de différence entre les 2 modalités pour *D. hybrida* Gallery.

Tableau 5: Hauteurs (LP)

		Date de la mesure		
		19 mars	14 avril	6 mai
Effet significatif ou absence d'effet	Les plants de la modalité "Stimulé" sont plus petits	<i>A. frutescens</i> , <i>C. hassleriana</i> , <i>D. hybrida</i> Gallery, <i>G. lindheimeri</i> , <i>V. hybrida</i> Lanaï,	<i>V. hybrida</i> Lanaï, <i>V. hybrida</i> <i>D. hybrida</i> Grandalia, <i>P. hybrida</i>	<i>C. hassleriana</i> , <i>C. grandiflora</i> , <i>P. atriplicifolia</i> <i>D. hybrida</i> Grandalia, <i>P. hybrida</i>
	Les plants de la modalité "Stimulé" sont plus grands			
	Pas de différence de taille entre les deux modalités	<i>E. purpurea</i> , <i>V. hybrida</i> <i>C. grandiflora</i> , <i>P. atriplicifolia</i> <i>D. hybrida</i> Grandalia, <i>P. hybrida</i>	<i>A. frutescens</i> , <i>C. hassleriana</i> , <i>D. hybrida</i> Gallery, <i>E. purpurea</i> , <i>G. lindheimeri</i> , <i>C. grandiflora</i> , <i>P. atriplicifolia</i>	<i>A. frutescens</i> , <i>D. hybrida</i> Gallery, <i>E. purpurea</i> , <i>G. lindheimeri</i> , <i>V. hybrida</i> Lanaï, <i>V. hybrida</i>

Tableau 6: Diamètres (LP)

		Date de la mesure		
		19 mars	14 avril	6 mai
Effet significatif ou absence d'effet	Les plants de la modalité "Stimulé" sont plus petits	<i>D. hybrida</i> Grandalia, <i>P. hybrida</i>	<i>C. grandiflora</i> , <i>D. hybrida</i> Grandalia, <i>P. atriplicifolia</i> , <i>P. hybrida</i> , <i>V. hybrida</i> Lanaï, <i>V. hybrida</i>	<i>C. grandiflora</i> , <i>D. hybrida</i> Gallery, <i>D. hybrida</i> Grandalia, <i>P. atriplicifolia</i> , <i>P. hybrida</i> , <i>V. hybrida</i>
	Les plants de la modalité "Stimulé" sont plus grands	<i>C. grandiflora</i> , <i>P. atriplicifolia</i>	<i>E. purpurea</i>	
	Pas de différence de taille entre les deux modalités	<i>A. frutescens</i> , <i>C. hassleriana</i> , <i>D. hybrida</i> Gallery, <i>E. purpurea</i> , <i>G. lindheimeri</i> , <i>V. hybrida</i> Lanaï, <i>V. hybrida</i>	<i>A. frutescens</i> , <i>C. hassleriana</i> , <i>D. hybrida</i> Gallery, <i>G. lindheimeri</i>	<i>A. frutescens</i> , <i>C. hassleriana</i> , <i>E. purpurea</i> , <i>G. lindheimeri</i> , <i>V. hybrida</i> Lanaï

Les mesures de ramifications, relevées sur *G. lindheimeri* ont mis en avant un développement plus important pour la modalité stimulée (P-value= 0,007), mais aucune différence n'est visible pour *C. hassleriana* (P-value= 0,116).

Le diamètre des tiges a été mesuré sur *C. hassleriana* uniquement, car le contraste visuel était plus marqué entre les plantes stimulées (P-value= 0) et celles qui ne l'ont pas été. Un test de Mann-Whitney a confirmé une différence significative, permettant de montrer que la modalité stimulée a donné des tiges plus épaisses que celle qui ne l'a pas été.

Appréciation commerciale :

Seuls les *Petunia* (P-value = 0) et *Argyranthemum* (P-value = 67,24°-7) (*Annexe IV*) démontrent une différence significative due à la stimulation mécanique. Et dans ces 2 cas, il y a une plus grande proportion de qualité 4 (plus haute qualité), dans la modalité stimulée.

VII. Discussion

Des effets validés

L'effet Push-Pull a pu être validé par l'importance des transferts de populations de thrips matures, après les pulvérisations d'Alsa-F sur la culture, vers les tagètes. L'efficacité du répulsif vient confirmer ce qui a déjà été avancé par des essais effectués au sein du GIE Plantes et Fleurs du Sud-Ouest en 2013 et 2014.

Toutes seules, les plantes de services destinées à attirer les bioagresseurs, n'ont pas un effet très visible. En revanche dès qu'un moyen est ajouté pour repousser les ravageurs (dans le cas de cette étude, le répulsif Alsa-F), on note un déplacement des populations d'individus ailés vers ces plantes. C'est une action qui doit être répétée afin de repousser un maximum d'individus de la culture principale. L'idéal étant de supprimer les plantes de services utilisées, ou au moins d'enlever les fleurs ouvertes, 24 heures après la pulvérisation (pour laisser le temps aux insectes de se déplacer), car le produit a une rémanence limitée.

Le choix des tagètes a été effectué pour plusieurs raisons : c'est une plante assez appétente pour de nombreux bioagresseurs. Elle a été identifiée lors du projet Diaplasce (ASTREDHOR 2013-2015 (AREXHOR Pays de la Loire et STEPP)) comme particulièrement attractive pour les thrips, du fait de ses fleurs tubulaires notamment. De plus, elle a un coût bas, car son développement est rapide et les graines sont peu chères. Elle est aisée à cultiver sur une longue période. C'est une plante qui peut facilement être jetée pour éliminer les bioagresseurs (ou au moins supprimer les fleurs écloses). La plante est culturellement compatible avec la majorité des cultures de plantes à massifs de printemps et les chrysanthèmes de la Toussaint, en termes d'arrosage et de fertilisation.

Des comptages ont été effectués sur *L. maritima*, mais ces dernières recensaient un nombre plus faible de thrips (inférieur à 30 individus par plante, quand les tagètes en avaient plus du double).

Au niveau de la qualité des plantes, les lots étaient plus homogènes dans la modalité stimulée, que dans celle qui ne l'était pas.

Pour moduler l'architecture des végétaux, la stimulation mécanique vient confirmer des résultats déjà démontrés avec des plantes plus trapues, notamment pour les pétunias (Autio et al, 1994).

Les biais décelés

L'impact de la stimulation mécanique pour déranger les thrips n'a pu être évalué complètement lors de la période de traitement du répulsif Alsa-F, notamment par l'arrêt inopiné du système environ 1 mois avant la fin de l'essai (panne du système de traction) et par l'absence d'une population de cet insecte suffisante (peu de thrips récoltés sur les différentes cultures extérieures). Le nombre d'individus retrouvés sur les bandes engluées, fixées sur le système de stimulation, est resté très faible en comparaison de celui sur les végétaux.

L'arrêt de la stimulation a empêché de voir s'il y pouvait y avoir un effet de renforcement des végétaux suffisant pour diminuer l'appétence de celles-ci auprès des thrips.

La différence du nombre de thrips, entre le témoin non traité et les modalités stimulée ou non, a pu être influencée par plusieurs causes. D'une part, la cellule des modalités est une zone de passage, favorisant donc la circulation des bioagresseurs. D'autre part, les thrips apportés n'ont pas été identifiés sexuellement, ce qui peut avoir conduit à un apport d'un nombre d'individus mâles plus importants dans la cellule témoin non traité. Une autre influence possible est la présence, dans cette même cellule, d'autres végétaux sur les tablettes voisines. Ces plantes ont pu être plus attractives pour les thrips apportés que les onze variétés du témoin. Entre les 2 cellules, la température n'était pas la même ; dans celle du témoin, c'est à partir de 17°C que les ouvrants étaient activés, tandis que dans la seconde, dès 15°C le déclenchement s'effectuait. Cet écart s'explique par les plantes cultivées. Pour la cellule « M1/M2 », seul l'essai était en place. Dans l'autre cellule, des plantes avoisinant le témoin étaient testées en conditions chaudes (pour comparer sur un autre essai avec des plantes en serre froide). M1 et M2 étaient situés au sol, sur une bâche tissée, alors que le témoin était sur tablette (donc dans un environnement naturellement plus chaud et un substrat qui sèche plus vite). Les tablettes ont aussi influencé l'arrosage, par un phénomène de subirrigation dans la culture témoin et de l'aspersion dans les cultures M1 et M2.

Ces différences sont dues à un manque de place dans la station d'expérimentation et une impossibilité de mettre les 3 modalités dans le même compartiment de serre ou, au moins, le témoin dans des conditions similaires et sans présence de plantes tierces.

Les mesures du confinement, imposées par la pandémie de coronavirus, ont eu des impacts sur la gestion de cet essai. Tout d'abord, le temps passé sur la station a été fortement réduit, limitant les mesures réalisables. De plus pour anticiper une éventuelle interdiction totale de se déplacer, des goutteurs ont été disposés au sol, afin de pouvoir maintenir les cultures en vie (il n'était pas possible de mettre un goutteur par pot, ce qui contraignait à les glisser entre les pots). Ceci a complexifié la circulation pour réaliser les différentes mesures (l'espace entre les lots étant occupé en partie par les rampes et les goutteurs étant répartis équitablement au pied des pots). Lors des mesures de hauteur et diamètres les plants étaient déplacés ce qui bougeait les goutteurs.

Pour ce qui est de l'appréciation de la qualité commerciale, les notes sont subjectives, car elles sont données selon le choix de l'opérateur. *Perovskia* et *Echinaceae* n'ont pas eu de notes de qualités commerciales, car ils n'étaient pas suffisamment avancés lorsque l'essai a dû être arrêté. De plus, le *Perovskia* est une plante de pépinière et a donc un cycle plus long que les autres plantes étudiées. Pour les *Echinaceae*, la floraison a été plus tardive que les 9 autres taxons testés (les *Perovskia* n'ont pas fleuri).

Toujours pour l'architecture, l'origine des plants utilisés dans l'essai (conduits totalement à la lumière naturelle ou issus des LED) a une influence sur le développement ultérieur des végétaux (confirmé lors un essai mené par J. Nalepa en 2020 au sein d'ASTREDHOR Loire-Bretagne STEPP), mais cela ne joue pas au sein d'une même espèce (car toutes les plantes d'une même espèce ont subi le même traitement préalable).

Quelques stress hydriques subis par les plantes ont pu influencer légèrement sur leur développement, notamment sur les deux variétés de verveine, ainsi que les argyranthemum.

Un plan expérimental à améliorer

Pour donner suite aux divers biais rencontrés, un plan plus idéal consisterait à avoir un nombre d'individus équivalents entre les 2 modalités et le témoin, en augmentant la quantité de ce dernier pour avoir des tests statistiques plus solides. Des répétitions de M1 et M2 par blocs permettraient aussi de renforcer l'aspect statistique.

Il faudrait aussi que les conditions environnementales soient identiques entre M1/M2 et le témoin. En plaçant, par exemple, les végétaux dans une même serre avec un filet insect-proof conçu contre les thrips.

Pour repérer les thrips, suspendre les bandes engluées à un angle de 45 degrés par rapport au sol permettrait de capter plus d'insectes, mais du fait qu'il faille garder des conditions réalisables chez les producteurs, ceci peut être complexe à mettre en place.

En apportant un plus grand nombre de thrips dans l'essai, les résultats devraient être plus notables, mais cette condition dépend de la quantité d'insectes trouvés dans les cultures environnantes. Et dans ce cas, la pulvérisation d'Alsa-F plus rapidement permettrait de voir les effets sur un début de floraison.

Pour aller plus loin

Il serait intéressant d'aborder d'autres aspects à l'avenir, tels que l'utilisation de pièges bleus englués pour attirer plus les thrips (Chen et *al*, 2004). La mise en place de pots bleus, pour les plantes de services, pourrait avoir un effet attractif dans une optique de ciblage de cet insecte. Un autre point non abordé dans cette étude est l'évaluation du système racinaire, afin de comparer celui des végétaux stimulés et de ceux qui ne le sont pas. Le stress de la stimulation favorise un développement des racines (Coutand, 2010) afin de permettre un meilleur ancrage dans le sol.

Aspects économiques

L'utilisation des régulateurs de croissance (exemple des produits Alar® ou Bonzi®), coûte 0,15€ par m² et par traitement (pour le produit et la main d'œuvre).

En prenant l'exemple des pétunias, plante pour laquelle la stimulation mécanique a démontré des effets positifs après un mois de traitement (plants plus compacts), la pulvérisation sera à minima de 2 répétitions pour des jeunes plants, puis d'une application par semaine pour la plante finie (PanAmerican, 2014). En partant du principe qu'un pétunia fini ne sera pas gardé plus d'un mois, l'estimation est de 4 applications. Soit 6 traitements sur le cycle complet de la plante. Pour une surface à traiter de 1000m², le coût total serait de 900€.

Le prix d'un chariot de stimulation mécanique de 3 mètres de large est de 4600€ (mise en place comprise et amortissement sur 5 ans), auquel il faut rajouter les dépenses énergétiques : la consommation électrique pour 10 allers retours par jour (250W*20 heures par mois = 5kWh par mois), donc 60kWh par an (*données STEPP*). Le prix d'électricité est 0,12€ HT pour les professionnels, ce qui donne un coût de consommation électrique de 7,20€ HT par an. L'entretien annuel est de 300€ en moyenne. Au total, le système coûte 1228€ par an pendant les 5 premières années. L'investissement n'est pas négligeable, mais il comporte plusieurs avantages. Il ne nécessite pas d'équipement de protection individuelle (EPI), ni de personnel ayant le Certiphyto. Les manipulations sont légères (réglages horaires et vitesse). Et, lorsque c'est possible, fixer la

stimulation (bâche frangée) sur un chariot d'arrosage permet de réduire grandement les frais. Dans le cas d'un investissement (le prix environne les 20 000€ pour un modèle moyen), des aides peuvent être accordées lorsqu'il a pour objectif d'effectuer de la stimulation mécanique, à hauteur de 50% du prix d'achat, ce sont les subventions France AgriMer (communication personnelle, Oscar Stapel, 2020).

L'utilisation de ce type de système permet aussi d'économiser des Indices de Fréquence de Traitements (IFT) pour l'ensemble des végétaux stimulés, rapprochant le producteur des objectifs fixés par les plans Ecophyto. Ceci va pouvoir jouer positivement sur l'image de l'entreprise, par l'ajout de certifications sur les végétaux produits.

Pour la gestion des thrips, Conserve, produit phytosanitaire dont le spectre d'action permet de lutter contre cet insecte, coûte 0,13€ par m² et par traitement. Il est limité à 3 applications par an, soit un coût de 223,93€ pour 1000m².

Dans le cas d'un apport d'auxiliaires, Thripex-V (acararien prédateur des thrips), a un coût de 144,98€ pour 1000m² (2 applications), soit 7 centimes d'euro par m².

L'utilisation d'Alsa-F revient à 35,60€ pour 4 applications sur 1000m² (1 application hebdomadaire), ce qui permet de viser les thrips matures (leur cycle s'effectuant en 15 jours à 25°C), car les autres stades ne sont pas impactés par ce répulsif. Mais la combinaison de ce dernier avec la stimulation mécanique permet le piégeage en masse des thrips, dès lors que des bandes engluées sont fixées au système. Alsa-F est à utiliser avec des plantes de services. La mise en place de tagètes est intéressante, car ce sont des plantes faciles à cultiver, avec un cycle rapide et peu chères.

Ces estimations se basent sur des valeurs moyennes et ont pour objectif de donner un ordre de grandeurs.

Avec ces analyses, l'utilisation de la stimulation mécanique est une alternative intéressante, car elle peut à la fois donner des plantes plus compactes et donc, visuellement plus attractives, mais aussi permettre du piégeage d'insecte de masse lorsqu'elle est combinée à des pièges collants. Et malgré un investissement conséquent, selon les plantes produites, elle peut s'avérer particulièrement bénéfique. De plus, les aides financières facilitent la mise en place de ce type de système (par le biais du chariot d'arrosage notamment).

Conclusion

Cette étude répond partiellement à la question « dans quelles mesures est-il possible de diminuer l'utilisation des produits phytosanitaires sur des plantes fleuries, en pots et sous abri, par l'utilisation de plantes de service et de stimulation mécanique ? ». L'intérêt de la stratégie Push-Pull est mis en avant par l'utilisation des tagètes et du répulsif Alsa-F, permettant effectivement de réduire l'usage des régulateurs de croissance dans les conditions citées ci-dessus. En revanche, les effets de la stimulation mécanique pour repousser les thrips et le piégeage de masse sur les bandes collantes n'ont pu être démontrés. Actuellement une évaluation de la stimulation mécanique est en cours sur culture de chrysanthèmes pour la Toussaint. Cette absence de résultats sur cultures printanières n'est pas une preuve d'inefficacité du protocole, mais plutôt d'une compilation de conditions non favorables à l'observation du phénomène : d'une part le système de stimulation mécanique qui a cessé de fonctionner et qui n'a pu être réparé rapidement, d'autre part la faible présence de thrips, limitant l'inoculation.

Les éléments à améliorer dans le protocole sont ceux concernant les conditions entre les deux modalités et le témoin, bien trop différentes pour permettre une réelle comparaison, mais les surfaces disponibles au sein de la station sont assez restreintes, ce qui peut être un facteur limitant.

Ressources bibliographiques

- Anjum, S. A.** (2011). African Journal of Agricultural Research - morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. Consulté à l'adresse <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/F3C5FB537698>
- Anten, N. P. R., Casado-Garcia, R., & Nagashima, H.** (2005). Effects of Mechanical Stress and Plant Density on Mechanical Characteristics, Growth, and Lifetime Reproduction of Tobacco Plants. *The American Naturalist*, 166(6), 650660. <https://doi.org/10.1086/497442->
- AREXHOR Seine-Manche.** (2016). *Bulletin de Santé du Végétal : Cultures ornementales* (BSV n°1 Normandie). Consulté à l'adresse <http://draaf.normandie.agriculture.gouv.fr/Ornement-La-prophylaxie-dans-les>
- ASTREDHOR GIE FP Sud Ouest.** (2015). *Essai de stratégie sémi chimique dans la lutte contre le thrips à l'aide de produit à base d'ail*. Consulté à l'adresse https://www.astredhor.fr/approche-semiochimique-dans-la-lutte-contre-le-thrips-sous-serre-148430.html?PARAM563964=TypeBaseSelect_CON
- ASTREDHOR.** (2018). *Méthodes alternatives en protection des plantes*. Consulté à l'adresse <https://www.valhor.fr/recherche-innovation/sante-du-vegetal-et-espaces-verts/methodes-alternatives-de-protection-des-plantes/>
- Autio, J., Voipio, I., & Koivunen, T.** (1994). Responses of Aster, Dusty Miller, and Petunia Seedlings to Daily Exposure to Mechanical Stress. *HortScience*, 29(12), 1449-1452. [-https://doi.org/10.21273/hortsci.29.12.1449](https://doi.org/10.21273/hortsci.29.12.1449)
- Bechtold, U., & Field, B.** (2018). Molecular mechanisms controlling plant growth during abiotic stress. *Journal of Experimental Botany*, 69(11), 2753-2758. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery157>
- Benhamou, N., & Rey, P.** (2012). Stimulateurs des défenses naturelles des plantes : une nouvelle stratégie phytosanitaire dans un contexte d'écoproduction durable. *Article de synthèse*, 92(1), 1-23. <https://doi.org/10.7202/1012399ar>
- Bergstrand, K.-J. I.** (2017). Methods for growth regulation of greenhouse produced ornamental pot- and bedding plants – a current review. *Folia Horticulturae*, 29(1), 6374. <https://doi.org/10.1515/fhort-2017-0007->
- Biro, R. L., & Jaffe, M. J.** (1984). Thigmomorphogenesis: Ethylene evolution and its role in the changes observed in mechanically perturbed bean plants. *Physiologia Plantarum*, 62(3), 289-296. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1984.tb04575.x>
- Bjorkman, T.** (1998). Mechanical Conditioning for Controlling Excessive Elongation in Transplants. *Engei Gakkai zasshi*, 67(6), 1121-1123. <https://doi.org/10.2503/jjshs.67.1121>
- Boyer, N., Gaspar, Th., & Lamond, M.** (1979). Modifications des Isoperoxydases et de l'Allongement des Entre-Nodeux de Bryone à la Suite d'Irritations Mécaniques. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*, 93(5), 459-470. [https://doi.org/10.1016/s0044-328x\(79\)80180-4](https://doi.org/10.1016/s0044-328x(79)80180-4)

Cipollini, D. F. (1999). Costs to Flowering of the Production of a Mechanically Hardened Phenotype in *Brassica napus* L. *International Journal of Plant Sciences*, 160(4), 735-741. <https://doi.org/10.1086/314164>

Chen, T.-Y., Chu, C.-C., Fitzgerald, G., Natwick, E. T., & Henneberry, T. J. (2004). Trap Evaluations for Thrips (Thysanoptera : Thripidae) and Hoverflies (Diptera : Syrphidae). *Environmental Entomology*, 33(5), 1416-1420. <https://doi.org/10.1603/0046-225x-33.5.1416>

Coutand, C. (2010). Mechanosensing and thigmomorphogenesis, a physiological and biomechanical point of view. *Plant Science*, 179(3), 168182. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.05.001>

Crespel, L., Morel, P., Li-Marchetti, C., Deogratias, J., Ferre, A., Stapel, O., Robert, F. (2018). Contrôler l'architecture des plantes horticoles en prenant en compte les facteurs génétiques, environnementaux et culturels. *Innovations Agronomiques*, (63), 43-55. Consulté à l'adresse <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01837866/document>

Ding, T., Chi, H., Gökçe, A., Gao, Y., & Zhang, B. (2018). Demographic analysis of arrhenotokous parthenogenesis and bisexual reproduction of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Scientific Reports*, 8(1), 0. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21689-z>

Ecophyto DEPHY. (2018). *Recueil de fiches du projet HORTIPOT*. Consulté à l'adresse https://ecophytopic.fr/sites/default/files/Compil_Hortipot.pdf

Fournier, M., Stokes, A., Coutand, C., Fourcaud, T., Moulia, B., (2006) Tree biomechanics and growth strategies in the context of forest functional ecology, in: A. Herrel, T. Speck, N. Rowe (Eds.), *Ecology and Biomechanics, A Mechanical Approach to the Ecology of Animals and Plants*, London, New York, pp. 1–33.

FranceAgriMer (2020a). *Veille concurrentielle horticole 2018*. Consulté à l'adresse <https://www.franceagrimer.fr/content/download/63402/document/SYN-HOR%20Veille%202018.pdf>

FranceAgriMer (2020b). Commerce extérieur des produits de l'horticulture ornementale. Consulté à l'adresse <https://www.franceagrimer.fr/fam/content/download/64309/document/BIL-%20HOR%20Com%20Exterieur%202019.pdf?version=2>

FranceAgriMer (2017). <https://www.franceagrimer.fr/content/download/50308/483010/file/BIL-HOR%20Chiffres%20cl%C3%A9s%20horticoles%202015.pdf>

Folta, K. M., & Childers, K. S. (2008). Light as a Growth Regulator: Controlling Plant Biology with Narrow-bandwidth Solid-state Lighting Systems. *HortScience*, 43(7), 1957-1964. <https://doi.org/10.21273/hortsci.43.7.1957>

Gabelman, W. H., & Gerloff, G. C. (1983). The search for and interpretation of genetic controls that enhance plant growth under deficiency levels of a macronutrient. *Genetic Aspects of Plant Nutrition*, 379-394. https://doi.org/10.1007/978-94-009-6836-3_45

Garner, L., Allen Langton, F., & Björkman, T. (1997). Commercial adaptations of mechanical stimulation for the control of transplant growth. *Acta Horticulturae*, (435), 219-230. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1997.435.21>

Garner, L. C., & Björkman, T. (1999). Mechanical Conditioning of Tomato Seedlings Improves Transplant Quality without Deleterious Effects on Field Performance. *HortScience*, 34(5), 848-851. <https://doi.org/10.21273/hortsci.34.5.848>

Heins, R., & Erwins, J. E. (1993). A short history of DIF : Using temperature to control plant height. Consulté à l'adresse https://www.researchgate.net/publication/328757873_A_short_history_of_DIF_Using_temperature_to_control_plant_height

Huber, H., de Brouwer, J., von Wettberg, E. J., During, H. J., & Anten, N. P. R. (2013). More cells, bigger cells or simply reorganization? Alternative mechanisms leading to changed internode architecture under contrasting stress regimes. *New Phytologist*, 201(1), 193204. <https://doi.org/10.1111/nph.12474>

Huché-Théliér, L., Crespel, L., Gourrierc, J. L., Morel, P., Sakr, S., & Leduc, N. (2016). Light signaling and plant responses to blue and UV radiations—Perspectives for applications in horticulture. *Environmental and Experimental Botany*, 121, 22-38. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.06.009>

Huffaker, C. B., Messenger, P. S., & Adkisson, P. L. (1976). Theory and Practice of Biological Control. Amsterdam, Pays-Bas : Amsterdam University Press (pages 1 à 15)

Ito, T., Maruo, T., Ishii, M., Suzuki, K., Matsuo, K., & Kondo, K. (1995). Effect of negative DIF on the growth and performance of grafted tomato seedling. *Acta Horticulturae*, (396), 329-336. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1995.396.39>

Jaffe, M. J. (1973). Thigmomorphogenesis: The response of plant growth and development to mechanical stimulation. *Planta*, 114(2), 143-157. <https://doi.org/10.1007/bf00387472>

Jourdheuil, P., Grison, P., & Fraval, A. (1993). *La lutte biologique : un aperçu historique*. Consulté à l'adresse <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01207929/file/C15Fraval.pdf>

Karnkowski, W., & Trdan, S. (2002). *Frankliniella occidentalis*. EPPO Bulletin, 32(2), 281-292. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2338.2002.00584.x>

Kennedy, T., Connery, J. (2005). Grain yield reductions in spring barley due to barley yellow dwarf virus and aphid feeding. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 44, 111–128.

Koschier, E. H. (2008). Essential Oil Compounds for Thrips Control – a Review. *Natural Product Communications*, 3(7), 1934578X0800300. <https://doi.org/10.1177/1934578x0800300726>

- Latimer, J. G.** (1991). Mechanical Conditioning for Control of Growth and Quality of Vegetable Transplants. *HortScience*, 26(12), 1456-1461.
<https://doi.org/10.21273/hortsci.26.12.1456>
- Latimer, J. G.** (1998). Mechanical Conditioning to Control Height. *HortTechnology*, 8(4), 529534. -<https://doi.org/10.21273/horttech.8.4.529>
- Li-Marchetti, C.** (2017). Dernières avancées dans la lutte contre les thrips : cycle biologique et ennemis naturels. Consulté à l'adresse <https://www.astredhor.fr/dernieres-avancees-dans-la-lutte-contre-les-thrips-cycle-biologique-et-ennemis-naturels-50626.html>
- Liu, Y., Schieving, F., Stuefer, J. F., & Anten, N. P. R.** (2007). The Effects of Mechanical Stress and Spectral Shading on the Growth and Allocation of Ten Genotypes of a Stoloniferous Plant. *Annals of Botany*, 99(1), 121130. -<https://doi.org/10.1093/aob/mcl230>
- Maignant, A.** (2016). La double nature de paradoxes inhérents aux réseaux d'entreprises : Illustration par le cas d'un réseau d'entreprises dans la filière horticole ornementale française
- Malausa, J. C.** (2000). Les introductions d'insectes exotiques comme agents de lutte biologique contre les ravageurs des cultures. *Revue d'écologie*, 71-84. Consulté à l'adresse <http://hdl.handle.net/2042/55433>
- Maugin, E.** (2015, mars). Favoriser une approche globale pour contrôler les thrips. *Le Lien Horticole*, n°919, p. 12-13.
- Morel, P., Crespel, L., Galopin, G., & Moulia, B.** (2012). Effect of mechanical stimulation on the growth and branching of garden rose. *Scientia Horticulturae*, 135, 59-64.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.12.007>
- Morel, P.** (2017). La stimulation mécanique comme méthode alternative aux régulateurs de croissance sur diverses plantes horticoles [Diapositives]. Consulté à l'adresse [https://www.groupe-etude-arbre.org/userfiles/2017-ClermantFerrand%20\(PMorel\).pdf](https://www.groupe-etude-arbre.org/userfiles/2017-ClermantFerrand%20(PMorel).pdf)
- Morse, J. G., & Hoddle, M. S.** (2006). INVASION BIOLOGY OF THRIPS. *Annual Review of Entomology*, 51(1), 67-89. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151044>
- Mouden, S., Sarmiento, K. F., Klinkhamer, P. G., Leiss, K. A.** (2017). Integrated pest management in western flower thrips: past, present and future. *Pest Management Science* 73: 813–822
- Niklas, K.J.** (1998). Effect of vibration on mechanical properties and biomass allocation pattern of *Capsella bursa-pastoris* (Cruciferae), *Ann. Bot.* 82: 147–156.
- Olle, M., & Viršile, A.** (2013). The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality. *Agricultural and Food Science*, 22(2), 223-234.
<https://doi.org/10.23986/afsci.7897>
- Panneton, B.** (2001). Les méthodes de lutte physique comme alternatives aux pesticides. *Vertigo*, (Volume 2 Numéro 2), 0. <https://doi.org/10.4000/vertigo.4093>

- Pickett JA, Woodcock CM, Midega CA, Khan ZR.** (2014). Push–pull farming systems. *Current Opinion in Biotechnology* 26, 125–132.
- Pujos, A., & Morard, P.** (1997). Effects of potassium deficiency on tomato growth and mineral nutrition at the early production stage. *Plant and Soil*, 189(2), 189-196.
<https://doi.org/10.1023/a:1004263304657>
- Reddy, P. P.** (2016). Push–Pull Strategy. *Sustainable Intensification of Crop Production* 323-336.
https://doi.org/10.1007/978-981-10-2702-4_21
- Reitz, S. R.** (2009). Biology and Ecology of the Western Flower Thrips (Thysanoptera : Thripidae) : The Making of a Pest. *Florida Entomologist*, 92(1), 7-13.
<https://doi.org/10.1653/024.092.0102>
- Regnard, C., Maillard, O.** (2017, octobre). Des chrysanthèmes régulés mécaniquement. *Le Lien Horticole*, n°1032, p.5.
- Simon J-C, Rispe C, Sunnucks P.** (2002). Ecology and evolution of sex in aphids. *Trends in Ecology & Evolution* 17, 34–39.
- Stapel, J. O., Maugin, E., Trihan, S., & Ferre, A.** (2011). LIGHT FILTER USE IN ORNAMENTAL PLANT PRODUCTION TO CONTROL PLANT GROWTH AND TO IMPROVE PLANT QUALITY. *Acta Horticulturae*, (907), 205-211.
<https://doi.org/10.17660/actahortic.2011.907.30>
- Telewski, F. W.** (2006). A unified hypothesis of mechanoperception in plants. *American Journal of Botany*, 93(10), 1466-1476. <https://doi.org/10.3732/ajb.93.10.1466>
- Tripathi, S., Hoang, Q. T. N., Han, Y.-J., & Kim, J.-I.** (2019). Regulation of Photomorphogenic Development by Plant Phytochromes. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(24), 6165.
<https://doi.org/10.3390/ijms20246165>
- Turgeon, R., & Webb, J. A.** (1971). Growth Inhibition by Mechanical Stress. *Science*, 174(4012), 961-962. <https://doi.org/10.1126/science.174.4012.961>
- Val'hor** (2017). *Plan de la filière française de l'horticulture, de la fleuristerie et du paysage*. Consulté à l'adresse https://www.valhor.fr/fileadmin/A-Valhor/Valhor_PDF/VALHOR_PlanFiliere_dec2017_pages.pdf
- Val'hor** (2019). *HORTICULTURE ORNEMENTALE : Facteurs de changement et perspectives d'évolution du marché mondial*. Consulté à l'adresse https://www.valhor.fr/fileadmin/A-Valhor/Valhor_PDF/Etudes_EQDV_Rapport1AIPHenseignementssept2019.pdf
- Vidril, V.** (2014, novembre). Caresser les plantes pour réguler au mieux leur croissance. *Le Lien Horticole*, n°905, p .8.

Xiong, T.-C., Bourque, S., Mazars, C., Pugin, A., & Ranjeva, R. (2006). Signalisation calcique cytosolique et nucléaire et réponses des plantes aux stimulus biotiques et abiotiques. *médecine/sciences*, 22(12), 1025-1028. <https://doi.org/10.1051/medsci/200622121025>

Sitographie

ASTREDHOR (2020a). *ASTREDHOR : Horticulture, Expérimentation, Institut Technique - L'Institut / Présentation.* <https://www.astredhor.fr/presentation-507.html> [consulté le 2 Avril 2020].

ASTREDHOR (2020b). *ASTREDHOR : STEPP - L'Institut / Stations d'expérimentation.* Consulté à l'adresse <https://www.astredhor.fr/stepp-bretagne-1584.html> [consulté le 2 Avril 2020].

Avisé (2020). *Coronavirus : la filière horticole sous le choc.* Consulté à l'adresse <https://www.avise-info.fr/services/coronavirus-la-filiere-horticole-sous-le-choc>

Ecophytopic (2019). *L'utilisation des régulateurs de croissance est loin d'être systématique.* Consulté à l'adresse <https://ecophytopic.fr/concevoir-son-systeme/lutilisation-des-regulateurs-de-croissance-est-loin-detre-systematique> [consulté le 17 juin 2020].

Fayolle P. (2020). *Le Lien Horticole "Jardinerie : Un voyant rouge sur le tableau de bord."* Consulté à l'adresse <http://www.lienhorticole.fr/actualites/jardinerie-un-voyant-rouge-sur-le-tableau-de-bord-1,13,1808454346.html> [consulté le 3 mai 2020].

FNPHP (2020). *Chiffres clés : Les entreprises de production de l'horticulture et de la pépinière.* Consulté à l'adresse https://www.fnphp.com/sites/fnphpweb/r_filiere/sr_chiffres/chiffres_cles_fnphp_vd_bd.pdf

Hespel L. (2020, 2 avril). *Covid-19 : Faire face aux conséquences du confinement.* Consulté à l'adresse <http://www.lienhorticole.fr/actualites/covid-19-faire-face-aux-consequences-du-confinement-1,13,192183769.html>

Hooren, E. (2020). *MPS-France.* Consulté à l'adresse <https://my-mps.com/france/> [consulté le 30 juin 2020].

Koppert (2020). *Thrips californien.* Consulté à l'adresse <https://www.koppert.fr/defis/thrips/thrips-californien/>

Mabire A. (2020a). *Covid 19 : L'horticulture a besoin d'un vrai plan de soutien.* Consulté à l'adresse <http://www.lienhorticole.fr/actualites/covid-19-lhorticulture-a-besoin-dun-vrai-plan-de-soutien-1,13,3349970225.html>

Mabire A. (2020b). *Le Lien Horticole "Covid-19 : Les horticulteurs en vente directe se réorganisent."* Consulté à l'adresse <http://www.lienhorticole.fr/actualites/covid-19-les-horticulteurs-en-vente-directe-se-reorganisent-1,13,1096523287.html>

Maillard O. (2020). Le Lien Horticole “*Filière horticole : SOS... européen*”. Consulté à l’adresse <http://www.lienhorticole.fr/actualites/filiere-horticole-sos-europeen-1,13,1107703119.html> [consulté le 3 mai 2020].

Mardenkro. (2020). Contrôler la croissance de la plante par la lumière. Consulté le 2 juillet 2020, à l’adresse <https://www.redusystems.fr/fr/innovation/Controler-la-croissance-de-la-plante-par-la-lumiere/>

Ministère de l’Agriculture et de l’alimentation (2019a). Le plan Ecophyto, qu’est-ce que c’est ? Lien <https://agriculture.gouv.fr/le-plan-ecophyto-quest-ce-que-cest> [consulté le 7 Décembre 2019].

Ministère de l’Agriculture et de l’alimentation (2019b). Questions/réponses : le dispositif des certificats d’économie de produits phytopharmaceutiques (CEPP). Consulté à l’adresse <https://agriculture.gouv.fr/questionsreponses-le-dispositif-des-certificats-deconomie-de-produits-phytopharmaceutiques-cepp>

PanAmerican (2014). *GrowerFacts : Fuseables® Pétunia*. Consulté à l’adresse https://www.norseco.com/pdf/61_5594M_FR.pdf

Turner, M. (2020, 10 juin). ECOPHYTO : UN MÊME OBJECTIF, DE NOUVEAUX INDICATEURS ! (Volet 1 : historique et objectifs). Consulté à l’adresse <https://blog.vegenov.com/2020/06/ecophyto-un-meme-objectif-de-nouveaux-indicateurs-volet-1-historique-et-objectifs/>

Val’hor (2020). Label rouge, Fleurs de France, Plante bleue,... : Découvrez les labels. <https://www.valhor.fr/labels-outils/> [consulté le 10 avril 2020].

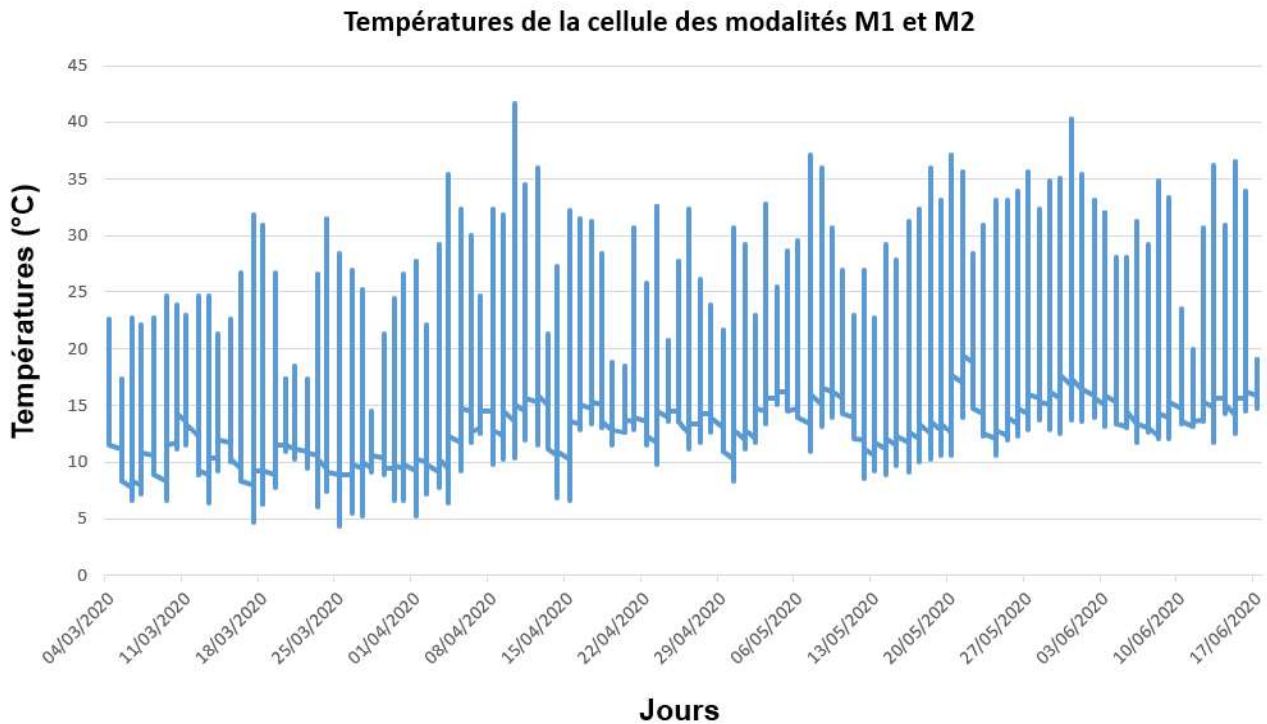
Val’Hor (2017). Label rouge, MPS, végétal local : Labels utilisés en France. Consulté à l’adresse <https://www.labelfleursdefrance.fr/demarches-reconnues/> [consulté le 10 juin 2020].

ANNEXES

Annexe I : Fiche d'interventions

Date	Intervention
14/02/2020	Semis des tagètes 'Marigold'
19/02/2020	Rempotage (plantes étudiées et tagetes et repiquage en pots de 10,5)
09/03/2020	Mise en place de l'essai
11/03/2020	Notation insecte
12/03/2020	Démarrage du système de balayage, pincement
18/03/2020	Notation diamètre et hauteur, notation insecte
24/03/2020	Notation insecte
01/04/2020	Notation insecte
07/04/2020	Notation insecte
14/04/2020	Notation diamètre et hauteur
16/04/2020	Notation insecte
22/04/2020	Notation insecte
28/04/2020	Application Ervifar (2ind /m ²) et Aphidend (10ind / m ²)
29/04/2020	Notation insecte, apport de 40 thrips dans la cellule 3 (stimulé et non stimulé) et 10 en cellule 1 (témoin)
05/05/2020	Notation insecte
06/05/2020	Notation diamètre et hauteur pour tous les taxons et Notation (Qualité commerciale, floribondité) pour Pétunia, Verveine 2, Argyranthemum
07/05/2020	Apport de 80 thrips dans la cellule 3 et 20 en cellule 1
14/05/2020	Notation insecte et Notation (Qualité commerciale, floribondité) pour Verveine 1, Dahlia 2
20/05/2020	Notation insecte et apport de 100 thrips dans la cellule 3
24/05/2020	Notation Cléome, Gaura, Dahlia 1, Coréopsis (Qualité commerciale, floribondité, hauteur, diamètre de la tige)
28/05/2020	Notation insecte
03/06/2020	Notation insecte
08/06/2020	Notation insecte, application ALSA (2ml/L) 15L appliqué
09/06/2020	Notation insecte
10/06/2020	Notation insecte
11/06/2020	Application ALSA (2ml/L) 15L appliqué
12/06/2020	Notation insecte
15/06/2020	Notation insecte

Annexe II : Relevés des températures dans la cellule des modalités “Non stimulé” (M1) et “Stimulé” (M2) (LP)



Annexe III : Effets du répulsif Alsa-F sur les 5 dates de relevés (source : R)

DATE	emmean	SE	df	asymp.LCL	asymp.UCL	.group
15_JUIN	0.0106	48.1	Inf	-94.3	94.3	a
8_JUIN	-0.2893	48.1	Inf	-94.6	94.0	b
10_JUIN	-0.7539	48.1	Inf	-95.0	93.5	c
12_JUIN_ALSA_J+1	-1.3399	48.1	Inf	-95.6	92.9	d
9_JUIN_ALSA_J+1	-1.4558	48.1	Inf	-95.7	92.8	d

Annexe IV : Test du Khi² de l’appréciation commerciale d’*Argyranthemum* (source : Statbox)

Valeur observée de la statistique z : -4,353

P-value associée : 67,24E-07

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification Alpha/2 : 0,025

Valeur critique de la statistique z : 1,960

Annexe V : p-valeurs des données architecturales (source : Statbox)

<i>C. hassleriana</i>	<i>P-valeurs</i>
Hauteur 19 mars	0
Hauteur 14 avril	0,323
Hauteur 6 mai	0,006
Diamètre 19 mars	0,257
Diamètre 14 avril	0,246
Diamètre 6 mai	0,246
Diamètre des tiges	0
Ramifications	0,116
Floribondité	81,07 ^e -05

<i>G. lindheimeri</i>	<i>P-valeurs</i>
Hauteur 19 mars	31,30 ^e -06
Hauteur 14 avril	0,457
Hauteur 6 mai	0,222
Diamètre 19 mars	0,160
Diamètre 14 avril	0,334
Diamètre 6 mai	0,335
Ramifications	0,007
Floribondité	58,13 ^e -07

<i>D. hybrida</i> Gallery 'Monet'	<i>P-valeurs</i>
Hauteur 19 mars	0
Hauteur 14 avril	0,213
Hauteur 6 mai	0,432
Diamètre 19 mars	0,152
Diamètre 14 avril	0,062
Diamètre 6 mai	0,008
Précocité	0,222
Floribondité	0,373

<i>D. hybrida</i> Grandalia 'Yellow Imp'	<i>P-valeurs</i>
Hauteur 19 mars	0,080
Hauteur 14 avril	15,84 ^e -05
Hauteur 6 mai	0,012
Diamètre 19 mars	69,17 ^e -05
Diamètre 14 avril	0,004
Diamètre 6 mai	0,003
Précocité	0,011
Floribondité	0,001

<i>V. hybrida</i> Lanaï 'Up Merlot With Eye'	<i>P-valeurs</i>
Hauteur 19 mars	0
Hauteur 14 avril	46,83 ^e -06
Hauteur 6 mai	0,283
Diamètre 19 mars	0,390
Diamètre 14 avril	68,54 ^e -05
Diamètre 6 mai	0,325
Floribondité	0,168

<i>V. hybrid</i> 'Quartz XP Silver'	<i>P-valeurs</i>
Hauteur 19 mars	0,114
Hauteur 14 avril	53,73 ^e -05
Hauteur 6 mai	0,054
Diamètre 19 mars	0,221
Diamètre 14 avril	27,79 ^e -05
Diamètre 6 mai	0,003
Floribondité	0,003

<i>C. grandiflora</i>	<i>P-valeurs</i>
Hauteur 19 mars	0,243
Hauteur 14 avril	0,244
Hauteur 6 mai	0,017
Diamètre 19 mars	0,006
Diamètre 14 avril	87,04 ^e -05
Diamètre 6 mai	82,11 ^e -06
Précocité	71,66 ^e -05
Floribondité	0,001

<i>A. frutescens</i>	<i>P-valeurs</i>
Hauteur 19 mars	0,004
Hauteur 14 avril	0,088
Hauteur 6 mai	0,295
Diamètre 19 mars	0,157
Diamètre 14 avril	0,115
Diamètre 6 mai	0,027
Précocité	0,001

<i>P. atriplicifolia</i>	<i>P-valeurs</i>
Hauteur 19 mars	0,243
Hauteur 14 avril	0,244
Hauteur 6 mai	0,017
Diamètre 19 mars	0,006
Diamètre 14 avril	87,04 ^e -05
Diamètre 6 mai	82,11 ^e -06

<i>E. purpurea</i>	<i>P-valeurs</i>
Hauteur 19 mars	0,193
Hauteur 14 avril	0,064
Hauteur 6 mai	0,166
Diamètre 19 mars	0,085
Diamètre 14 avril	0,009
Diamètre 6 mai	0,325

<i>P. hybrida</i>	<i>P-valeurs</i>
Hauteur 19 mars	0,264
Hauteur 14 avril	23,00 ^e -05
Hauteur 6 mai	0
Diamètre 19 mars	0,013
Diamètre 14 avril	29,84 ^e -05
Diamètre 6 mai	0
Précocité	0,012
Floribondité	0