



HAL
open science

Combinaison de leviers pour une production zéro phyto en pomme et tomate : état des lieux des connaissances pour préparer le travail de conception de systèmes horticoles innovants

Fausta Gabola

► To cite this version:

Fausta Gabola. Combinaison de leviers pour une production zéro phyto en pomme et tomate : état des lieux des connaissances pour préparer le travail de conception de systèmes horticoles innovants. *Agronomie*. 2022. hal-03601949

HAL Id: hal-03601949

<https://hal.inrae.fr/hal-03601949v1>

Submitted on 8 Mar 2022

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.

RAPPORT DE STAGE

Combinaison de leviers pour une production
zéro phyto en pomme et tomate :
état des lieux des connaissances pour préparer
le travail de conception de systèmes horticoles
innovants

INRAE



SciencesPo

Fausta Gabola

Septembre 2021



Encadrantes : Julie Borg et Pascale
Guillermin, INRAE

Table des matières

<i>Table des illustrations</i>	2
<i>Remerciements</i>	2
<i>Liste des acronymes</i>	3
<i>I. Introduction</i>	4
<i>II. Matériel et Méthodes</i>	6
A. Enquêtes.....	6
B. Caractérisation des structures enquêtées	7
C. Base de données	8
D. Analyse des entretiens	9
<i>III. Pomme</i>	10
A. Leviers et Cibles.....	10
B. Profils.....	12
C. Leviers focus	15
D. Stratégies d'utilisation des leviers.	20
<i>IV. Tomate</i>	23
A. Leviers et Cibles.....	23
B. Profils.....	26
C. Leviers focus	29
D. Stratégies d'utilisation des leviers	33
<i>V. Variables supplémentaires</i>	36
<i>VI. Conclusion</i>	40
<i>VII. Bibliographie</i>	42
<i>VIII. Annexes</i>	43
Annexe 1-Bioagresseurs	43
Annexe 2-Guide d'entretien.....	48
Annexe 3-Tableau Levier focus Pomme	49
Annexe 4-Tableau Levier focus Tomate	51

Table des illustrations

Figure 1: SAU du verger par ferme (pomme).....	8
Figure 2: Diversification (espèces) par ferme (tomate)	8
Figure 3: Nombre de fois qu'un bioagresseur est cité comme étant problématique (pomme)	10
Figure 4: Cibles citées pour chaque levier (pomme).....	10
Figure 5: Nombre d'adoptions par levier (pomme)	11
Figure 6: AFM, positionnement des structures (pomme).....	12
Figure 7: AFM, positionnement des groupes explicatifs (pomme).....	13
Figure 8: AFM, positionnement des leviers (pomme)	14
Figure 9: Nombre de fois qu'un bioagresseur est cité comme étant problématique (tomate)	24
Figure 10: Cibles citées pour chaque levier (tomate)	24
Figure 11: Nombre d'adoptions par levier (tomate)	25
Figure 12: AFM, positionnement des groupes explicatifs (tomate)	26
Figure 13: AFM, positionnement des groupes structures (tomate)	27
Figure 14: AFM, positionnement des leviers (tomate)	28
Tableau 1: Etapes du Guide d'Entretien	7
Tableau 2: Profils identifiés lors de l'analyse (pomme)	14
Tableau 3: Profils identifiés lors de l'analyse (tomate)	27
Tableau 4: Différences entre les stratégies (pomme).....	22
Tableau 5: Différences entre les stratégies (tomate)	35

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier les agriculteurs et agricultrices ainsi que les conseillers et conseillères qui m'ont gentiment accordé du temps pour les entretiens. J'ai énormément appris de votre expertise et ai pris beaucoup de plaisir à discuter avec vous. Merci aussi à mes encadrantes, Pascale Guillermin et Julie Borg, ainsi que Laure Perchepied. J'ai apprécié votre bienveillance et le temps que vous m'avez régulièrement consacré pour discuter du travail en cours. Merci aussi à Baptiste Labeyrie et Cathy Eckert du CTIFL dont l'expertise de terrain m'a orientée tout le long du stage. Enfin, merci à Ludivine et Clémence pour la bonne ambiance dans notre bureau, et tous les stagiaires pour les bons moments passés ensemble.

Ce stage a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme d'Investissements d'avenir portant la référence ANR-20-PCPA-0003

Liste des acronymes

AB : Agriculture Biologique

CETA : Centre d'Etudes Techniques Agricoles

DEPHY : Démonstration, Expérimentation et Production de références sur les systèmes économes en PHYtosanitaires

IAE : Infrastructures Agro-écologiques

INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement

IFT : Indice de Fréquence de Traitements

Ha : Hectare

OAD : Outil d'Aide à la Décision

PFI : Production Fruitière Intégrée

SAU : Surface Agricole Utile

I. Introduction

I. Reconception de systèmes agricoles

Malgré des preuves solides de la nocivité des pesticides pour les écosystèmes, la santé humaine et la viabilité des structures agricoles, la protection chimique continue d'être la norme en France (Deguine et al. 2021). En effet, le NODU agricole (une indication de l'intensité d'utilisation de produits phytopharmaceutiques) a même augmenté de 25% entre 2009-2011 et 2016-2018 malgré la volonté affichée par les pouvoirs publics de le voir diminuer (Ecophyto 2020). Il existe néanmoins de nombreux moyens d'action, ici désignés par le terme leviers, pour limiter le développement des bioagresseurs sans avoir recours à des produits chimiques (Lauri et al. 2014). Cependant, ces leviers relèvent d'une logique différente des produits phytosanitaires chimiques, et un levier pris individuellement n'a pas pour vocation de régler un problème précis. Il s'agit en effet de combiner ces leviers, à effets partiels, pour une régulation plus complexe (Guillou 2013). L'utilisation de ces leviers implique une reconception des systèmes de production pour favoriser la régulation naturelle, au-delà d'une simple substitution des produits chimiques (Hill 1999). Le terme bioagresseur regroupe les organismes vivants qui causent des dommages aux plantes cultivées ou aux récoltes (Legifrance 2018). Cela peut être des ravageurs, des maladies ou des adventices.

II. Nécessité d'une approche système

L'étude de l'ensemble de ces leviers requiert une approche systémique, car elle dépend étroitement du système de mise en oeuvre (Simon et al. 2015). En effet, les combinaisons et modalités ne sont pas des solutions techniques 'clé en main' mais un ensemble de propositions à adapter en fonction du contexte de la structure, comme les conditions climatiques ou les caractéristiques socio-économiques (Lauri et al. 2014, Lamine et al. 2017). Par conséquent, leur mise en oeuvre requiert un travail de discussion avec les personnes concernées pour comprendre les interactions avec leurs systèmes, et une adaptation aux spécificités locales. Ainsi, comme le rappellent Akrich et al. (1988) « adopter une innovation, c'est l'adapter ». En effet, les agriculteurs et agricultrices ont jusqu'ici été trop peu impliqués dans ces processus de reconception, qui ont souvent relevé d'une approche descendante (Deguine et al. 2021).

III. Ateliers de co-conception du projet CAP ZERO PHYTO

C'est dans ce contexte que s'inscrit le projet CAP ZERO PHYTO, qui réunit différentes équipes de recherche (INRAE Avignon, Angers, Sophia-Antipolis et Nancy, UE Horti, Universités d'Avignon et d'Angers, Institut Agro campus Angers) et des experts de terrain (producteurs et animateurs du réseau DEPHY, CTIFL, APREL, GRCETA). L'objectif du projet – initié en 2021 pour 6 ans – est de proposer de nouvelles stratégies de protection des cultures basées sur l'utilisation combinée de 6 leviers innovants destinés à améliorer les mécanismes de défense des cultures.

Les actions du projet de recherche CAP ZERO PHYTO sont de :

- (1) Analyser les 6 leviers du projet (biocontrôle, résistance génétique, stress mécanique, flash UVc, nutrition azotée, plantes de service) individuellement, en conditions contrôlées et en plein champ, sur deux espèces cibles : pomme et tomate. L'objectif est de comprendre, entre autres, l'efficacité, les mécanismes d'action et les sources de variabilité de ces leviers.

- (2) Combiner progressivement les leviers sur pomme et tomate
- (3) Transférer ces résultats sur d'autres espèces : pêche, piment et fraise
- (4) Communiquer sur les résultats du projet au travers de journées techniques avec les filières concernées, et proposer l'intégration de leviers combinés dans des systèmes de culture existants lors d'ateliers de co-conception.

Cette étude contribue au 4^{ème} axe du projet, en proposant des éléments d'analyse sur les leviers utilisés en arboriculture (pomme) et maraîchage (tomate) ainsi qu'une base de données, qui pourront être utilisés comme outil d'animation lors des ateliers de co-conception.

IV. Définition des leviers et bioagresseurs

Les leviers de cette étude peuvent contrôler les bioagresseurs de plusieurs façons. Premièrement, la régulation 'bottom-up' (par la plante) comprend des leviers de contrôle cultural, qui limitent le développement des bioagresseurs, utilisent la résistance génétique ou créent des conditions défavorables au développement des bioagresseurs (Lauri et al. 2014). Ensuite la régulation 'top down' (par les auxiliaires), qui comprend des leviers dits de lutte biologique indirecte. Ces leviers vont préserver et augmenter l'abondance de la biodiversité fonctionnelle impliquée dans la régulation naturelle (auxiliaires). Il peut donc s'agir d'augmenter les possibilités de ressource ou refuge pour les auxiliaires, ou de réduire des insecticides non sélectifs. Enfin, des leviers d'action directe permettent d'agir directement sur les bioagresseurs, comme des filets d'exclusion ou des produits de biocontrôle (Simon et al. 2015). Ces leviers peuvent relever de la lutte biologique directe, de barrières physiques, de prophylaxie ou de lutte biotechnique. Une liste de bioagresseurs sur pomme et tomate est disponible en Annexe I.

II. Matériel et Méthodes

A. Enquêtes

Pour cette étude, il a été choisi d'enquêter les conseillers et producteurs de groupes DEPHY FERME. Ces groupes, mis en place par le programme ECOPHYTO, ont vocation à réunir des structures motivées par le développement de leviers alternatifs (Chambre d'Agriculture, Centre d'études techniques agricoles (CETA)...). Chaque groupe est suivi par un animateur ou conseiller qui va faciliter la dynamique collective. Ce choix a permis de cibler l'enquête vers des structures qui utilisaient déjà des leviers alternatifs ou du moins s'y intéressaient. Il a aussi été choisi de cibler des structures dont l'activité était principalement (>60% du chiffre d'affaires) l'arboriculture ou le maraîchage. L'objectif n'était ainsi pas d'étudier un échantillon représentatif de producteurs, mais bien d'avoir des retours sur l'utilisation de leviers alternatifs aux pesticides et fongicides de synthèse et des exemples de leur mise en œuvre ainsi que leur intégration dans des systèmes existants. L'enquête a suivi deux étapes :

- 1.) L'enquête auprès des conseillers. Ce premier contact permettait de comprendre les principaux profils des producteurs dans le groupe et le ressenti général sur les leviers utilisés et les facteurs influençant leur adoption. Chaque conseiller a ensuite proposé un ou deux producteurs, représentatifs d'un profil, à contacter pour la suite de l'enquête.
- 2.) L'enquête auprès des producteurs. L'entretien avec les producteurs a permis de concrétiser les informations discutées avec les conseillers et de construire des exemples précis de stratégies d'utilisation de leviers.

11 groupes DEPHY ont été choisis dans deux importants bassins de production de pomme et tomate : le Pays de la Loire (PDL) et le Sud-Est (SE). Un entretien a été réalisé avec le responsable de chaque groupe. Un groupe en Auvergne (Centre) a aussi été choisi pour élargir l'échantillon. Deux producteurs de pomme ne faisaient pas partie d'un groupe DEPHY mais étaient suivis par une conseillère qui était responsable d'un groupe dans la région. Au total, 28 entretiens ont été réalisés entre le 15 avril 2021 et le 8 juin 2021 et ont été enregistrés à l'aide d'un dictaphone. Ils ont ensuite été entièrement retranscrits.

	Conseillers	Producteurs
Pomme	5 (3 SE et 2 PDL)	9 (4 SE et 5 PDL)
Tomate	6 (3 SE, 1 Centre et 2 PDL)	8 (3 SE, 2 Centre et 3 PDL)

Avant chaque entretien une fiche de consentement était signée par les personnes interrogées, qui expliquait l'objectif de l'entretien et les conditions d'utilisation des données recueillies. Les entretiens semi-directifs s'appuyaient sur un guide d'entretien réalisé en début de stage et se déroulaient en plusieurs étapes, détaillées dans le tableau 1 et dont une copie est disponible en Annexe II. Il ne s'agissait pas de suivre une liste de leviers préétablies mais de laisser chaque personne mentionner les leviers qui lui semblaient pertinents.

Etapes du guide	Variables	Conseillers	Producteurs
-----------------	-----------	-------------	-------------

Profil	SAU, UTH, Orientation, Circuit de Commercialisation, Diversification (espèces et variétés)	Caractérisation des structures présentes dans le groupe	Caractérisation de la structure
Bioagresseurs	Bioagresseurs, pression	Bioagresseurs problématiques chez les agriculteurs du groupe	Bioagresseurs problématiques dans la structure
Leviers	Nom des leviers, Nombre de leviers	Leviers utilisés dans le groupe et facteurs d'adoption	Leviers mis en œuvre dans la structure contre ces bioagresseurs
Perceptions des leviers	Efficacité, Contraintes, Avantages, Désavantages	Retours sur chaque levier	

Tableau 1: Etapes du Guide d'Entretien

B. Caractérisation des structures enquêtées

Codes Agriculteurs

Un code a été attribué à chaque personne interrogée pour préserver son anonymat. Ainsi, chaque arboriculteur a un code AGR1 allant de 1 à 9, et chaque maraîcher un code AGRIT allant de 1 à 8.

Pomme

Les fermes enquêtées présentent une diversité d'orientations (4 AB, 1 Demeter, 3 Mixte, 1 PFI), de circuits de commercialisation (1 Court, 4 Long, 4 Mixte) et de SAU du verger (*Figure 1*). Une structure se distingue néanmoins (AGR16) avec une SAU du verger nettement supérieure aux autres. Elles cultivent en moyenne 3 espèces fruitières (min=1, max=7) et 14 variétés de pomme (min=4, max=26).

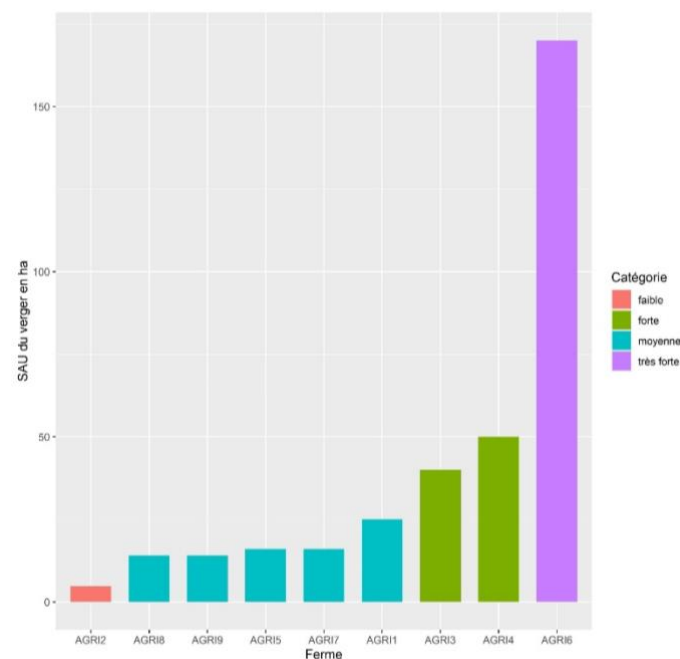


Figure 1: SAU du verger par ferme (pomme). Catégories faible (inférieur à 10ha), moyenne (entre 10 et 25 ha), forte (entre 25 et 50ha) et très forte (supérieur à 50 ha).

Tomate

Il s'agit de structures commercialisant majoritairement en circuit court (75%) et en AB (88%). La SAU moyenne est de 6,2 ha (min=0,7 et max= 10) et la surface sous abris de 0,9 ha (min=0,15 et max=3,5). Enfin, ce sont des structures majoritairement très diversifiées, avec en moyenne 33 espèces cultivées (min=3, max=50) (Figure 2).

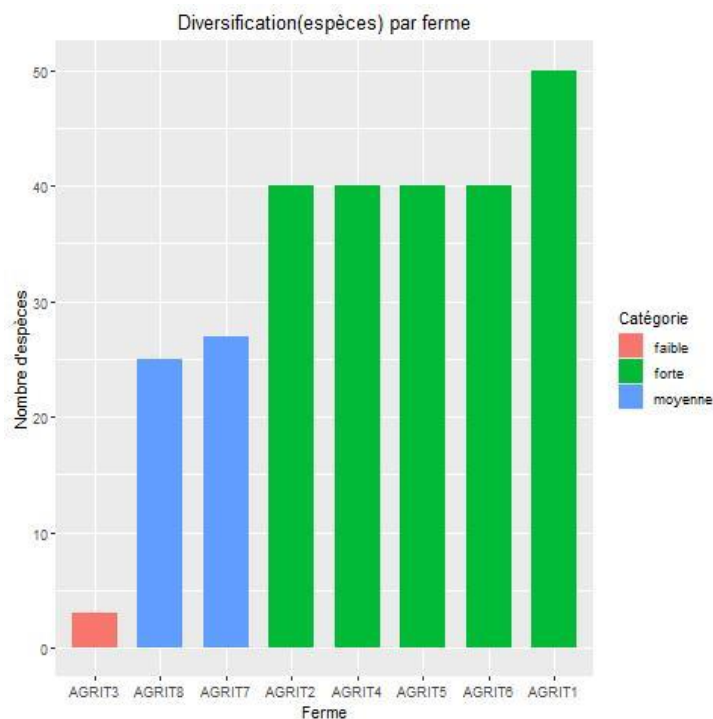


Figure 2: Diversification (espèces) par ferme (tomate). Catégories faible (inférieur à 15 espèces maraîchères), moyenne (entre 15 et 40) et forte (supérieur à 40).

C. Base de données

Une base de données a été construite sur Excel pour regrouper toutes les données des entretiens. L'objectif est d'avoir des informations rapidement mobilisables lors des ateliers du projet. Un onglet est dédié à la caractérisation des structures enquêtées, et un autre aux leviers mentionnés. Pour chaque levier, sont disponibles des informations sur la modalité, les cibles, l'utilisation, l'efficacité, les avantages, les désavantages et les contraintes. La colonne modalité renseigne des informations complémentaires sur le levier (par exemple, le nom d'un produit de biocontrôle ou le type de filet alt'carpo utilisé). La colonne utilisation précise si le levier est utilisé, s'il a été abandonné ou s'il n'a jamais été utilisé mais l'agriculteur l'a mentionné lors de l'entretien.

D. Analyse des entretiens

Les données ont été analysées sous R version 3.6.0 (R core team 2019) pour produire des graphiques descriptifs. Une Analyse Factorielle Multiple (AFM) a ensuite été réalisée. Elle permet d'analyser des données complexes, à la fois quantitatives et qualitatives, structurées en groupes. L'objectif de cette analyse est multiple

- 1.) Identifier les leviers ou catégories de leviers qui sont les plus discriminants pour en faire une analyse approfondie en fonction des contraintes, avantages et désavantages évoqués par les producteurs → Partie 'Leviers Focus' de ce rapport, qui permettra de comprendre les différences de perceptions des leviers
- 2.) Identifier les structures qui expliquent le mieux les dimensions de l'AFM pour ensuite analyser plus finement leurs stratégies. → Partie 'Stratégies d'utilisation des leviers' de ce rapport
- 3.) Identifier les variables supplémentaires qui pourraient expliquer l'adoption des leviers, qui seront ensuite discutées à l'aide des informations recueillies lors des entretiens avec les conseillers → Partie 'Variables supplémentaires' de ce rapport

Les variables explicatives utilisées lors de l'analyse sont les leviers résumés dans l'annexe X. Les variables supplémentaires sont résumées dans le tableau X.

Groupe	Variables
Commercialisation	Département, Orientation, Circuit de Commercialisation
Caractéristiques exploitation	SAU totale, SAU verger/abris, UTH, Diversification_especes, Diversification_varietes

Tableau 2: Variables supplémentaires

III. Pomme

A. Leviers et Cibles

Les bioagresseurs les plus cités en problématique prioritaire sont la tavelure, le puceron cendré et le carpocapse (*Figure 3*). Ce sont aussi les cibles les plus citées pour les leviers (*Figure 4*). Les rongeurs semblent aussi être une problématique primaire importante. En effet, la plupart des structures sont engagées dans une démarche de réduction du travail du sol pour améliorer la vie du sol et sa structure. Cela peut faire réapparaître une problématique ‘rongeurs’, car le travail du sol permettait de casser leurs galeries et réduire ainsi leur pression. L’hoplocampe et l’anthonome se distinguent comme les problématiques secondaires les plus importantes (*Figure 3*). Ce sont en effet des ravageurs réémergents, surtout en agriculture biologique, et il existe peu de leviers à ce jour pour les gérer.

Figure 3: Nombre de fois qu'un bioagresseur est cité comme étant problématique (pomme)

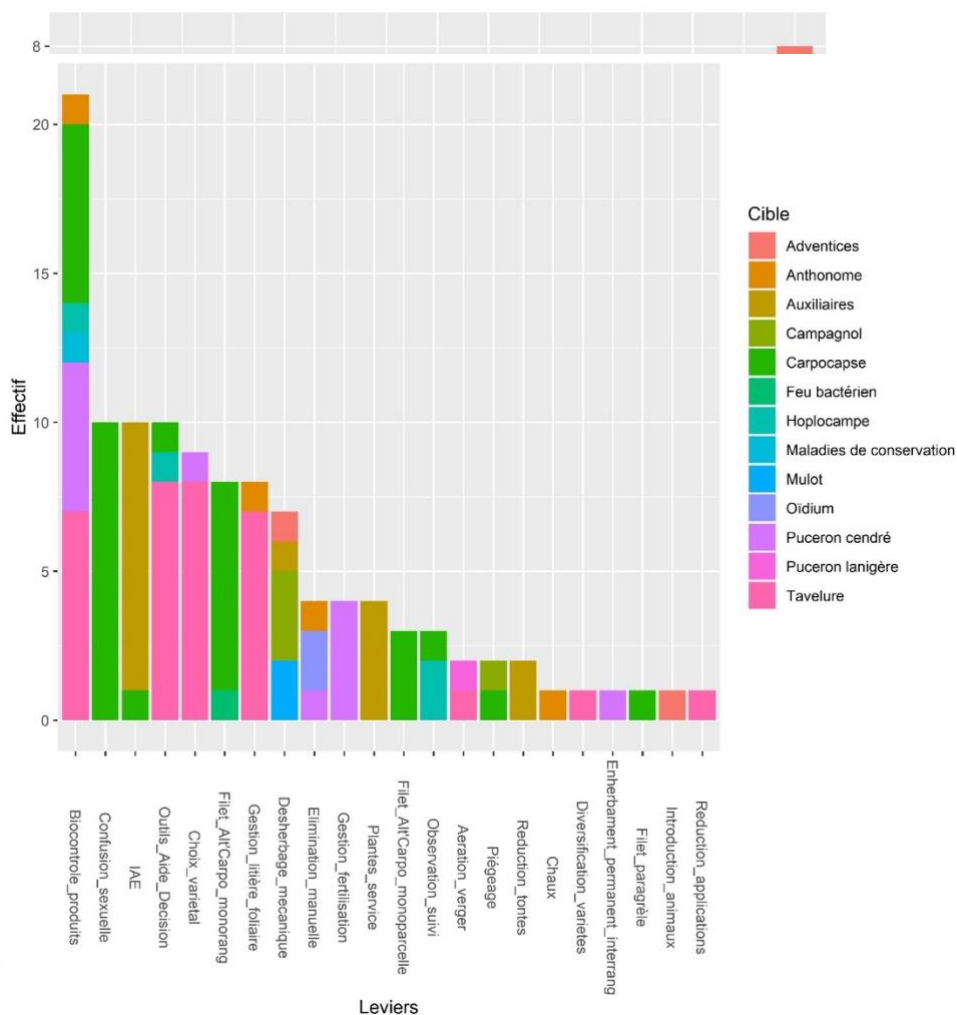


Figure 4: Cibles citées pour chaque levier (pomme)

Quatre leviers sont adoptés par l'ensemble des structures enquêtées : l'enherbement permanent de l'inter-rang, le désherbage mécanique (même si une structure revient parfois au chimique), la confusion sexuelle et les produits de biocontrôle (Figure 5). Ces leviers ont été évoqués comme faisant partie de leurs pratiques depuis longtemps, bien avant le passage en bio pour celles qui le sont. La gestion de la litière foliaire (8 adoptions) et les outils d'aide à la décision (7 adoptions) font aussi partie de ces pratiques qui sont bien établies. Les plantes de service (8), le choix variétal (7) et la gestion de la fertilisation (6) sont adoptés par la grande majorité du groupe, mais représentent des leviers en cours d'exploration et de perfectionnement. Si ces leviers s'avèrent discriminants lors de l'analyse AFM il pourrait être intéressant de les analyser plus en profondeur.

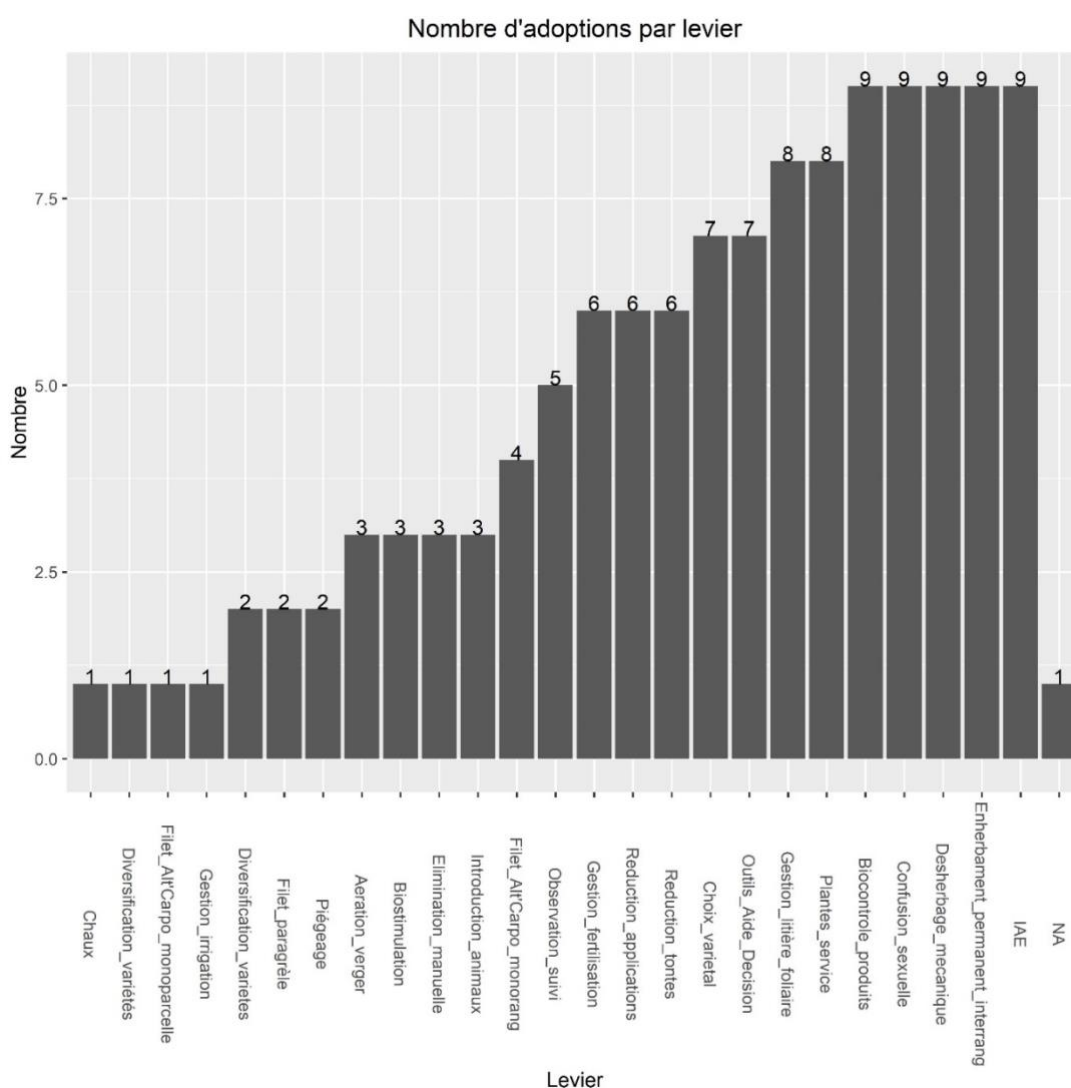


Figure 5: Nombre d'adoptions par levier (pomme)

B. Profils

L'analyse AFM des structures en arboriculture a permis d'identifier deux axes explicatifs. La dimension 1, qui explique 33.7% des variations, est principalement liée aux groupes total levier (nombre de leviers utilisés), lutte biologique directe et contrôle cultural (*Figure 7*). La dimension 2, qui explique 20.9% des variations, est principalement liée aux groupes prophylaxie, contrôle cultural et lutte biologique indirecte. Dans la figure 6, un \cos^2 élevé permet d'indiquer les individus qui contribuent le plus aux axes. Dans ce cas, il s'agit des structures AGRI6, AGRI2, AGRI8 et AGRI1. Leur position sur les dimensions permet de relever certaines caractéristiques propres aux structures identifiées, en fonction des leviers discriminants résumés dans le tableau 3. Il a été choisi d'analyser plus en profondeur les structures 2,6 et 8 pour représenter

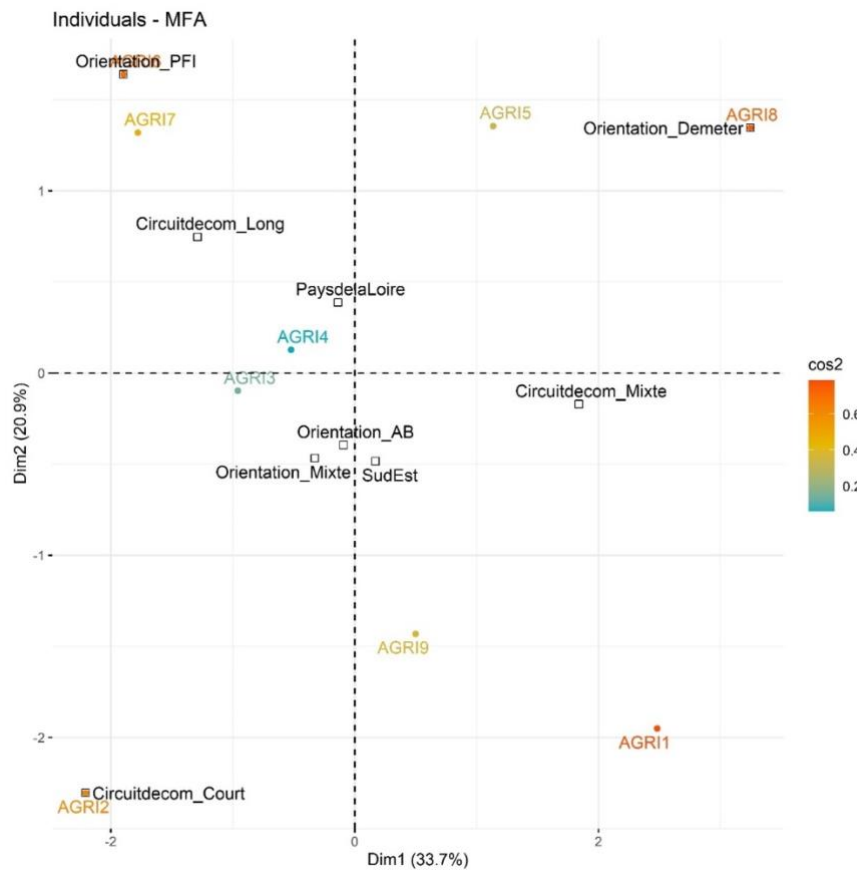


Figure 6: AFM, positionnement des structures (pomme)

une diversité de circuits de commercialisation (les structures 1 et 8 étant toutes les deux en circuit mixte).

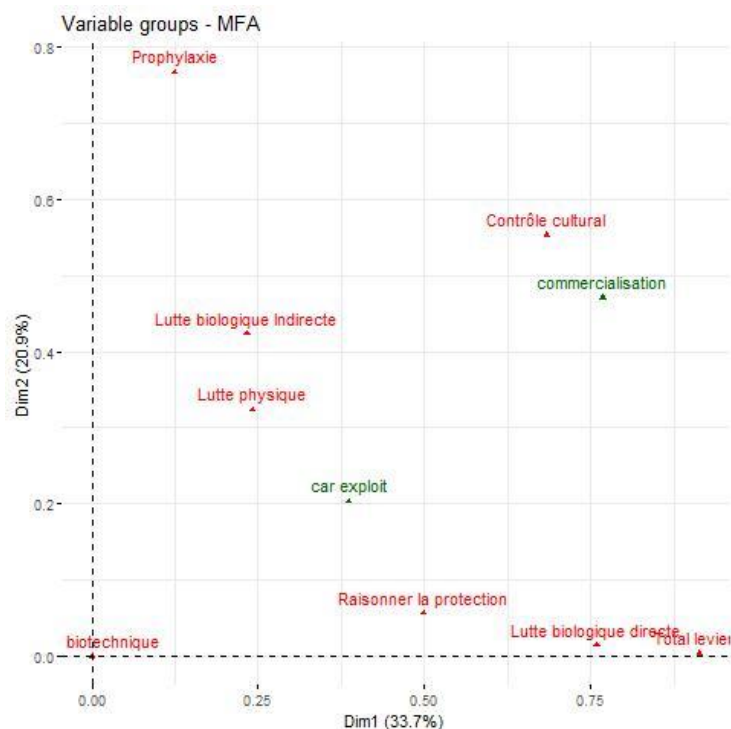


Figure 7: AFM, positionnement des groupes explicatifs (pomme)

Variables discriminantes	AGRI2	AGRI6	AGRI8
Corrélation avec les axes (Figure 6)	(-) Axe 2 (-) Axe 1	(+) Axe 2 (-) Axe 1	(+) Axe 1 (+) Axe 2
Nombre de leviers	Faible	Faible	Elevé
Catégories (Figure 7)	(-) Prophylaxie (-) Lutte biologique directe	(+) Lutte biologique indirecte (+) Prophylaxie (-) Contrôle cultural	(+) Lutte biologique directe (+) Lutte biologique indirecte (+) Contrôle cultural
Leviers (Figure 8)	(+) Choix variétal (+) Elimination manuelle (-) Gestion de la litière foliaire (-) Plantes de service (-) Nombre de leviers	(+) Réduction des tontes (-) Nombre de leviers (-) Gestion de la fertilisation (-) Choix variétal	(+) Introduction d'animaux (+) Aération du verger (+) Réduction des tontes (+) Biostimulation

Variables supplémentaires (Figure 6)	(+) Diversification variétés (+) Circuit court (-) SAU du verger (-) Diversification espèces	(+) SAU du verger (+) Circuit long (-) Diversification espèces	(+) Diversification espèces (+) Circuit mixte (-) Diversification variétés
---	---	--	--

Tableau 3: Profils identifiés lors de l'analyse (pomme). (Les leviers surlignés en jaune correspondent aux leviers qui seront approfondis dans la partie leviers focus)

Cette analyse a permis de faire apparaître certains leviers discriminants (Tableau 3 et Figure 8). Quatre d'entre eux ont été choisis pour une analyse approfondie : Choix variétal, plantes de service, gestion de la fertilisation et introduction d'animaux. Ce choix s'est fait car ce sont soit des leviers du projet CAP ZERO PHYTO, soit ils ont soulevé beaucoup de discussions (introduction d'animaux). A cela s'ajoute le levier biocontrôle, qui est faiblement discriminant mais pour lequel il existe un grand nombre de modalités. Les stratégies d'utilisation de ces leviers, incarnées par les structures AGRI2, AGRI6 et AGRI8, seront détaillées dans la discussion. De plus, les variables supplémentaires diversification, circuit de commercialisation et SAU du verger semblent être liées à l'adoption des leviers et seront également étudiées dans la discussion.

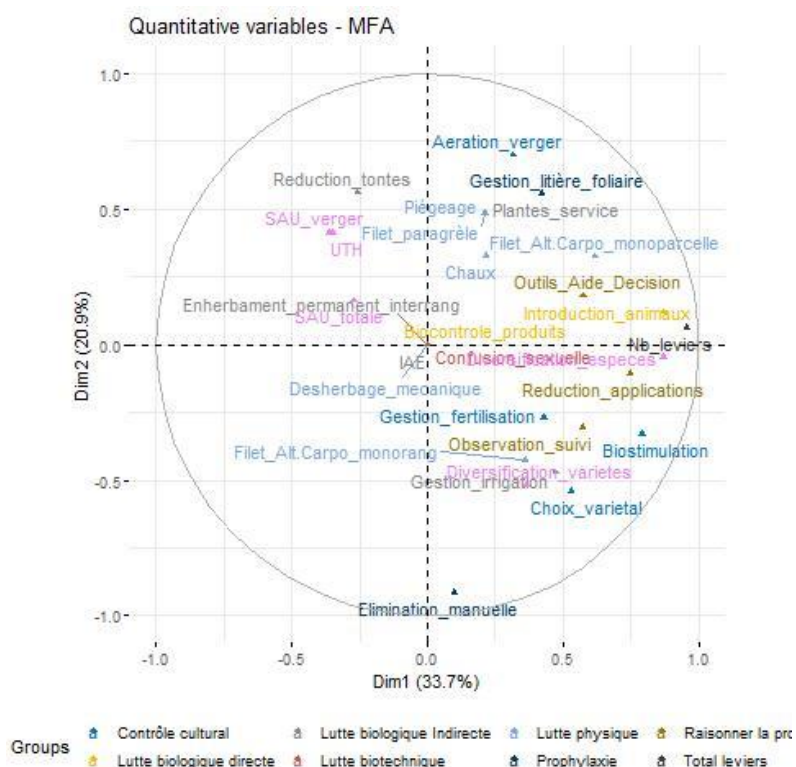


Figure 8: AFM, positionnement des leviers (pomme)

C. Leviers focus

a) Choix variétal

Le choix variétal a été cité comme un levier par tous les agriculteurs. Sept l'utilisent, et deux ne l'utilisent pas. Ces derniers sont exclusivement en circuit long et engagés dans des variétés club. Ces variétés sont sous Certificat d'Obtention Variétale (COV) et leur mise en marché est attribuée à des expéditeurs pré-définis (Guiavarach et al. 2018) La cible principale est la Tavelure (Figure 4), avec un agriculteur citant aussi le Puceron cendré.

Pour plusieurs agriculteurs le choix variétal est perçu comme un levier central : « *Les variétés résistantes c'est la base, ça l'était même avant de passer en bio* » (AGRI1). Pour les 7 qui les utilisent cela représente la majorité des nouvelles variétés, surtout pour les parcelles en AB.

Cependant, l'efficacité est très variable. Un agriculteur note que « *les résistantes tavelures là, c'est une catastrophe. C'est plus sensible qu'une sensible. Une Goldrush, une Ariane, c'est plus sensible qu'une Gala* » (AGRI5). Cet avis est largement partagé parmi le groupe. Un agriculteur offre une explication : « *Il faut des résistances polygéniques, faut pas viser qu'un [seul gène] ... Quoi qu'il arrive la tavelure elle fera le tour. Une fois qu'elle y arrive, c'est ingérable* » (AGRI5). Plusieurs agriculteurs ont ainsi observé des contournements sur des variétés présentées comme résistantes. Cela les oblige donc à traiter lorsqu'il y a des grosses contaminations, pour éviter un contournement. Au contraire, d'autres variétés avec des résistances polygéniques ou des tolérances à la tavelure sont perçues comme étant très efficaces. Patte de Loup est citée plusieurs fois dans le Pays de la Loire, ainsi que Rosa Sweet (Juliet), Dalinette ou Pirouette. Ces variétés sont jugées efficaces surtout parce qu'elles permettent de réduire l'Indicateur de Fréquence de Traitements (IFT) : « *Puis j'ai un peu de Juliet que nous on appelle Rosa Sweet, c'est de la Juliet à l'origine. Des pattes de loup, des pirouettes. C'est le jour et la nuit. Pour ce qui est de traitements tavelure. Là où il en faut 15, 3 ou 4 ça passe pour les autres.* » (AGRI2).

Les variétés résistantes/tolérantes sont donc un levier central pour certains agriculteurs du groupe. Néanmoins, un agriculteur rappelle que la résistance à une maladie ou un ravageur n'est pas le seul critère à prendre en compte lors du choix d'une variété : « *On n'a pas que ce critère-là, moi il faut aussi le critère de marché, des périodes de cueillette... Un des critères, un des facteurs limitants ça sera la sensibilité au puceron cendré. Mais c'est pas que lui* » (AGRI7). Ainsi, il existe plusieurs contraintes qui vont orienter cette décision.

Contraintes

La contrainte la plus citée est **l'aspect commercial**. Certains gardent en effet des variétés club qui sont sensibles mais qui peuvent être intéressantes commercialement. Cette contrainte est donc particulièrement forte pour les agriculteurs engagés majoritairement dans des variétés clubs ou en circuit long : « *Bah c'est compliqué quoi... Des fois de tout concilier. On ne va pas se cacher la face. La variété qui est la plus problématique en tavelure c'est celle qui est la plus rémunératrice...* » (AGRI6, en circuit long et club). Pour les variétés vendues en circuit court, **l'acceptation des consommateurs** est aussi un critère important : « *Sur les méconnues, faut réussir à les re faire manger aux clients. Parce qu'ils sont plus habitués à ça.* » (AGRI5, en circuit court). Ainsi, les freins à l'adoption de variétés résistantes sont l'intérêt commercial d'un côté, et l'acceptation des consommateurs de l'autre, même si les deux sont liés.

Une autre contrainte est le **temps de création d'une variété**. C'est un processus qui peut être long, ainsi il n'y a pas toujours une variété existante ou adaptée au territoire : « *Mais le problème c'est qu'il faut trouver le matériel végétal. C'est toujours pareil, c'est long* » (AGRI5). Même lorsqu'une variété adaptée existe, elle n'est pas toujours **accessible**. Un agriculteur explique « *Donc il y a des sélections qui sont faites, puis les pépiniéristes en choisissent, moi je suis au bout de la chaîne. Je suis dernier de cordée. Ça ne ruisselle pas chez moi. Donc si le pépiniériste ne prend pas la variété alors moi je ne l'aurai pas.* » (AGRI3). Un autre s'inquiète du fait que les variétés créées sont souvent protégées par un club, ce qui les lui rend inaccessibles (AGRI5). Ainsi, le temps de création d'une variété et ensuite son accessibilité sont des contraintes majeures qui peuvent freiner l'adoption du levier.

Interactions avec le système

Un avantage cité pour certaines variétés est la **tolérance à d'autres bioagresseurs**. Par exemple, Juliet qui est résistante Tavelure et qui ne craint pas trop les pucerons (AGRI1). Pour d'autres, les variétés résistantes peuvent au contraire **augmenter la présence de certains bioagresseurs**. Par exemple, la réduction des traitements de soufre sur une variété résistante peut faire apparaître une problématique oïdium : « *Après euh... souvent l'oïdium c'est des passages de soufre qu'on fait pour la tavelure [...]. Cette année au mois d'avril il a jamais plu. On n'a pas eu une goutte d'eau du mois d'avril. Donc on n'a pas traité pour la tavelure. Du coup on a de l'oïdium...* » (AGRI5). Cependant, cela n'est pas perçu comme étant très problématique.

b) Produits de biocontrôle

Les produits de biocontrôle sont aussi cités comme levier par tous les agriculteurs, et adoptés par l'ensemble du groupe. Seize produits différents ont été cités lors des entretiens : Amylo X, Argile, Armicarb, Bicarbonate de Potassium, BSC, Carpovirusine/Virus de la Granulose, Curatio, Extrait d'acacia, Azadirachtine, Bacillus thuringiensis, Huiles, Nématodes, Soufre, Neemazal/Huile de Neem, VitiSan, Sulfure de calcium. Les cibles sont variées, avec la Tavelure et le Carpocapse cités en priorité (*Figure 4*), et ensuite le Puceron cendré, le Mulot, l'Hoplocampe et l'Anthonome.

Généralement les agriculteurs sont satisfaits de l'efficacité des produits de biocontrôle utilisés. Certains sont même des leviers centraux dans leur stratégie de protection, le soufre (Oïdium et Tavelure) ou le virus de la granulose (Carpocapse). Cependant ils ne sont souvent pas jugés comme efficaces seuls, comme le virus de la granulose qui est souvent couplé à la confusion sexuelle. Il peut ainsi être difficile de juger leur efficacité, surtout si les effets ne sont pas immédiats ou s'il y a une forte interaction avec les conditions climatiques. Une agricultrice explique ainsi l'efficacité des pulvérisations de nématodes : « *C'est hyper dur de savoir, parce que du coup c'est un traitement qu'on fait à l'hiver. Qui va avoir une action sur la population de l'année suivante. Mais en fait y'a tellement de choses qu'aujourd'hui, en tout cas pour du carpo, on ne sait pas dire j'ai cette pression l'année n donc l'année n+1 j'aurai telle pression.* » (AGRI9).

Contraintes

L'**interaction avec l'environnement** est ainsi la thématique qui revient le plus souvent dans les contraintes citées. Cela peut être par exemple la **sensibilité aux UV** (virus de la granulose) ou la **pluviométrie** (le VitiSan, qui doit être appliqué sur feuillage sec). Comme certains produits de biocontrôle sont **peu rémanents**, il est ainsi primordial de les positionner au bon moment. Il faut donc

pouvoir **modéliser précisément le cycle du bioagresseur** (ex. Carpocapse pour le Virus de la granulose) ou prendre un **temps d'observation**. Cependant, un agriculteur note une difficulté grandissante pour modéliser les pics du carpocapse, car les étés sont plus chauds et les cycles moins stables qu'auparavant. Cette forte interaction avec l'environnement implique aussi une certaine **réactivité**, ce qui est une contrainte majeure pour la ferme avec une surface très élevée. En effet, il est plus difficile pour une très grosse exploitation de mobiliser de la main d'œuvre à la dernière minute : « *faut être capable d'intervenir dans la foulée quoi* » (AGRI6)

L'efficacité partielle de ces produits ainsi que leur faible rémanence donnent lieu à d'autres contraintes. Par exemple, la nécessité de **répéter les passages** ou de combiner les produits peut être **plus coûteux**. Un agriculteur raisonne ainsi : « *J'essaye d'acheter des produits pas trop chers puisque j'en passe pas mal* » (AGRI1). Il peut aussi exister des **incompatibilités**, particulièrement avec des insecticides ou fongicides chimiques. Cette contrainte a en effet été citée par l'agriculteur en PFI (le seul sans parcelles en AB).

Interactions avec le système

Un avantage cité pour les produits de biocontrôle est que « *ça retourne dans un cycle organique normalement. Ça va retourner dans le sol...* » (AGRI8). Cependant, certains produits peuvent acidifier les sols (soufre) et d'autres plus alcalins perturber le végétal (BSC). Un agriculteur cite aussi l'impact négatif que le soufre peut avoir sur les auxiliaires.

c) Gestion de la fertilisation

Six agriculteurs utilisent la gestion de la fertilisation comme levier contre les bioagresseurs, dont 4 avec le puceron cendré comme cible (Figure 4).

Cette gestion s'articule de deux façons différentes chez les agriculteurs du groupe. Pour deux agriculteurs (AGRI1 et AGRI5) il y a une réflexion autour du type d'apport, pour améliorer la vie du sol, pour que les arbres se portent mieux et soient plus résistants. Par exemple, le choix d'apporter des composts à la place de fientes de volaille, pour ne pas amener que de l'azote. Pour les autres, il s'agit d'une réduction des apports en azote ou des apports différents, pour réduire la vigueur de l'arbre et le rendre moins sensible au puceron. Un agriculteur explique : « *Il faut pas que tu mettes trop d'azote. Si tu mets beaucoup d'azote le puceron, il a encore plus envie d'y aller. Et il se reproduit encore plus vite parce que [l'arbre] a une sève très azotée, il adore ça* » (AGRI2).

Il a été difficile pour les agriculteurs enquêtés de juger l'efficacité directe de ce levier. Cependant, plusieurs ont noté que leurs arbres restaient vigoureux malgré les réductions. Par exemple, une agricultrice dont les parcelles sont sur des sols très poussants, pour qui il est difficile de réduire la vigueur même en éliminant complètement la fertilisation.

Contraintes

Ainsi, le **type de sol** est la seule contrainte citée par les agriculteurs. Pour l'un d'entre eux, cela s'est accentué avec le passage en bio : « *Et y'a un phénomène que... Comment dire... Que j'avais pas anticipé avant le passage en bio. Qu'on voit souvent en bio. C'est qu'en fait les sols en bio fonctionnent mieux. Et donc on reprend de la vigueur.* » (AGRI7).

Interactions avec le système

Pour un agriculteur, la réduction de la fertilisation reste problématique car des arbres moins vigoureux sont plus sensibles aux aléas climatiques, ce qui peut avoir un **impact sur le rendement**. Il s'agit donc à nouveau d'un compromis entre plusieurs facteurs.

d) Introduction d'animaux

Cinq agriculteurs du groupe ont mentionné l'introduction d'animaux pour réguler les bioagresseurs, et 3 d'entre eux ont mis en place ce levier dans leur verger. Les animaux introduits sont des brebis, cochons, poules et oies.

Les animaux introduits sont jugés comme efficaces pour la régulation des bioagresseurs, même si cela dépend de l'espèce et des cibles fixées. Par exemple, un agriculteur, en parlant de ses brebis : *« Et c'est bien. Ça fait une sorte d'entretien du sol. Là c'est sûr que je ne serai jamais embêté par le carpo ou l'hoplocampe. Il se laisse tomber au sol. Je n'ai pas de campagnols. »* (AGRI1) Ils sont également jugés très efficaces pour la régulation des adventices, qui sont citées comme une des motivations principales. Même si ce levier est considéré comme étant efficace, il existe plusieurs contraintes qui peuvent freiner son adoption ou son développement.

Contraintes

La première contrainte citée est le **parcellaire**. Premièrement car il faut clôturer le verger, ce qui coûte beaucoup plus cher lorsque le terrain est morcelé. Ainsi, **le coût** sera une contrainte majeure pour les agriculteurs dont le verger n'est pas en un seul tenant : *« Si j'avais mes 25ha de verger en un sol bloc oui j'aurais fait ce qu'il fallait, ça aurait coûté une fortune mais j'aurais fait ce qu'il fallait pour parquer un sol bloc. Mais je ne peux pas, je suis trop morcelé »* (AGRI1). C'est la raison invoquée par les deux agriculteurs qui n'ont pas introduit d'animaux, et dont les parcelles sont aussi très proches de routes. La deuxième contrainte liée au terrain est **l'absence de parcelles de repli** pour faire pâturer les animaux en été (surtout pour les moutons). En effet, les moutons peuvent brouter les bourgeons terminaux des branches ou endommager les arbres lorsqu'ils sont présents toute l'année au verger. Sur les trois agriculteurs avec des moutons, deux n'ont pas de parcelles de repli. Pour eux, il n'est pas envisageable d'augmenter leur troupeau au-delà de quelques moutons pour cette raison.

Une autre contrainte, citée à deux reprises pour les poules, est la **prédation**. Pour un agriculteur cela constitue même un frein à l'adoption de ce levier, car il encourage la présence de renards pour réduire les mulots et aurait donc un taux de prédation trop élevé. **Le temps de travail** est aussi cité comme une contrainte, car il faut prendre le temps d'installer les animaux et s'en occuper s'il y a des problèmes. Enfin, la **sensibilité au cuivre** de certaines espèces (comme les moutons) représente une contrainte supplémentaire, même si cela peut être perçu positivement : *« Et puis après, nos moutons, ils supportent pas le cuivre. Donc il faut, voilà. Ça permet aussi de raisonner son utilisation du cuivre »* (AGRI5).

Interactions avec le système

L'avantage principal cité par les agriculteurs est la **multiplicité des cibles**. Les animaux introduits peuvent réguler des ravageurs comme le carpocapse et l'hoplocampe en mangeant les fruits au sol ou en piétinant les feuilles, mais aussi les rongeurs en cassant leurs galeries. Ils permettent aussi une **gestion de l'enherbement** et un apport supplémentaire de fertilisation. Un agriculteur illustre ainsi leurs multiples fonctions : *« Et après, les brebis, avec leurs petites pattes, elles pestent les galeries de mulot, ça les écrase. Franchement ça marche pas mal. Et puis elles mangent pas mal de plantes et tout, qui sont*

envahissantes, le lierre, elles adorent ça. » (AGRI5). Cela permet ensuite de **réduire le travail du sol** (car il y a une réduction des rongeurs et des adventices) ou de **réduire l'utilisation de produits phytos** plus généralement. Cependant, pour ceux qui n'ont pas la possibilité de faire des rotations, le broutage effectué par les moutons peut **endommager les arbres** ou **réduire la flore du verger**. Au-delà de ces fonctions de régulation, les agriculteurs estiment aussi que la présence d'animaux rend leur **cadre de travail plus agréable** : « *Et en plus d'avoir des animaux, c'est un effet secondaire, ça me fait du bien.* » (AGRI1). De plus, ils peuvent aussi avoir un intérêt économique direct, avec la **vente de produits animaliers** (pratiqué par 2 agriculteurs sur les 3).

e) *Plantes de Service*

La grande majorité des agriculteurs interrogés (8) sème des plantes de service dans l'inter-rang. Les objectifs visés sont divers : attirer les pollinisateurs (4), attirer les auxiliaires (4), éloigner les bioagresseurs par des plantes pièges ou plantes répulsives (4) ou apporter de la biomasse (3). Certaines plantes peuvent remplir plusieurs objectifs, comme le mélilot qui est un répulsif campagnol, une légumineuse et une plante mellifère : « *Et je mets du mélilot [...] parce qu'il y a trois aspects pratiques, qui m'intéressent dessus* » (AGRI7). Ces multiples fonctions peuvent expliquer pourquoi ce levier est adopté si largement chez les structures enquêtées.

L'agriculteur qui ne sème pas de plantes de service le fait pour des raisons bien précises. En effet, il préfère favoriser la biodiversité naturelle, et est satisfait de la flore spontanée dans son verger, comme les carottes sauvages. D'autres agriculteurs, même s'ils font aussi des semis, partagent également cette vision. Par exemple, un agriculteur explique pour le parasitoïde *Aphelinus mali* : « *Quand elle [(Aphelinus mali)] n'a pas de lanigère pour pondre ses œufs du coup elle se nourrit de pollen et plutôt de fleurs qui fleurissent à plat comme des carottes sauvages, des achillées* » (AGRI1). Ainsi, il a comme objectif d'encourager cette plante à se développer et se ressemer naturellement dans son verger.

Un seul agriculteur note un impact positif visible des plantes de service ; les autres ont plus de difficulté à quantifier l'impact de ce levier. Cela fait plutôt partie d'un tout, d'une « *conception du métier et de la planète* » (AGRI3).

Contraintes

De nombreuses contraintes sont citées qui semblent freiner le développement de ce levier au sein des structures. Les agriculteurs soulignent des **difficultés à faire les semis**, par manque d'**outils adaptés** ou de temps au moment de l'implantation (**timing**). Une agricultrice souligne en effet : « *Le meilleur moment pour semer c'est quand on ramasse, quand on récolte. Bah du coup on n'y arrive pas. Donc ça fait deux années qu'on rate notre semis* » (AGRI9). Une fois l'espèce semée, il y a de nombreux obstacles à sa **germination**. La grande majorité souligne un **manque d'eau lié aux conditions climatiques** : « *Bah il pleut jamais quand il faut...* » (AGRI1) qui rend souvent la germination problématique. Cela semble moins compliqué pour les deux structures en micro-aspersion (les seules sans goutte à goutte), pour qui le sol autour des arbres reste plus humide. Un des agriculteurs a aussi un sol avec une bonne capacité de rétention, soulignant ainsi l'importance du **type de sol**. D'autres aimeraient pouvoir irriguer d'avantage leur verger, mais se trouvent limités en **ressource en eau**. Au-delà de leur implantation, les plantes de service peuvent aussi être contraignantes lors des passages dans les rangs (**piétinement/écrasement**) ou lors de l'application de produits phytopharmaceutiques . En effet, la

présence accrue d'auxiliaires implique plus de vigilance, et a contraint un agriculteur à semer des plantes de service en bordure du verger.

Malgré ces contraintes, les agriculteurs enquêtés semblent enthousiastes à l'idée de continuer à développer ce levier. Une agricultrice ajoute : « *Disons qu'il faut vraiment y accorder de l'importance pour ne pas louper le coche et pour bien faire* » (AGRI9). Elle souligne aussi un **manque de connaissances** : « *si on veut apporter de la biodiversité fonctionnelle, avec des plantes, et bah lesquelles choisir [...] quand on recherche de l'aide pour travailler sur tel agresseur ou tel agresseur* » (AGRI9).

Interactions avec le système

Les plantes de service semblent aussi appréciées pour leur aspect esthétique, et rendent le **cadre de travail agréable**. Plusieurs agriculteurs notent qu'un couvert végétal haut peut **favoriser des campagnols**, et un autre a l'impression que les plantes de service peuvent être des **refuges pour les ravageurs** plus généralement.

D. Stratégies d'utilisation des leviers.

Dans cette partie il s'agira de détailler les stratégies d'utilisation des leviers des fermes identifiées lors de l'analyse AFM à l'aide de citations relevées lors des entretiens.

Comme toutes les structures interrogées, les trois fermes identifiées lors de l'analyse AFM ont en commun une réflexion globale et poussée sur la réduction des intrants. Elles se rejoignent sur de nombreux points, notamment la réduction des tontes pour favoriser les auxiliaires et l'utilisation d'outils d'aide à la décision pour piloter les traitements. Elles présentent néanmoins des caractéristiques socio-économiques ainsi que des stratégies particulières, qui les ont différenciées lors de l'analyse AFM.

1. (AGRI2) Petite structure en vente directe spécialisée en pomme. Accent sur les variétés et utilisation de peu de leviers

Cette structure a une stratégie orientée sur la régulation naturelle du verger. En effet, elle a choisi de favoriser les plantes naturellement présentes au verger, au lieu d'en sélectionner ou de semer des plantes de services particulières. De plus, elle a choisi de ne pas broyer les feuilles tavelées. C'est aussi une structure plus récente (2015) et dont la stratégie repose sur un grand nombre de variétés (26) : « *la diversité fait que quand tu perds un peu, tu perds moins parce que t'as pas tes œufs dans le même panier* » (AGRI2). Elle utilise aussi le nombre le plus faible de leviers. Cette stratégie pourrait peut-être s'expliquer par la petite taille de la structure (4,7 ha), une petite équipe (3 associés) et la commercialisation uniquement en vente directe. En effet, cela permet à cette structure d'être très réactive et d'avoir des exigences sanitaires plus basses : « *En vente directe tu peux vendre des pommes un petit peu moins belles* » explique l'agriculteur (AGRI2). Il a néanmoins une pression de carpo-capse de plus en plus élevée, ce qui l'a amené à poser des filets Alt'carpo cette année. Cependant, il reste réticent à cause de l'utilisation de plastique et de la réduction de la régulation naturelle. Il explique : « *T'as un petit problème avec le filet c'est que tu vas mettre une chaussette dessus, tu l'enfermes [...] et ça fait chier les oiseaux* ». Pour atténuer cet impact, quelques rangs vont rester sans filets.

2. (AGRI6) Grande structure spécialisée en pomme, en circuit long. Accent sur la lutte biologique indirecte et la non utilisation de variétés résistantes

La stratégie de cette structure est peu orientée sur les variétés résistantes/tolérantes, même si elle a quelques variétés moins sensibles. Son circuit de commercialisation long avec des variétés clubs lui donne moins de flexibilité sur cet aspect. L'agriculteur explique : « *Faut que la variété commercialement elle ait un intérêt. C'est beau de dire ça, mais ce qui conditionne, c'est la commercialisation derrière* ». Elle n'utilise aussi pas non plus le levier gestion de la fertilisation. Cette structure utilise relativement plus de leviers lutte biologique indirecte que directe, avec une réflexion sur la santé du sol et la biodiversité (réduction du travail du sol et tontes, plantes de service). L'agriculteur explique ainsi semer une diversité de mélanges dans l'inter-rang, aussi bien pour la biomasse (vie du sol) que pour la biodiversité. Il envisage aussi de pousser son raisonnement au-delà de l'inter-rang et favoriser l'enherbement du rang. Néanmoins, peu de produits de biocontrôle ont été détaillés lors de l'entretien. En effet, contrairement aux autres agriculteurs identifiés, ce producteur ne semble pas utiliser de produits de biocontrôle plus 'alternatifs' comme des préparations ou des huiles mais plutôt des produits 'classiques' comme le virus de la granulose ou le soufre. Cela pourrait être lié à la taille élevée de la structure, avec un nombre important de salariés, qui ne lui donne pas la réactivité nécessaire pour ce genre de produits. L'agriculteur développe : « *C'est important ce facteur organisationnel. [...] Parce que toutes ces méthodes qui vont sur la réduction d'intrants, impliquent quelque part une disponibilité des ressources humaines. Forte. Sauf que d'un point de vue sociétal ça va pas quoi. Les gens ils veulent leur temps libre, leur temps disponible* ». Il ajoute ensuite qu'une petite structure sans ou avec peu de salariés ne rencontre pas ce genre de problème. Il termine : « *Moi j'adhère à l'idée, si on pouvait réduire les intrants, avoir des pratiques plus vertueuses et tout ça. Mais il faut savoir aussi trouver la bonne jauge. Le bon compromis quoi.* » Cette idée de compromis a en effet été récurrente lors des entretiens, et dépend des objectifs et contraintes de chaque structure.

3. (AGRI8) Moyenne structure diversifiée, en circuit mixte. Accent sur le nombre de leviers utilisés et expérimentés, particulièrement en lutte biologique directe.

Cette structure, de taille moyenne en circuit mixte, est en bio depuis le début des années 2000 et depuis quelques années en biodynamie. Sa stratégie repose sur le plus grand nombre de leviers (21) et sur une diversification générale de sa structure. L'agriculteur explique que son raisonnement s'articule autour du fait de « *considérer le verger comme un système agricole global. C'est pour ça qu'il y a n'y a pas que des arbres fruitiers* ». Il y a donc « *Des petits fruits, des légumes, un peu de mélanges fleuris* ». Pour ces derniers, la stratégie est un peu une combinaison des deux précédentes ; aussi bien favoriser la biodiversité spontanée que faire des semis là où elle est plus faible. L'agriculteur poursuit : « *des haies dans le verger, de noisetier. [...] Un peu d'animaux.* » Cette structure mobilise ainsi le plus de leviers, particulièrement de lutte biologique directe, avec notamment l'introduction d'animaux, facilitée par des parcelles en un seul tenant. Lors de l'entretien, cet agriculteur a aussi mentionné un grand nombre de personnes qui lui ont donné envie de tester de nouvelles techniques ou avec lesquelles il échange régulièrement. Il explique ainsi s'appuyer sur « *Des concertations entre collègues aussi [pour] savoir ce qu'on fait. T'en es où, tu fais quoi, moi j'ai fait ci, on va peut-être y aller* ». Enfin, la notion de compromis a été évoquée. Il s'agissait ici de l'augmentation de l'utilisation de plastique pour les filets alt'carpo, « *Parce que bon pour nous le filet c'est du pétrole* ». Mais l'agriculteur ajoute : « *D'un autre côté aujourd'hui je me dis, s'il faut que je passe dix fois en tracteur, je brûle aussi du gasoil aussi en mettant [des traitements]* »

Cette analyse a fait apparaître trois stratégies de protection, dont les différences sont résumées dans le tableau 5.

Leviers	AGRI2	AGRI6	AGRI8
Nombre de leviers	Faible	Faible	Elevé, beaucoup d'expérimentation
Prophylaxie	Pas de réduction de l'inoculum pour la tavelure mais élimination manuelle d'organes contaminés	Accent sur la prophylaxie.	
Contrôle culturel	Diversification en variétés, dont résistantes/tolérantes.	Peu diversifié et pas de variétés résistantes.	Diversification en espèces et variétés, dont résistantes/tolérantes.
Lutte biologique directe		Produits de biocontrôle 'classiques' comme le virus de la granulose ou le soufre. Peu de réactivité du fait de la taille de la structure.	Produits de biocontrôle 'classiques' et plus alternatifs (huiles, extraits de racines) + Introduction d'animaux
Lutte biologique indirecte	Favorise les plantes naturellement présentes au verger	Semis de plantes de service sur l'inter-rang et envisagé aussi sur le rang	Favorise la biodiversité spontanée là où elle est présente + réalise des semis là où elle est plus faible
Lutte physique	Commence à utiliser des filets Alt'carpo mais réticences sur le fait que ce soit du plastique + que ça 'enferme' l'arbre (régulation naturelle, nourriture pour les oiseaux)		Utilise des filets Alt'carpo, réticences sur le fait que ce soit du plastique mais estime que cela réduit l'utilisation de carburant

Tableau 4: Différences entre les stratégies (pomme)

IV. Tomate

A. Leviers et Cibles

Les problématiques primaires les plus citées par les structures enquêtées sont *Tuta absoluta* ainsi que la Cladosporiose (*Figure 9*). Ce sont aussi les plus citées en problématique secondaire, ainsi que les pucerons et les noctuelles. *Tuta absoluta* est citée comme cible pour le plus grand nombre de leviers (11) alors que la Cladosporiose n'est citée que pour 4 d'entre eux (*Figure 10*). Cela pourrait traduire un manque de leviers disponibles pour la cladosporiose, ou au contraire la nécessité de combiner plusieurs leviers pour *Tuta absoluta*. Les produits de biocontrôle regroupent le plus grand nombre de cibles (10), potentiellement car il en existe de nombreuses modalités. Au contraire, des leviers comme les variétés résistantes ou les filets sont cités pour un seul bioagresseur. Les leviers plantes de service, désherbage mécanique et Infrastructures Agro-écologiques (IAE) ont comme objectif principal la favorisation des auxiliaires, au lieu d'être ciblés contre un bioagresseur précis.

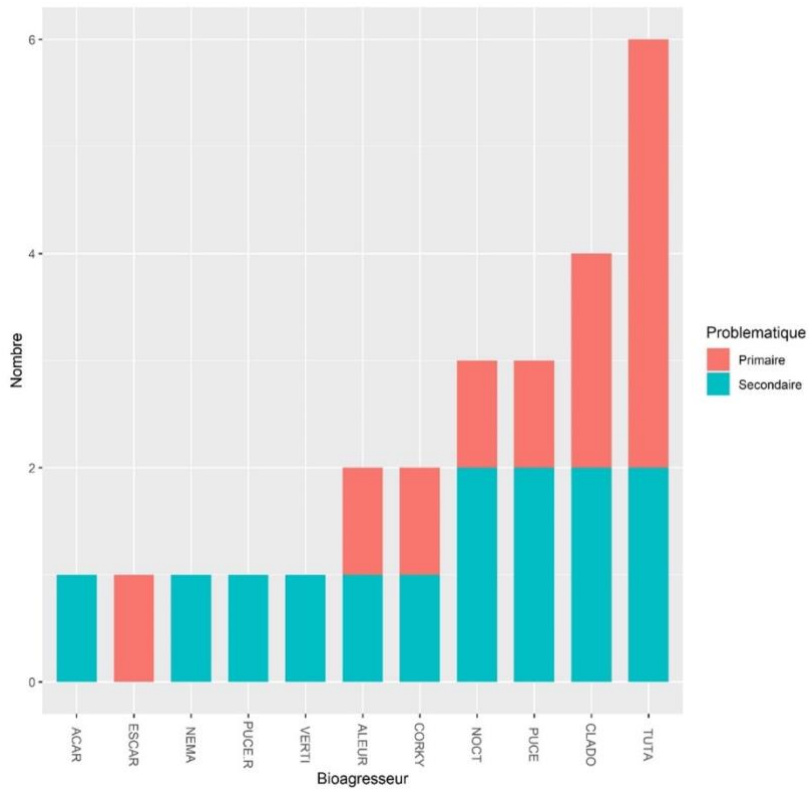


Figure 9: Nombre de fois qu'un bioagresseur est cité comme étant problématique (tomate)

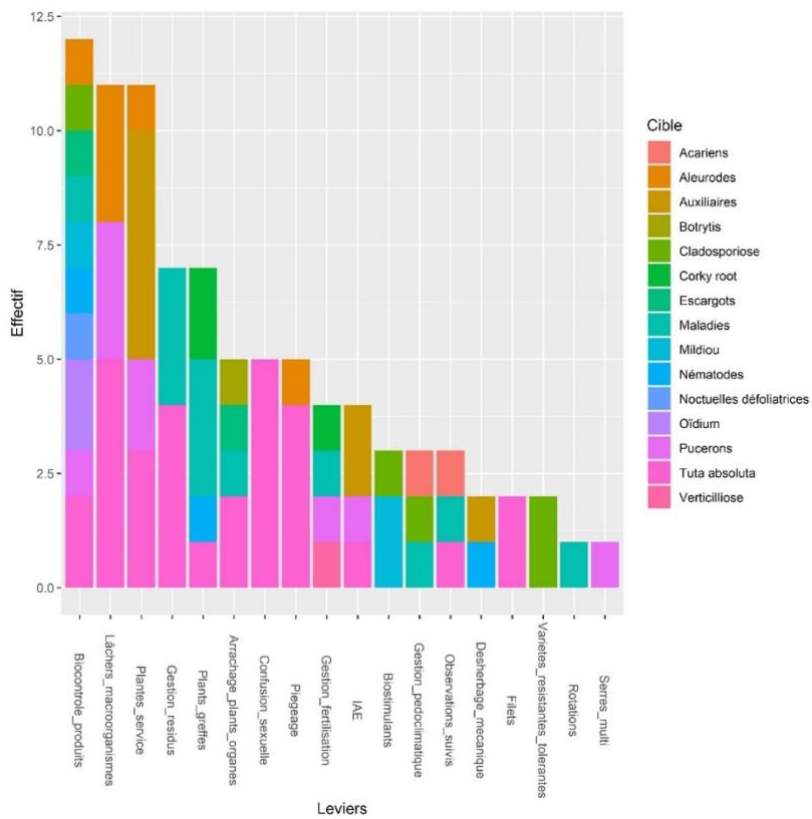


Figure 10: Cibles citées pour chaque levier (tomate)

Dans la figure 11, l'on peut voir que plusieurs leviers sont utilisés par l'ensemble du groupe : la gestion des résidus (9 adoptions), produits de biocontrôle (8) et désherbage mécanique (8). Les leviers plantes de service (7), IAE (7) et gestion pédoclimatique (7) sont aussi largement adoptés. Ils semblent en effet faire partie des pratiques acceptées et intégrées chez les structures enquêtées, même si il peut y avoir des différences de modalités entre les structures (cf partie leviers focus). Des leviers comme les filets, les biostimulants ou la gestion de la fertilisation ont été peu évoqués lors des entretiens.

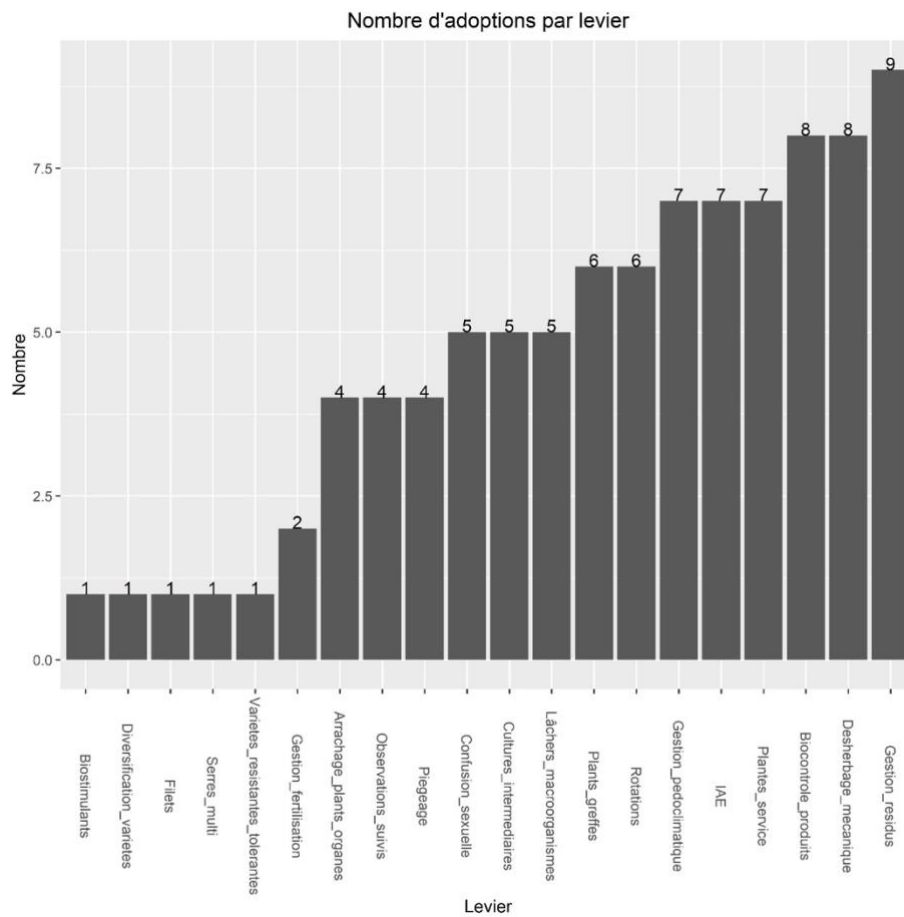


Figure 11: Nombre d'adoptions par levier (tomate)

B. Profils

L'analyse AFM des structures en maraichage a permis d'identifier deux axes explicatifs. La dimension 1, qui explique 29.5% des variations, est principalement liée aux catégories lutte biotechnique, total leviers, contrôle cultural et lutte physique (*Figure 12*). La dimension 2, qui explique 22,2% des variations, est principalement liée aux groupes raisonner la protection et lutte physique. Ces dimensions expliquent au total 51,7% des variations, ce qui reste relativement faible. Ainsi, il est nécessaire de prendre ces résultats avec précaution. Dans la figure 13, un cos2 élevé permet d'indiquer les individus qui contribuent le plus aux axes. Dans ce cas, il s'agit des structures AGRIT3, AGRIT4, et AGRIT6. Leur position sur les dimensions permet de relever certaines caractéristiques, en fonction des leviers discriminants résumés dans le tableau 4.

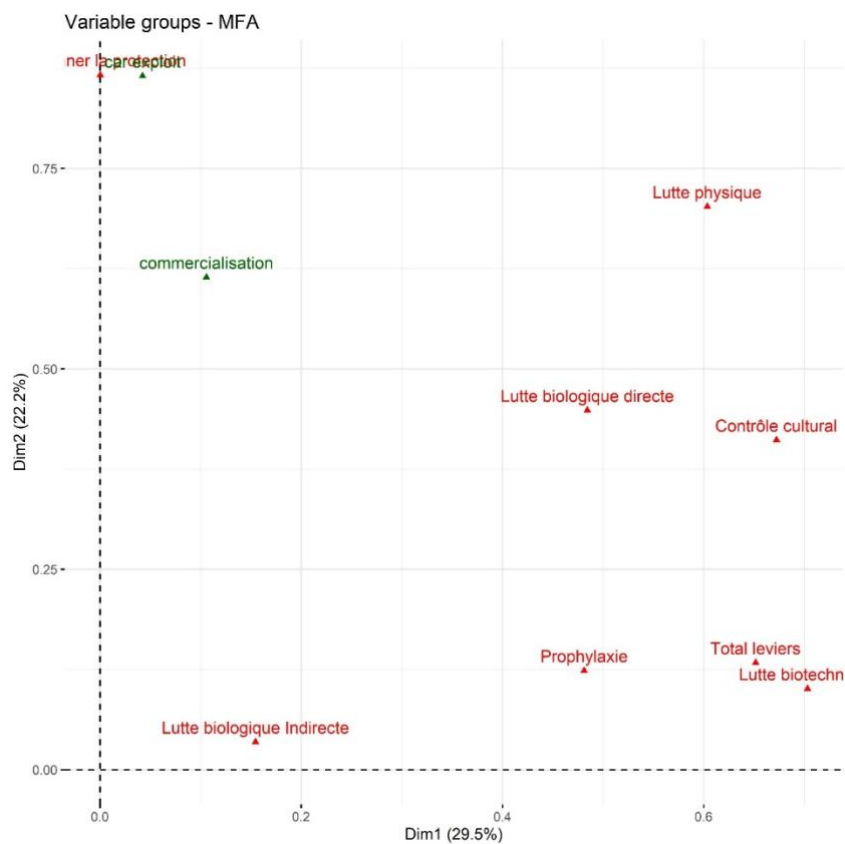


Figure 12: AFM, positionnement des groupes explicatifs (tomate)

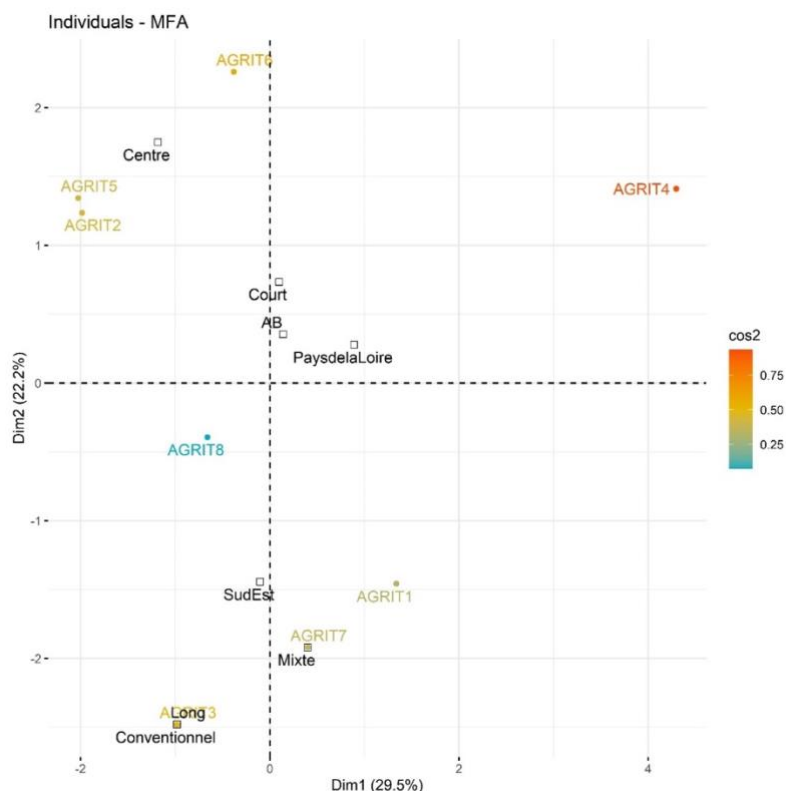


Figure 13: AFM, positionnement des groupes structures (tomate)

Variables discriminants	AGRIT3	AGRIT4	AGRIT6
Corrélation avec les axes (13)	(-) Axe 2	(+) Axe 1	(+) Axe 2
Nombre de leviers	Faible (9)	Elevé (17)	Elevé (15)
Catégories (Figure 12)	(-) Raisonner la protection (-) Lutte physique	(+) Lutte biotechnique (+) Contrôle culturel (+) Lutte physique	(+) Raisonner la protection (+) Lutte physique
Leviers (Figure 14)	(+) Lâchers macro-organismes (+) Confusion sexuelle (-) Observations et suivis (-) Gestion pédoclimatique (-) Variétés résistantes/tolérantes	(+) Filets (+) Nombre de leviers (+) Variétés résistantes/tolérantes (+) Biostimulants (-) Serres multi	(+) Observations et suivis (+) Gestion pédoclimatique (-) Lâchers macro-organismes (-) Confusion sexuelle
Variables supplémentaires (Figure 13)	(+) SAU (+) UTH (+) Circuit long (-) Diversification espèces		(+) Diversification espèces (+) Circuit court (-) SAU (-) UTH

Tableau 5: Profils identifiés lors de l'analyse (tomate). (Les leviers surlignés en jaune correspondent aux leviers qui seront approfondis dans la partie leviers focus)

L'on peut ainsi noter que les leviers gestion de résidus, produits de biocontrôle, IAE, gestion des résidus et utilisation de plants greffés, qui étaient adoptés par la grande majorité des structures, sont peu discriminants. Cette analyse a ensuite permis de mettre en évidence plusieurs leviers discriminants, dont deux ont été choisis pour une analyse en profondeur : les lâchers de macro-organismes ainsi que les variétés résistantes/tolérantes. A cela s'ajoutent les leviers produits de biocontrôle et plantes de service, qui sont plus faiblement discriminants mais qui ont suscité un grand nombre de discussions lors des entretiens. Les stratégies d'utilisation de ces leviers, incarnées par les structures AGRIT3, AGRIT4 et AGRIT6, seront détaillées dans la discussion. De plus, les variables supplémentaires diversification, circuit de commercialisation, SAU et UTH semblent être liés à l'adoption des leviers y seront également étudiées.

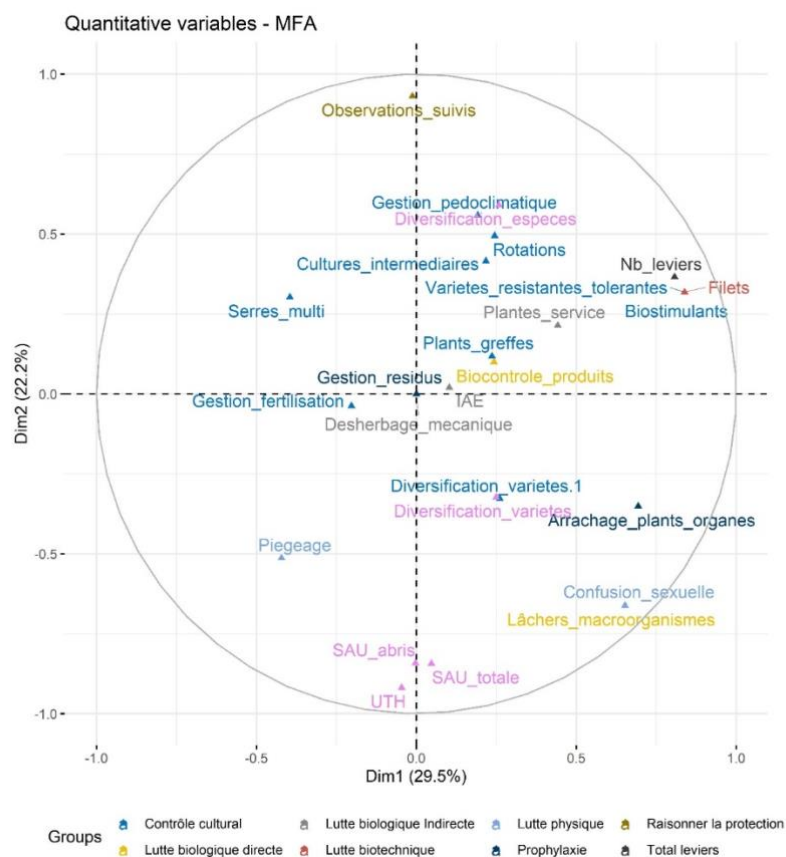


Figure 14: AFM, positionnement des leviers (tomate)

C. Leviers focus

a) Lâchers de macro-organismes

Cinq structures font des lâchers de macro-organismes, et une a mentionné ce levier sans pour autant en faire. Dans les pratiques actuelles il y a uniquement des lâchers de *Macrolophus pygmaeus*. *Tuta absoluta* et les aleurodes sont cités comme les cibles principales de ce levier, car cette punaise en est une prédatrice (Figure 10). Des lâchers de coccinelles et trichogrammes ont été testés mais ensuite abandonnés, soit parce que l'espèce est aujourd'hui bien implantée (coccinelles) soit parce que *Macrolophus pygmaeus* est plus efficace que letrichogramme. Certaines fermes pratiquent des lâchers depuis longtemps pour les aleurodes et les pucerons (dont une depuis 20 ans), d'autres ont commencé après les premières attaques de *Tuta absoluta*, souvent en combinaison avec la confusion sexuelle. Un agriculteur se positionne contre les lâchers de macro-organismes : « C'est peut-être un blocage psychologique, mais d'acheter des petites bêtes dans un labo, ça m'embête un petit peu. » (AGRIT5) Cet agriculteur va en effet préférer favoriser uniquement les espèces naturellement présentes, notamment à travers les plantes de service.

Les agriculteurs enquêtés semblent satisfaits de l'efficacité des lâchers de *Macrolophus pygmaeus*, qui permettent souvent de bien maîtriser les aleurodes et *Tuta absoluta*. « C'est une alternative qui fonctionne plutôt bien quand elle est bien faite » explique un agriculteur (AGRIT4). En effet, plusieurs personnes ont noté une efficacité assez faible au début, avant de trouver la bonne modalité. Un agriculteur raconte : « On a décidé de les mettre un peu plus tôt. Mais dans un contexte plus favorable possible. Avec des bandes fleuries, des soucis, des choses comme ça. Et les mettre directement dessus plutôt que directement sur les tomates » (AGRIT1). Cette nouvelle configuration a donné des résultats beaucoup plus intéressants. De plus, plusieurs agriculteurs utilisent ce levier avec un objectif explicite de réduction d'intrants : « Bah oui, c'est pour ça qu'on fait tous ces lâchers de bestioles et tout... C'est justement pour utiliser beaucoup moins d'intrants » (AGRIT3)

Contraintes

Les premières contraintes citées sont liées à **l'implantation des macro-organismes suffisamment tôt** pour permettre de réguler les premiers bioagresseurs. Cela peut donc relever des **conditions climatiques** ou de la **présence de nourriture**. Un agriculteur résume : « Si vous les lâchez trop tôt en saison ils ne se développeront pas et clairement vous avez perdu votre argent. Donc le souci principal des lâchers d'auxiliaires c'est la météo, [et] de les lâcher dans les bonnes conditions. » (AGRIT4). Il y a donc la possibilité de jouer avec le climat de la serre, ou encore d'introduire des plantes de service pour offrir des meilleures conditions d'implantation. Une deuxième contrainte est l'**observation** fine de *Tuta absoluta* (ou autres ravageurs) pour « mesurer la quantité de *Tuta* présente dans la culture. Ce qui nous permet d'agir au meilleur moment » (AGRIT1). Enfin, le **coût** des lâchers peut être élevé, même si un agriculteur estime que « ça valait le coup » (AGRIT1).

Interactions avec le système

L'interaction principale relevée est avec les **plantes de service**, qui peuvent permettre d'installer les macro-organismes plus tôt ou encore de pérenniser leur implantation. Un autre avantage cité est la **multiplicité des cibles**, notamment de *Macrolophus pygmaeus*.

b) Plantes de Service

Sept structures ont mis en place des plantes de service dans leurs abris et une a mentionné ce levier spontanément sans l'utiliser. La plante la plus utilisée est le souci, avec six adoptions. Elle a pour objectif de favoriser *Macrolophus pygmaeus*. Les autres plantes sont le basilic, les œillets d'inde, des plantes mellifères ou les tanaïses. Ces plantes ont des objectifs multiples, comme l'hébergement des pucerons spécifiques pour attirer les prédateurs (tanaïses) ou la perturbation de l'odorat des ravageurs (basilic). Une structure ne sème pas de plantes de service particulières mais a choisi de laisser ses plants monter à fleur pour offrir des ressources aux pollinisateurs : « *quand les choux sont finis après ils montent en fleur. Bon tout n'est pas ramassé, souvent il reste quelques choux. [...] Les insectes vont se nourrir là* » (AGRIT8). Ce levier semble un sujet de discussion assez important dans les structures enquêtées, comme le résume une maraîchère : « *On sait que ça donne à manger aux insectes. Donc de toute façon ça fait partie de la base pour moi de l'agriculture bio. Et puis c'est des trucs qu'on lit partout, qu'on entend partout* » (AGRIT8) En effet, les agriculteurs ont cité de nombreuses sources d'information et d'inspiration, allant des stagiaires, aux conseillers et à la biblio (essais du GRAB).

Il était difficile pour les agriculteurs de conclure quant à l'efficacité des plantes de service. Néanmoins, deux d'entre eux estiment que les soucis sont efficaces car ils permettent d'augmenter les populations de *Macrolophus pygmaeus* hivernant sur place.

Contraintes

La contrainte la plus citée est la **gestion de l'enherbement**. En effet, il peut être compliqué de gérer la flore qui se développe autour des plantes de service, surtout si elles sont plantées dans des zones peu accessibles (entre des poteaux, entre des plants). Pour un agriculteur, c'est même ce qui l'empêche d'utiliser ce levier : « *Techniquement pour nous c'est pas possible. [...] Et puis on veut tenir propre quoi. Si on commence à laisser de l'herbe... C'est pas que des Macro[lophus pygmaeus] qu'on garde, c'est un peu de tout* » (AGRIT3). Il ne ressent pas le besoin de semer des plantes pour attirer des prédateurs car les lâchers de *Macrolophus pygmaeus* sont faits sur les plants en pépinière. Une deuxième contrainte citée est liée à la difficulté (**technique**) de maintenir les populations de *Macrolophus pygmaeus* pendant l'hiver, comme détaillé pour les lâchers de macro-organismes.

Interactions avec le système

Les plantes de service sont néanmoins le levier avec le plus grand nombre d'avantages cités (*Figure T13*). Le premier avantage est d'**attirer naturellement les prédateurs ou pérenniser ceux introduits**, ce qui évite ou réduit la nécessité de faire des lâchers. Un agriculteur résume : « *Si on peut les attirer naturellement sans faire de lâchers supplémentaires, en termes d'éthique déjà je trouve ça génial. Et après en termes de coûts c'est vraiment gagnant* » (AGRIT4). Un autre explique ainsi qu'après 5 ans, sa population de coccinelles s'est pérennisée et il a pu arrêter les lâchers. Si la plante se resème toute seule, c'est aussi un **gain de temps** considérable. Cependant, un agriculteur pour qui les soucis ont augmenté les populations de *Macrolophus pygmaeus* note un impact négatif sur la tomate à partir d'une certaine densité : « *Ils mordent les végétaux, est ce que c'est pour se nourrir ou de colère (rires). Effectivement trop de Macrolophus c'est pas... Y'a une incidence sur la végétation au bout d'un moment* » (AGRIT7). Ce levier offre aussi la possibilité de **diversifier sa commercialisation**, avec par exemple la vente de basilic, utilisée comme plante de service dans deux structures. Enfin, les plantes semées peuvent être appréciées pour leur beauté et la diversité qu'elles apportent, rendant le **cadre de travail**

plus agréable. « *Nous on aime bien avoir des fleurs chez nous. C'est important la beauté* » (AGRIT8) explique une agricultrice.

c) *Produits de biocontrôle*

L'ensemble des structures utilise des produits de biocontrôle avec 6 modalités évoquées : Soufre, Bicarbonate de potassium, *Bacillus thuringiensis*, Bouillie bordelaise, Huile essentielle d'orange et Phosphate ferrique. C'est le levier avec le plus de cibles différentes, aussi bien des bioagresseurs aériens comme *Tuta absoluta* que des maladies comme l'oïdium (*Figure 10*). Deux agriculteurs ont eu recours au *Bacillus thuringiensis* (Bt) lors des premières infestations de *Tuta absoluta* car c'était le seul levier disponible à ce moment-là, mais il a été abandonné par manque d'efficacité. Une agricultrice l'utilise contre les noctuelles et en semble satisfaite. Il est néanmoins difficile de résumer l'efficacité de ce levier en général car chaque produit est particulier. Cependant, il y a un accord commun que ces produits peuvent être efficaces s'ils sont appliqués de façon précoce, tandis qu'une fois l'infestation déclarée il trop tard.

Contraintes

Ainsi, ce sont des produits qui demandent une **observation fine des bioagresseurs**. Car « *C'est des produits qui peuvent être efficaces mais ils doivent être appliqués à des stades très spécifiques* » (AGRIT6). De plus, une agricultrice explique qu'elle prend le temps de « *repérer le ravageur qui arrive, et s'il y a l'auxiliaire qui le mange* » (AGRIT8) pour être sûre d'utiliser un produit qu'en cas de nécessité. Enfin, les produits peuvent nécessiter des **conditions climatiques** particulières ou des **outils** pour traiter, ce qui peut contraindre leur utilisation.

Interactions avec le système

Un seul désavantage a été cité : l'agressivité pour les yeux du soufre (contre l'oïdium), qui a entraîné sa suppression par un agriculteur.

d) *Choix variétal*

Cette partie regroupe aussi bien l'adoption de variétés résistantes (1 structure) que de plants greffés (6). Un agriculteur a mentionné les variétés résistantes sans pouvoir les utiliser, et un autre a fait le choix de ne pas greffer ses plants. Les cibles pour les variétés résistantes sont la Cladosporiose, et pour les plants greffés des bioagresseurs telluriques comme le corky root ou les nématodes (*Figure 10*). Parfois l'adoption de plants greffés est liée à l'arrivée d'un bioagresseur, comme les nématodes ou *Tuta absoluta* : « *C'est à l'époque où j'ai soupçonné les nématodes d'être un peu partout, [que] j'ai commencé à planter des plants greffés.* » (AGRIT5).

Les variétés résistantes à la cladosporiose semblent être très efficaces, au point qu'« *elles ne l'attrapent jamais. Alors que toutes les variétés population l'ont* » (AGRIT4). C'est un constat similaire pour les plants greffés avec les bioagresseurs telluriques, car « *le porte greffe a l'avantage d'être très dynamique, donc même mangé il refait de la racine à un rythme suffisant pour la nutrition de la plante au-dessus.* » (AGRIT5). Pour *Tuta absoluta*, un agriculteur estime que les plants greffés permettent d'assurer la production malgré les attaques, alors qu'un autre ne voit pas de différence.

Contraintes

La contrainte principale citée pour les variétés résistantes est l'**aspect commercial**. Un agriculteur se retrouve ainsi dans une impasse avec la cladosporiose, car il ne peut pas utiliser de variétés plus

tolérantes « A cause du gout ». Il explique : « *C'est un gros problème, vu qu'on veut pas changer de variété parce que les clients adorent cette variété. On est un peu piégés là. Je pense qu'il y a des nouvelles variétés et tout, mais bon. Le temps que nos clients s'y mettent... Ça va être un peu long* » (AGRIT3). D'autres utilisent des variétés anciennes qui sont sensibles, et ont ainsi choisi de greffer leurs plants pour résoudre ce problème.

L'agriculteur qui n'a pas choisi d'utiliser de plants greffés l'a fait car la pression de bioagresseurs telluriques était trop faible pour justifier ce **coût** supplémentaire. La plupart des autres contraintes citées pour les plants greffés sont des contraintes techniques, pour réaliser la greffe. Cela nécessite en effet une certaine **maîtrise de la technique** et un **lieu adapté** avec des **conditions climatiques** particulières. « *C'est pour ça qu'on a un atelier commun* » explique le seul agriculteur qui fait lui-même ses plants greffés (AGRIT6). « *Ça demande aussi beaucoup de **main d'œuvre**. L'an dernier il a fallu 3 heures de travail pour greffer 150 pieds. Ça fait beaucoup.* » (AGRIT6). Le passage aux plants greffés peut aussi demander un temps d'adaptation, notamment pour la conduite, qui peut se faire sur deux têtes.

Interactions avec le système

Les avantages évoqués pour les plants greffés sont d'ordre agronomiques : soit la possibilité de **conduire sur deux têtes** (qui permet d'en planter moitié moins), soit de **produire plus longtemps (plus précoces/tardives)**. Mais ce n'est pas le seul critère pris en compte. En effet, un agriculteur continue à avoir des réticences à acheter ses plants car « *le porte greffe c'est des hybrides, c'est pareil. C'est en mode usine, d'un point de vue **éthique** c'est pas terrible* » (AGRIT4). Un problème contourné par celui qui les fait lui-même, pour qui c'est aussi un avantage d'avoir une **maîtrise sur les variétés** greffées au lieu de dépendre des « faiseurs de plants ».

D. Stratégies d'utilisation des leviers

Comme pour la pomme, dans cette partie il s'agit de développer les stratégies d'utilisation des leviers pour les trois structures identifiées lors de l'analyse AFM.

AGRIT3. Grande structure peu diversifiée en circuit long. Accent sur les lâchers de macro-organismes sans plantes de service et non utilisation de variétés résistantes.

Cette structure a la plus grande surface sous abris (3,5ha) et UTH (10,5) et est la seule en circuit long ainsi que la moins diversifiée (3 espèces). Pour *Tuta absoluta*, elle a une stratégie reposant sur la combinaison lâchers de macro-organismes (*Macrolophus pygmaeus*) et confusion sexuelle. Les lâchers sont faits en pépinière directement sur les plants, et il n'y a pas d'objectif de pérenniser les *Macrolophus* sur place, car les plantes de service « *techniquement pour nous c'est pas possible* ». L'agriculteur explique en effet que cela rendrait la gestion de l'enherbement trop compliquée. La confusion sexuelle, qui est utilisée depuis quelques années, a vraiment permis de compléter la gestion efficacement : « *là avec la confusion, la tuta, on n'est plus embêtés* », même si elle continue d'être présente chaque année. La stratégie pour les maladies du sol repose sur l'utilisation des plants greffés, qui donnent des résultats satisfaisants. Les rotations sont courtes, avec un délai de retour de la tomate de 1 an. Une maladie cryptogamique, la *Cladosporiose*, reste très problématique pour la structure. En effet, l'agriculteur a l'impression d'être « *piégé* » car il n'a pas la possibilité d'utiliser de variétés résistantes/tolérantes, qu'il estime être le dernier levier disponible pour lutter contre la maladie. Cela est lié aux demandes de son circuit de commercialisation dont les acteurs sont « *contents des variétés qu'on fait au niveau gustatif. On va pas changer pour la clado [Cladosporiose, ndlr]* ». Enfin, cette structure a beaucoup mentionné les échanges avec des collègues ainsi que l'apport du conseiller qui la suit pour expliquer son adoption de leviers alternatifs : « *C'est parce que on travaille beaucoup avec [le conseiller] qui est du réseau DEPHY. Et chaque fois qu'il y a une alternative aux produits chimiques, on est avertis* ».

AGRIT4. Petite structure très diversifiée en circuit court. Accent sur le nombre de leviers utilisés et combinaison lâchers de macro-organismes et plantes de service.

Cette structure, en circuit court, très diversifiée (40 espèces) et avec une surface sous abri de 0,35ha, a le plus faible UTH (1,3). Elle a une problématique *Tuta absoluta* forte, dont la réduction « *est principalement due aux filets et à la confusion* ». C'est la seule structure qui utilise le levier filets, que l'agriculteur juge efficace mais qu'il a choisi de le combiner avec la confusion sexuelle « *parce que c'était pas suffisant tout seul.* » Il ajoute : « *Y'a pas un moyen de lutte unique qui permet d'être tranquille, il faut en mettre plusieurs* ». C'est en effet le maraîcher qui utilise le plus de leviers (17) et semble enthousiaste à l'idée d'en tester des nouveaux. Ainsi, il met en place des essais avec le conseiller du groupe DEPHY, comme « *la mise en place de plantes relais dans les serres pour essayer de faire des réserves d'auxiliaires* », qui permettront de limiter les lâchers de macro-organismes. Ces derniers sont utilisés depuis longtemps contre les aleurodes et *Tuta absoluta*, mais l'agriculteur aimerait s'orienter vers une stratégie qui attire les auxiliaires naturellement et augmente davantage la biodiversité au sein des abris. Il explique aussi prendre un temps d'observation tous les jours, pour évaluer cette régulation naturelle et suivre l'état de ses cultures. Pour les maladies du sol, sa stratégie est d'exporter tous les résidus de culture. L'agriculteur ajoute : « *On perd effectivement en matière organique dans le sol mais ça permet de limiter les maladies, les champignons [...], la tuta...* ». Les rotations sont aussi plus longues (4 ou 5 ans), qu'il explique être « *lié au fait que j'ai beaucoup de serres* ». Contre la cladosporiose, il

estime que « *la solution ultime c'est d'utiliser des variétés résistantes* ». Contrairement à l'agriculteur précédent, celui-ci a la possibilité d'en utiliser. Il s'agit de deux variétés hybrides F1 (dont la Paola, très utilisée en AB) qui sont jugées très efficaces contre cette maladie. Néanmoins, l'agriculteur aimerait réduire leur utilisation, parce que « *d'un point de vue éthique c'est pas terrible* ». L'agriculteur a aussi mentionné l'influence des échanges avec ses collègues, particulièrement au sein de groupes.

AGRIT6. Petite structure très diversifiée en circuit court. Accent sur la régulation naturelle (sans lâchers) et gestion des maladies du sol avec broyage de résidus.

Cette structure, en circuit court et très diversifiée (40 espèces), a la plus faible surface sous abris (0,15ha). *Tuta absoluta* n'y a jamais été détectée. Les problématiques principales sont le corky root et la verticilliose, ce qui oriente la stratégie de protection vers la gestion des maladies du sol. Ainsi, l'agriculteur a choisi de broyer les résidus de culture sur place, et plus généralement d'apporter un compost de déchets verts « *de manière à essayer d'équilibrer la population de champignon* ». En effet, l'idée est « *d'amener un support aux champignons pour qu'il y ait assez de concurrence et que le corky root et la verticilliose soient un peu moins présentes* ». Un autre levier, utilisé depuis peu, est le greffage de plants, que l'agriculteur fait lui-même. Ce choix a été fait pour favoriser des plants réalisés localement et avoir plus de maîtrise sur les variétés. Cela rejoint le raisonnement de l'agriculteur précédent, pour qui les conditions de greffage et sélection des plants posent des questions éthiques. Cependant, il estime que c'est « *difficile d'avoir un véritable retour* » sur la performance de ces plants greffés puisque c'est un levier très récent. L'agriculteur n'est pas très satisfait de ses rotations, avec un délai de retour jugé trop court pour la tomate (3 ans). Contrairement aux deux agriculteurs précédents, il ne fait pas de lâchers de macro-organismes, et préfère favoriser la régulation naturelle. L'année dernière, la régulation des pucerons s'est faite grâce à des populations de coccinelles présentes naturellement : « *Y'a comme un équilibre qui s'est fait et qui est assez satisfaisant* » explique-t-il. L'agriculteur a ainsi la « *sensation d'être dans un endroit où la biodiversité est déjà forte* », sans autres maraîchers dans les environs. Mais il sent bien que « *malgré tout, notamment dans les serres, apporter des touches supplémentaires [de biodiversité] dans des endroits quand même bien artificialisés ça aurait vraiment de l'intérêt* ». Il réalise ainsi des semis de soucis, sans pour autant avoir l'objectif de faire hiverner les populations de *Macrolophus pygmaeus* dans les serres. Il avoue néanmoins être encore à la recherche d'autres façons d'augmenter cette diversité au sein des abris. Cela passe aussi par un suivi des populations, mais il a l'impression de ne « *pas [prendre] assez de temps pour observer vraiment ce qu'il se passe. Donc du coup on n'a pas des réponses complètes* », même s'il a la possibilité de suivre un peu lors d'interventions hebdomadaires sur les tomates.

L'analyse plus détaillée de ces trois stratégies a fait apparaître quelques différences d'utilisation des leviers, résumées dans le tableau 6.

Levier(s)	AGRIT3	AGRIT4	AGRIT6
Lâchers de macro-organismes et plantes de service	Uniquement des lâchers	Lâchers + plantes de service pour pérenniser les auxiliaires	Attirer les auxiliaires naturellement présentes avec plantes de service

Choix variétal : Variétés résistantes et plants greffés	Achète des plants greffés + Ne peut pas utiliser de variétés résistantes du fait des demandes de son circuit de commercialisation	Achète des plants greffés et résistants mais voudrait réduire leur utilisation pour des raisons éthiques	Fait ses propres plants et a ainsi choisi de greffer sur place et de ne pas utiliser de variétés résistantes
Gestion des résidus		Exporte tous les résidus de culture pour réduire la propagation des maladies et ravageurs	Orienté sa stratégie sur la santé du sol pour combattre les maladies, en broyant les résidus sur place et ajoutant du compost de déchets verts
Observation et suivi de la régulation naturelle		Aimerait orienter sa stratégie plus fortement vers la régulation naturelle et prend ainsi un temps d'observation tous les jours pour l'évaluer	Estime ne pas prendre assez de temps pour ces observations, qui sont faites lors des interventions hebdomadaires sur les tomates

Tableau 6: Différences entre les stratégies (tomate)

V. Variables supplémentaires

Dans cette partie, qui regroupe la pomme et la tomate, il s'agit de discuter des variables supplémentaires identifiées lors des analyses AFM et leur influence sur l'utilisation des leviers.

Orientation (AB, Demeter, Conventionnel, PFI)

L'orientation de la structure n'est pas apparue comme une variable discriminante lors de l'analyse, mais plusieurs études en ont souligné l'impact sur les leviers mis en œuvre (Penvern et al. 2010, Navarrete et al. 2011). La majorité des conseillers interrogés semble partager en partie ce constat, avec généralement plus de leviers adoptés chez des structures en AB. Ils expliquent cela par le cahier des charges plus contraignant, qui peut obliger ces structures à se tourner vers des leviers alternatifs. Une conseillère en arboriculture explique pour les filets Alt'carpo : « *Quand y'a vraiment un gros problème insecte en bio, comme on a pas beaucoup d'insecticides, [...] on passe au filet* ». Cela semble aussi être le cas pour les produits de biocontrôle, aussi bien pour la pomme que la tomate. Un conseiller en maraichage note cependant que ce manque de solutions peut aussi exister en conventionnel, par exemple pour les nématodes du sol, ce qui a poussé les agriculteurs de son groupe à adopter les engrais verts. Les conseillers notent aussi un impact de l'orientation sur le levier fertilisation. En effet, l'utilisation en bio d'apports organiques souvent importants en début de culture font « *qu'on a des libérations plus ou moins rapides des éléments nutritifs* » qui sont difficiles à piloter (conseiller maraichage). Il estime qu'il existe des solutions, notamment en alternant les apports de fumier et déchets verts. Plusieurs conseillers rappellent néanmoins que beaucoup de structures conventionnelles ont des cahiers des charges spécifiques, par exemple zéro résidus, qui peuvent les orienter vers des leviers alternatifs. D'autres notent que l'orientation semble peu discriminante par rapport au circuit de commercialisation.

Circuit de commercialisation

C'est la variable la plus citée par les conseillers pour expliquer l'adoption de leviers et elle est apparue comme une variable discriminante lors de l'analyse AFM. En effet, le circuit de commercialisation semble avoir un impact sur deux éléments principaux :

1. **Le choix variétal.** Les producteurs en circuit long peuvent avoir moins de flexibilité à cause des exigences des metteurs en marché, aussi bien pour les variétés résistantes ou tolérantes que pour la diversification des variétés cultivées. C'est aussi le cas pour la vente en industrie, qui a des attentes particulières en termes de variétés. Cette contrainte est ainsi ressortie systématiquement chez les producteurs enquêtés, et pourrait expliquer pourquoi le choix variétal est un levier discriminant dans les profils relevés. En effet, les deux profils qui n'utilisent pas de variétés résistantes/tolérantes (AGRIT3 en tomate et AGR16 en pomme) sont en circuit long. En circuit court, « *les producteurs vont expliquer qu'ils sont partis sur une variété résistante, pour qu'il y ait moins de traitements, et là les consommateurs sont prêts à accepter ça. Le changement de variété va s'opérer plus vite en vente directe* » (Conseiller en arboriculture). Un conseiller en maraichage rappelle néanmoins que même en circuit court, les producteurs doivent s'adapter aux envies et aux goûts de leurs clients, même s'ils ont effectivement la possibilité d'échanger avec eux là-dessus.
2. **La prise de risque.** Les producteurs en circuit long peuvent avoir des exigences plus fortes en termes de calibre et qualité. Un conseiller en arboriculture explique pour la tavelure : « *S'ils ont des exigences à l'export, avec des qualités impeccables, ils ont tendance à protéger quand-même, même*

pour des projections assez faibles. Et pour ceux qui sont en circuit court, sur ces pics là ils ne vont pas forcément traiter. Ou ils vont traiter avec un produit bio en préventif et pas faire de curatif après ». La prise de risque n'est donc pas la même, et peut ainsi conditionner l'adoption de leviers de lutte biologique directe et les modalités d'application. C'est aussi le cas en industrie, où il peut être plus facile de commercialiser des fruits avec des défauts. Globalement, si un producteur est en circuit court ou mixte, ou en industriel « *il est très tolérant parce quoi qu'il se passe, il arrivera à commercialiser ses produits* » (Conseiller maraîchage). Cette prise de risque peut être d'autant plus grande que les circuits courts ont une marge de vente plus importante. Une conseillère en arboriculture explique ainsi que la compétition hydrique des plantes de service, qui peut induire une baisse de rendement, sera moins problématique pour une structure en vente directe qui peut vendre ses fruits plus chers.

Une typologie de stratégies de protection établie par Pissonnier et al. (2016) lie aussi l'adoption de leviers alternatifs au circuit de commercialisation. En effet, chez les 35 structures enquêtées, celles adoptant des leviers alternatifs, dont l'IFT était plus bas, compensaient des rendements inférieurs par une meilleure valorisation de leur production en circuit court. L'adoption de ces leviers entraînaient aussi une main d'œuvre plus élevée. Navarrete et al. (2009) conclut ainsi que les modes de commercialisation doivent souvent être recomposés en même temps que les pratiques de production.

SAU et UTH de la structure

La SAU du verger en pomme ainsi que la SAU de la structure et la SAU sous abris en tomate étaient aussi discriminantes lors de l'analyse AFM. Selon les conseillers, ces variables sont souvent proportionnelles à l'UTH et sont discriminantes par rapport à deux éléments :

1. **Le temps de réactivité.** En effet, la surface et la main d'œuvre « *C'est quelque chose de non négligeable aussi, parce que ça sous-entend un temps d'intervention* » (Conseillère en arboriculture) En effet, une plus grande structure va mettre plus de temps à traiter toutes ses parcelles. Par conséquence, il lui sera plus difficile d'utiliser des produits très dépendants des conditions climatiques comme ceux de biocontrôle. De plus, une main d'œuvre importante implique des contraintes logistiques qui lui donnent encore moins de réactivité. Une conseillère en arboriculture explique : « *Par exemple quelqu'un qui est tout seul sur son exploitation, peu importe qu'il soit samedi ou dimanche, il doit intervenir, il va intervenir. S'il a des salariés il ne pourra pas gérer de la même façon* ». Cette contrainte a en effet été citée par le producteur de pomme avec la plus grande surface dans cette enquête, et pourrait expliquer sa réticence à utiliser des leviers de lutte biologique directe. Un conseiller note aussi la présence de chefs de culture dans les grandes exploitations, qui ne vont pas pouvoir prendre les mêmes risques qu'un producteur
2. **La mise en place de pratiques intensives en main d'œuvre.** Par exemple, un conseiller explique que l'utilisation de filets Alt'carpo est facilitée par un UTH plus élevé, car ils peuvent être pénibles à déployer seuls. L'étude de Pissonnier et al. (2016) note aussi que l'emploi d'un à trois permanents facilite l'adoption de ce levier. De plus, un producteur avec une équipe peut avoir plus de temps pour le suivi et l'observation des ravageurs. Enfin, une conseillère en maraîchage note que les producteurs de petites structures avec un UTH très bas peuvent souvent être débordés par la charge de travail et être moins enthousiastes à l'idée de tester de nouveaux leviers.

Diversification

La diversification en espèces a été retenue comme une variable discriminante lors de l'analyse AFM, aussi bien pour la pomme que pour la tomate. En effet, pour plusieurs conseillers, la diversité spécifique au sein d'une structure implique moins de temps à investir par culture, surtout si une part importante de l'activité est dédiée à la commercialisation. Ainsi, ces agriculteurs vont potentiellement avoir moins de temps pour le suivi de la culture, ou l'adoption de leviers spécifiques à cette espèce. Un conseiller résume : « *Eux, c'est dilué par les autres problèmes, c'est « J'ai perdu 20% de mes tomates je m'en fous ». Tu vas en spécialisé, tu fais « bon, on va peut-être s'y attaquer ».* Ainsi, sur la fertilisation, un conseiller en maraichage note que les structures les plus avancées sont celles qui sont spécialisées car elles peuvent adapter au mieux la fertilisation à l'espèce cultivée. Un autre a remarqué que les structures les plus diversifiées abandonnaient souvent l'idée d'utiliser des produits (même biocontrôle) car la surface cultivée pour chaque espèce était tellement faible qu'ils avaient peu de retours sur les traitements et prenaient trop de temps à les faire. Ces différences n'ont néanmoins pas été relevées chez les structures enquêtées lors de cette étude. Au contraire, le nombre de leviers mis en œuvre était positivement corrélé à la diversification en espèces, aussi bien en tomate qu'en pomme. Cependant, en pomme, les structures enquêtées consacraient quand même une grande partie de leur temps à cette espèce ; même si certaines étaient un peu diversifiées, les autres cultures étaient minoritaires. En tomate, la grande majorité des structures étaient très diversifiées, donc il est difficile de conclure sur cette question. Mais finalement, les données de cette étude rejoignent peut-être le constat de Navarrete et al. (2011) pour qui les structures spécialisées conduisent à l'exacerbation des problèmes pathologiques, réduisant ainsi les marges de manœuvre techniques pour écologiser les pratiques.

Autres variables non (ou peu) quantifiées dans cette étude

- **Les conditions climatiques et pédoclimatiques locales**, qui influencent la pression des ravageurs. Cette variable a été souvent mentionnée par les conseillers, notamment pour les filets Alt'carpo, qui sont peu adoptés dans les Hautes Alpes car la pression carpocapse est plus faible. Néanmoins, aucune différence significative de leviers n'a été relevée dans cette enquête entre les deux bassins de production étudiés. Cependant, cette variable est apparente dans les stratégies identifiées. Par exemple, en tomate, l'agriculteur qui oriente sa stratégie sur les maladies du sol n'a pas de *Tuta absoluta* et a au contraire une forte pression de bioagresseurs telluriques. Dans leur étude, Pisonier et al. (2016) ont aussi relevé ce facteur comme pouvant influencer la mise en place de levier. Le climat peut aussi conditionner les modalités des leviers, par exemple les semis de plantes de service qui vont être facilités par une pluviométrie plus élevée.
- **L'environnement autour des parcelles**. Cette variable peut avoir une influence sur la pression de bioagresseurs (autres structures maraîchères/arboricoles, vergers abandonnés) mais aussi sur la biodiversité et les auxiliaires présents autour des parcelles. Cet élément est ressorti dans les stratégies de production, avec par exemple l'AGRIT6 en tomate qui ne fait pas de lâchers de macro-organismes car il estime être entouré d'une biodiversité élevée et voudrait favoriser les auxiliaires naturellement présents. L'AGRI8 ou l'AGRI2 en pomme procèdent d'une logique similaire pour les plantes présentes dans le verger. Un conseiller en maraichage note ainsi que des infrastructures agroécologiques similaires ne multiplient pas les mêmes auxiliaires en fonction des fermes. « *Ça dépendait totalement de la biodiversité intrinsèque au site* » explique-t-il. La nature des structures agricoles voisines peut aussi conditionner les modalités des leviers ; par exemple des structures d'élevage pour l'introduction d'animaux ou du fumier. Une étude sur les stratégies de protection

en pêcher appelle donc à évaluer plus précisément l'environnement autour des parcelles pour comprendre leur influence (Penvern et al. 2010)

- **L'historique de la structure.** Cette variable a été mentionnée plusieurs fois par les conseillers, notamment pour les leviers en lien avec le sol (par exemple des sols fatigués, ou au contraire en bonne santé grâce à des pratiques mises en place par les générations précédentes), pour la présence d'outils particuliers ou la situation financière.
- **L'expérience.** Une conseillère en arboriculture explique le grand nombre de leviers mis en place par une structure par le fait qu'elle a atteint un « *rythme de croisière* », que la production est bien maîtrisée et que l'agriculteur a ainsi plus de possibilités de tester de nouvelles choses. En maraîchage, les conseillers l'ont mentionné pour la connaissance fine des bioagresseurs ou la maîtrise des rotations. Pour d'autres, c'est au contraire le fait de s'installer qui permet de mettre en place de nombreux levier, car il y a la possibilité de repenser entièrement le système. Une étude sur les stratégies de protection en vergers de pommiers n'a cependant pas trouvé d'impact significatif de l'expérience (Marliac et al. 2015).
- **La motivation personnelle.** Cette variable semble jouer plus généralement sur les types de leviers mis en œuvre. Un conseiller en arboriculture résume pour les plantes de service : « *C'est vraiment un intérêt personnel des producteurs pour ces thématiques. Certains sont très intéressés et posent des questions sur ce genre de chose, d'autres moins. C'est plus ça, ça ne dépend pas des types de structure.* » Pissonnier et al. (2016) intègrent en effet cette variable dans leur typologie, en évaluant l'intérêt général du producteur pour l'impact environnemental de sa production.
- **Le réseau de conseil.** Cette variable était difficile à évaluer dans cette étude, mais Lamine et al. (2017) ont noté qu'elle avait un impact significatif sur le nombre de traitements ou les techniques utilisées. Lors des entretiens, les producteurs ont souvent mentionné une source d'inspiration pour expliquer l'adoption des leviers ; aussi bien des collègues, des membres du groupe DEPHY, que les conseillers. Un conseiller en maraîchage explique ainsi que ses producteurs ont tendance à exporter les résidus de culture hors des abris (stratégie de l'AGRIT4) car c'est ce qui était conseillé par son prédécesseur. Lui au contraire voudrait changer cette pratique, pour favoriser la santé du sol (stratégie de l'AGRIT6).

VI. Conclusion

La conclusion de ce rapport se focalise sur les leviers du projet CAP ZERO PHYTO, et les éléments de cette étude qui pourraient être utilisés pour orienter les ateliers.

Fertilisation

Ce levier a été plus souvent mentionné en pomme qu'en tomate. L'orientation semble être déterminante, avec une plus grande possibilité de piloter finement les apports en conventionnel/PFI. En AB, il s'agit plutôt d'une réflexion sur les types d'apports, avec une plus grande difficulté de mesurer la quantité utilisée par les plantes (surtout en maraîchage). Des structures spécialisées ont aussi une plus grande possibilité de piloter les apports en fonction de la culture. Enfin, des structures en circuit court ont plus de flexibilité par rapport au rendement que des structures en circuit long ce qui leur donne plus de marges de manœuvre sur la fertilisation, même si celles en AB ont des problématiques d'alternance à considérer.

Choix variétal

Le circuit de commercialisation semble être la variable la plus déterminante pour ce levier. En effet, des structures en circuit long auront moins de flexibilité, surtout en arboriculture, car leur circuit de commercialisation prend plus de temps à s'adapter à de nouvelles variétés. Cela est aussi lié à l'acceptation des consommateurs, qui pourrait être plus rapide lorsqu'il y a un contact direct avec le producteur. Le temps d'adaptation est aussi plus long en arboriculture qu'en maraîchage, car ce sont des espèces pérennes. De plus, l'accessibilité des variétés reste cruciale pour en favoriser l'adoption. Et même lorsqu'elles sont accessibles, les cibles de ces tolérances/résistantes sont parfois limitées et risquent d'être contournées. Enfin, dans les petites structures maraîchères très diversifiées enquêtées, il y a potentiellement peu de marges de manœuvre pour les variétés F1 résistantes ou tolérantes. En effet, il semble y avoir de plus en plus d'intérêt pour des variétés population, pour lesquelles il est cependant possible d'avoir recours au greffage.

Plantes de Service

Il semble y avoir un fort intérêt pour ce levier, aussi bien en arboriculture qu'en maraîchage, et il est très largement adopté. Ce levier est utilisé aussi bien pour attirer les auxiliaires que pour éloigner les bioagresseurs, ainsi que pour apporter de la biomasse. Cependant l'implantation dépend fortement des spécificités de la structure, notamment le type de sol, la pluviométrie, et les outils à disposition. De plus, des plantes s'intégrant facilement dans l'organisation du travail seront plus facilement adoptées (ex. semis avant ou après la récolte, ou plantes qui se ressèment d'une année à l'autre). En outre, leur utilisation dépend de la stratégie de gestion de l'enherbement de la structure. Cette étude a aussi mis en avant des structures qui préfèrent favoriser la flore spontanée- et qui seront ainsi potentiellement moins intéressées par les plantes de service. Enfin, c'est le levier pour lequel les personnes enquêtées ont formulé le plus de demandes d'informations- notamment des données plus précises sur les cibles de plantes particulières.

Biocontrôle

Ce levier est très largement adopté parmi les structures enquêtées. La taille de la structure semble néanmoins être déterminante, car l'organisation de la main d'œuvre réduit la réactivité- qui est essentielle pour des produits ayant une forte interaction avec les conditions climatiques. Les personnes

enquêtées ont ainsi formulé des besoins d'information sur les conditions favorables à l'application de certains produits, ainsi que des modélisations locales fiables des cycles des bioagresseurs et des prévisions climatiques, avec des inquiétudes sur des modifications liées au réchauffement climatique. Il y a eu un retour très positif d'Outils d'Aide à la Décision comme RIMPRO en pommier pour la Tavelure, qui permet justement de mieux cibler les applications. Pour certaines stratégies relevées dans cette étude, il y a un couplage entre les lâchers de macro-organismes et les plantes de service en maraîchage. Cependant, d'autres structures souhaitent favoriser la régulation naturelle, et auront ainsi plus d'intérêt pour les plantes de service que les lâchers de macro-organismes.

Perspectives d'utilisation des résultats de cette étude

Cet état des lieux des leviers alternatifs utilisés en culture de pommier et tomate, construit aussi bien à travers des retours d'agriculteurs que de conseillers, servira comme point de départ pour les ateliers du projet CAP ZEROP PHYTO en 2022. Ces informations sont aussi formalisées dans une base de données, qui a vocation à être enrichie au fur à mesure du projet. Elle permettra ainsi un accès rapide, mobilisable lors des ateliers, des différentes expertises de terrain recueillies lors de cette étude ainsi que les résultats d'expérimentations des partenaires de la suite du projet. En effet, ces informations peuvent être très complémentaires et manquent souvent des résultats scientifiques expérimentaux. Enfin, les résultats de cette étude seront présentés à des conseillers et producteurs en automne 2021 pour les informer du projet et identifier ceux et celles qui seraient intéressés par les ateliers.

VII. Bibliographie

- Akrich, M., Callon, M., Latour, B., 1988. A quoi tient le succès des innovations ? 1 : L'art de l'intéressement; 2 : Le choix des porte-parole. Gérer et Comprendre. Annales des Mines.
- Chambre d'Agriculture, n.d. DEPHY FERME [WWW Document]. URL <https://chambres-agriculture.fr/recherche-innovation/dephy-ecophyto/dephy-ferme/>
- Charreyron, 2016. Gestion du Campagnol Provençal en Verger. Les Techniques Alternatives.
- Ecophyto, 2020. Note de suivi 2018-2019.
- Ephytia [WWW Document], n.d. URL <http://ephytia.inra.fr/fr/Home/index> (accessed 8.12.21).
- Guichard, L., Dedieu, F., Jeuffroy, M.-H., Meynard, J.M., Reau, R., Savini, I., 2017. Le plan Ecophyto de réduction d'usage des pesticides en France : décryptage d'un échec et raisons d'espérer. Cahiers Agricultures 26, 1–12. <https://doi.org/10.1051/cagri/2017004>
- Guiavarach, L., Riaux, N., 2018. La pomme au stade détail en 2017. FranceAgriMer.
- Guillou, M., Guyomard H., Huyghe, C., Peyraud, J.-L. 2013. Le projet agro-écologique. Vers des agricultures doublement performantes pour concilier compétitivité et respect de l'environnement. Propositions pour le ministre. Agreenium & Inra
- Hill, S.B., Vincent, C., Chouinard, G., 1999. Evolving ecosystems approaches to fruit insect pest management. Agriculture, Ecosystems & Environment 73, 107–110. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00019-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00019-5)
- Lamine, C., Simon, S., Audergon, J.M., Penvern, S., Clauzel, G., Garçon, L., Buis, S., Pluvinage, J., 2017. Réalités et perspectives de l'écologisation en arboriculture fruitière - Pour une approche intégrée à partir du cas des vergers de pêchers et d'abricotiers en Rhône-Alpes. Innovations Agronomiques 59, 103–118. <https://doi.org/10.15454/1.5138445077696033E12>
- Lauri, P.-E. (ed), Navarrete, M. (ed), Parrot, L. (ed), Simon, S. (ed), 2014. Conception de systèmes horticoles innovants : bases biologiques, écologiques et socio-économiques. INRA.
- Legifrance, 2018. Vocabulaire de l'agriculture. Journal Officiel de la République Française.
- Marguerie, M. (INRA, 2011. Diversification des cultures dans les exploitations maraîchères biologiques : conséquences sur les gestions agronomique et commerciale. Cas de la basse vallée de Durance, PACA.
- Marliac, G., Penvern, S., Barbier, J.-M., Lescourret, F., Capowiez, Y., 2015. Impact of crop protection strategies on natural enemies in organic apple production. Agron. Sustain. Dev. 35, 803–813. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0282-5>
- Navarrete, M., Bellon, S., Geniaux, G., Lamine, C., Penvern, S., SAUTEREAU, N., Tchamitchian, M., 2011. L'écologisation des pratiques en arboriculture et maraîchage. Enjeux et perspectives de recherches. Dossiers de l'Environnement de l'INRA 65–80.
- Navarrete, M., 2009. How do Farming Systems Cope with Marketing Channel Requirements in Organic Horticulture? The Case of Market-Gardening in Southeastern France. Journal of Sustainable Agriculture 33, 552–565. <https://doi.org/10.1080/10440040902997785>
- Penvern, S., Bellon, S., Fauriel, J., Sauphanor, B., 2010. Peach orchard protection strategies and aphid communities: Towards an integrated agroecosystem approach. Crop Protection 29, 1148–1156. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.06.010>
- Pissonnier, S., Lavigne, C., Toubon, J.-F., Le Gal, P.-Y., 2016. Factors driving growers' selection and implementation of an apple crop protection strategy at the farm level. Crop Protection 88, 109–117. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.06.007>
- Simon, S., Marliac, G., Capowiez, Y., 2015. Quelles pratiques agroécologiques pour contrôler les bioagresseurs dans un système pérenne, le verger de pommiers?
- Urban, L., Charles, F., de Miranda, M.R.A., Aarouf, J., 2016. Understanding the physiological effects of UV-C light and exploiting its agronomic potential before and after harvest. Plant Physiol Biochem 105, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.04.004>

VIII. Annexes

Annexe 1-Bioagresseurs

Type	Nom	Description	Dégâts
Maladie fongique	<i>Venturia inaequalis</i> (Tavelure)	Champignon spécifique au pommier, qui se conserve sur les feuilles mortes au sol pendant l'hiver sous la forme de spores (nommés ascospores). Une fois arrivées à maturité, ces ascospores sont projetées par la pluie et ensuite le vent. Une contamination a lieu lorsque les conditions sont réunies (durée d'humectation du feuillage minimum, en fonction de la température) pour que les spores puissent germiner et pénétrer le feuillage.	Taches brunes et veloutées sur les feuilles, dessèchement de la fleur, croutes noirâtres liégeuses sur les fruits.
Maladie bactérienne	<i>Erwinia amylovora</i> (Feu bactérien)	Bactérie infectant les végétaux en pénétrant par les ouvertures naturelles (ex. base des fleurs ou plaies). Elle envahit peu à peu l'intérieur de l'arbre en progressant vers la base et hiverne au niveau de chancres situés sur le tronc de l'arbre. Au printemps la bactérie recommence à se multiplier et produit un exsudat qui peut être disséminé par les insectes, le vent, la pluie ou les activités humaines (ex. outils de taille). Il existe de nombreuses plantes hôtes dans la famille des rosacées.	Nécrose des tissus, flétrissement des rameaux et branches, momification des jeunes fruits. Il peut y avoir un dépérissement de l'arbre si la nécrose atteint le porte-greffe. Le porte-greffe M9 est particulièrement sensible.
Maladie fongique	<i>Podosphaera leucotricha</i> (Oïdium)	Champignon hivernant entre les écailles des bourgeons sous forme de mycelium. Le développement du mycélium au printemps produit des conidies qui peuvent être disséminées par le vent sur d'autres organes et arbres. Contrairement à la tavelure, l'oïdium n'a pas besoin de pluie pour la germination, même si une hygrométrie élevée favorise l'infection.	Feutrage mycélien blanchâtre sur les rameaux, bourgeons, et feuilles qui peuvent se dessécher. Les fleurs et fruits peuvent avorter, et les fruits développer un épiderme rugueux.

Ravageur	<i>Dysaphis plantagniea</i> (Puceron cendré)	Puceron formant des colonies au moment de la floraison du pommier. Les adultes ailés migrent vers le plantain avant de revenir sur le pommier de septembre à novembre. Les œufs sont déposés à la base des bourgeons pour ensuite éclore à leur gonflement. Le puceron se nourrit de la sève des végétaux et est donc attiré par les jeunes pousses et les arbres vigoureux. Il rejette aussi un miellat sur lequel peut se développer la fumagine. 2 à 3 générations se succèdent. Le puceron cendré est régulé naturellement par l'hyménoptère parasitoïde <i>Aphelinus mali</i> .	Les piqures réalisées pour se nourrir provoquent des déformations des organes végétaux. Les feuilles peuvent se recroqueviller, les rameaux se déformer et les fruits restent petits et bosselés.
Ravageur	<i>Eriosoma lanigerum</i> (Puceron lanigère)	Puceron se reproduisant par parthénogénèse sur le pommier (en Europe). Les larves et femelles hivernent sur l'arbre et se reproduisent au printemps, formant des colonies blanchâtres. Près de 10 à 12 générations peuvent se succéder en automne. Ce puceron se nourrit par ponction de la sève des parties ligneuses ou des jeunes pousses (et non des feuilles). <i>Aphelinus mali</i> peut aussi le parasiter.	Boursoufflures et chancres entravant la circulation de la sève. Les arbres atteints peuvent dépérir et devenir des proies pour des ravageurs secondaires
Ravageur	<i>Cydia pomonella</i> (Carpocapse)	Insecte de l'ordre des lépidoptères dont la larve (chenille) se développe dans les fruits. Il peut y avoir 2 ou 3 générations en fonction du climat (3 dans les régions plus chaudes).	Les chenilles pénètrent dans les fruits et y creusent des galeries. Elles peuvent être vectrices de moisissures.
Ravageur	<i>Hoplocampa testudinea</i> (Hoplocampe)	Insecte de l'ordre des hyménoptères dont la larve se développe dans les fruits. En fin de développement larvaire (mai/juin) le fruit tombe et la larve diapause au sol.	Les larves dévorent les fruits de l'intérieur, provoquant leur chute. Lorsque les fruits ne tombent pas ils présentent une cicatrice liégeuse en sillon. Les dégâts sont similaires à ceux du carpocapse mais s'observent plus tôt dans la saison.
Ravageur	<i>(Anthonomus pomorum)</i> Anthonome	Insecte de l'ordre des coléoptères dont la larve se nourrit des organes de reproduction (ovaires et étamines) et de la face interne des pétales. Les adultes piquent les bourgeons pour se nourrir.	Les larves se nourrissant des pièces florales, les fleurs brunissent et prennent l'aspect d'un 'clou de girofle'. Les dégâts occasionnés par les adultes sont moins importants.

Ravageur	Campagnols (<i>Clethrionomys glareolus</i> , <i>Arvicola terrestris</i> , <i>Microtus agrestis</i> , <i>Pitymys duodecimcostatus</i> ou <i>Microtus arvalis</i> en fonction de la région)	Rongeurs se nourrissant de végétaux, des parties souterraines des plantes, racines, bulbes et rhizomes. Ont souvent des taux de reproduction élevés et des générations courtes. Leur activité est principalement souterraine et leurs terriers formés de galeries ramifiées.	Dégâts aux racines, surtout des jeunes arbres, qui peuvent donner lieu à l'affaiblissement de l'arbre ou à son dépérissement. (Charreyron 2016)
----------	--	--	--

Tableau 7: Bioagresseurs Pomme (Ephytia)

Type	Nom	Description	Dégâts
Maladie fongique	<i>Botrytis cinerea</i> (pourriture grise)	Champignon hivernant au sol ou sur des débris végétaux sous plusieurs formes. Au printemps, les conidies sont transportées par le vent ou la pluie et germent sur des organes mouillés ou lorsque l'humidité ambiante est d'au moins 90%.	Le mycélium détruit les parois des cellules et leur contenu et fait pourrir les tissus. Les dégâts peuvent se manifester sur le fruit en saison sous la forme de taches brunes ou en conservation sous la forme de pourritures évoluant rapidement et de consistance molle.
Maladie fongique	<i>Oidium neolycopersici</i> (powdery mildew)	Champignon pénétrant dans les cellules épidermiques, lui permettant de prélever les éléments nécessaires à la croissance du mycélium. Ses conidies sont disséminées par le vent, la pluie ou les éclaboussures liées à l'irrigation. Il apprécie une ambiance chaude et humide (mais une hygrométrie inférieure à 80% d'humidité)	Taches blanches et poudreuses sur la face supérieure des feuilles ou la tige. Les feuilles peuvent brunir et se nécroser. Les fruits ne sont pas affectés.
Maladie fongique	<i>Pytophthora infestans</i> (mildiou)	Champignon pouvant se conserver dans le sol ou dans les déchets des végétaux contaminés. Son développement et sa propagation sont favorisés par des périodes humides et chaudes accompagnées par des nuits relativement froides.	Taches brunes sur les feuilles ou tiges, dessèchement des feuilles et destruction des jeunes plants/cassure des tiges adultes. Les fruits affectés sont généralement bosselés ou présentent des plages marbrées si l'attaque est survenue tardivement.

Maladie fongique	Verticillium dahliae (Verticilliose)	Champignon très polyphage pénétrant dans les racines soit par pénétration directe du mycélium, soit par blessures. Ceci peut être facilité par des attaques de nématodes à galle. Une fois introduit le champignon colonise progressivement le système vasculaire de la plante. Le champignon se conserve sous forme de fragments mycéliens dans les débris végétaux ou sous forme de microsclérotés. Le terreau, le matériel agricole ou les débris végétaux contaminés peuvent les propager. Il existe de nombreuses souches avec des exigences climatiques variables, mais le champignon apprécie généralement des conditions plus froides (entre 20 et 30 degrés).	Flétrissement des folioles et feuilles, exposant les fruits au rayonnement solaire et risquant ainsi des brûlures solaires. Les symptômes sont souvent présents au printemps et à l'automne et s'interrompent en été.
Ravageur	<i>Tuta absoluta</i> (mineuse de la tomate)	Insecte de l'ordre des lépidoptères originaire d'Amérique du Sud et présent en France depuis 2008. La femelle pond ses œufs sur la face inférieure des feuilles. Les larves creusent des galeries sur les organes aériens de la plante.	Mines blanchâtres sur les feuilles qui peuvent finir par se nécroser. Galeries dans les fruits qui peuvent permettre à des envahisseurs secondaires de provoquer diverses pourritures.
Ravageur	<i>Meloidogyne spp.</i> (Nématodes à galle)	Nématodes polyphages dont les larves pénètrent dans le système vasculaire des plantes à travers les racines. Les femelles sont entourées de galles et produisent de nombreux œufs à la surface de la racine. Les œufs peuvent être transportés par l'eau dans le sol et les larves peuvent se déplacer sur de courtes distances dans des sols humides. Ils peuvent aussi être disséminés par le vent, les plants contaminés et les outils agricoles. Les nématodes sont généralement plus actifs dans les sols chauds et humides.	Galles blanches qui perturbent l'absorption de l'eau et des minéraux, impactant le développement de la plante. Flétrissement de certaines feuilles, taille des fruits et rendements réduits. Ils peuvent aussi prédisposer les racines à des attaques d'autres bioagresseurs telluriques.
Ravageur	<i>Bemisia tabaci</i> (Aleurode du tabac)	Insecte de l'ordre des hémiptères vivant sur la face inférieure des feuilles et prélevant les liquides végétaux. Il est surtout présent dans les serres, étant originaire de régions tropicales et subtropicales. La fraîcheur réduit son activité.	Affaiblissement de la plante dû au prélèvement des liquides végétaux. Mais les dégâts sont surtout dus à la transmission de virus, particulièrement TYLCV (Tomato yellow leaf curl virus).

Ravageur	Aculops lycopersici (Acariose bronzée)	Acarien passant l'hiver sur diverses adventices et dont les œufs sont déposés sur les folioles et la tige de la plante. Les adultes réalisent des piqures nutritionnelles généralement sur la face inférieure des feuilles. Ils ne volent pas et peuvent être disséminés par le vent, les animaux se déplaçant dans les cultures ou les outils agricoles. Cet acarien apprécie un climat chaud et sec.	Coloration bronzée des feuilles et éventuellement de la tige. Les plantes peuvent se dessécher et mourir si l'attaque est sévère. Les fruits peuvent être plus petits et montrer des plages liégeuses ou crevassées.
Ravageur	<i>Helicoverpa armigera</i> (Noctuelle)	Insecte de l'ordre des lépidoptères hivernant sous forme de chrysalide dans le sol dans les régions tempérées. Les femelles pondent des œufs sur tous les organes du végétal et les chenilles se nourrissent d'abord des feuilles puis ensuite aux fruits.	Galeries dans les fruits
Ravageur	Mollusques (limaces, escargots)	Se nourrissent des tissus végétaux, si l'attaque est importante aussi des tiges.	Trous dans les feuilles, tiges coupées. Les plantules sont particulièrement sensibles.

Tableau 8: Bioagresseurs Tomate (Ephytia)

Annexe 2-Guide d'entretien

Questionnaire Fermes

Caractérisation

Nom	
Ferme	
Commune	
Nb d'espèces	
Nb de variétés	
SAU (ha)	
SAU pomme/tomate (ha)	
Forme	
UTH	
Orientation	
Circuit de commercialisation	
Valorisation	
Installation	
Rendement	

Maladies/ravageurs

Quels sont les ravageurs/maladies les plus problématiques sur votre exploitation ? ?

Bioagresseur	Pression	Objectif sanitaire

Leviers : *Quels sont les leviers utilisés ?*

1. Quelle est la cible de ce levier ?
2. Quelle est l'efficacité ?
3. Pourquoi avez-vous choisi ce levier ? (Santé humaine, Déterminant sanitaire, Déterminant environnemental, Déterminant gestion du temps de travail, Déterminant économique, Déterminant réglementaire)
4. Depuis quand est-il en place ?
5. Est-ce qu'il y a des situations où ___ est plus/moins efficace ?
6. Quelles sont les contraintes (techniques, économiques, environnementales, contraintes sur l'organisation du travail, agronomiques, etc.) associées à ____.
7. Quelles autres pratiques sont complémentaires avec ___ ou sont incompatibles ?
8. Est-ce que c'est un levier central/pratique essentielle ?
9. Est-ce que vous utilisez cette pratique de façon optimale ou est-ce que vous avez un besoin d'information (ex. par rapport à période d'utilisation, conditions d'efficacité etc.) ?

Perspectives

- Est-ce qu'il y a certains leviers que vous souhaiteriez développer/encourager ? Pourquoi
- Quelles maladies/ravageurs restent difficiles à maîtriser dans le système actuel ?

Annexe 3-Tableau Levier focus Pomme

Levier	Contraintes	Avantages	Désavantages
Choix variétal	<ul style="list-style-type: none"> - Aspect commercial (6) - Accessibilité variété (3) - Contournements de résistance (4) - Temps de création de la variété (3) - Adaptation au territoire (1) - Main d'œuvre (1) 	<ul style="list-style-type: none"> - Plusieurs cibles (1) - Réduction phyto (1) 	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation autres bioagresseurs (2) - Irrégularité de production (1)
Produits de biocontrôle	<ul style="list-style-type: none"> - Coût (3) - Développement de résistances (2) - Sensibilité UV (3) - Nombre de passages (1) - Main d'œuvre (1) - Incompatibilités (1) - Réactivité (1) - Temps de travail (1) - Cycle bioagresseur (1) - Difficulté à modéliser les pics (1) - Homologation (2) - Conditions climatiques (1) - Rémanence (1) - Observations (1) - 	<ul style="list-style-type: none"> - Dégradation dans le sol (1) 	<ul style="list-style-type: none"> - pH non adapté au végétal (1) - Acidification du sol (1) - Réduction auxiliaires (1)
Gestion de la fertilisation	<ul style="list-style-type: none"> - Type de sol (2) 	-	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction rendement (1)
Introduction d'animaux	<ul style="list-style-type: none"> - Terrain adapté (5) - Coût (2) - Rotation de parcelles (1) - Prédation (2) - Sensibilité au cuivre (1) - Temps de travail (3) - Conditions de travail (1) 	<ul style="list-style-type: none"> - Plusieurs cibles (2) - Gestion enherbement (2) - Réduction phyto (1) - Réduction travail du sol (1) 	<ul style="list-style-type: none"> - Impact sol (1) - Broutage bourgeons (1) - Impact pommier (1) - Réduction flore (1)

		<ul style="list-style-type: none"> - Cadre de travail agréable (2) - Vente de produits animaliers (2) - 	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation autres bioagresseurs (3)
Plantes de service	<ul style="list-style-type: none"> - Germination (3) - Cycle des plantes (1) - Piétinement/écrasement (1) - Présence auxiliaires (1) - Connaissances (1) - Timing (2) - Outils adaptés (2) - Ressource en eau (1) - Type de sol (2) - Temps de travail (2) - Connaissances (2) - Coût (1) - 	<ul style="list-style-type: none"> - Cadre de travail agréable (2) - 	

Annexe 4-Tableau Levier focus Tomate

Levier	Contraintes	Avantages	Désavantages
Lâchers de macro-organismes	<ul style="list-style-type: none"> - Coût (1) - Présence de nourriture (1) - Observations (2) - Conditions climatiques (2) 	<ul style="list-style-type: none"> - Plusieurs cibles (1) 	
Plantes de Service	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion de l'enherbement (2) - Technique (1) - 	<ul style="list-style-type: none"> - Gain de temps si la bande se resseme toute seule (1) - Faible coût (2) - Cadre de travail agréable (3) - Vente plante de service (1) - Pollinisation (1) - Ethique (1) - 	<ul style="list-style-type: none"> - Impact tomate (1)
Produits de biocontrôle	<ul style="list-style-type: none"> - Observations (2) - Conditions climatiques (1) - Outils adaptés (1) - 	<ul style="list-style-type: none"> - 	<ul style="list-style-type: none"> - Impact santé humaine (1) -
Choix variétal	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptation de la conduite (1) - Coût (1) - Technique (2) - Conditions climatiques (1) - Lieu adapté (1) - Main d'œuvre (1) - Aspect commercial (1) - 	<ul style="list-style-type: none"> - Conduite sur deux têtes (1) - Plus précoce (1) - Plus tardive (1) - Maîtrise sur les variétés (1) - 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas éthique (1) - Pas efficace sur la tuta (1) -