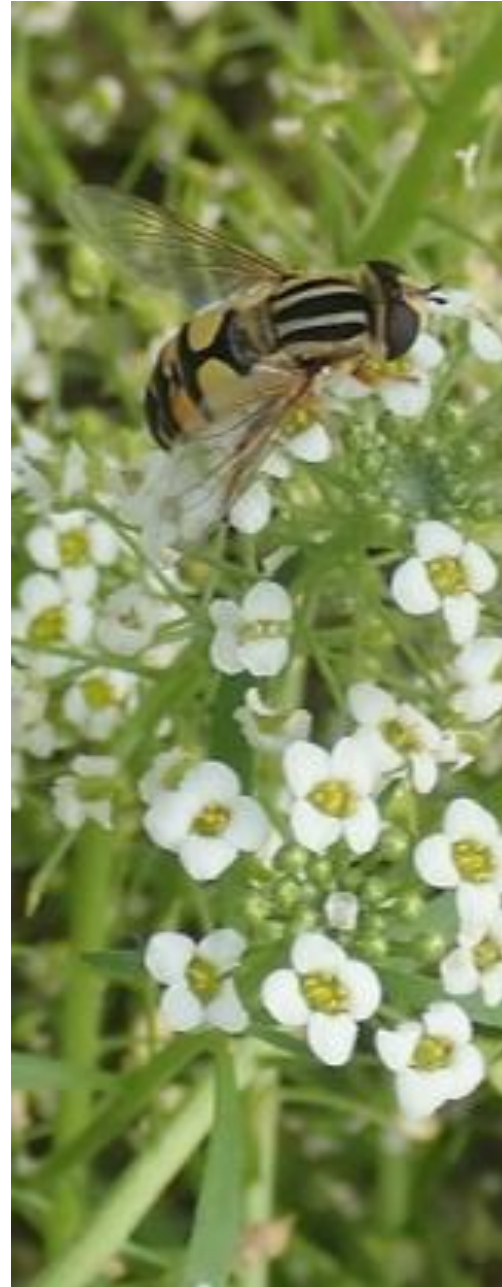




Réguler les pucerons avec
des plantes de service :

*Une success story, une piste
prometteuse et des pièges à
éviter !*



LES INTERVENTIONS



1. Réguler les pucerons avec des plantes de service:
présentation des projets EFFICACE et REPULSE

 **Sébastien Picault** (CTIFL)

2. Mise en œuvre de stratégies de lutte biologique par conservation en parcelles de production : exemples de cas pratiques

 **Maxime Chaballier** (CRA Pays de la Loire)



3. Questions/Réponses

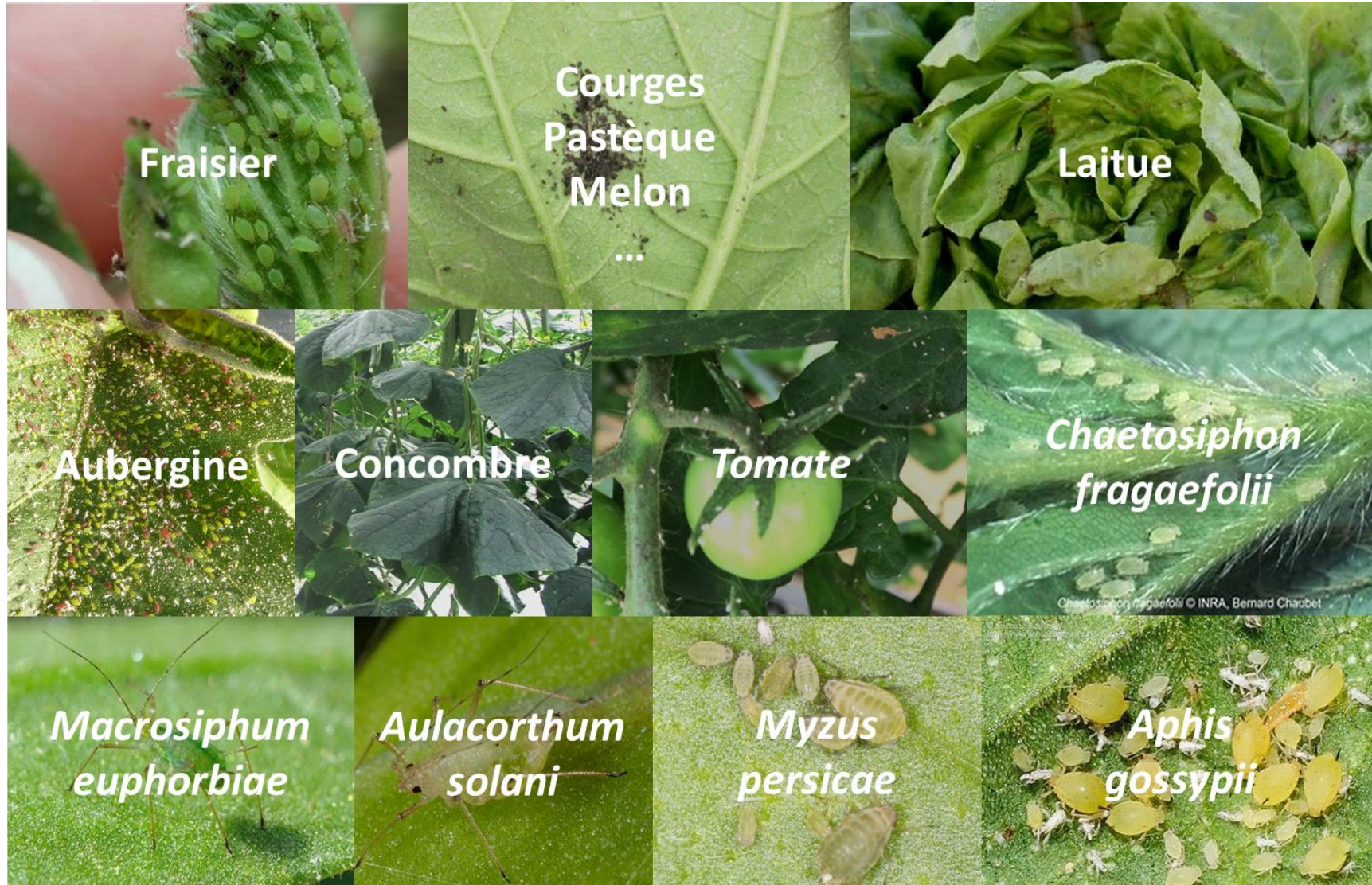


Réguler les pucerons avec des plantes de service : une success story, une piste prometteuse et des pièges à éviter

Webinaire Web'getable
20/03/26

Sébastien Picault (CTIFL), Benjamin Gard (CTIFL), Anne Le Ralec (INRAE), Nicolas Desneux (INRAE), Maxime Chabaliier (CRAPDL), Hervé Flourey (Terre d'essais), Jean-Michel Collet (CTIFL), Aurélie Rousselin (APREL), Jérôme Lambion (GRAB), Anaïs Chailleux (CIRAD), Joël Huat (CIRAD)

Pucerons = affaiblissement des plantes, transmission de virus, déformations et déclassement commercial



Plantes de service pour réguler les ravageurs

Lutte biologique par conservation



Plantes
pollinifères

Plantes
nectarifères

Plantes
banque

Stratégie « Push-pull »

Plantes
répulsive



Plantes
piège



Lutte biologique par augmentation

Plantes
relais





Lutte biologique par conservation: une success story !



Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Interfel

Interprofession des fruits et légumes frais

LE PROJET EFFICACE (2022-2025)

MISE AU POINT ET PILOTAGE DE STRATÉGIES DE LUTTE BIOLOGIQUE PAR CONSERVATION (LBC) POUR PROTÉGER LES CULTURES MARAÎCHÈRES CONTRE LES PUCERONS

Prédateurs



Parasitoïdes



Aphidius ervi



Momie dorée

Aphidius colemani



Praon volucre

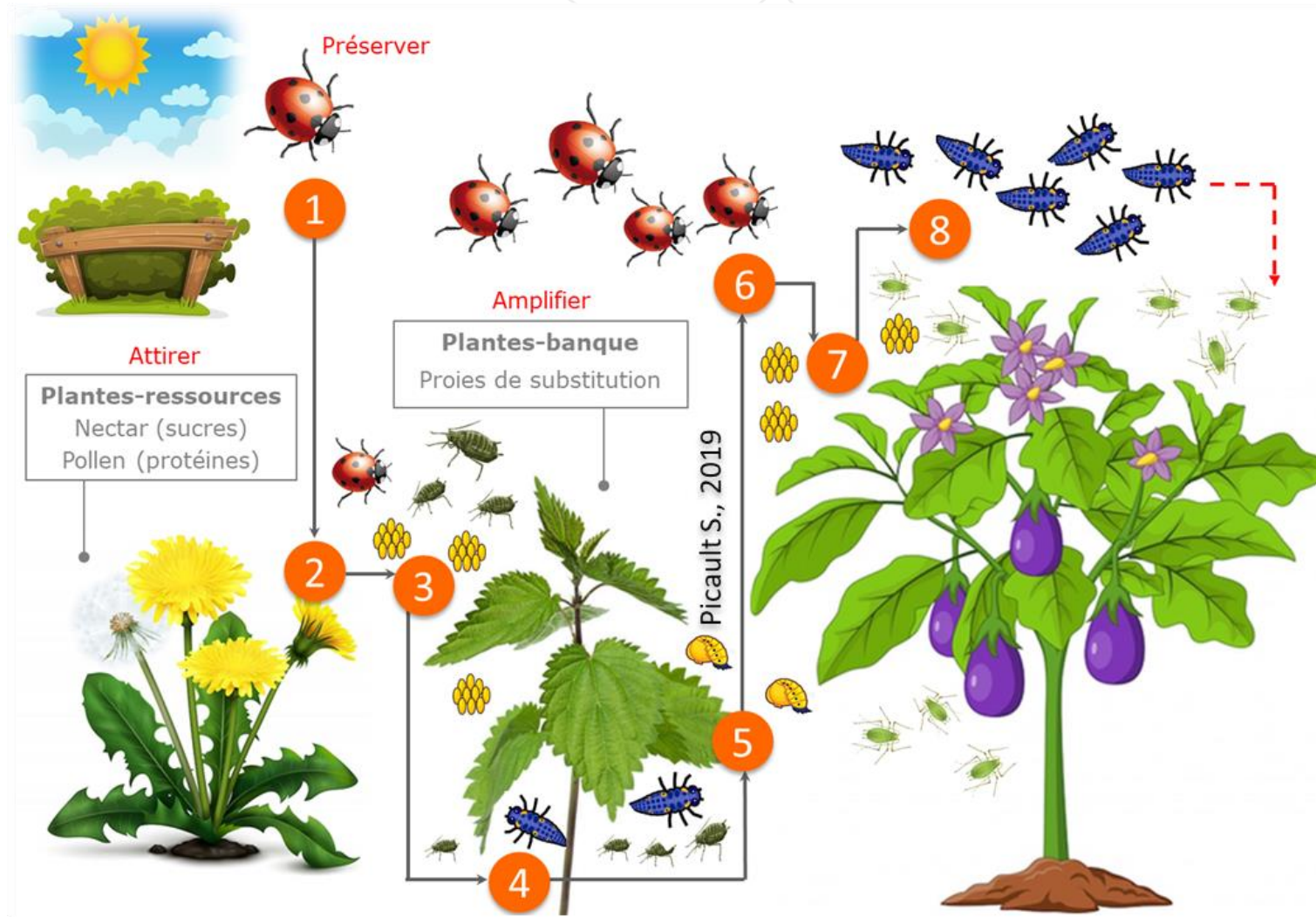


Momie de Praon



Aphidius matricariae

Stratégie de lutte biologique par conservation



Plantes-banque

Microlophium carnosum

(photo : Jean-Charles Midon)

Pucerons sur les rhizomes dès
le mois de décembre !

Ortie

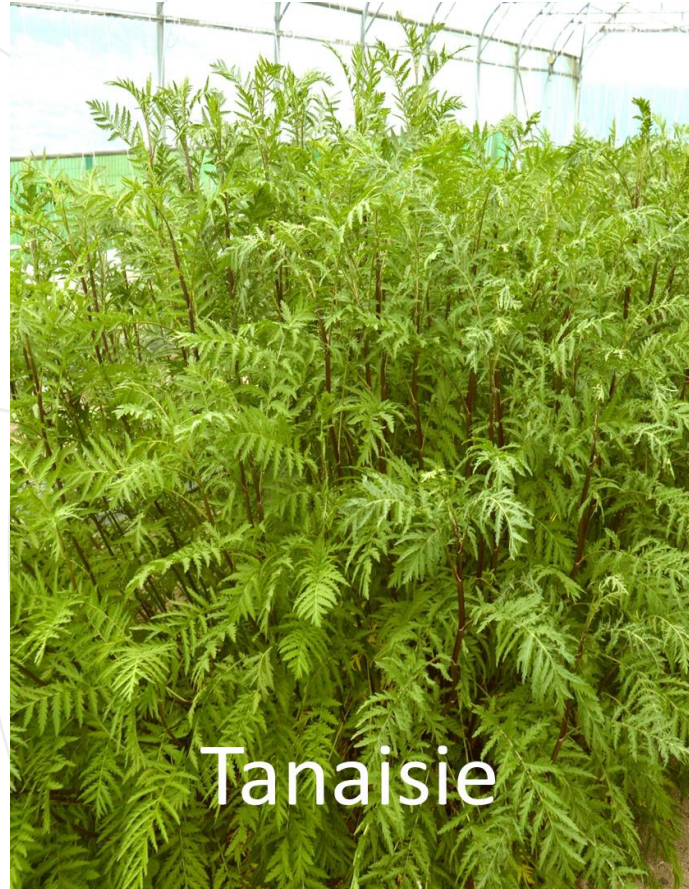
Uroleucon taraxaci

(photo : Jean-Charles Midon)

Pucerons à la base des feuilles dès le
mois de décembre !

Pissenlit

Plantes-banque



Plantes pollinifères / nectarifères

Achillée millefeuille



Pissenlit



Laiteron



Alysse des rochers



Système de plantes de service



Système de plantes de service





Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



NIVEAUX D'EFFICACITÉ DES STRATÉGIES LBC EN CULTURES D'AUBERGINE, DE COURGETTE, DE FRAISE ET DE CONCOMBRE

Bonne efficacité de la stratégie en culture d'aubergine !

Travaux CTIFL (2023-2025)

- Achillée millefeuille
- Ortie dioïque
- Tanaisie
- Alysse saxatile
- Laiteron
- Pissenlit

- ✓ *Planche centrale*
- ✓ *Surface : 20%*



Pissenlit



Achillée



Ortie



Alysse



Tanaisie



Laiteron

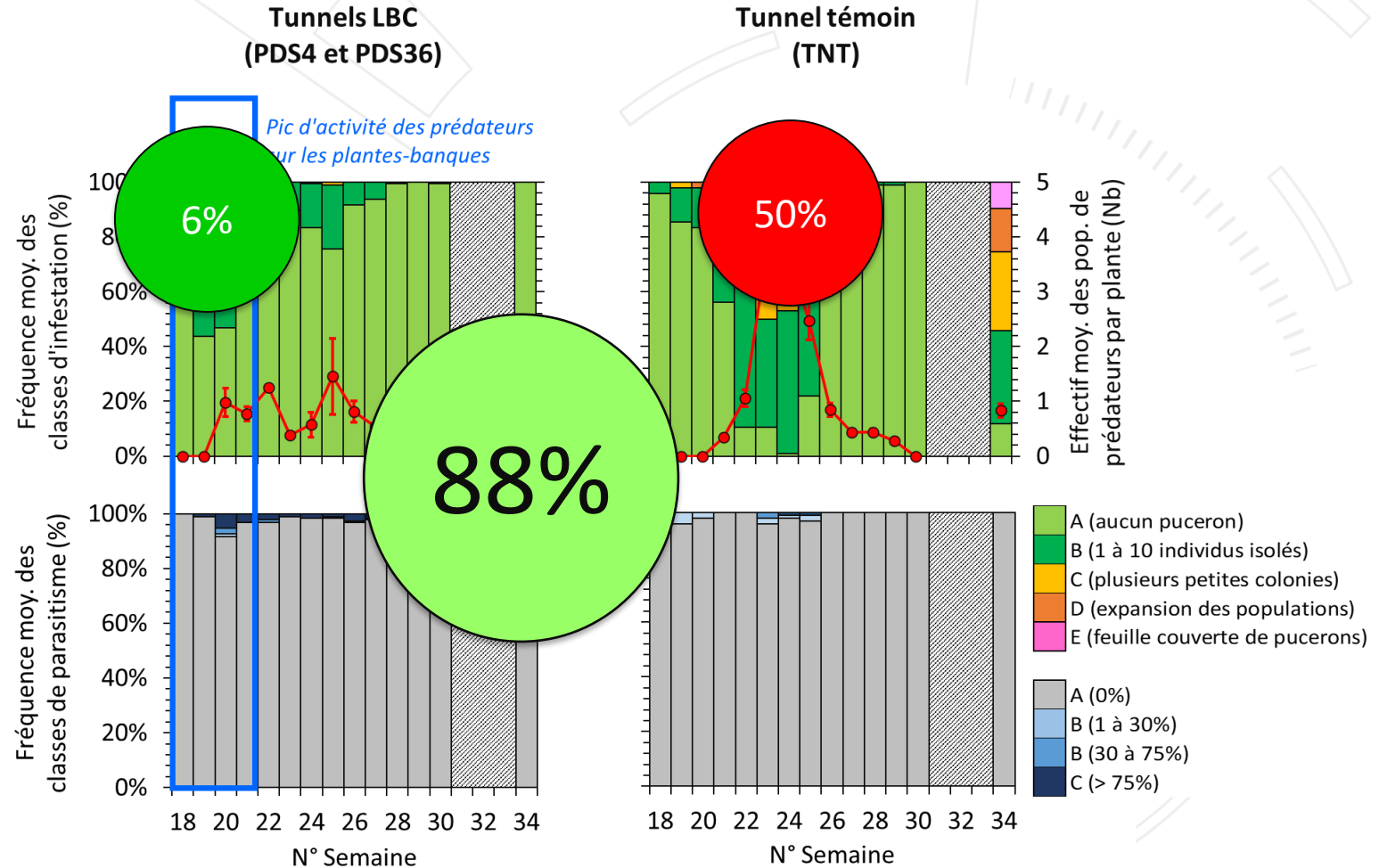


Bonne efficacité de la stratégie en culture d'aubergine !

Résultats CTIFL (2023)

- ✓ PdS sur la planche centrale.
- ✓ Objectif stratégique atteint !

- Incidence d'infestation plus faible dans les tunnels LBC que dans le tunnel témoin.
 - ☞ *Macrosiphum euphorbiae*
 - ☞ *Aphis gossypii*
 - ☞ *Myzus persicae*
- Niveau d'infestation plus faible dans les tunnels LBC que dans le tunnel témoin.
- Taux de parasitisme très faible (mais plus intense dans les tunnels LBC que dans le tunnel témoin).



Bonne efficacité de la stratégie en culture d'aubergine !

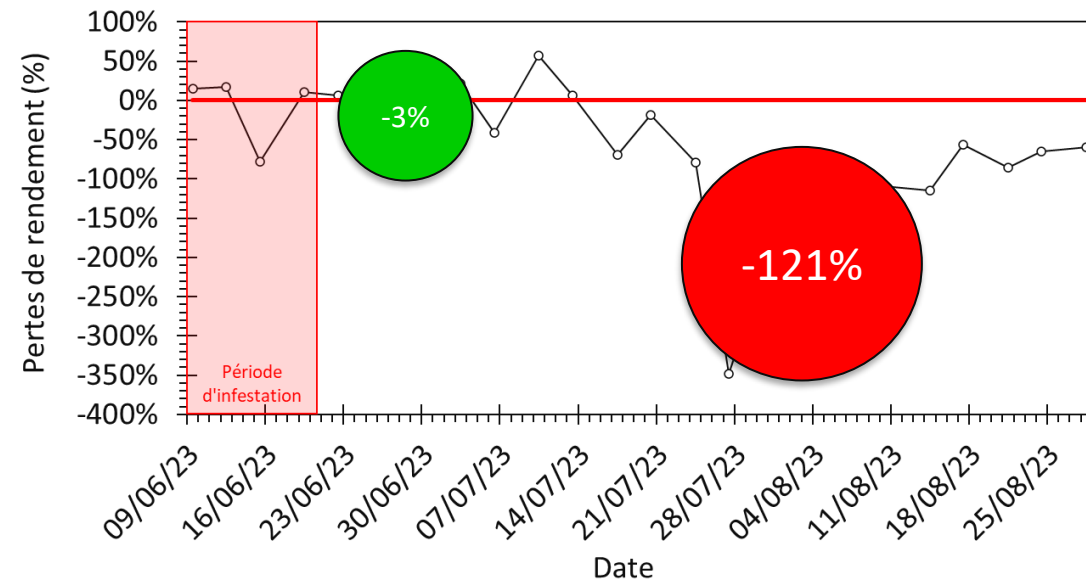
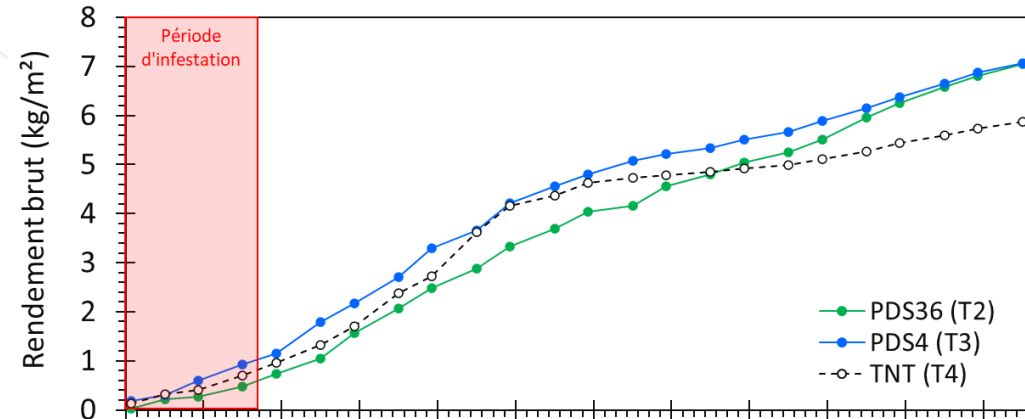
Résultats CTIFL (2023)

- ✓ PdS sur la planche centrale (+ TNT sous influence)
- ✓ Objectif stratégique atteint !

Prix d'un kg d'aubergine : 5,52 € (juin 2025)

Rendement TNT

- -3% (+0,20 €/m²) pendant la première phase de production (09/06/23 au 13/07/23).
- -121% (-0,67 €/m²) pendant la seconde phase de production (13/07/23 au 28/08/23).
- -20% (-0,27 €/m²) sur la période de production (09/06/23 au 28/08/23).



Bonne efficacité de la stratégie en culture de courgette !

Résultats CTIFL (2025)

- ✓ PdS sur la planche centrale.
- ✓ Objectif stratégique atteint !

- Incidence d'infestation élevée dans les tunnels LBC et TNT.

☞ *Uroleucon* sp.

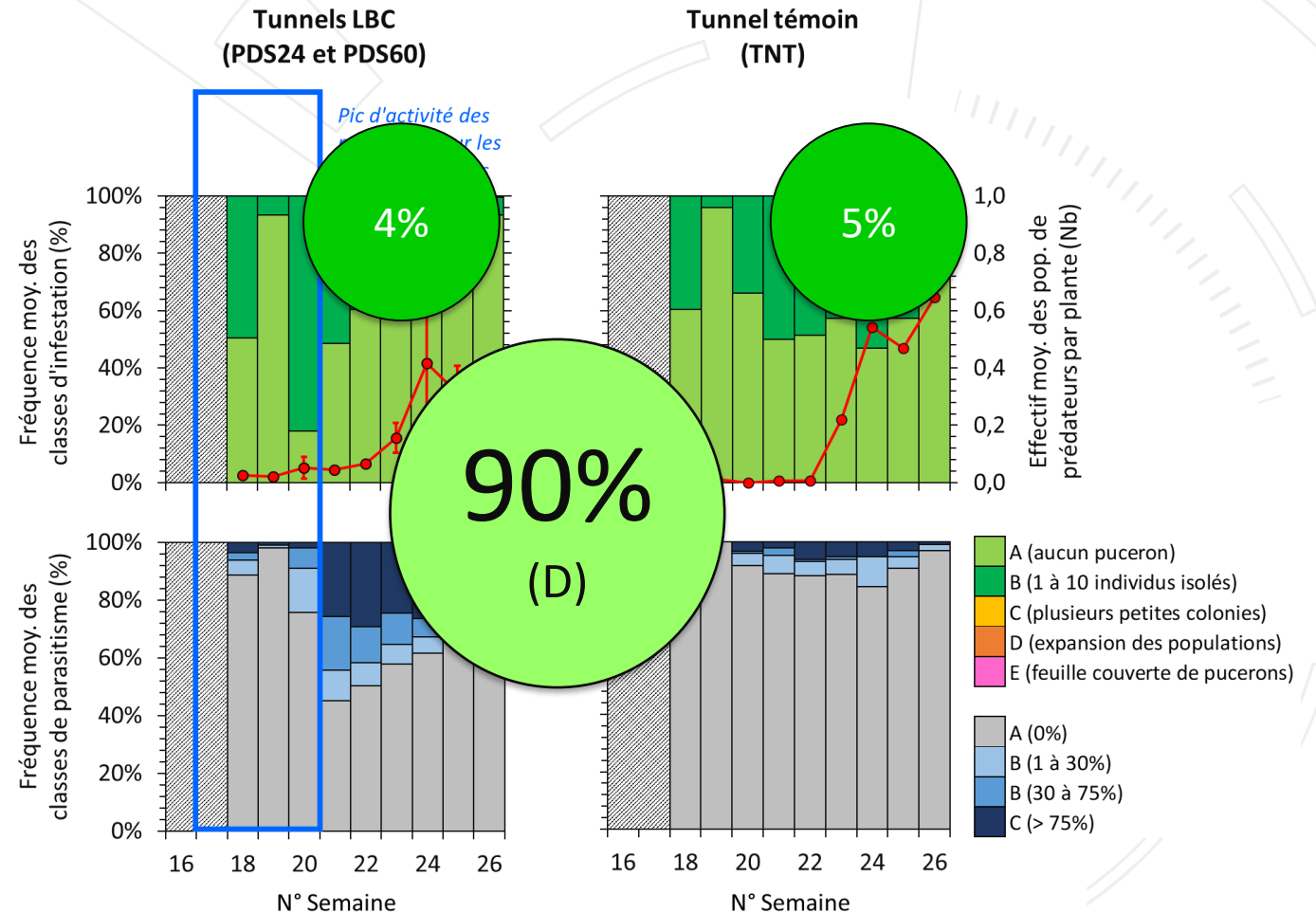
☞ *Macrosiphoniella* sp.

- Gros foyers d'*A. gossypii* dans les tunnels LBC et TNT (S22-S26) Mais pas d'expansion de leurs populations ☞ Témoin sous influence ?

- Taux de parasitisme élevé dans les tunnels LBC (*Macrosiphoniella* sp).

☞ *Aphidius funebris*

☞ *Aphidius absinthii*

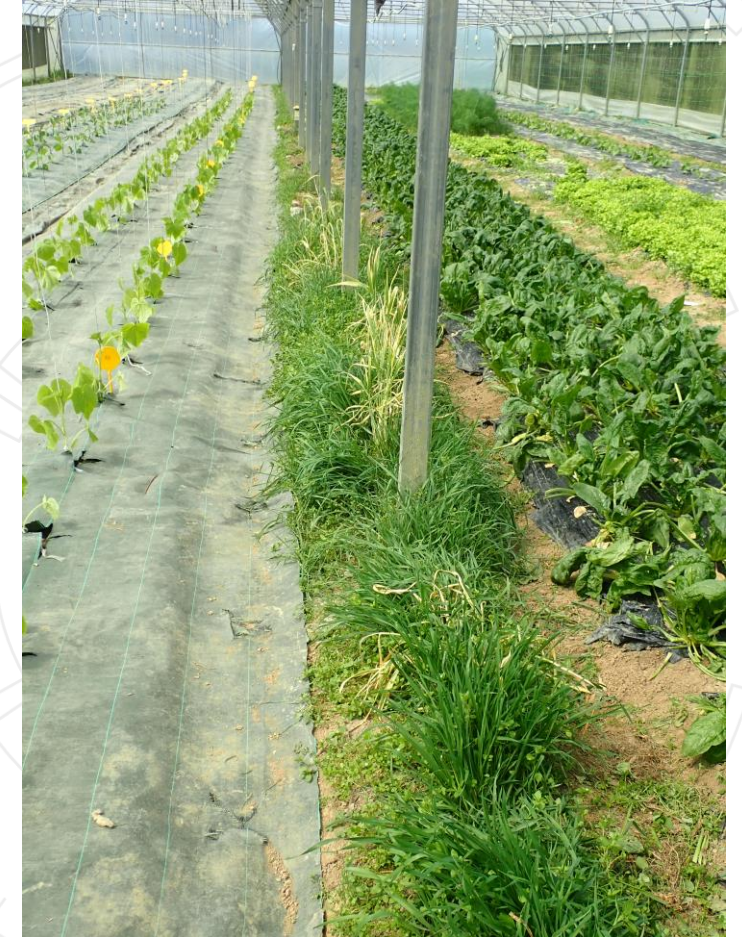


Bonne efficacité de la stratégie en culture de concombre !

Travaux CRAPDL (2023-2025)



- Alysse maritime
- Souci officinal
- Orge
- ✓ *Bords intérieurs et chéneaux*
- ✓ *Surface : 5%*

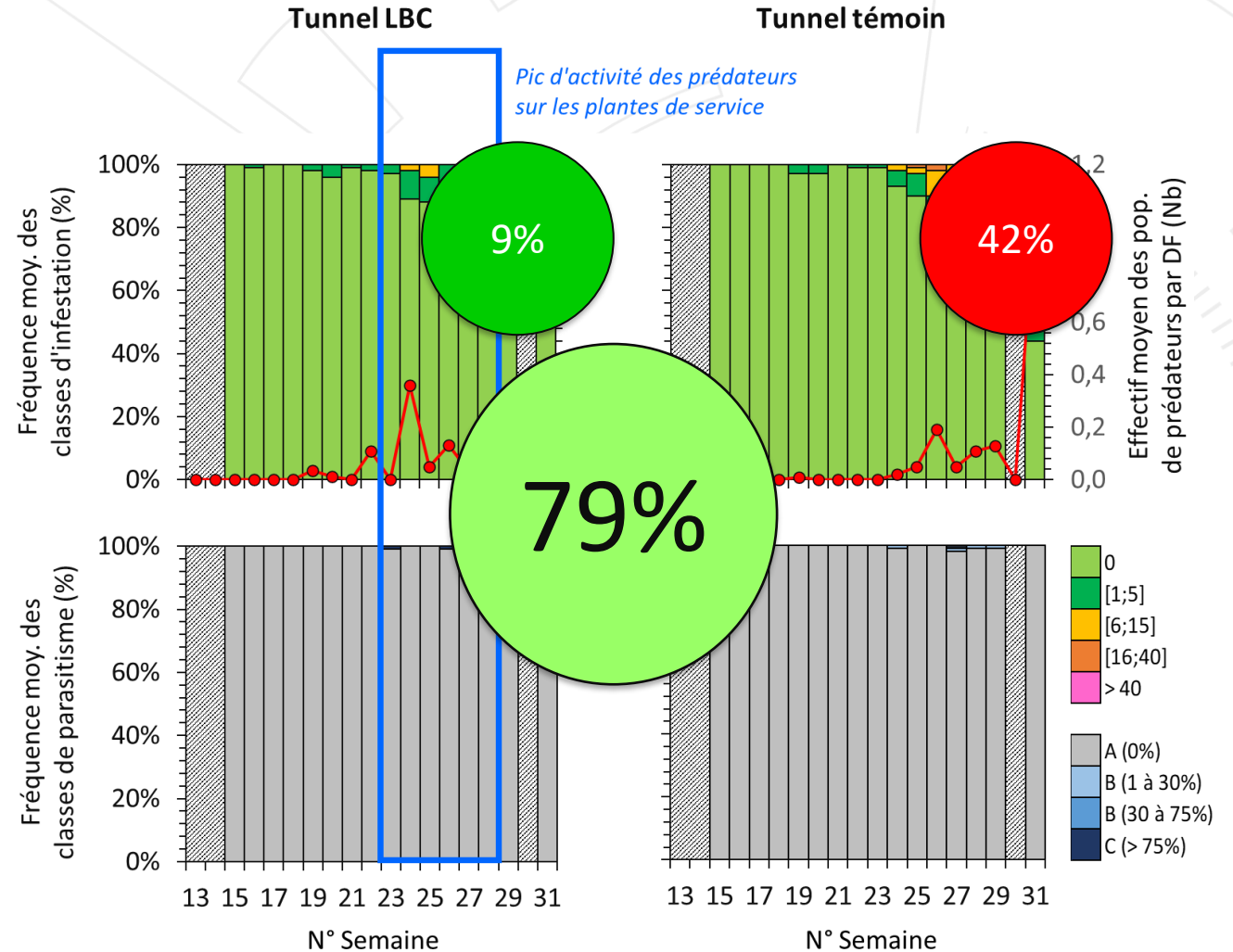


Bonne efficacité de la stratégie en culture de concombre !

Résultats CRAPDL (2024)



- ✓ PdS en bordure de culture
- ✓ Objectif stratégique atteint !
- Incidence d'infestation plus faible dans les tunnels LBC que dans le tunnel témoin.
 - ☞ *Macrosiphum euphorbiae*
 - ☞ *Aphis gossypii*
 - ☞ *Myzus persicae*
- Niveau d'infestation plus faible dans les tunnels LBC que dans le tunnel témoin.
- Taux de parasitisme très faible.



Bonne efficacité de la stratégie à l'échelle d'une succession culturale fraise-concombre-laitue sous abri ?

Travaux Terre d'essais (2023-2025)



- Achillée millefeuille
- Ortie dioïque
- Tanaisie
- Pissenlit
- Alysse maritime
- ✓ *Bordures + centre*
- ✓ *Surface : 15 à 20%*



Achillée



Ortie



Pissenlit



Tanaisie



Alysse maritime

Bonne efficacité de la stratégie à l'échelle d'une succession culturale fraise-concombre-laitue sous abri ?

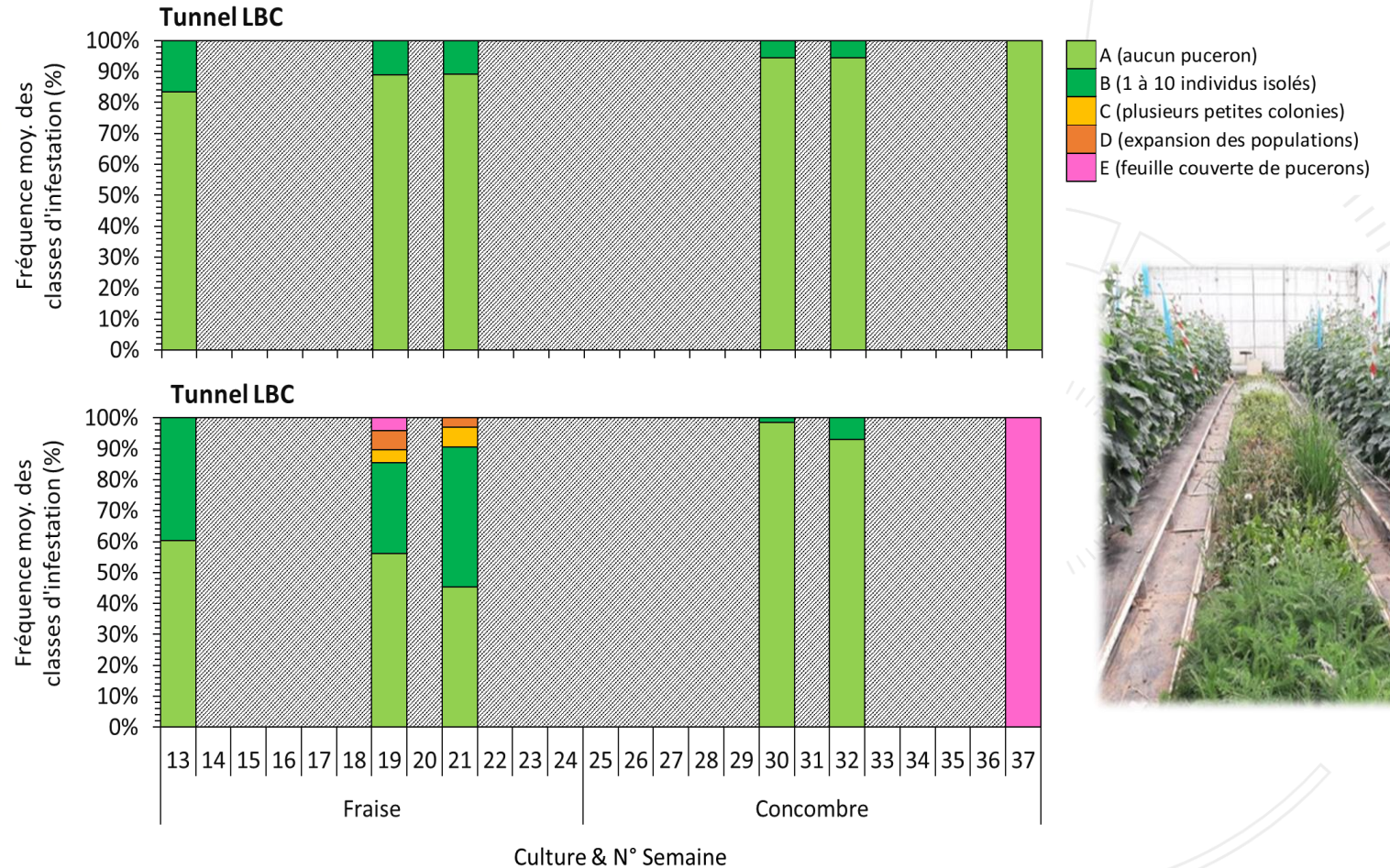
Résultats Terre d'essais (2025)



- Succession culturale sur 3 ans.
- Résultats en cours d'analyse.
- ✓ PdS : bordure + centre (15 à 20%)
- ✓ Objectif stratégique atteint !

• Résultats 2025 :

- Incidence d'infestation plus faible dans le tunnel LBC que dans le tunnel témoin.
- Niveau d'infestation plus faible dans le tunnel LBC que dans le tunnel témoin (surtout en culture de concombre).
- Attention : très fortes attaques de *Plutella xylostella* dans le tunnel LBC.





Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION**

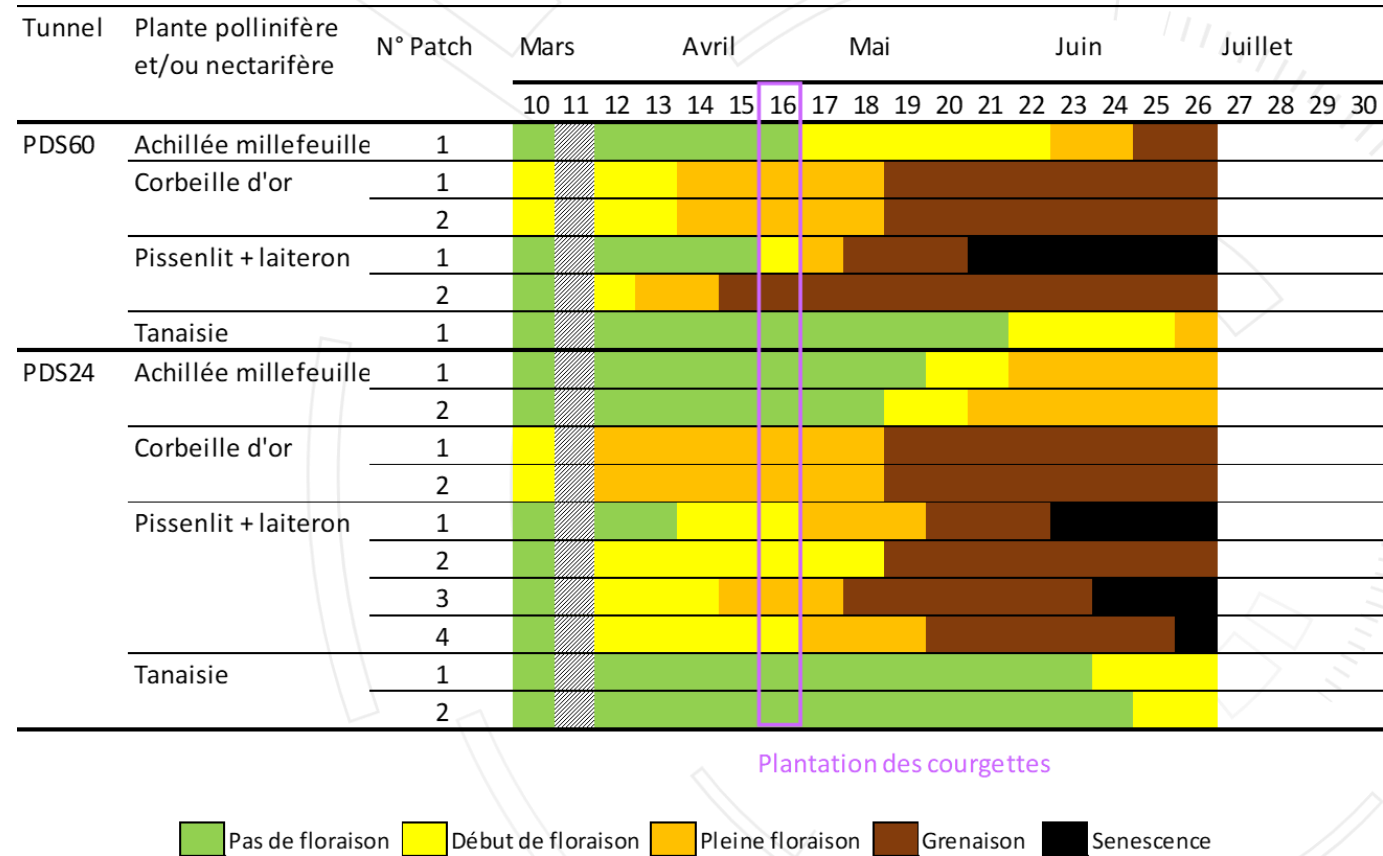
*Liberté
Égalité
Fraternité*



PRINCIPAUX FACTEURS AGRONOMIQUES ET ÉCOLOGIQUES INFLUENÇANT L'EFFICACITÉ DES STRATÉGIES DE LUTTE BIOLOGIQUE PAR CONSERVATION

Précocité (et étalement) de la floraison des plantes pollinifères et nectarifères

Résultats CTIFL (2025) Courgette

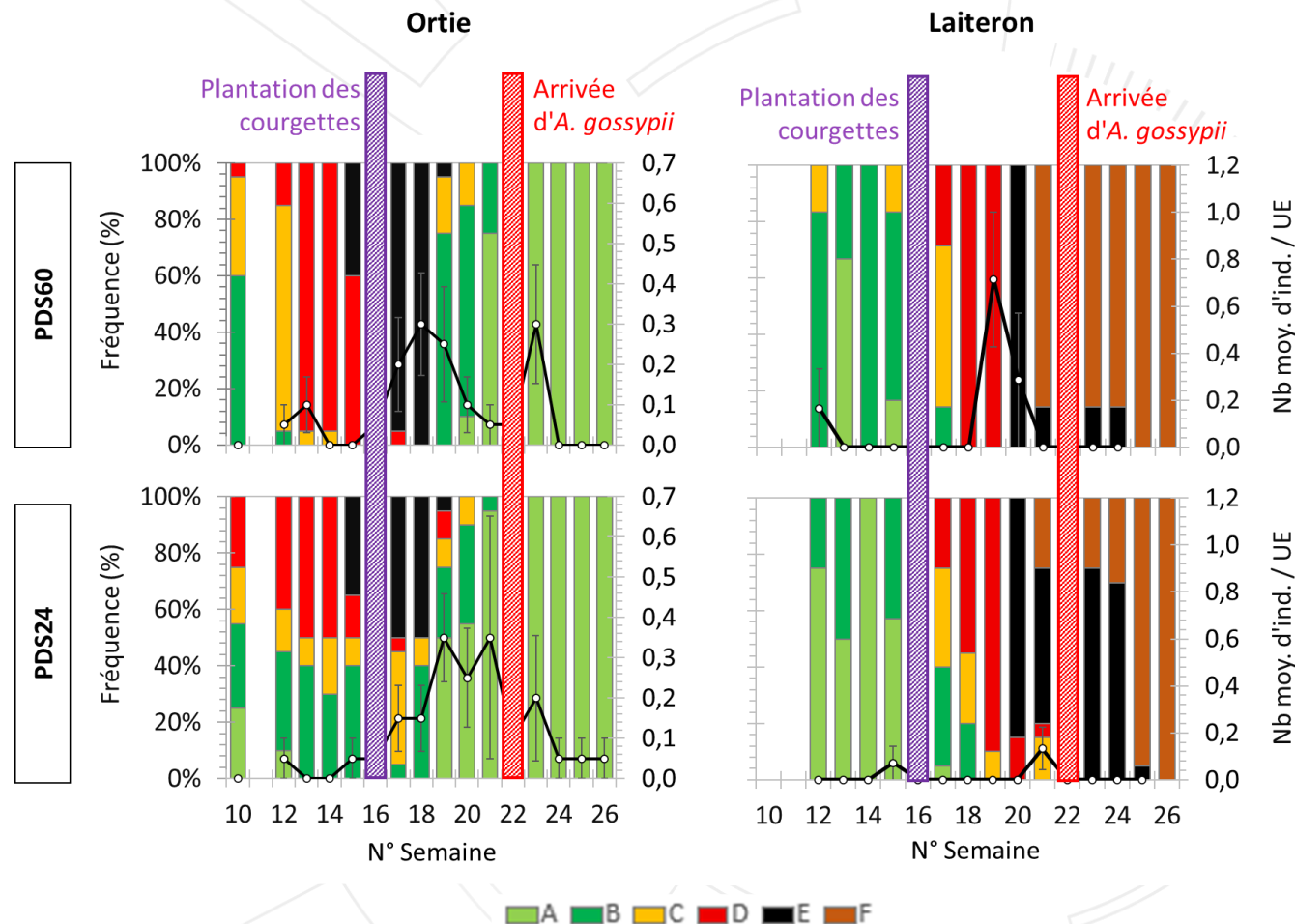


Infestation précoce des plantes-banque par les pucerons de substitution

Résultats CTIFL (2025)

Courgette

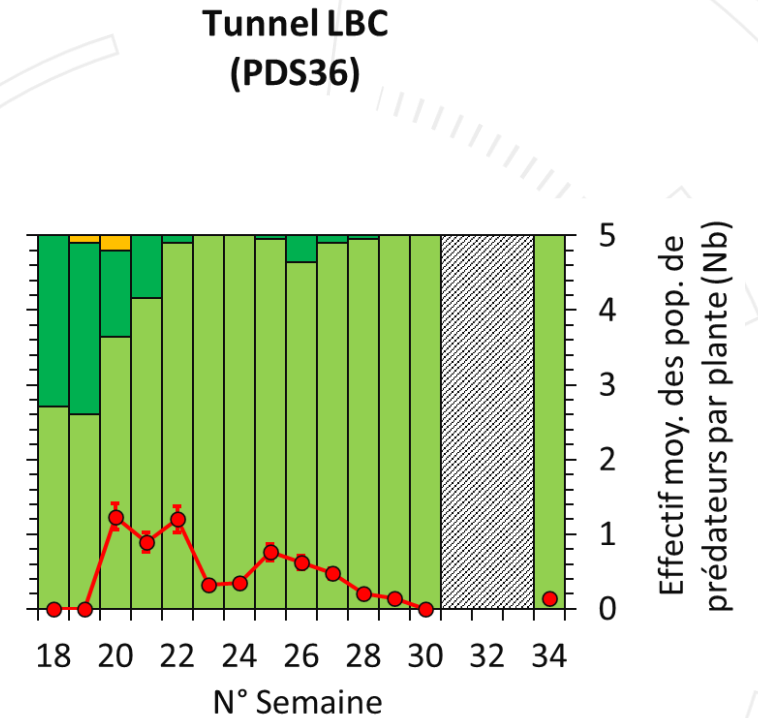
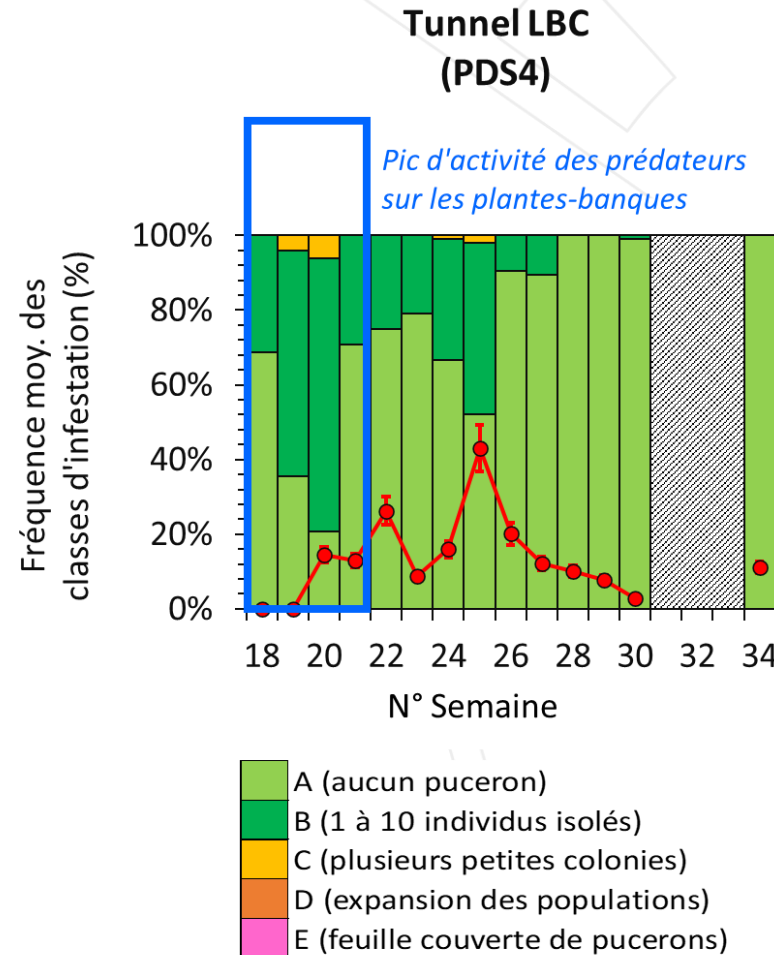
- Arrivée des pucerons sur l'ortie et le laiteron 6 semaines avant l'arrivée d'*A. gossypii* sur le feuillage des courgettes.
- Pic d'activité des prédateurs de pucerons 3 semaines avant l'arrivée d'*A. gossypii* sur le feuillage des courgettes.



Plantes de service pérennes ou annuelles ?

Résultats CTIFL (2023) Aubergine

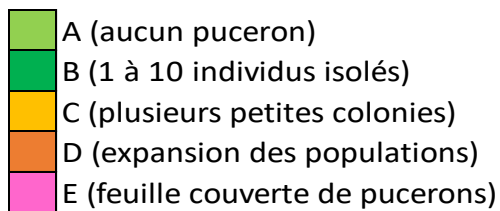
- Pas d'effet du type d'aménagement (pérenne ou annuel) sur le niveau d'infestation des plantes.
- L'incidence d'infestation est plus faible lorsque les plantes de service sont installées de façon pérenne.



Pas d'effet négatif de l'azote sur l'efficacité des stratégies LBC !

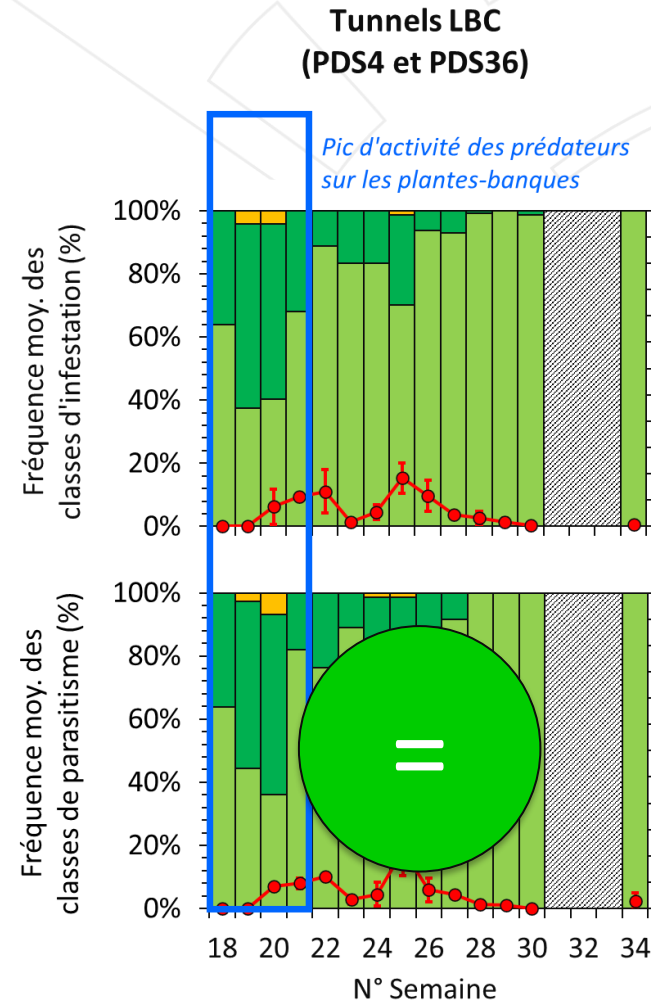
Résultats CTIFL (2023) Aubergine

- Une augmentation de la dose d'azote entraîne une augmentation du niveau d'infestation des plantes dans le tunnel témoin, mais pas dans les tunnels LBC.
- Stratégie LBC = fertilisation azotée à des niveaux permettant d'atteindre les objectifs de rendement sans favoriser en contrepartie la pullulation des populations de pucerons.

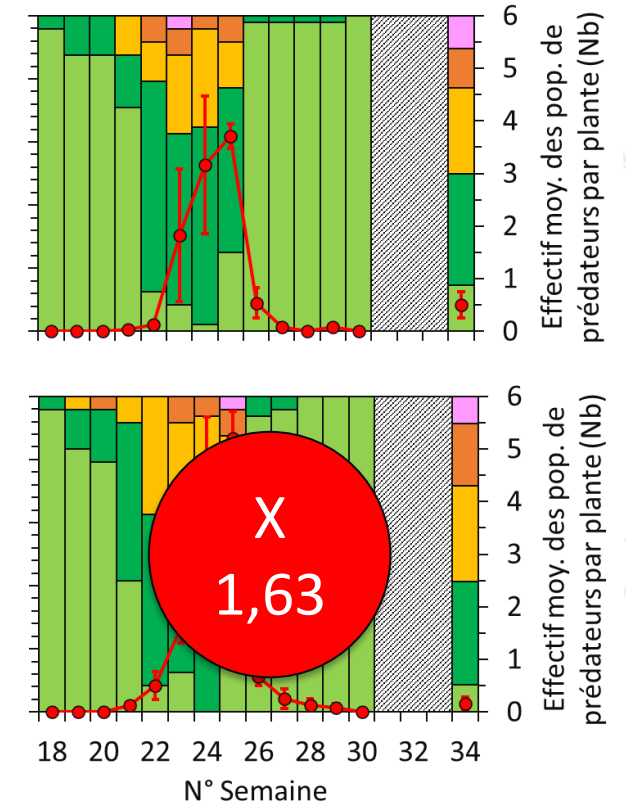


150N

450N



Tunnel témoin (TNT)



Le potentiel de régulation varie en fonction de l'espèce de prédateur

Résultats CTIFL (2024) Aubergine



Macroshum euphorbiae



Adalia bipunctata

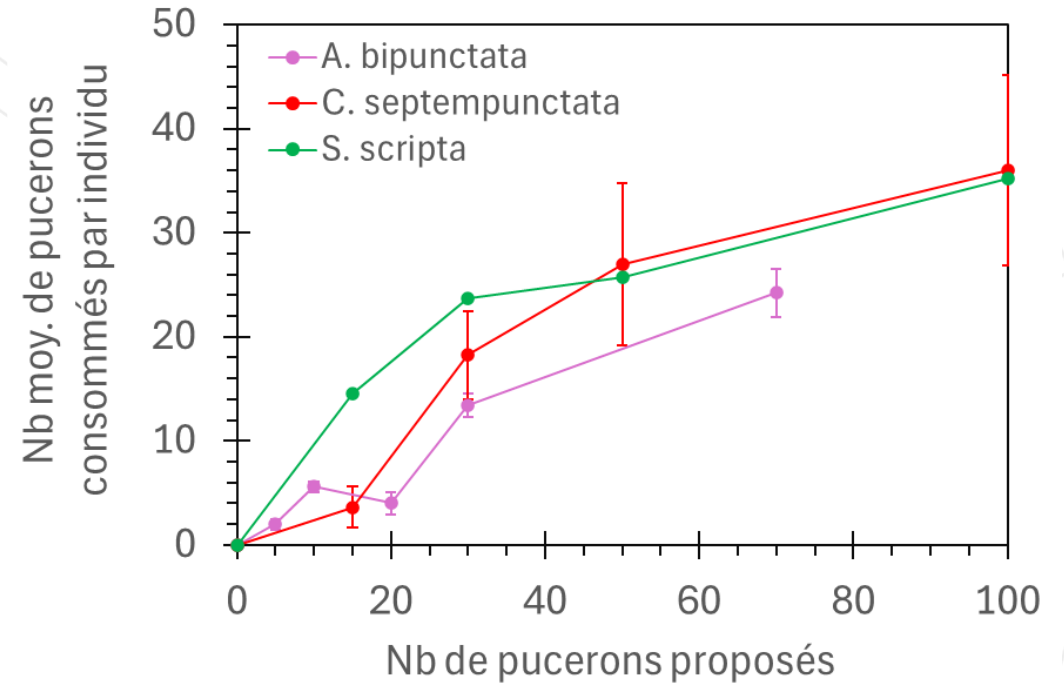


Coccinella septempunctata



Sphaerophoria scripta

- *S. scripta* réagit plus vite que les coccinelles : 97% des individus consommés aux petites doses (15 pucerons) vs 24%.
- *S. scripta* est le prédateur le plus vorace :
 - ☞ 30 pucerons : 79% de la population consommée vs 61% pour *C. septempunctata* et 49% pour *A. bipunctata*.
 - ☞ 150 pucerons : 43% de la population consommée vs 26% pour *C. septempunctata* et 20% pour *A. bipunctata*.



La dose d'azote et de la taille des pucerons Influencent l'action des prédateurs de pucerons

Résultats CTIFL (2024) Aubergine

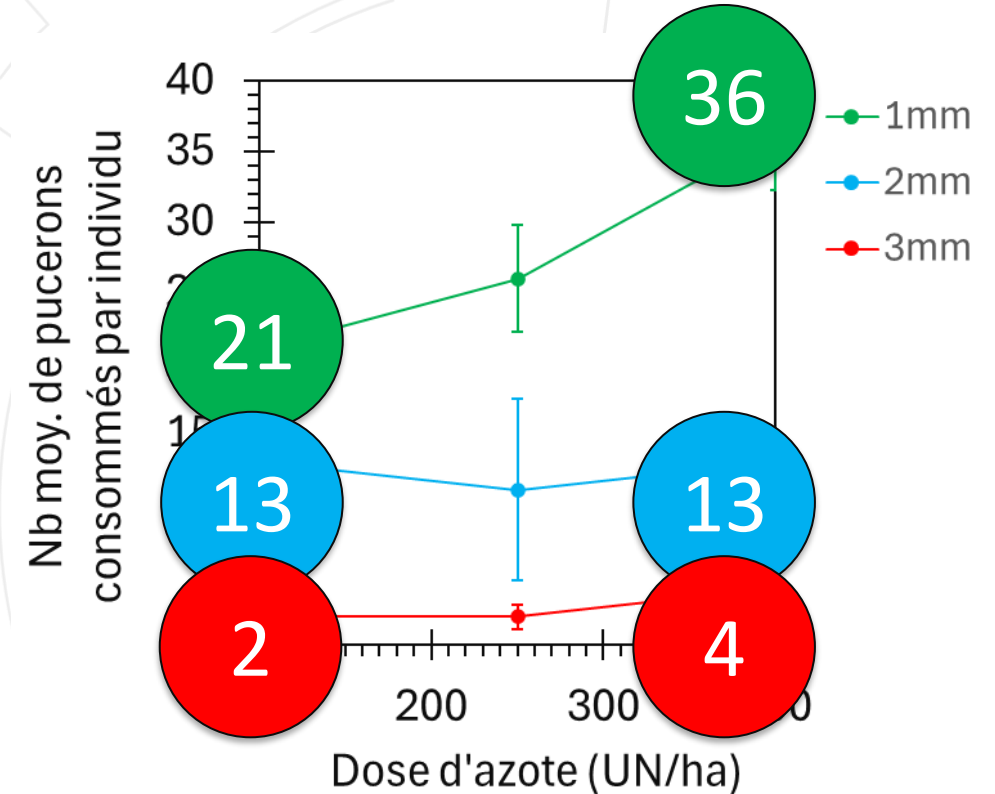


Macrosiphum euphorbiae



Adalia bipunctata

- Le seuil de satiété (i.e. nombre total de pucerons consommés par un individu en 24h) diminue lorsque la taille des pucerons augmente.
- Le seuil de satiété augmente avec la dose d'azote uniquement si les pucerons sont de petite taille.



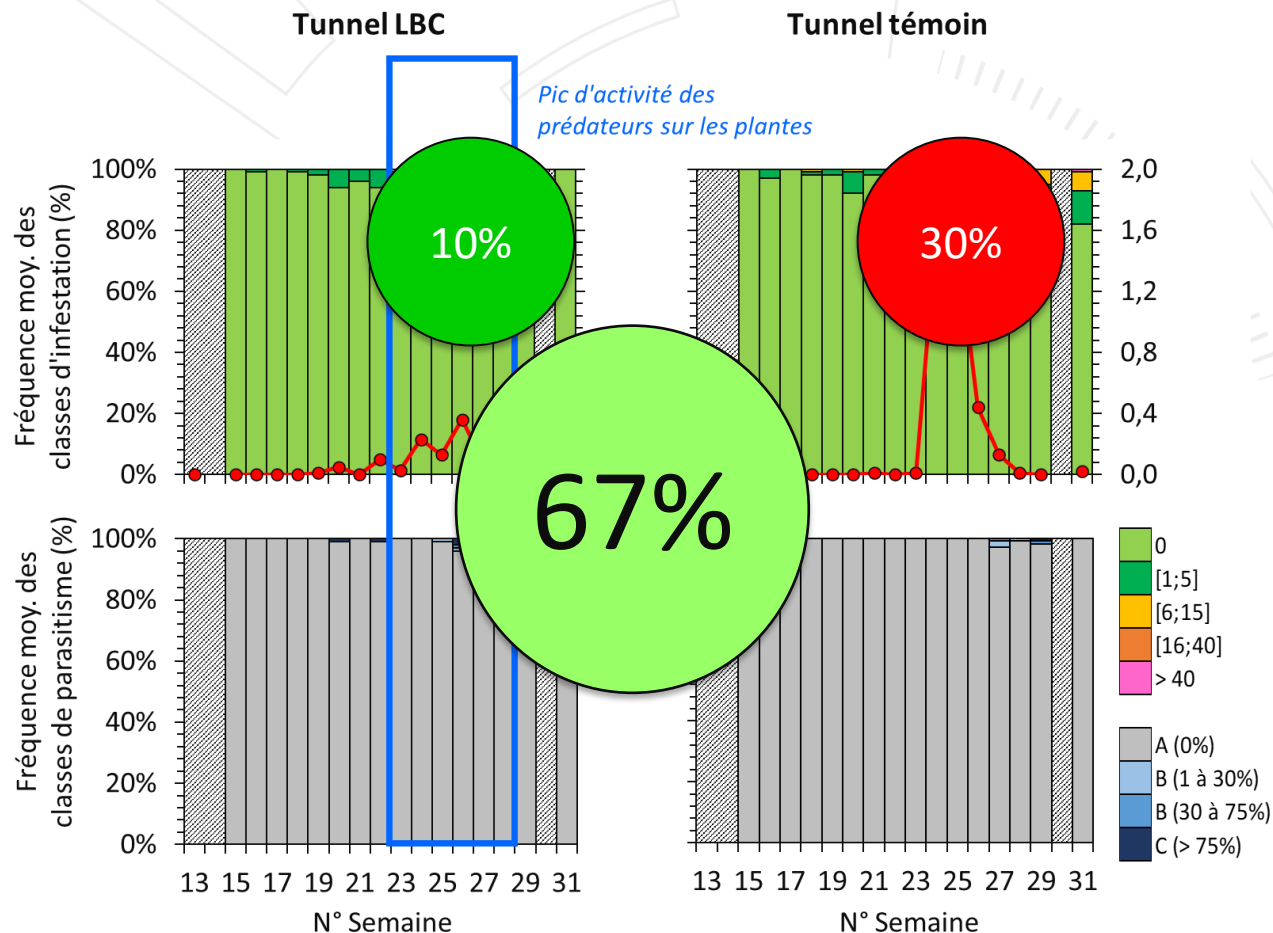
L'agencement spatial des plantes de service ne semble pas Influencer le niveau d'efficacité des stratégies LBC

Résultats CRAPDL (2024)

Aubergine



- ✓ PdS en bordure de culture + chéneaux
- ✓ Objectif stratégique atteint !
- Résultats similaires à ceux obtenus en station.
- Incidence d'infestation plus faible dans les tunnels LBC que dans le tunnel témoin.
- Niveau d'infestation plus faible dans les tunnels LBC que dans le tunnel témoin.
- Taux de parasitisme très faible.



Des proies de substitution appropriées !



Ortie
Achillée millefeuille
Tanaïsie
Seigle
Blé
Orge
Pissenlit
Laiteron



Catégorie	Puceron (espèce)	Mais	Seigle	Blé	Orge	Pissenlit	Avoine	Centaurée jaccée	Saule	Verveine	Tandisie	Ortie	Bleuet	Crataiaire	Coriandre	Laiteron	Radis	Alysse maritime	Achillée millefeuille	Commeline	Aneth	Euphorbe	Mavastre	Bourrache officinale	Zantaque	Morelle Noire	Souci officinal	Pastèque	Choux	Courge	Courge (citrouille)	Courge (Butternut)	Tomate	Courge (potiron)	Courgette	Concombre	Aubergine	Fraisier		
Proie de substitution	<i>Aphis urticae</i>											2																												
	<i>Brachycaudus helichrysi</i>								5				11					4						6			12													
	<i>Coloradoa tanacetina</i>										2											40																		
	<i>Dysaphis sp.</i>																6																							
	<i>Hyperomyzus lactucae</i>																																							
	<i>Lipaphis erysimi</i>																	2																						
	<i>Macrosiphoniella millefolii</i>											29							22																					
	<i>Macrosiphoniella sejuncta</i>											3																												
	<i>Macrosiphoniella tapuskae</i>																																		4					
	<i>Macrosiphum rosae</i>	1																																				1		
	<i>Metopolophium dirhodum</i>		9		1																																			
	<i>Microlophium carnosum</i>										1	239																												
	<i>Myzus ornatus</i>											1						2																	2				1	
	<i>Rhopalosiphum maidis</i>	29																36																						
	<i>Rhopalosiphum padi</i>	9	3	3	13																							11												
	<i>Sitobion avenae</i>			15			15																																	
	<i>Sitobion fragariae</i>	1																																						
	<i>Tetraneura ulmi</i>																2																							
	<i>Tuberolachnus salignus</i>									2																														
	<i>Uroleucon sp.</i>				15													92																		1	11			
	<i>Uroleucon tanacetii</i>																		19																					
	<i>Uromelan sp.</i>					4		12																																
Ravageur	<i>Aphis fabae</i>													1		1			14					24	12	20								6		2	1			
	<i>Aphis forbesi</i>																																							
	<i>Aphis gossypii</i>																1						21	18		2	2	7		67	30	62		68	146	31	8	32		
	<i>Aphis malvae</i>																																					5		
	<i>Aulacorthum solani</i>										1	1			2			2						16			13						12		33	10	1	1		
	<i>Brevicoryne brassicae</i>																	2	4										26											
	<i>Chaetosiphon fragaefolii</i>																																					4		
	<i>Macrosiphum euphorbiae</i>																	5																20	5	2	3	6	3	
	<i>Myzus ascalonicus</i>																	7																				3		
	<i>Myzus persicae</i>												3				2	2	1		9						6	5					4			15		30	2	

Des proies de substitution appropriées !



INRAE



Aphidius ervi



Aphidius colemani



Diaeretiella rapae

Lysephlebus fabarum
Aphidius matricariae
Aphidius urticae

C

Catégorie	Espèce de puceron	<i>Aphidius ervi</i>	<i>Aphidius colemani</i>	<i>Diaeretiella rapae</i>	<i>Lysephlebus fabarum</i>	<i>Aphidius matricariae</i>	<i>Aphidius urticae</i>	<i>Proctos volucre</i>	<i>Aphidius egyptiae</i>	<i>Ephedrus plagiator</i>	<i>Aphidius abnormis</i>	<i>Aphidius rhopalosiphii</i>	<i>Ephedrus niger</i>	<i>Aphidius microlophii</i>	<i>Aphidius eadyi</i>	<i>Aphidius fovealis</i>	<i>Aphidius sanchii</i>	<i>Aphidius sp.</i>	<i>Binodys sp.</i>	<i>Proctos yomenae</i>	<i>Trioxys sp.</i>
Proie de substitution	<i>Macrosiphoniella tapuskae</i>										10										
	<i>Uroleucon sp.</i>														35					6	
	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	12													5						
	<i>Aphis fabae</i>				4														1		1
	<i>Brachycaudus helichrysi</i>		1			2												2			
	<i>Hyperomyzus lactucae</i>																				
	<i>Macrosiphoniella millefolii</i>										1										
	<i>Macrosiphoniella sp.</i>										1										
	<i>Metopolophium dirhodum</i>																				
	<i>Rhopalosiphum padi</i>			2	4	24															
Ravageur	<i>Sitobion avenae</i>	2			1			1				2									
	<i>Microlophium carnosum</i>						8							12							
	<i>Aphis gossypii</i>		1		3																
	<i>Aulacorthum solani</i>	1					2	1													
	<i>Brevicoryne brassicae</i>			80																	
	<i>Chaetosiphon fragaefolii</i>								1												
	<i>Macrosiphum euphorbiae</i>									1											
	<i>Myzus persicae</i>	1	1	34		18															

n : occurrence de l'observation

Vert : parasitoïdes parasitant des proies de substitution et des pucerons s'attaquant aux plantes cultivées

Bleu : parasitoïdes parasitant une ou plusieurs espèce(s) de substitution et au moins deux espèces de puceron s'attaquant aux plantes cultivées

Orange : parasitoïdes ne parasitant que des espèces de puceron s'attaquant aux plantes cultivées

Rose : parasitoïdes ne parasitant que des espèces de substitution



Attention aux invités indésirables...



Plante	Tunnel	Date	Espèce de puceron
Courgette	TNT	07/05/25	<i>Aulacorthum solani</i>
			<i>Macrosiphum euphorbiae</i> (momie)
			<i>Uroleucon sp.</i>
	PDS24	05/06/25	<i>Aphis gossypii</i>
		07/05/25	<i>Macrosiphum euphorbiae</i> (momie)
			<i>Uroleucon sp.</i>
		22/05/25	<i>Aphis gossypii</i>
		05/06/25	<i>Aphis gossypii</i>
			<i>Macrosiphoniella sp.</i> (momie)
	PDS60	07/05/25	<i>Macrosiphoniella tapuskae</i>

- *Uroleucon sp.* et *Macrosiphoniella sp.* sur courgette mais inoffensifs (espèces « touristes »).
- Ortie, tanaïs, achillée millefeuille, laitron et pissenlit : inoffensifs pour ce qui concerne les pucerons....
- ... Mais attention à *Liocoris tripustulatus* avec l'ortie !

Attention aux invités indésirables...



- Souci officinal et sarrasin : *Macrosiphum euphorbiae*.
- Ammi élevé et fèverole : *Aphis fabae*.
- Lierre terrestre (*Glechoma hederacea*) : acariens.
- Alysse saxatile et Alysse maritime = *Plutella xylostella* ?

Parcelle "aménagée"

24/04/20

Sarrasin	Ortie	Coriandre	Tanaisie	Achillée
3 3 3 4 3 3 3 3 2 2 2 2 3 2 2 3 2 2 2 2 2 2	4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 2 2 2 2 2 3	4 4 4 4 4 3 3 3 4 3 3 3 3 2 2 3 3 2 2 2 2 2 2 2	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 2 3 2 3	

11/05/20

Sarrasin	Ortie	Coriandre	Tanaisie	Achillée
5 5 5 5 5 5 5 5 3 3 3 3 4 4 3 3 3 4 4 4 4 4	5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 4 2 4 4 4 5 4 4 4 4 4 5 4 3 4 4	5 5 5 5 5 5 5 5 4 5 5 5 5 4 5 4 4 2 3 2 4 5 3 4 4	4 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 3 3 3 3 5 4 4 2 2 5	

18/05/20

Sarrasin	Ortie	Coriandre	Tanaisie	Achillée
5 5 4 5 5 5 5 5 5 5 4 5 4 4 4 4 4 5 4 4 4 4 4 4 4	5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 4 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 4 4 4	5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 4 5 4 4 4 4 4 5 4 4 4	5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 4 4 4 4 5 4 4 4 4 5	

Parcelle "témoin"

24/04/20

Sarrasin	Ortie	Coriandre	Tanaisie	Achillée
3 2 3 3 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 3 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 2 3 2 2 3 2 2 2 2 2	3 3 2 2 2 2 2 3 2 3 3 3 3 3 2 3 2 3 3 2 2 2 2 2 2 2	3 2 2 3 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 3 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 2 2 2 2 2 3 2 2

11/05/20

Sarrasin	Ortie	Coriandre	Tanaisie	Achillée
3 2 3 4 5 4 3 3 4 4 3 4 2 2 3 3 3 3 3 4 4 3 2 3 3	4 3 2 4 3 4 4 4 4 3 4 4 4 4 4 3 4 2 4 3 3 3 3 3	4 3 2 3 3 4 3 4 4 3 4 4 4 4 3 3 4 4 2 2 3 1 2 3 3	4 4 2 4 4 4 3 4 3 3 3 3 4 3 3 3 3 3 1 2 3 3 2 3 3	2 2 3 3 2 3 4 4 2 2 2 1 2 3 3 2 1 1 2 2 1 2 2 2 3

18/05/20

Sarrasin	Ortie	Coriandre	Tanaisie	Achillée
4 4 4 4 5 4 5 4 5 5 5 5 4 3 3 4 3 4 3 4 5 3 3 3 3	4 4 3 5 4 5 5 5 4 4 5 4 4 4 4 4 5 2 4 5 3 4 3 3 2	5 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 3 4 4 4 2 3 2 1 3 3 3	4 4 3 4 4 4 3 4 3 4 4 4 5 3 4 4 3 2 3 3 3 2 1 2 3 3	3 3 3 4 3 4 4 5 2 3 3 3 2 3 4 2 3 3 2 2 2 2 1 1 1

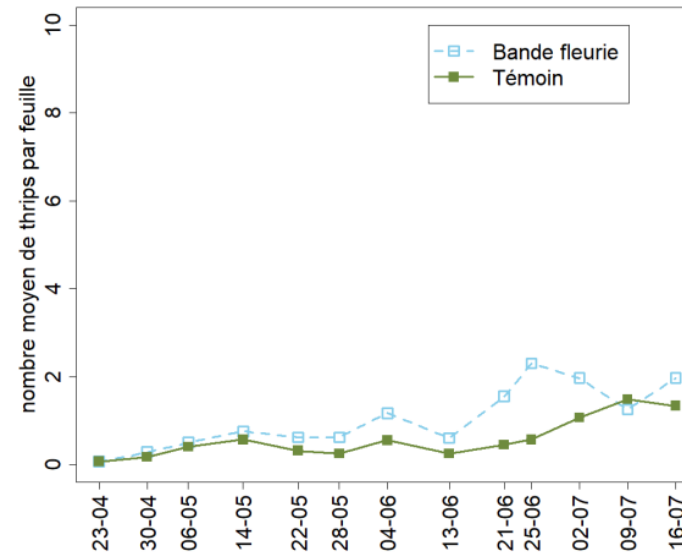
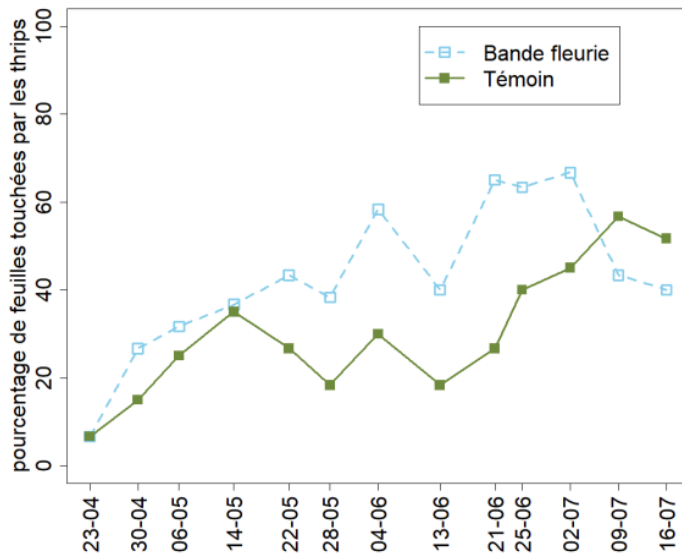
Développement des populations de *M. euphorbiae* dans un tunnel d'aubergine LBC à partir d'un patch de sarrasin

Attention aux invités indésirables...

Résultats APREL (2024)

Concombre

- La présence de bandes fleuries dans un tunnel de concombre peut favoriser le développement des populations de thrips.



Incidence des attaques de thrips dans un tunnel de concombre LBC et dans un tunnel témoin



- Aneth
- Avoine
- Achillée millefeuille
- Blé
- Bleuet des champs
- Bourrache
- Alysse maritime

1

J₀₋₄₅

Plantes
nectarifères et
pollinifères en
fleurs

2

J₀₋₃₀

Pucerons sur
les plantes
banque

3

J₀₋₁₅ à J₀₊₁₅

Pic d'activité des
prédateurs de
pucerons dans la
parcelle



Les plantes répulsives ? Oui ! Mais pas n'importe lesquelles...



Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

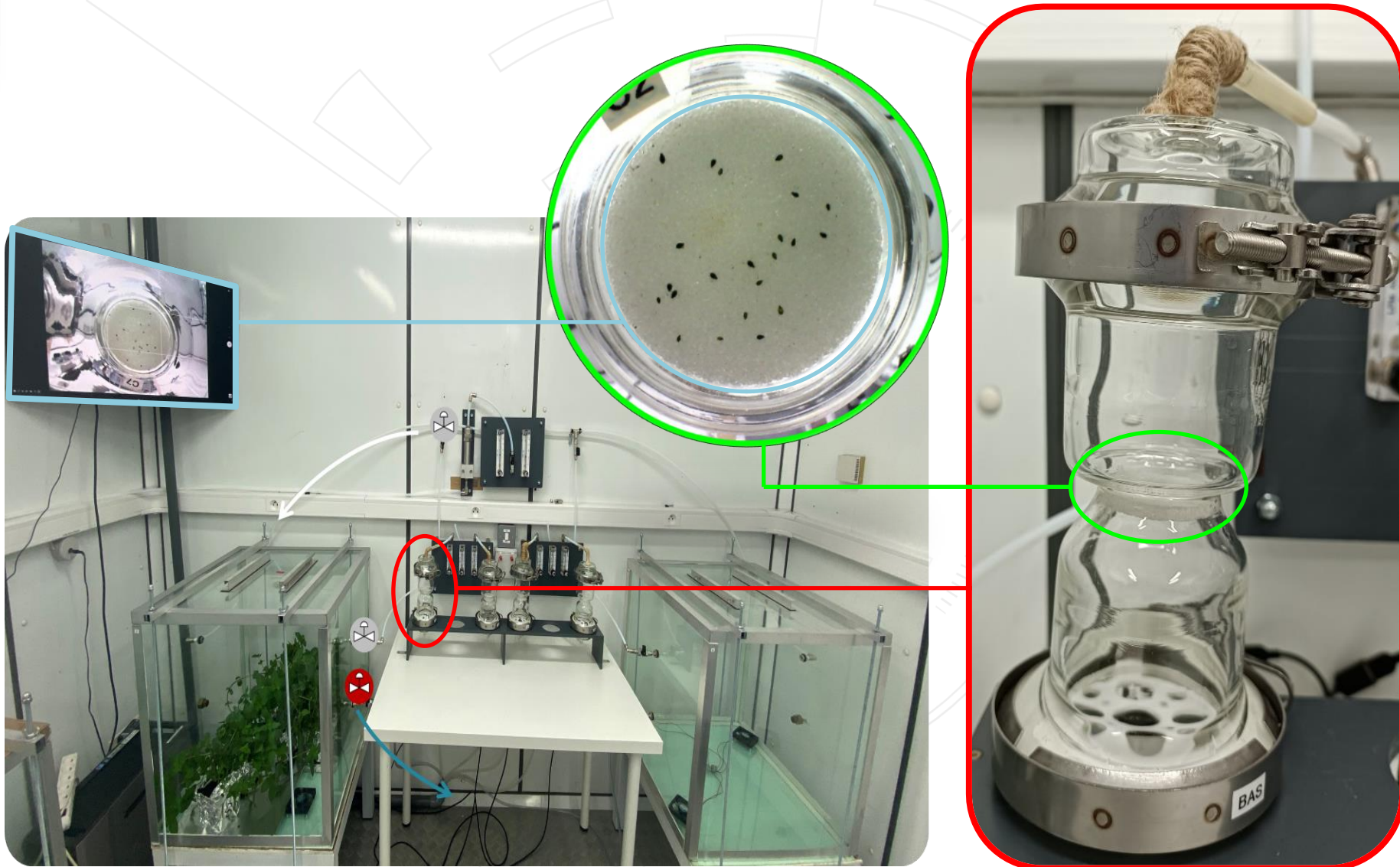


Le projet REPULSE (2020-2023)

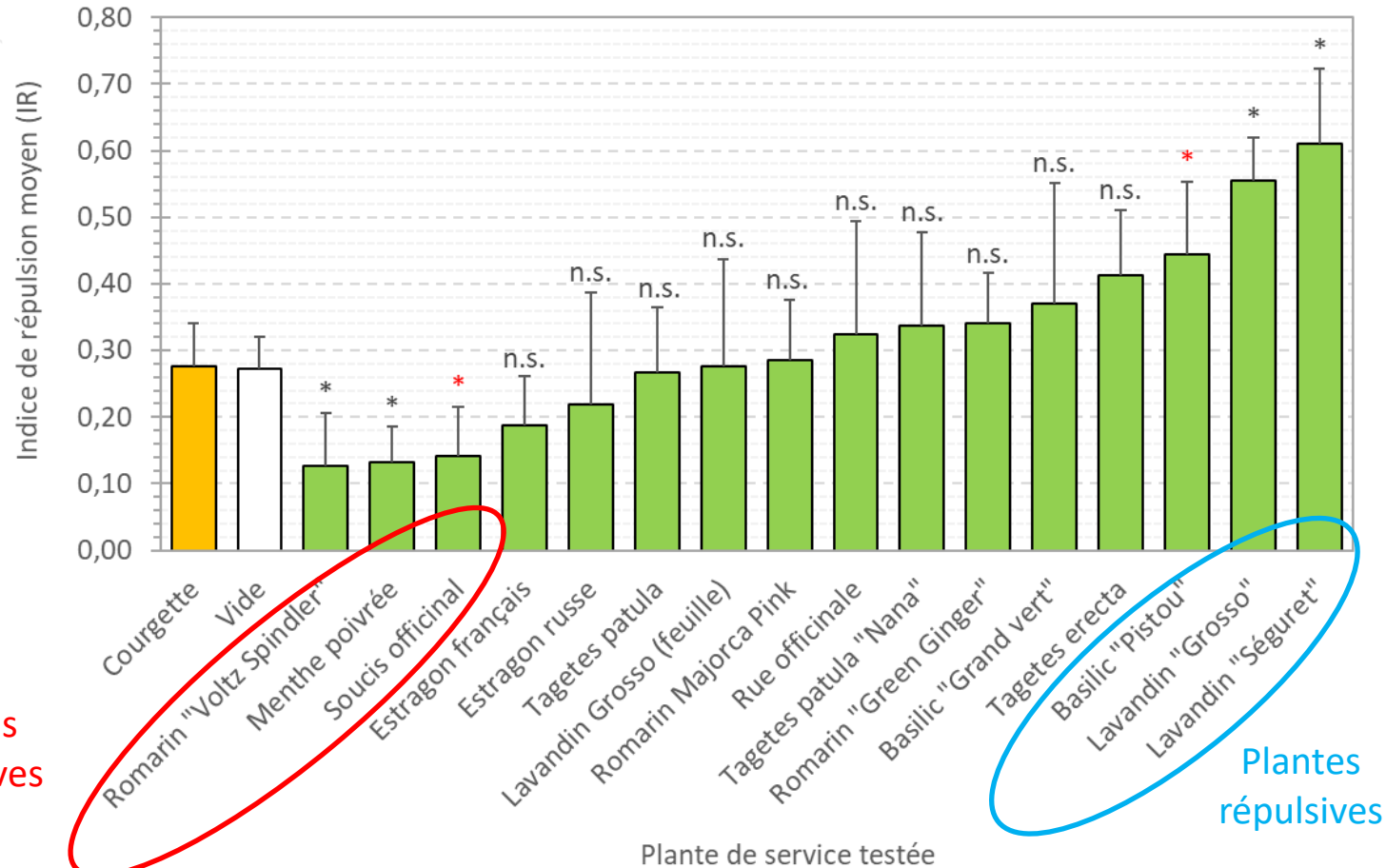
Application aux cultures de courgette (*Aphis gossypii*)

Hélène Gautier (INRAE), Laurent Gomez (INRAE), Louise Jeandroz (INRAE),
Christine Fournier (CTIFL), Juliette Pellat (CTIFL), Prisca Pierre (CTIFL)

Tests de répulsion (olfactomètre tubulaire dynamique)



Tests de répulsion : *Aphis gossypii*

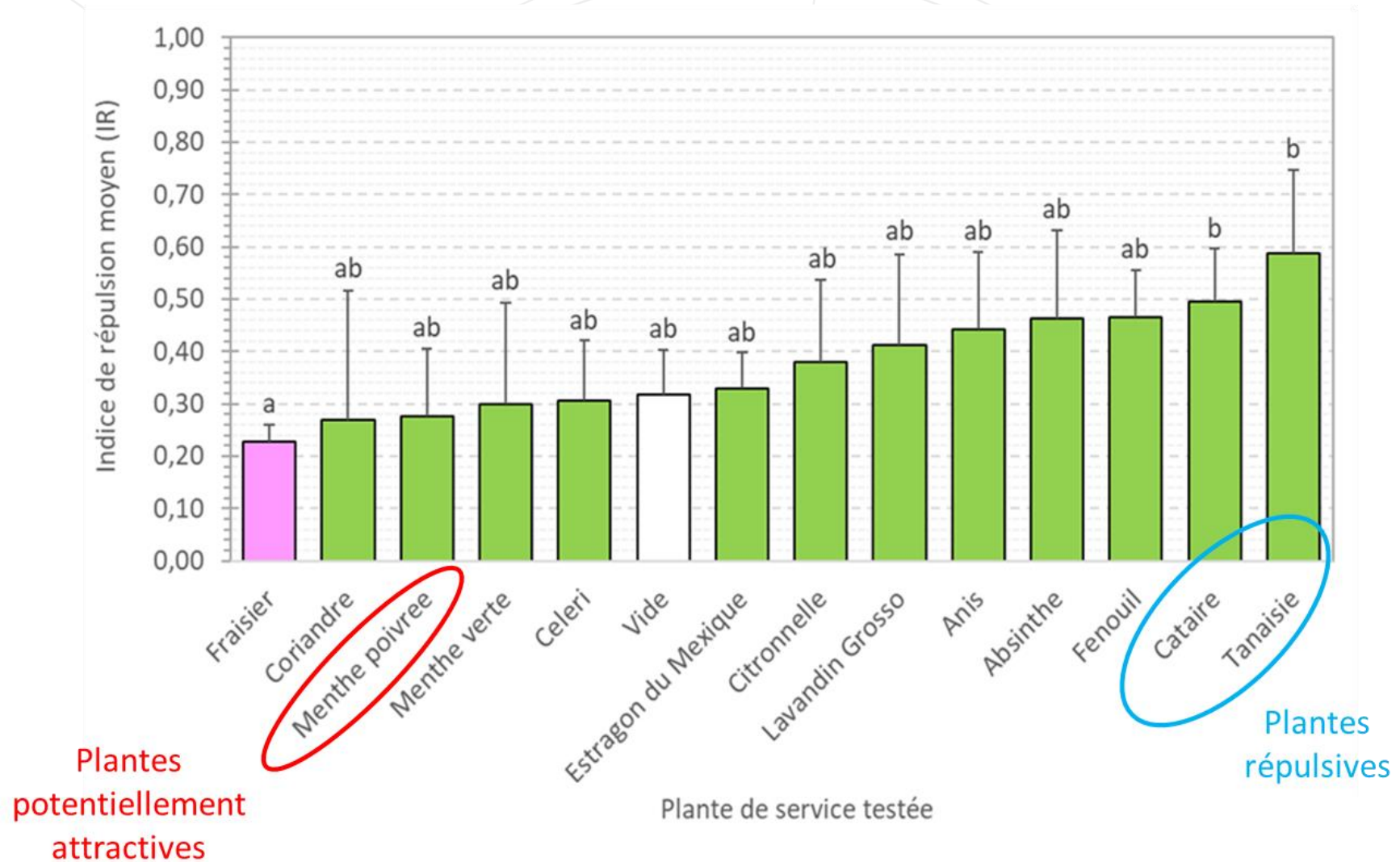


Plantes
attractives

Plantes
répulsives

- * Répulsion par rapport aux témoins « Courgette » et « Vide ».
- * Répulsion par rapport au témoin « Vide » uniquement (l'effet disparaît en présence de courgette).

Tests de répulsion : *Macrosiphum euphorbiae*

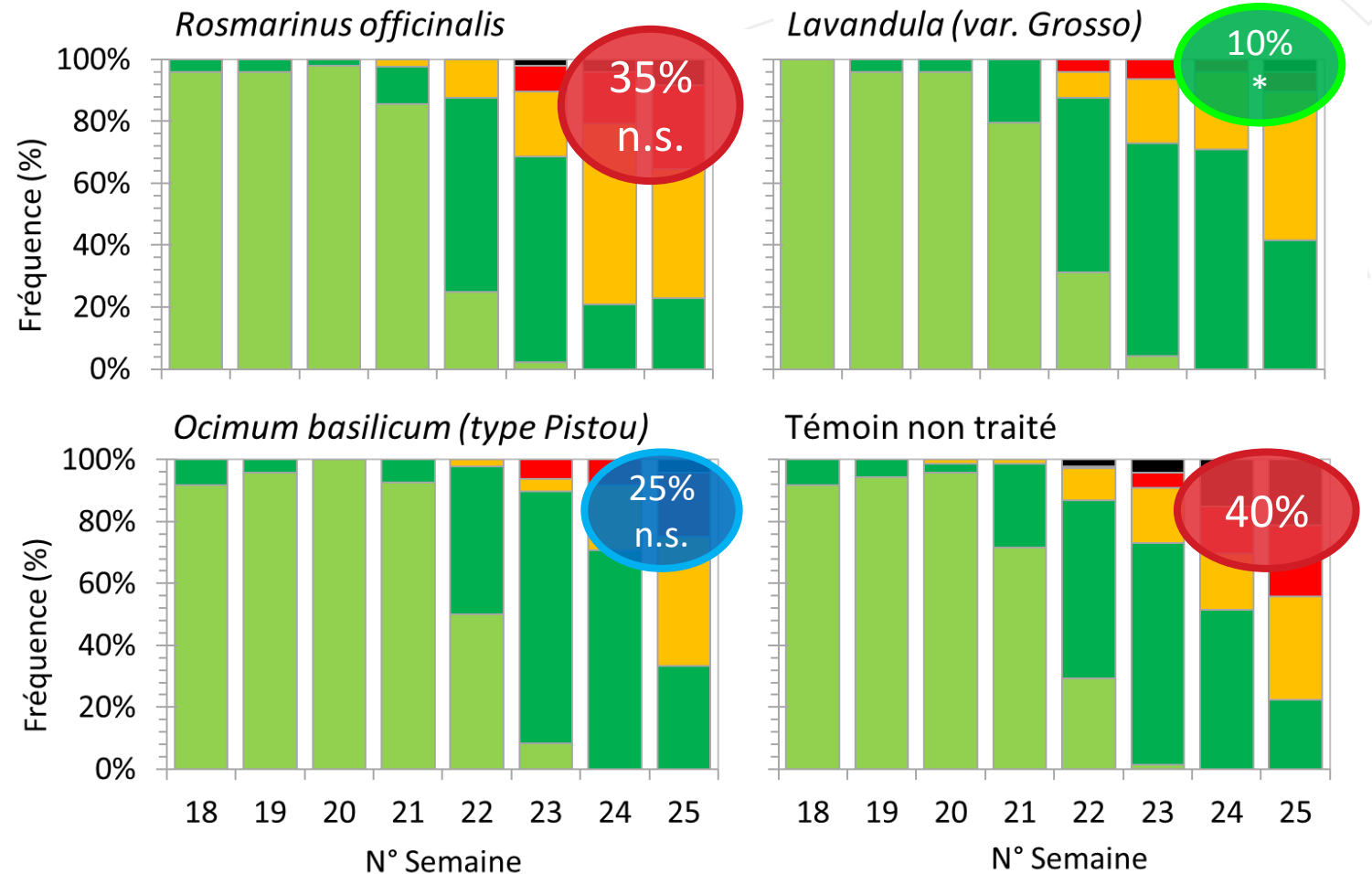


Evaluation *in campo* (CTIFL 30)



Œillet d'Inde
(*T. patula*)

Evaluation en culture de courgette (*A. gossypii*)





Quelques précautions nécessaires...

Le choix de la plante répulsive est crucial !

- Ce n'est pas parce qu'une plante est aromatique et que son odeur est forte qu'elle est forcément répulsive → Cas de la menthe poivrée !



Disparition de l'effet répulsif

- Le basilic de type « Pistou » est répulsif pour *M. persicae* (Dardouri et al., 2020) et *A. gossypii* → plante polyvalente !
- Mais son effet est considérablement réduit en présence de la plante cultivée...



Chassé-croisé...

- Une même plante peut repousser une espèce de puceron mais en attirer une autre → cas de l'œillet d'Inde (*T. patula*) qui perturbe le comportement de *M. persicae* (Dardouri et al., 2020) mais qui semble attirer *A. gossypii*.



Mettre en place et piloter des stratégies de lutte biologique par conservation pour protéger les cultures légumières sous abri contre les pucerons



MATÉRIEL VÉGÉTAL ET TECHNIQUES DE PRODUCTION

Description

- Comprendre le principe d'une stratégie de lutte biologique par conservation
- Savoir mettre en place et piloter une stratégie de lutte biologique par conservation pour réguler efficacement les populations de pucerons
- Savoir choisir et gérer les plantes de service favorisant les processus de régulation naturelle
- Identifier les facteurs de réussite ou d'échec d'une stratégie de lutte biologique par conservation et les pièges à éviter

Programme et inscription :

www.ctifl.fr



Mettre en place et piloter des stratégies de lutte biologique par conservation pour protéger les cultures légumières sous abri contre les pucerons

Bulletin d'inscription



Prochaines sessions

21 et 22 octobre 2026 à Carquefou/Nantes



Réussir aujourd'hui, c'est imaginer demain.

CENTRE TECHNIQUE INTERPROFESSIONNEL
DES FRUITS ET LÉGUMES

Action financée par



MISE EN ŒUVRE DE STRATÉGIES DE LUTTE BIOLOGIQUE PAR CONSERVATION EN PARCELLES DE PRODUCTION : EXEMPLES DE CAS PRATIQUES



Maxime Chabalier (CAPDL-GDM)
*avec la participation de Jérôme Lambion (GRAB) et
Aurélie Rousselin (APREL)*

IMPLANTATION

- Anticipation (puceron présent sur PS au moins 3 S avt sur culture et PR en fleur au moment où auxi besoin)
- Semis ou plantation
- Aménagements en bordure intérieure de tunnel, possibilité en extérieur
 - Limite la réduction de surface productive : Ex Sud-est 2 rg salades non plantés, pas de perte de surface en culture d'été
 - Permet des installations durables de vivaces: mieux pour équilibres écologiques
- Possibilité de patch d'un seul côté
- + des installations annuelles (dans culture, espèces annuelles)



MODES DE D'INSTALLATION



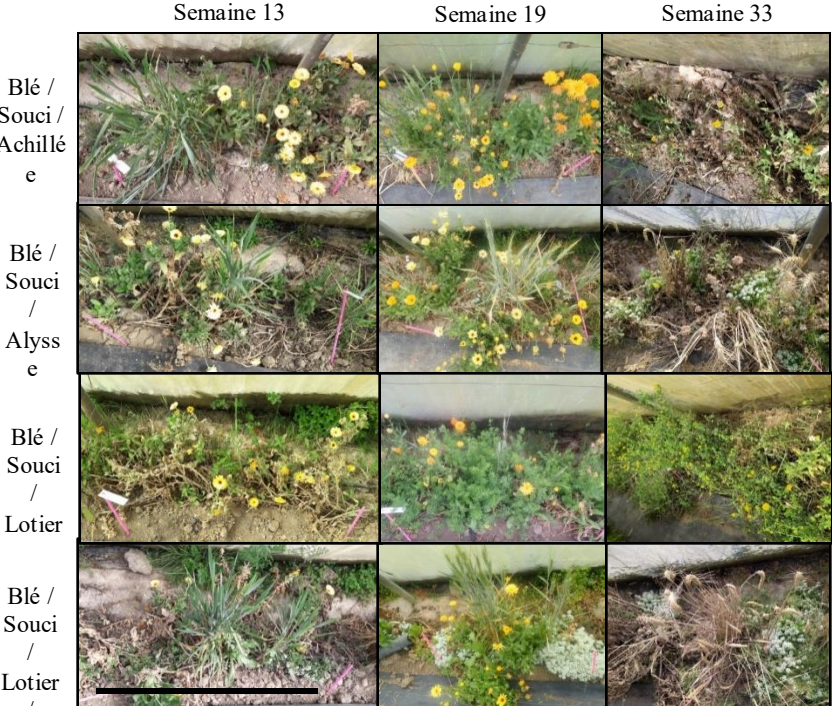




Evolution des plantes de services au cours de la saison



Tunnel CGA 1



Tunnel CGA 2



Tanaïsie



Mélange



Coriandre



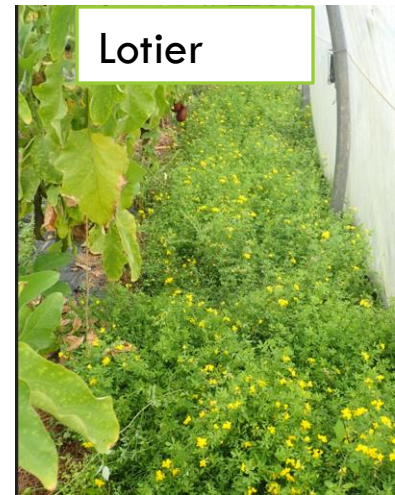
Céréales



Alysse



Achillée



Lotier

4/3/2026

Plante		Avantages	Inconvénients
Achillée (Vivace)		Rapidement infestée par des pucerons spécifiques Bon couvre-sol une fois implantée	Attractive pour les auxiliaires au printemps, moins à l'automne Installation lente.
Tanaisie (Vivace)		Forte infestation de pucerons (pas dans le sud) Attire coccinelles et syrphes Abri pour Orius en fin de saison	Installation difficile et coûteuse Auxiliaires tardifs Très volumineuse. Résultats variables entre l'ouest et le sud-est
Céréales: Blé / Orge / seigle... (Annuel)		Attire précocement les coccinelles et parasitoïdes Pucerons spécifiques uniquement Facile à planter. Peu coûteux	Infestation de pucerons parfois difficile Populations souvent modérées levée compliquée pour un semis en plein été
Coriandre (Annuel)		Facile à planter Très attractive pour syrphes et coccinelles	Pucerons parfois nuisibles dès S19 Auxiliaires tardifs• Croissance lente
Soucis (Annuel)		Facile à planter Attire de nombreuses punaises prédatrices	Peut attirer pucerons (Macrosiphum) et punaises nuisibles
Alysse (Annuel)		Floraison rapide, abondante et longue Attire les syrphes	Attention thrips et altise. Crucifère



Étiquettes de lignes ▼	Anthocoridae	Chrysopidae	Coccinellidae	Miridae	Syrphidae	Cecidomyiidae	Parasitoïdes
Achillée	0,9		10,5		1,5	20,2	
Alysse	5,6		1,7		0,6		
Alysse/Lotier			3,1	2,9	0,8		9,8
céréales	0,5	0,3	2,8	0,5	0,9	0,3	12,2
Coriandre		1,1	4,4		2,1		10,0
Lotier		0,4	2,0		0,7		
Mélange à coccinelles			4,9	1,1	0,8		
Pâquerettes			3,3				
Soucis	2,0	1,2	8,5	23,8	1,0	0,3	4,9



NOMBRE D'ESPÈCES



Nombre d'espèces : min 4

- Fonction de plantes-banque = proies de substitution et/ou hôte alternatif :
 - 2 minimum (dates ou espèces);
 - objectif = être sûr qu'une plante-banque au moins soit infestée + complémentarité dans le temps, avec au moins une plante-banque infestée précocement.

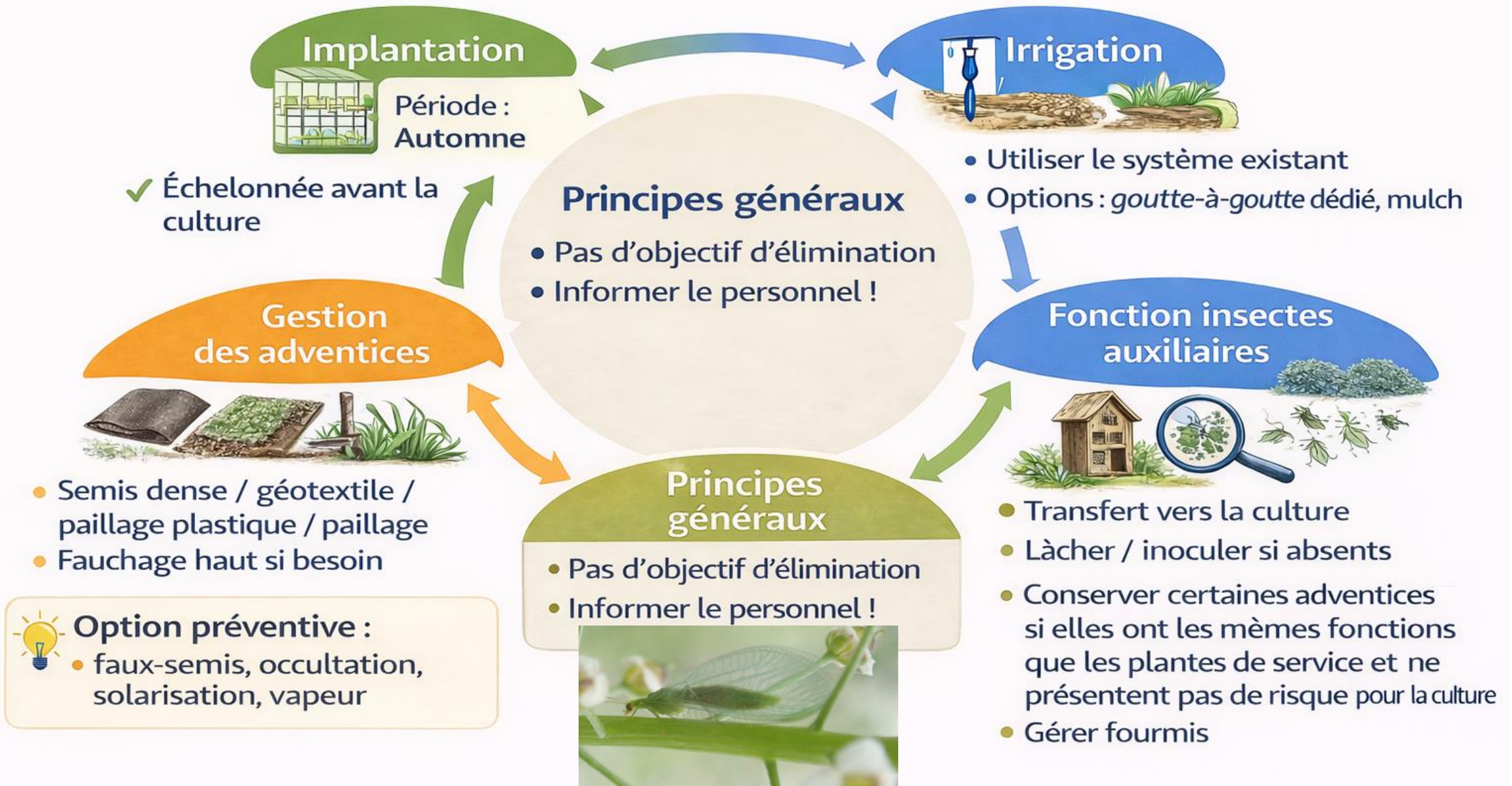
Fonction de plantes-ressources = pollen et/ou nectar :

- 2 minimum ;
- objectif = floraison précoce et tardive + complémentarité dans le temps + durée de floraison.

Besoin de quantité au moins 1/3 de la longueur aménagée sur 1 côté



Mise en place et gestion des plantes de service



INTÉGRATION DANS LE FONCTIONNEMENT DE L'EXPLOITATION

Besoin de connaissance (reco) + loupe

Suivi : pour ne pas se disperser

Bien définir ses objectifs (prévoir coût et MO)

Seuils de décision

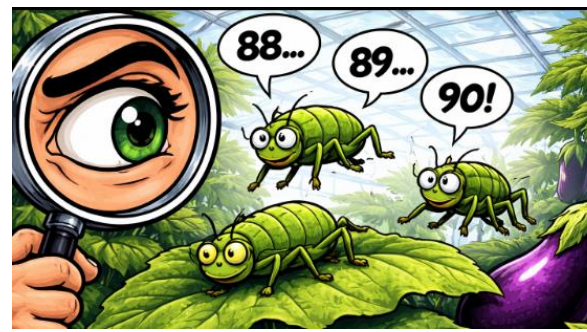
Intégrer les opérations aux pratiques habituelles

Avoir décider en amont des interventions (Simplification)



RDD

Exemples de mesures :



Mesures hebdomadaires :

- Sur 100 demi-feuilles de concombre :
 - identification et comptage de pucerons et auxiliaires
- Sur 2*1ml (ou feuilles) de chaque plante de service :
 - taux de floraison,
 - comptages auxiliaires
 - présence de pucerons

Autres mesures :

- Rendement
- Distance concombres - plantes de service
- Nitratek sol et feuilles
- Relevé météo
- Suivi des interventions contre puceron
- Coût et temps de travail



Echelles, aspiration, filets,....

Système classe
puceron
et parasitisme

A->E



Analyse des données :

- Courbe de suivi des populations
- ANOVA
- GLM

Exemples de mesures : chez les producteurs

Mesures (fréquence adaptable) :

- % de puceron par feuille (30 feuilles / tunnel)
- Quantité de prédateurs
- Présence abs de chaque rav.
- Richesse spécifique
- % de parasitisme



Coût moyen des aménagements

		Total semence	Total semence annualisée	Installation et entretien 1 ^{er} année	Tot annualisé
	Bande fleurie (50mx1m)	2,5€ - 11,9€	0,5€ - 2,28€ (5 ans)	55€	11,5€ - 13,28€
	Flore naturelle (Si flore intéressante)	0	0	18 €	4€
	Semis tous les côtés (50m²)	3,65€ - 169€	1,21€ - 113€	55€	12,21€ - 124€
	Semis 1/3 des côtés	1,21€ - 56€	0,4€ - 37,6€	18€	6,4€ - 43,6€
	Plantation tous les côtés (50m ²)	187€ - 500€	62€ - 166€	62€	83€ - 186€
	Plantation 1/3 des côtés	62€ - 166€	21€ - 55€	21€	49€ - 62€



Tunnel (500 m²) (amortissement aménagement 3 ans)



PC (50*1 m) (amortissement aménagement 5 ans)



LES RÈGLES DE DÉCISION

Culture	Mode	Bioagresseur	Niveau de rupture	Attente Objectif	Stade	Fréquence de feuilles attaquées dans la parcelle	RDD avec plantes de services (PS)	Nom du intrant 1	Quantité 1 /ha
Concombre	Abri	Puceron	Compatible AB	Pas de manchons sur jeunes plants (foyer = 3 plants à suivre) jusqu'au 1er fruit Maxi 5 % des plants atteints	1. Avant la mise en place	/	Il faut des pucerons spécifiques sur PS (plantes banques spécialement), 1 mois avant la plantation de la culture, sinon en transférer. 10 jours avant la plantation, lâcher un A. colemani		



Sans oublier les multiples évolutions d'observations (notations)!!!!

Timeline with decision rules

N° semaine			...	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
Stade			Avant plantation			Plantation			Début récolte														Fin récolte		
Besoin en eau (mm/j)						1,0		1,7		2,1		3,0					3,6				3,7				
RdD : gestion des pucerons	Pucerons culture	Auxiliaires culture																							
	-		RdD 1 : Raisonner fertilisation	RdD 2 : transfert pucerons + lâcher mélange parasitoïdes		RdD 3 : transfert ou lâcher macrolophus + nourrissage	RdD 5 : Continuer à surveiller														Ne rien faire				
	-/+	-					Ecrasement manuel													RdD 6 : transfert actif localisé					
		+					RdD 7 : Continuer à surveiller																		
	+	-					RdD 8 : Flipper DH ou Eradicoat DH + transfert/lâcher coccinelles ou syrphes																		
		+					RdD 9 : Continuer à surveiller																		
	++	-					RdD 10 : Transfert / lâcher parasitoïdes																		
		+					RdD 11 : Continuer à surveiller																		
	+++	-					RdD 12 : Flipper DH ou Eradicoat DH + transfert / lâcher parasitoïdes																		
		+					RdD 13 : Transfert/lâcher parasitoïdes																		
		++					RdD 14 : Continuer à surveiller																		

Seuils :

Puceron culture	-	+/-	+	++	+++
% feuilles infestées	0%	0-5%	5-10%	10-20%	>20%

Auxiliaire culture	-	+	++
prédateur	<0,3/plant	0,3-5	>5/plant
parasitisme	<15%	15-50%	>50%

Produit	Dose	Volume de bouillie
Flipper	1,5%	600l/ha
Eradicoat	2,50%	1000l/ha
Neudosan	1,5%	600l/ha
Essen'ciel	0,4-0,8%	250l/ha
Botanigard	0,75-0,9kg/ha	1200-1400l/ha
Extrait de plantes		

Lâcher	Dose
Parasitoïdes	0,5-2/m²
Coccinelles	0,5-5/plant
Syrphes	1-10/plant

CONCLUSION

- Projets pour diminuer les risques pour les producteurs (AGREABLE, COSYNUS, REGULEG, EFFICACE, Mapuce, Fragasyst...)
- Importance de la formation reco rav, auxi et PS
- Pas d'objectif d'élimination
- Important de diversifier les espèces (service différent selon les saisons, rotation des cultures avec ravageurs différents)
- Des variations inter-annuelles et géographiques
- C'est une complémentarité de pratique (/lutte biologique, /prophylaxie,...)
- Les aménagements peuvent être réalisés à l'échelle de l'exploitation (mieux)
- Importance de l'observation de la culture, des aménagements et évaluer la possibilité de transferts actifs
- On a travaillé sur l'implantation de bandes fleuries mais la flore spontanée peut aussi être un bon réservoir pour les auxiliaires
- Les aménagements procurent un vrai service de régulation, avec une augmentation de la marge nette (ex : résultats COSYNUS)



MERCI À TOUS POUR VOTRE ATTENTION !

**RDV AUX JOURNÉES TECHNIQUES DES
06 ET 07 JUILLET 2026 À BRINDAS
(69):**

[JTKMARAICHAGEJUILLET2026_INVIT.PDF](#)



**VÉGÉPHYL – 13^{ème} CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LES RAVAGEURS ET
AUXILIAIRES EN AGRICULTURE**

29, 30 et 31 OCTOBRE 2024 – Institut Agro Montpellier

**EFFET DU NIVEAU DE PERMANENCE DES PLANTES DE SERVICE ET DE LA FERTILISATION AZOTÉE SUR
L'EFFICACITÉ DES STRATÉGIES DE LUTTE BIOLOGIQUE PAR CONSERVATION MISES EN ŒUVRE EN
CULTURE D'AUBERGINE**

SEBASTIEN PICAULT ⁽¹⁾, BERENGERE HERRAULT ^(1, 2), BRAHIM KAOUACH ^(1, 3),
ENZO MERCERON ^(1, 2), LOIC FOUYER ⁽¹⁾

⁽¹⁾ CTIFL, 35 allée des sapins 44483 CARQUEFOU Cedex

⁽²⁾ Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers, 55 rue Rabelais B.P. 30748 Cedex 01 49000 ANGERS

⁽³⁾ Faculté des sciences de l'Université d'Angers, 2 boulevard Lavoisier 49045 ANGERS

RÉSUMÉ

Pour protéger les cultures d'aubergine contre les pucerons, une stratégie de lutte biologique par conservation (stratégie LBCH) a été élaborée par le CTIFL dans le cadre du projet REGULEG qui s'est déroulé de 2018 à 2020. Afin d'identifier (i) l'effet du niveau de permanence des plantes nectarifères, pollinifères et/ou banques utilisées et (ii) l'effet du niveau de fertilisation azotée sur l'efficacité de cette stratégie, des expérimentations sont actuellement menées dans le cadre du projet EFFICACE. Les résultats obtenus montrent que la stratégie testée permet de réguler efficacement les populations de pucerons avec une efficacité de 88%, même si les plantes de service ne sont pas installées de façon pérenne. La présence de ces plantes dans la culture permet également de satisfaire le besoin azoté des aubergines sans prendre le risque de favoriser en contrepartie les pullulations de pucerons, contrairement à ce qui se passe dans une parcelle non traitée.

Mots-clés : puceron, aubergine, lutte biologique, biodiversité fonctionnelle, agroécologie.

ABSTRACT

To protect eggplant crops against aphids, a crop protection method through habitat conservation was developed by CTIFL within the REGULEG project which was carried out from 2018 to 2020. Some experiments are actually carried out by CTIFL to identify firstly the effect of melliferous and/or banker plant permanence in the cropping system, and secondly the effect of the nitrogen fertilization level on the efficacy rate of this method. The results show that an efficacy of 88% can be achieved with this method, even if the melliferous and/or banker plants are used only annually. Furthermore, these plants allow for high fertilization levels without leading on the other side to an aphid population proliferation.

Keywords: Aphid, eggplant, biological control, functional biodiversity, agroecology.

Réguler les populations de pucerons avec des plantes de service

Les pucerons causent des dommages considérables aux cultures légumières (fraise, concombre, courgette, melon, laitue, aubergine, poivron, artichaut...) en prélevant la sève des plantes pour s'alimenter. En plus d'affaiblir les plantes, leurs piqûres provoquent aussi de nombreux dommages indirects : déformations, apparition de nécroses et de galles, transmission de virus, excrétion de miellat qui favorise le développement de fumagine et réduit la photosynthèse... Pour lutter contre les pucerons, les producteurs de légumes disposent de produits phytosanitaires, mais la lutte chimique est de plus en plus difficile à mettre en œuvre à cause de l'interdiction de certaines substances actives (dont les néonicotinoïdes) et du risque accru de voir des résistances apparaître. Ils peuvent aussi mettre en place des stratégies de lutte biologique par inondation (lâchers d'ennemis naturels).

Cependant, l'efficacité de ces stratégies, limitées aux abris, n'est pas toujours garantie. De plus, la nécessité de renouveler régulièrement les lâchers d'auxiliaires, du fait de leur mauvais établissement sur la culture, dégrade la rentabilité de l'exploitation en augmentant les coûts de production. Face à ces difficultés, le CTIFL et ses partenaires développent des stratégies de lutte biologique par conservation des habitats (stratégies LBCH) qui favorisent l'action des ennemis naturels autochtones, susceptible d'être plus précoce et plus efficace. Ce type de stratégie consiste d'une part à attirer les prédateurs et les parasitoïdes de pucerons dans les parcelles de culture à l'aide de plantes nectarifères et/ou pollinifères, et d'autre part à y favoriser leurs pontes à l'aide de plantes-banque (plantes qui hébergent des pucerons inoffensifs pour la plante cultivée et pouvant servir de proie ou d'hôte de substitution aux larves de prédateurs et/ou de parasitoïdes de pucerons en attendant que les premiers pucerons arrivent sur la plante cultivée).

Dans le cadre du projet REGULEG, porté par le CTIFL de 2018 à 2020 et réalisé avec la contribution financière de l'Office Français de la Biodiversité (OFB), une stratégie de lutte biologique par conservation a ainsi été mise au point et évaluée en culture d'aubergine (Picault, 2021). Les résultats obtenus montrent que le niveau d'efficacité des stratégies mises en place peut être satisfaisant, mais qu'il est souvent imprévisible, en particulier pour ce qui concerne la gestion des pullulations de pucerons les plus précoces. De plus, ce niveau d'efficacité semble dépendre de plusieurs facteurs biologiques, agronomiques et écologiques encore mal connus, et qui restent à déterminer. Il semblerait que le délai entre l'installation des pucerons sur les plantes-banque et l'arrivée des premiers pucerons sur les plantes cultivées, la teneur en nitrates dans le feuillage des plantes cultivées, ou encore l'agencement spatio-temporel des plantes de service au sein des cultures soient des facteurs importants pour garantir la fiabilité des stratégies de lutte biologique par conservation.

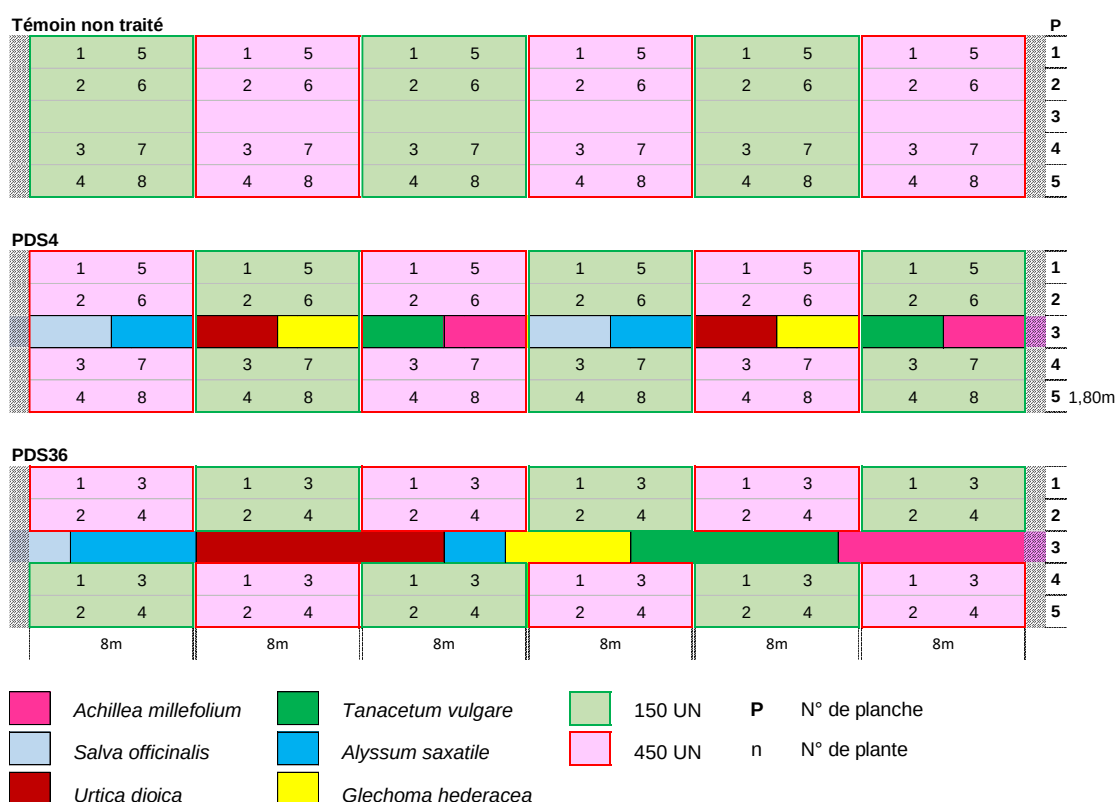
Pour vérifier ces hypothèses, des expérimentations sont actuellement menées par le CTIFL et ses partenaires dans le cadre du projet EFFICACE (2023-2025) réalisé avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale pour le développement agricole et rural (CASDAR). Le premier objectif des expérimentations menées en 2023 était d'évaluer, en culture d'aubergine, l'effet du niveau de permanence des plantes nectarifères, pollinifères et/ou banques (aménagements annuels vs aménagements pérennes) sur l'efficacité de la stratégie de la lutte biologique par conservation mise au point dans le projet REGULEG. Le second objectif de ces travaux était d'évaluer l'effet du contexte de nutrition azotée et par voie de conséquence du statut azoté de la plante cultivée sur l'efficacité de cette stratégie. Cette hypothèse se base sur le fait que les pratiques de fertilisation pourraient influencer les traits d'histoire de vie des pucerons d'une part et de leurs ennemis naturels d'autre part, et *in fine* l'efficacité des processus de régulation naturelle. La teneur en nitrates dans le feuillage des plantes modifie en effet la fécondité, le poids, la taille et la teneur en acides aminés des pucerons, ce qui peut impacter la cascade trophique en rendant les pucerons plus ou moins vulnérables à leurs ennemis naturels (Gao et al., 2018). La concentration en azote de la plante-hôte impacte par exemple le développement des pucerons *Myzus persicae* et *Brevicoryne brassicae*, et à un niveau supérieur la régulation de leurs populations par le parasitoïde généraliste *Diaeretiella rapae* : plus la concentration d'azote des pucerons augmente et meilleur est le taux d'émergence du parasitoïde (Chesnais et al., 2016). A l'inverse, réduire la fertilisation azotée du colza permet d'améliorer la régulation naturelle du puceron *Lipaphis erysimi* par le prédateur *Aphidoletes aphidimyza* (Fallahpour et al., 2019). En modifiant la qualité des plantes, l'irrigation des cultures pourrait aussi influencer les paramètres biodémographiques des populations de pucerons et leur capacité à être régulées.

Approche expérimentale mise en œuvre

Dans les travaux menés par le CTIFL en 2023, deux facteurs ont été étudiés : le facteur « contexte de nutrition azotée » et le facteur « stratégie de protection contre les pucerons ». Le premier facteur comprend deux niveaux : « fertilisation avec une dose de 150 unités d'Azote / ha » et fertilisation avec une dose de 150 unités d'Azote / ha ». Le second facteur comprend trois niveaux : « stratégie LBCH avec plantes de service installées de façon pérenne », « stratégie LBCH avec plantes de service installées annuellement » et « aucune protection contre les pucerons ». Dans la stratégie LBCH mise

en œuvre, les plantes-banques utilisées sont l'ortie (infestée par le puceron *Microlophium carnosum*), la tanaïsie (infestée par le puceron *Colorado tanacetina*) et l'achillée millefeuille (infestée par les pucerons *Macrosiphoniella tapuskae* et *Myzus ascalonicus*). Les plantes nectarifères et/ou pollinifères utilisées sont la corbeille d'or (*Alyssum saxatile*), l'achillée millefeuille (*Achillea millefolium*), la sauge officinale (*Salva officinalis*) et le lierre terrestre (*Glechoma hederacea*). L'expérimentation a été menée à l'intérieur de trois tunnels d'aubergine non chauffés et de 9 x 48m chacun (5 planches de culture de 1,40m de large par tunnel). Le premier tunnel était aménagé avec des plantes nectarifères, pollinifères et/ou banques (corbeille d'or, achillée millefeuille, sauge officinale, lierre terrestre, ortie et tanaïsie) âgées de 36 mois au moment de la plantation des aubergines. Le second tunnel a été aménagé avec les mêmes plantes nectarifères, pollinifères et/ou banques mais âgées de 4 mois seulement au moment de la plantation des aubergines. Dans le troisième tunnel, aucune plante de service particulière n'a été implantée (témoin non traité TNT). Dans les tunnels PDS4 et PDS36, les plantes de service ont été implantées sous forme de patches de 4 à 18m² répartis sur la totalité de la planche centrale (figure 1). La taille et la répartition des patches sur la planche centrale varie d'un tunnel à l'autre pour des raisons liées à l'historique des parcelles. Il a été considéré que cette différence d'agencement spatial ne constitue pas un biais expérimental majeur, dans la mesure où les résultats de projets antérieurs au projet EFFICACE ont montré que l'effet des plantes nectarifères, pollinifères et/ou banque sur la régulation naturelle des populations de pucerons est observé à l'échelle du tunnel tout entier et non pas seulement à proximité directe de ces plantes.

Figure 1 : Dispositif expérimental.



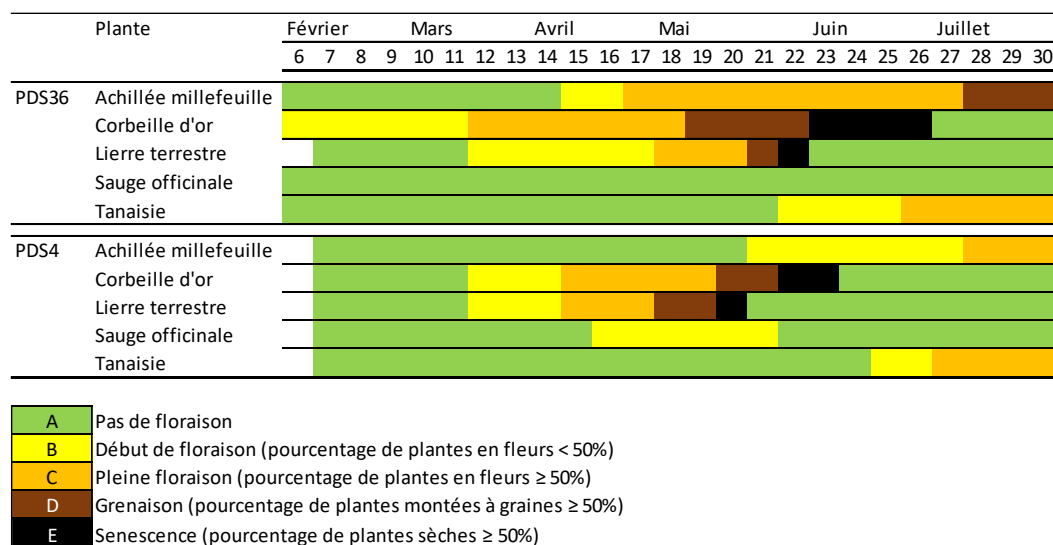
Dans chaque tunnel, un apport d'engrais organique (Bochevo®) a été effectué dans 3 ou 6 parcelles élémentaires 1,5 mois avant la plantation des aubergines de façon à ce que le sol contienne 150 unités d'Azote au pic de minéralisation. Dans 3 ou 6 autres parcelles élémentaires, un apport de Bochevo® a été effectué de façon à ce que le sol contienne au total bien 450 unités d'Azote au pic de minéralisation. Les aubergines (variété Black Gem certifiée AB ; plants greffés à 1 tête) ont été plantées sur paillage plastique noir le 26/04/23 (semaine n°17 soit mi-avril) à une densité de 0,70 plant/m² (1 rang par planche avec un écartement sur le rang de 0,8 m). Les aubergines ont été taillées de façon à obtenir 4 tiges/plant (soit 2,48 tiges/m²). La protection des aubergines contre les maladies a été gérée

conformément aux exigences du cahier des charges de l'agriculture biologique ; l'oïdium en particulier a été contrôlé avec de l'Armicarb®. Les acariens tétranyques ont été gérés en effectuant régulièrement des lâchers préventifs d'acariens prédateurs (*Amblyseius swirskii*). L'aleurode des serres (*Trialeurodes vaporariorum*) a été gérée avec des lâchers d'*Encarsia formosa*. Dans les trois tunnels, aucun traitement insecticide n'a été effectué et aucun lâcher de prédateur ou de parasitoïde de pucerons n'a été réalisé. Enfin, la pollinisation des plantes a été assurée par l'ajout de ruches de bourdons (*Bombus terrestris*). Dans les travaux menés, l'infestation des plantes-banque par les pucerons jouant un rôle de substitution d'une part et l'infestation des aubergines par les pucerons s'attaquant à l'aubergine d'autre part (*Macrosiphum euphorbiae*, *Aphis gossypii* et *Myzus persicae*) s'est faite de façon naturelle.

Une fois par semaine pendant toute la période expérimentale, le stade phénologique des plantes nectarifères et/ou pollinifères a été déterminé. En parallèle, le niveau d'infestation des plantes par les pucerons, le niveau d'activité des prédateurs de pucerons et le taux de parasitisme des populations de pucerons par les hyménoptères parasitoïdes ont été estimés une fois par semaine sur 20 tiges d'ortie, 20 tiges de tanaïs et 2 quadrats d'achillée millefeuille de 30x30cm ainsi que sur 4 à 8 tiges d'aubergine dans chaque parcelle élémentaire (i.e. 48 tiges d'aubergine dans chaque tunnel). Le niveau d'infestation des plantes-banque par les pucerons ainsi que le niveau de parasitisme ont été estimés visuellement à l'aide d'une échelle de classes. L'activité des prédateurs de pucerons (syrphes, chrysopes, hémérobes, coccinelles, punaises prédatrices, cécydomyies prédatrices etc.) a été caractérisée par dénombrement de visu sur la totalité de la tige ou du quadrat échantillonné. Enfin, la teneur en Azote du sol a été mesurée toutes les trois semaines à l'aide d'un outil d'analyse rapide (Nitrachek®) et la température de l'air ainsi que la pluviométrie ont été suivies tout au long de l'expérimentation à l'aide d'une station météorologique CIMEL. À chaque date de récolte, la production de la culture d'aubergine a été estimée dans chaque tunnel et le nombre moyen de fruits commercialisables par plante a été déterminé.

Le niveau d'infestation des aubergines par les pucerons a été comparé entre les tunnels d'une part et entre les modalités de fertilisation azotée au sein d'un même tunnel d'autre part à l'aide du test de Wald appliqué à un modèle à lien cumulatif mixte (CLMM) en considérant le tunnel ou la dose d'Azote comme facteur fixe et la date d'observation comme facteur aléatoire, suivie d'un test de Tukey au seuil α de 5%. Le niveau d'activité des prédateurs de pucerons sur le feuillage des plantes a été comparé entre les différentes modalités étudiées à l'aide d'un test de Kruskal-Wallis au seuil α de 5%.

Figure 2 : Diagramme de floraison des plantes nectarifères et/ou pollinifères.



Principaux résultats et interprétation

Caractérisation phénologique des plantes nectarifères et/ou pollinifères

Dans le tunnel PDS36, la période de floraison s'étale de la semaine n°6 (début février) à la semaine n°27 (début juillet ; figure 2). Dans le tunnel PDS4, cette période s'étale de la semaine n°12 (mi-mars) à la semaine n°30 (fin juillet). Dans les systèmes étudiés, les plantes nectarifères et/ou pollinifères peuvent être donc considérées comme fonctionnelles. Dans les deux tunnels, les premières plantes à fleurir sont la corbeille d'or et le lierre terrestre. La floraison de ces plantes s'étend jusqu'à la semaine n°20 (mi-mai). L'achillée millefeuille fleurit quant à elle beaucoup plus tôt dans le tunnel PDS36 (floraison dès la semaine n°15 soit début avril) que dans le tunnel PDS4 (floraison seulement en semaine n°21 soit fin mai). Enfin, la tanaïsie fleurit très tard dans les deux tunnels (respectivement en semaine n°22 et 25 soit fin mai et fin juin) tandis que la floraison de la sauge officinale est très aléatoire et de très faible ampleur.

Fonctionnalité des plantes-banque

Infestation des plantes-banque par les pucerons

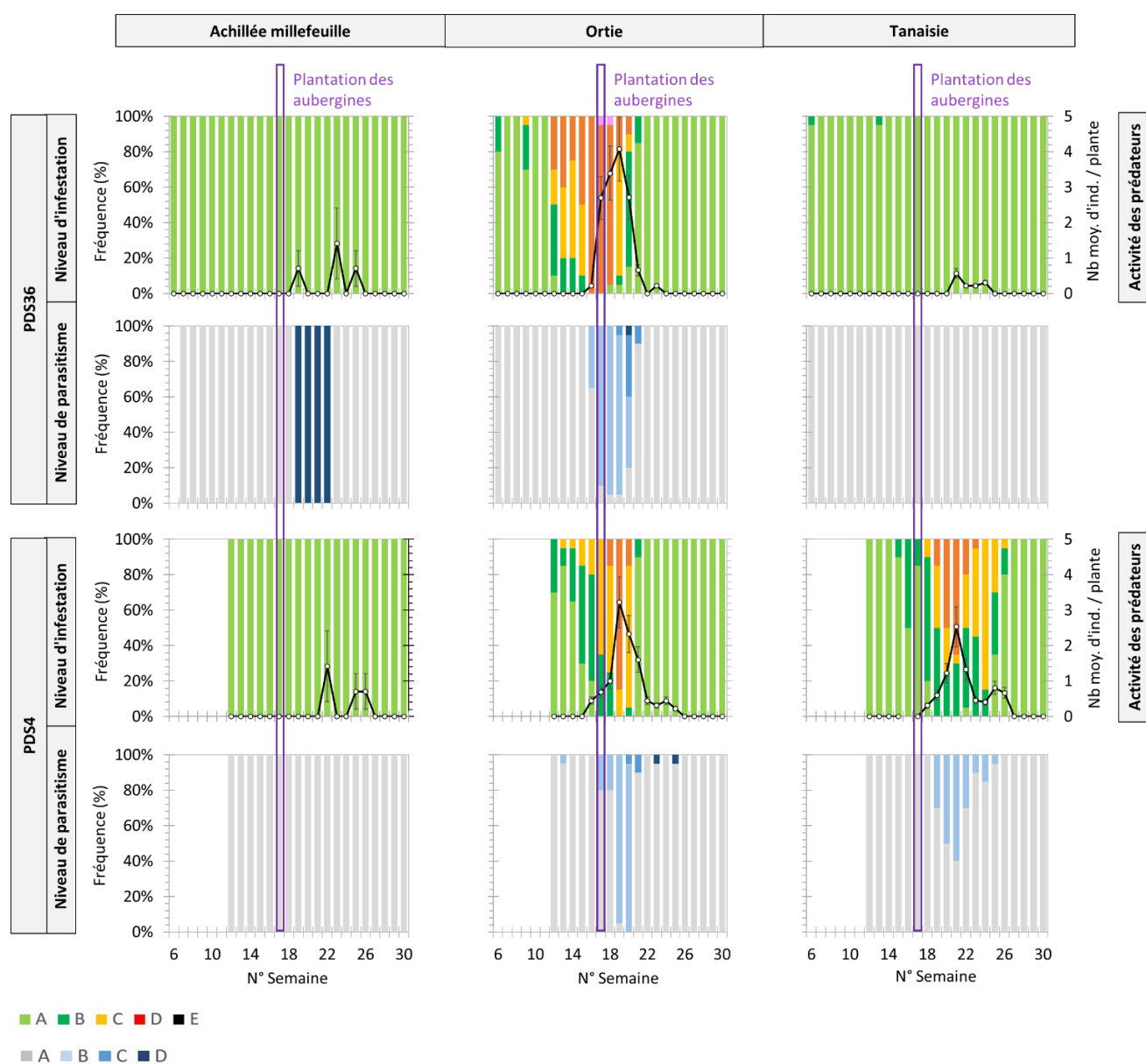
L'infestation des patchs d'ortie par les pucerons (*M. carnosum*) est précoce et sévère dans le tunnel PDS4 ainsi que dans le tunnel PDS36. Néanmoins, les pucerons s'installent plus tôt sur les orties du tunnel PDS36 que sur celles du tunnel PDS4, et les orties y sont infestées de façon plus sévère. Dans ce tunnel, les premiers pucerons sont ainsi observés sur les orties dès la semaine n°6 (début février). Le niveau d'infestation de ces patchs se maintient ensuite à des niveaux relativement faibles avant d'augmenter très fortement à partir de la semaine n°12 (mi-mars). A cette date, 30% des tiges d'ortie échantillonnées sont très infestées par les pucerons (tiges de classe DEF). Le niveau d'infestation des orties ne cesse ensuite d'augmenter pour atteindre son maximum en semaine n°16 (mi-avril) soit 1 semaine avant la plantation des aubergines. A cette date, 100% des tiges d'ortie échantillonnées sont très infestées par les pucerons. Dans le tunnel PDS4, les premiers pucerons ne sont observés sur les orties qu'en semaine n°12 (mi-mars). Le niveau d'infestation des patchs d'ortie par les pucerons connaît ensuite une croissance exponentielle à partir de la semaine n°17 (fin avril) pour atteindre son maximum en semaine n°19 (début mai) soit 2 semaines après la plantation des aubergines et 2 semaines après le pic d'infestation observé sur les orties du tunnel PDS36. A cette date, 85% des tiges d'ortie échantillonnées sont très infestées par les pucerons. Les différences observées entre les tunnels PDS4 et PDS36 s'expliquent par le niveau de permanence des patchs d'orties. Le fait que les patchs installés dans le tunnel PDS36 soient pérennes permet d'avoir une activité des pucerons au niveau des rhizomes pendant tout l'automne avant que ces derniers ne migrent sur les tiges et les feuilles fin janvier – début février. Toutefois, il est intéressant de constater qu'en plantant des orties annuellement il est malgré tout possible d'obtenir des infestations précoces et relativement sévères.

L'infestation des patchs de tanaïsie par les pucerons (*C. tanacetina*) est également massive, mais seulement dans le tunnel PDS4. Dans ce tunnel, l'installation des premiers pucerons est néanmoins très tardive, les premiers individus n'étant observés sur le feuillage des plantes qu'en semaine n°15 (début avril) soit 2 semaines seulement avant la plantation des aubergines et 3 semaines après l'arrivée des pucerons sur l'ortie. Le niveau d'infestation des patchs de tanaïsie par les pucerons connaît ensuite une croissance exponentielle à partir de la semaine n°18 (fin avril – début mai) pour atteindre son maximum en semaine n°21 (fin mai) soit 4 semaines après la plantation des aubergines et 2 semaines après le pic d'infestation observé sur les orties. A cette date, 65% des tiges de tanaïsie échantillonnées sont très infestées par les pucerons. Dans le tunnel PDS36, quasiment aucun puceron n'est retrouvé sur le feuillage de la tanaïsie. Il est possible que la différence entre les deux tunnels s'explique par l'état physiologique de la tanaïsie, celles du tunnel PDS36 étant issues de souches endurcies pendant 36 mois quand celles du tunnel PDS4 sont issues de plants encore tendres et fragiles. Cette hypothèse reste toutefois à confirmer.

Enfin, aucun puceron n'a été retrouvé dans les patchs d'achillée millefeuille. Cependant, ce résultat est uniquement dû à la méthode d'échantillonnage (estimation visuelle dans un quadrat de 30x30cm)

qui n'a pas permis de prendre en compte les populations de pucerons qui se trouvaient à la base des feuilles, au niveau du sol, et qui étaient pourtant très nombreuses. Cette méthode n'a pas non plus permis d'estimer correctement les populations de pucerons se trouvant sur le feuillage des plantes, les individus étant souvent petits, d'un vert très proche de celui du limbe des feuilles et cachés entre les folioles, ce qui les rendaient très peu visibles. Un échantillonnage par battage du feuillage dans les parties inférieures et supérieures des plantes aurait été beaucoup plus approprié pour estimer la taille des populations de pucerons sur l'achillée millefeuille. Ces résultats montrent que, dans le tunnel PDS4 comme dans le tunnel PDS36, le système de plantes-banque mis en place est fonctionnel, avec la présence de pucerons sur le feuillage d'au moins une plante-banque au moins 4 semaines avant la plantation des aubergines.

Figure 3 : Niveau d'infestation des plantes par les pucerons, niveau d'activité des prédateurs de pucerons (courbe noire) et niveau de parasitisme des pucerons mesurés sur l'achillée millefeuille, l'ortie et la tanaïs des tunnels PDS36 et PDS4.



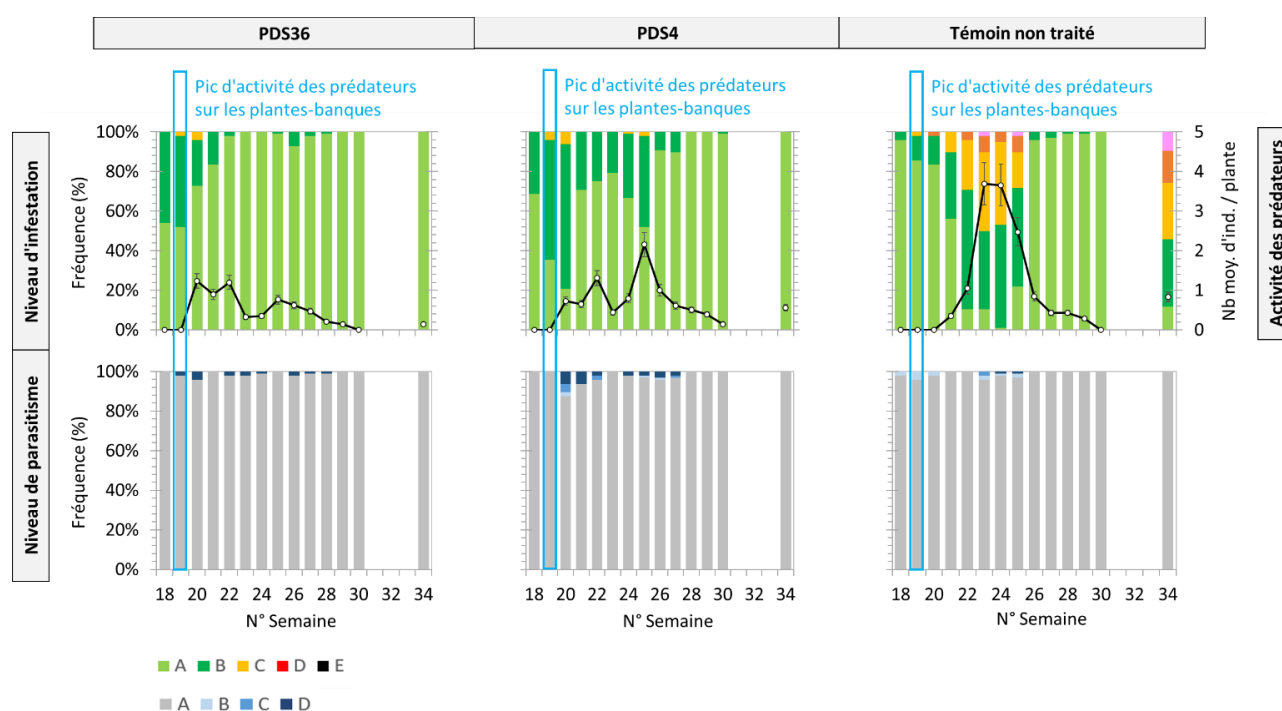
Activité des prédateurs de pucerons sur les plantes-banque

L'activité des prédateurs de pucerons sur l'ortie (essentiellement *Coccinella septempunctata* et *Aphidoletes aphidimyza*) est nulle jusqu'à la semaine n°15 (soit 2 semaines avant la plantation des

aubergines) dans le tunnel PDS4 comme dans le tunnel PDS36. Elle augmente ensuite très rapidement pour atteindre son maximum en semaine n°19 (soit 2 semaines après la plantation des aubergines) dans les deux tunnels. A cette date, le nombre moyen de prédateurs par tige y est de $4,08 \pm 0,91$ et $3,21 \pm 0,72$ respectivement. Sur la tanaïs du tunnel PDS4, l'activité des prédateurs de pucerons est nulle jusqu'à la semaine n°17 (soit jusqu'à la plantation des aubergines) avant d'augmenter rapidement pour atteindre son maximum en semaine n°21 (soit 4 semaines après la plantation des aubergines et 3 semaines après le pic d'activité observé sur l'ortie). A cette date, le nombre moyen de prédateurs par tige est de $2,53 \pm 0,57$. Sur l'achillée millefeuille des deux tunnels ainsi que sur la tanaïs du tunnel PDS36, l'activité des prédateurs de pucerons est irrégulière et très faible. Pour ce qui concerne l'achillée millefeuille, ce résultat est là encore uniquement dû à la méthode d'échantillonnage qui n'a pas permis de prendre en compte les populations de prédateurs de pucerons qui se trouvaient à la base des feuilles et qui étaient pourtant très nombreuses.

Ces résultats montrent que l'arrivée des prédateurs de pucerons sur les plantes-banque se situe entre les semaines n°15 et 17 quel que soit (i) le moment où les premiers pucerons sont observés sur le feuillage des plantes (semaines n°6, 12 ou 15) ou (ii) le niveau d'infestation des plantes-banque par les pucerons. Cela suggère que la date d'installation des prédateurs de pucerons sur ces plantes dépendrait d'abord et avant tout de la température extérieure. Dans les travaux menés en 2023, les premiers prédateurs de pucerons sont observés sur les plantes-banque lorsque la somme des températures extérieures calculée à partir du 1^{er} janvier atteint 860 degrés-jours. Ces résultats suggèrent également que le niveau d'activité des prédateurs de pucerons est proportionnel au niveau d'infestation des plantes-banque par les pucerons : plus ce niveau d'infestation est élevé, plus l'activité des prédateurs de pucerons est forte. Enfin, plus l'infestation des plantes-banque par les pucerons est puissante et précoce, plus la croissance des populations de prédateurs de pucerons sur ces plantes est rapide. Ces populations croissent ainsi à un rythme de 0,82 individus par jour sur les orties du tunnel PDS36, de 0,64 individus par jour sur les orties du tunnel PDS4 et de 0,51 individus par jour sur la tanaïs du tunnel PDS4.

Figure 4 : Niveau d'infestation des plantes par les pucerons, niveau d'activité des prédateurs de pucerons (courbe noire) et niveau de parasitisme des pucerons mesurés sur les plants d'aubergine des tunnels PDS36, PDS4 et TNT.



Parasitisme des pucerons

Sur l'ortie des tunnels PDS4 et PDS36, le parasitisme des pucerons est très faible. Les premières momies de pucerons sont observées en semaines n°16 et 17 (mi-avril) soit au moment de la plantation des aubergines. A cette date, 25 à 54% des plantes observées arborent un taux de parasitisme compris entre 1 et 30%. Ce pourcentage augmente ensuite pour atteindre 90 à 100% en semaine n°19 (début mai) c'est-à-dire au moment du pic d'infestation des plantes par les pucerons. Sur la tanaïsie du tunnel PDS4, le parasitisme des pucerons est également très faible. Les premières momies de pucerons sont observées en semaines n°19 (début mai) soit 2 semaines après la plantation des aubergines. A cette date, 30% des plantes observées arborent un taux de parasitisme compris entre 1 et 30%. Ce pourcentage augmente ensuite doucement pour atteindre 60% en semaine n°21 (fin mai).

Effet de la stratégie LBCH sur le niveau d'infestation des aubergines par les pucerons

Le niveau d'infestation des aubergines par les pucerons (*M. euphorbiae*, *A. gossypii* et *M. persicae*) varie d'un tunnel à l'autre (figure 4). Dans le tunnel TNT, il se maintient à des niveaux relativement faibles dans le mois qui suit la plantation. Pendant cette période, l'incidence d'infestation (i.e. pourcentage de plantes arborant au moins un puceron sur le feuillage) se maintient en-deçà de 17% et le niveau d'infestation est très faible. Le niveau d'infestation augmente ensuite de façon exponentielle pour un atteindre son maximum en semaine n°24 (mi- juin) soit 7 semaines après la plantation. A ce moment-là, le pourcentage de plantes fortement infestées par les pucerons (plantes de classe CDE) est de 47% et l'incidence d'infestation est très forte (99%).

Dans les tunnels PDS4 et PDS36, l'incidence d'infestation est significativement plus élevée que dans le tunnel TNT pendant tout le mois qui suit la plantation (incidence de 40 à 60% en moyenne ; $P < 0,05$). Par ailleurs, cette incidence est significativement plus élevée dans le tunnel PDS4 que dans le tunnel PDS36 (incidence de 58% vs 40% en moyenne pendant le mois qui suit la plantation puis de 25% vs 4% ; $P < 0,05$). La différence entre les incidences d'infestation mesurées dans les tunnels PDS4, PDS36 et TNT pourrait s'expliquer par un transfert de puceron des patchs d'ortie vers les aubergines dans un premier temps, puis des patchs de tanaïsie vers les aubergines dans un second temps. Cependant, cette hypothèse est assez peu probable car les espèces de pucerons retrouvées sur les aubergines ne sont pas les mêmes que celles retrouvées sur l'ortie et la tanaïsie.

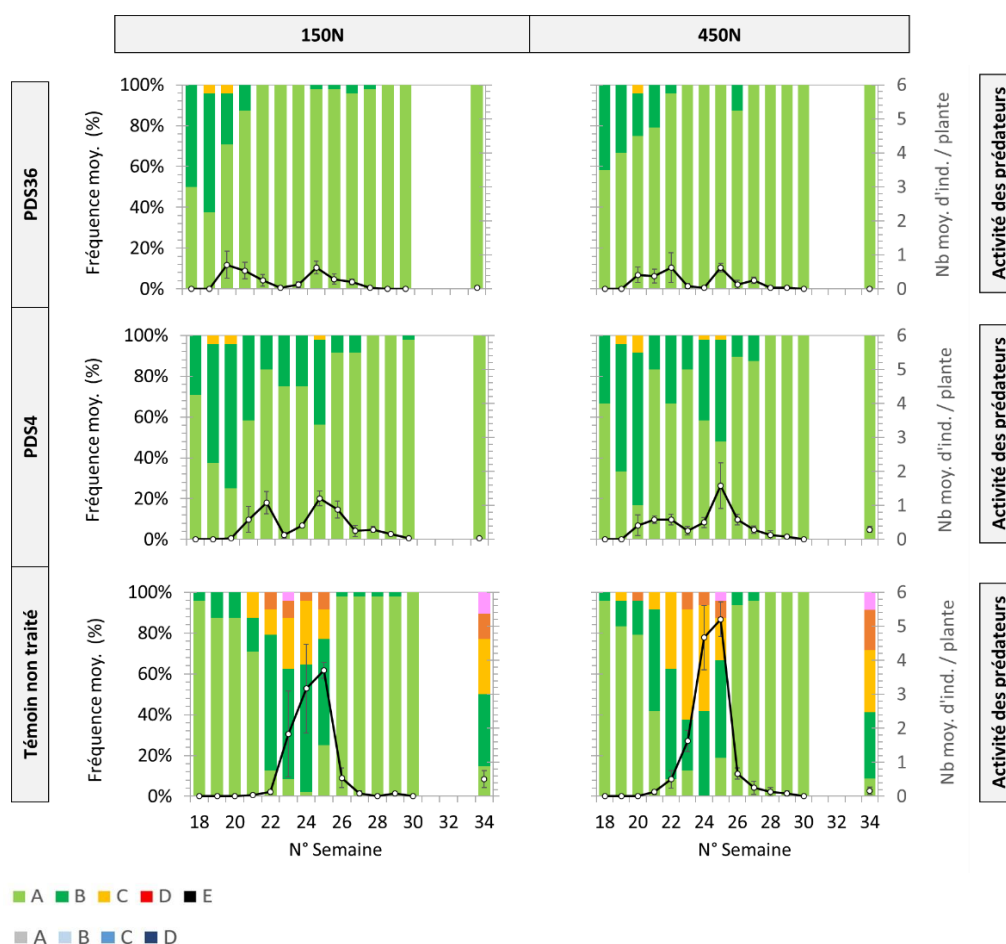
Dans les tunnels PDS4 et PDS36, le niveau d'infestation des aubergines par les pucerons reste très bas tout au long de la période expérimentale. Le pourcentage de plantes fortement infestées par les pucerons y est significativement plus faible que dans le tunnel TNT ($P < 0,05$) et ne dépasse jamais 6%. Par rapport au tunnel TNT, l'efficacité de la stratégie LBCH mise en œuvre est donc de 88%. Dans ces deux tunnels, l'activité des prédateurs de pucerons sur les aubergines (*Coccinella septempunctata* dans le tunnel PDS36 ; *Coccinella septempunctata* et punaises prédatrices de la famille des *Miridae* dans le tunnel PDS4) est nulle jusqu'à la semaine n°19, soit 2 semaines après la plantation des aubergines et au moment-même où l'activité des prédateurs de pucerons atteint son maximum sur les plantes-banque. Il augmente ensuite rapidement pour atteindre son maximum entre les semaines n°20 et 22 dans le tunnel PDS36 et en semaine n°25 dans le tunnel PDS4. Au pic d'activité, le nombre moyen de prédateurs par tige est de $1,24 \pm 0,13$ et $2,15 \pm 0,31$ dans les tunnels PDS36 et PDS4 respectivement. Dans le tunnel TNT, l'activité des prédateurs de pucerons sur les aubergines (*Coccinella septempunctata*) est nulle jusqu'à la semaine n°20, soit 3 semaines après la plantation des aubergines. Il augmente ensuite rapidement (au rythme de 0,92 individus par jour) pour atteindre son maximum entre les semaines n°23 et 24 soit 6 à 7 semaines après la plantation des aubergines). Au pic d'activité, le nombre moyen de prédateurs par tige est de $3,69 \pm 0,53$ dans ce tunnel. De la même façon que ce qui est observé sur les plantes-banque, le niveau d'activité des prédateurs de pucerons est ainsi proportionnel au niveau d'infestation des plantes par les pucerons.

Enfin, le taux de parasitisme des pucerons sur les aubergines est très faible, quel que soit le tunnel considéré. Il est possible que les parasitoïdes qui parasitent les espèces de pucerons se trouvant sur l'ortie, la tanaïsie et l'achillée millefeuille ne parasitent pas les espèces de pucerons s'attaquant à

l'aubergine à cause de phénomènes de spécificité d'hôte. Dans les travaux menés en 2023, les parasitoïdes issus des momies collectées sur les plantes-banque et les aubergines n'ont pas été identifiés. Ce travail sera mené en 2024 afin de caractériser la structure du parasitisme en fonction de la plante-hôte, et de voir si de telles phénomènes existent. Toutefois, il est intéressant de constater que sur les quelques aubergines arborant au moins une momie de puceron sur le feuillage, le taux de parasitisme est la plupart du temps supérieur à 75% dans les tunnels PDS4 et PDS36 alors qu'il est inférieur à 30% dans le tunnel TNT.

Ces résultats montrent que la présence de plantes nectarifères, pollinifères et/ou banque dans un tunnel de culture n'empêche pas les pucerons de s'installer sur les aubergines, et semble même, dans un premier temps, y favoriser au contraire leur installation. Ceci semble d'autant plus vrai lorsque le système de plantes de service est mis en place annuellement. Cependant, la présence de telles plantes dans le tunnel de culture permet aux prédateurs de pucerons d'y être actifs très tôt et de réagir très vite suite à l'installation des premiers pucerons sur les aubergines. Dans les tunnels où une stratégie LBCH est mise en œuvre, ils semblent ainsi agir comme des auxiliaires de protection, en empêchant les populations de pucerons de se développer au-delà du seuil de nuisibilité économique. Dans les tunnels sans aucune protection, les prédateurs de pucerons agissent plutôt comme des auxiliaires de nettoyage, de façon trop tardive pour que le seuil de nuisibilité économique ne soit pas dépassé.

Figure 5 : Niveau d'infestation des plantes par les pucerons, niveau d'activité des prédateurs de pucerons (courbe noire) et niveau de parasitisme des pucerons mesurés sur les plants d'aubergine des parcelles élémentaires 150 UN et 450 UN des PDS36, PDS4 et TNT.



Effet de la fertilisation azotée sur l'infestation des aubergines par les pucerons

Dans le tunnel TNT, une augmentation de la dose d'Azote de 150 UN à 450 UN entraîne une augmentation significative du niveau d'infestation des plantes par les pucerons ($P < 0,05$). Le

pourcentage de plantes très infestées par les pucerons au moment du pic d'infestation est ainsi de 38% en moyenne dans les parcelles élémentaires traitées à la dose de 150 UN contre 63% en moyenne dans celles fertilisées à la dose de 450 UN (figure 5). Ce résultat est cohérent avec ceux d'autres études montrant que la sensibilité des plantes aux pucerons est influencée par leur statut azoté. Le ratio protéines/carbohydrates, et par conséquent le ratio N/C, de la sève du phloème constitue un facteur d'attractivité essentiel des plantes vis-à-vis des pucerons, les pucerons s'intéressant particulièrement aux plantes pour lesquelles ce ratio est compris entre 0,8 et 1,5 (Nowak et al., 2010). Les pucerons ponctionnent ainsi le phloème des plantes trop fertilisées plus en profondeur, et ils passent plus de temps à aspirer leur sève. En culture de concombre, le taux de croissance et taux intrinsèque d'accroissement naturel (r) des populations d'*A. gossypii* augmentent par exemple lorsque les plantes sont fertilisées au-delà du besoin des plantes (Hosseini et al., 2010). De la même façon, plus la teneur en azote disponible dans le sol est forte, plus le niveau d'infestation des laitues par le puceron *Nasonovia ribisnigri* est élevé (Raynal et al., 2014). La situation est en revanche très différente dans les tunnels PDS4 et PDS36. Contrairement à ce qui est observé dans le tunnel TNT, une augmentation de la dose d'Azote de 150 UN à 450 UN n'y entraîne pas une augmentation significative du niveau d'infestation des plantes par les pucerons. Le pourcentage de plantes très infestées par les pucerons au moment du pic d'infestation reste en-deçà de 6% quel que soit le contexte de fertilisation Azotée. Enfin, l'activité des prédateurs de pucerons ne dépend pas non plus du niveau de fertilisation azotée.

Conclusion/perspectives

Les résultats obtenus montrent que la mise en place d'un système de plantes nectarifères, pollinifères et/ou banques dans une culture d'aubergine permet d'y réguler efficacement les populations de pucerons et de réduire l'incidence et la sévérité des dégâts occasionnés de façon très significative (efficacité de 88% par rapport à un témoin non traité). Ils montrent également qu'un système annuel permet de réduire la sévérité des dégâts occasionnés par les pucerons tout aussi efficacement qu'un système pérenne. En revanche, un système pérenne permet de réduire davantage l'incidence des infestations de pucerons, ce qui est très utile pour limiter la propagation des virus et limiter les risques de pullulation des populations de pucerons au cas où les conditions climatiques leur deviendrait soudainement favorables. Dans la stratégie étudiée, l'ortie, l'achillée millefeuille et en moindre mesure la tanaïs se sont révélées être de très bonnes plantes-banque. La corbeille d'or et l'achillée millefeuille sont quant à elles des plantes nectarifères et pollinifères très intéressantes. En revanche, le lierre terrestre, qui est très attractif pour les acariens tétranyques, ainsi que la sauge officinale, dont la floraison a été insuffisante et trop tardive, sont à éviter. Enfin, lorsqu'aucune stratégie LBCH n'est mise en œuvre dans la culture, une fertilisation azotée à une dose de 450 UN favorise très fortement les pucerons par rapport à une fertilisation azotée à une dose de 150 UN (le niveau d'infestation des plantes est quasiment doublé). En revanche, ce n'est pas le cas dans les tunnels où de telles plantes sont installées. Ce résultat est intéressant dans la mesure où il montre qu'en installant des plantes nectarifères, pollinifères et/ou banques dans leurs tunnels, les producteurs d'aubergine peuvent fertiliser la culture à des niveaux d'azote confortables (400 à 600 UN / ha) sans prendre le risque de favoriser des pullulations de pucerons au-delà de seuils qui seraient délétères pour la production.

Références bibliographiques

- Chesnais, Q., Couty, A., Catterou, M., and Ameline, A., 2016 - Cascading effects of N input on tritrophic (plant–aphid–parasitoid) interactions. *Ecology and Evolution*, 0, 1–11.
- Fallahpour, F., Ghorbani, R., Nassiri-Mahallati, M., Nassiri-Mahallati, M. and Hosseini, M., 2018 - Plant fertilization helps plants to compensate for aphid damage, positively affects predator efficiency and improves canola yield. *Journal of Pest Science*, 93, 251-260.
- Gao, J., Guo, H.J., Sun, Y.C., Ge, F., 2018. Juvenile hormone mediates the positive effects of nitrogen fertilization on weight and reproduction in pea aphid. *Pest Manag. Sci.*, 74, 2511–2519.

Hosseini, M., Ashouri, A., Enkegaard, A., Goldansaz, S.H., Mahalati, M.N., Hosseininaveh, V., 2010 - Performance and population growth rate of the cotton aphid, and associated yield losses in cucumber, under different nitrogen fertilization regimes. *Int. J. Pest Manage.*, 56, 127–135.

Nowak, H., Komor, E., 2010 - How aphids decide what is good for them : experiments to test aphid feeding behaviour on *T. vulgare* (L.) using different nitrogen regimes. *Oecologia*, 163, 973-984.

Picault, S., 2021 - Protection des cultures d'aubergine contre les pucerons à l'aide de plantes-ressources et de plantes-banques. *Infos-CTIFL*, 374, 50-62.

Raynal, C., 2014, Nicot, P., Julhia, L., Abarza, E., Vaud, E., 2014. Fertilisation et sensibilité des cultures légumières aux bioagresseurs : une recherche appliquée à la laitue. *Infos-CTIFL*, 300, 62-67.

Repousser les pucerons en cultures de fraise et de courgette avec des plantes compagnes

Protection agroécologique des cultures légumières



Using companion plants to repel aphids in strawberry and courgette crops – Agroecological protection of vegetable crops



Utiliser des plantes de service pour repousser les pucerons constitue une piste récemment étudiée pour éviter le recours aux produits phytosanitaires. Les recherches réalisées dans le projet REPULSE ont identifié certaines plantes capables de limiter les pullulations des pucerons *A. gossypii* et *M. euphorbiae* dans les cultures de fraise et de courgette.

Auteur(s)

Sébastien Picault
CTIFL
Hélène Gautier,
Laurent Gomez,
Louise Jeandroz
INRAE
Roselyne Souriau
SAVEOL

Mots-clés

#composé volatil
#défense de la culture
#puceron ravageur

Les données clés à retenir

Les odeurs de certaines variétés de lavandin, de basilic et de rose d'Inde repoussent significativement le puceron *Aphis gossypii*, tandis que celles de certaines variétés de romarin, de menthe poivrée et de souci officinal le maintiennent en place. Par ailleurs, la proximité de certaines variétés de basilic ou de menthe poivrée permet, en conditions contrôlées, de diminuer significativement la fécondité des individus. De leur côté, la cataire et la tanaisie repoussent le puceron *Macrosiphum euphorbiae*. Des travaux d'expérimentation au champ sont désormais nécessaires pour étudier l'effet du lavandin, du basilic et/ou de la rose d'Inde sur le niveau d'infestation des cultures de courgette par *A. gossypii* et l'effet de la cataire et/ou de la tanaisie sur le niveau d'infestation des cultures de fraise par *M. euphorbiae*.

Key points

The scents of certain varieties of lavender, basil and marigold significantly repel the aphid *Aphis gossypii*, while those of certain varieties of rosemary, peppermint and marigold maintain it on site. In addition, the proximity of certain varieties of basil or peppermint can, under controlled conditions, significantly reduce the fecundity of individuals. Catnip and tansy repel the aphid *Macrosiphum euphorbiae*. Field trials are now necessary to study the effect of lavender, basil and/or marigold on the level of infestation of courgette crops by *A. gossypii* and the effect of catnip and/or tansy on the level of infestation of strawberry crops by *M. euphorbiae*.

Les pucerons, ravageurs majeurs des cultures légumières

De nombreuses espèces de pucerons, telles que *Aulacorthum solani*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Macrosiphum rosae*, *Myzus ascalonicus*, *Myzus ornatus*, *Chaetosiphon fragaefolii*, *Aphis gossypii*, *Acyrtosiphon rogersii*, *Rhodobium porosum* ou encore *Aphis forbesi* peuvent s'attaquer aux cultures de fraise, et ceci dans toutes les régions productrices de France. De la même façon, de nombreux pucerons s'attaquent aux cultures précoces sous abri froid (aubergine, courgette, poivron, etc.) : *A. gossypii* (Figure 1), *A. solani*, *M. euphorbiae* ou encore *Myzus persicae*. Dans toutes ces cultures, les pucerons sont souvent présents sur les plantes dès la pépinière ou y arrivent très vite après la plantation : dès le mois de janvier pour les cultures de fraise et dès le début du mois d'avril pour les cultures précoces sous abri froid. Plusieurs espèces de pucerons sont souvent présentes en même temps. Par la suite, un processus de recolonisation s'opère par des individus issus des populations initiales et/ou par des populations présentes dans l'environnement plus ou moins proche des plantes. En cultures de fraises remontantes, ce processus de recolonisation peut entraîner des pertes économiques très importantes lorsque les ennemis naturels de pucerons ne sont pas présents en quantités suffisantes dans

l'environnement et/ou n'exercent pas une action de régulation suffisante.

En cultures de fraise et en cultures précoces sous abri froid, la capacité de nuisance des pucerons est très forte. Cela est dû à leur courte durée de développement de l'ordre de 8 à 10 jours à 20 °C, à leur température minimale de développement qui est souvent basse, à leur mode de reproduction parthénogénétique au printemps et en été et à leur aptitude à se déplacer sur de longues distances sous leur forme ailée. L'accroissement rapide de leurs populations peut gêner voire bloquer la croissance des plantes et provoquer l'avortement des bourgeons floraux.

Le miellat excrété par les pucerons offre par ailleurs des conditions favorables au développement de champignons saprophytes. Il entraîne l'apparition de fumagine, ce qui réduit la photosynthèse et affaiblit les plantes. En cultures de fraise, les pucerons peuvent aussi déformer les feuilles et condamner les jeunes plants ou les plants stressés à rester de petite taille tout au long de la période de production. En cultures précoces sous abri froid, le miellat et la fumagine souillent les fruits, ce qui déprécie leur valeur marchande et impose une étape supplémentaire de nettoyage des fruits lors du conditionnement. En cultures de fraises, le miellat sur les fruits rend ces derniers purement et simplement non commercialisables. De la même façon, après chaque période de mue, la présence d'exuvies de

pucerons sur les fraises déprécie fortement la qualité commerciale de la production. Enfin, les pucerons peuvent être vecteurs de maladies virales.

Gestion des populations de pucerons avec des plantes répulsives

La gestion des pucerons en cultures de fraise et en cultures précoces sous abri froid peut se faire à l'aide de produits phytosanitaires et/ou de produits de biocontrôle. Malheureusement les pullulations les plus précoces sont souvent incontrôlables. Des stratégies de lutte biologique par augmentation ou par conservation peuvent être mises en œuvre, mais leur efficacité est parfois limitée à cause de problèmes de spécificité d'hôte et/ou de températures trop basses sous les abris.

Pour gérer ces ravageurs, le CTIFL et ses partenaires (INRAE, ITEIPMAI, Chambre d'Agriculture du Loir-et-Cher et SAVEOL) ont étudié des stratégies de protection basées sur l'utilisation de plantes répulsives. Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet REPULSE entre 2020 et 2022, avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural (CASDAR) et le soutien du GIS PIClég (Picault et al., 2021).

Afin d'identifier les plantes qui induisent un comportement d'évitement ou de répulsion chez les pucerons *A. gossypii* et *M. euphorbiae*, des tests d'olfactométrie et de fécondité ont été réalisés. Les tests d'olfactométrie permettent de caractériser l'effet d'une odeur sur le comportement d'un insecte. Des expérimentations sous abri sont également menées afin d'élaborer et d'évaluer des stratégies de protection des cultures de fraise et de courgette contre les pucerons. Le but de ces expérimentations est d'évaluer l'efficacité des stratégies étudiées et leur faisabilité dans l'optique d'un transfert chez les producteurs.

Effet des odeurs de plante sur le comportement des pucerons

Afin d'identifier des plantes exerçant un effet répulsif vis-à-vis des pucerons *A. gossypii* et *M. euphorbiae*, des tests d'olfactométrie en conditions contrôlées ont été effectués par le centre INRAE d'Avignon (UMR PSH). Pour cela, un olfactomètre tubulaire dynamique a été utilisé. Cet outil permet de mesurer un indice de répulsion.

Figure 1 | *Aphis gossypii* sur une feuille de courgette



Cet indice représente le nombre de pucerons qui adoptent un comportement de fuite face à une stimulation olfactive par rapport à un nombre initial de pucerons introduits dans l'olfactomètre. Plus l'indice est élevé, plus le mélange d'odeurs produit par la plante testée est répulsif.

Cas d'*A. gossypii*

Pour ce qui concerne *A. gossypii*, les plantes testées sont la courgette (*Cucurbita pepo*, utilisée comme référence attractive), l'œillet d'Inde (*Tagetes patula* var. Nana, *T. patula* var. Caussade), la rose d'Inde (*T. erecta*), la menthe poivrée (*Mentha piperita*), le basilic (*Ocimum basilicum* de type Pistou, Cannelle, Citron et Grand vert), le romarin (*Salvia rosmarinus* var. Spindler, *S. rosmarinus* var.

Majorca Pink et *S. rosmarinus* var. Green Ginger), le souci officinal (*Calendula officinalis*), l'estragon (*Artemisia dracunculoides* de type français et russe), le lavandin (*Lavendula* sp. var. Grosso et *L. sp.* var. Seguret) et la rue officinale (*Ruta graveolens*).

Les résultats obtenus montrent que les composés organiques volatils (COV) de la rose d'Inde, du basilic de type Pistou et du lavandin Seguret exercent un effet répulsif significatif. L'indice de répulsion moyen est de 0,41 pour la rose d'Inde, de 0,44 pour le basilic de type Pistou et de 0,61 pour le lavandin Seguret contre 0,27 pour la courgette comme pour la modalité témoin qui correspond à des chambres de stimulation vides (Figure 2). Le lavandin Grosso exerce lui aussi un effet répulsif sur *A. gossypii* avec un

indice de répulsion de 0,56, mais uniquement lorsqu'il est en fleurs.

En revanche, le romarin Spindler, la menthe poivrée et le souci officinal semblent attirer *A. gossypii*. L'indice de répulsion moyen est ainsi de 0,13 par le romarin Spindler, de 0,11 pour la menthe poivrée et de 0,14 pour le souci officinal. L'utilisation de ces plantes peut donc poser problème dans les cultures légumières sensibles à *A. gossypii*, telles que les courgettes.

Une expérimentation en culture de courgette sous abri froid menée par le centre CTIFL de Balandran nuance toutefois ces résultats. Dans les conditions expérimentales des travaux menés, la présence de basilic de type Pistou, de romarin ou de lavandin autour des plants de courgettes ne permet pas de réduire significativement le développement des populations d'*A. gossypii* sur le feuillage des plantes, et la présence de romarin n'y favorise pas toujours leur pullulation (Pellat *et al.*, 2023).

Figure 2 | Indice de répulsion moyen (IR) mesuré par l'INRAE (UMR PSH) pour *A. gossypii*

* : différence significative avec les témoins « courgette » et « vide » ($P < 0,05$) ;

** : différence significative uniquement avec le témoin « vide » ($P < 0,05$)

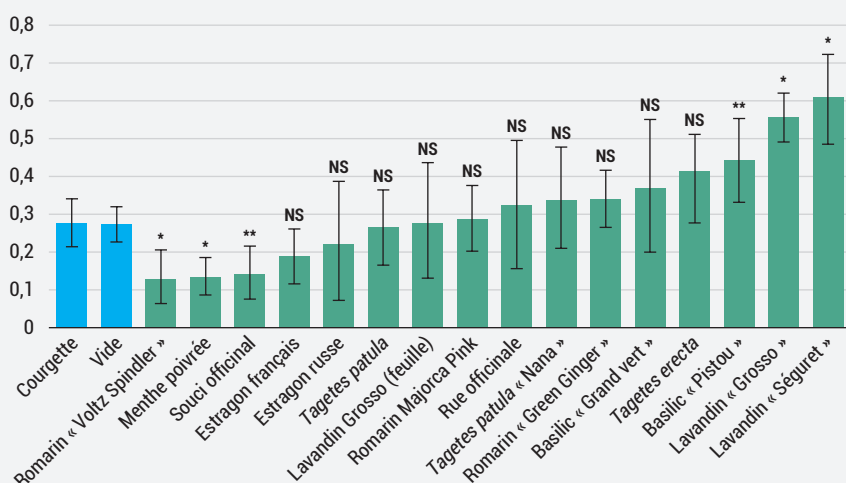
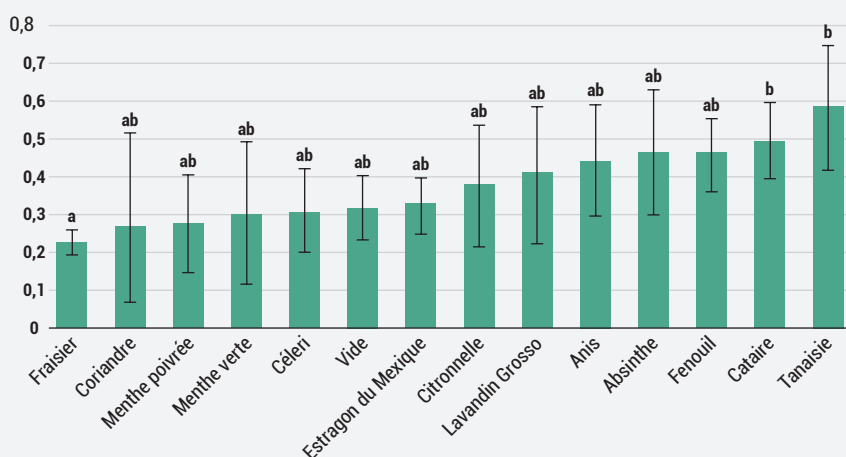


Figure 3 | Indice de répulsion moyen (IR) mesuré par l'INRAE (UMR PSH) pour *M. euphorbiae*

Les modalités auxquelles des lettres différentes ont été attribuées sont significativement différentes ($P < 0,05$)



Cas de *M. euphorbiae*

Pour ce qui concerne *M. euphorbiae*, les plantes testées sont le fraisier (*Fragaria moschata*, utilisé comme référence attractive), la coriandre (*Coriandrum sativa*), la menthe poivrée (*M. piperita*), la menthe verte (*M. spicata*), le céleri (*Apium graveolens*), la citronnelle (*Cymbopogon* sp.), l'anis (*Pimpinella anisum*), l'estragon du Mexique (*Tagetes lucida*), le lavandin (*Lavendula* sp.), l'absinthe (*Artemisia* sp.), le fenouil (*Foeniculum vulgare*), la tanaisie (*Tanacetum vulgare*) et la cataire (*Nepeta cataria*).

La cataire et la tanaisie exercent un effet répulsif significatif sur *M. euphorbiae*. L'indice de répulsion moyen de la cataire est de 0,49 et de la tanaisie de 0,59 contre 0,23 pour le fraisier et 0,32 pour la modalité témoin (Figure 3). Le fenouil pourrait également exercer un effet répulsif sur *M. euphorbiae*, mais la différence par rapport à la modalité témoin n'est pas significative. A contrario, il est possible que la menthe poivrée exerce un effet attractif sur *M. euphorbiae*. En effet, l'indice de répulsion obtenu pour cette plante est particulièrement faible (0,27) et très proche de celui calculé pour le fraisier. Par ailleurs, une expérimentation menée dans des serres de fraise en hors-sol et suivies par la société SAVEOL a montré que la présence de pots de menthe poivrée et de basilic suspendus sous les gouttières de fraisiers à une densité de 0,94 plante/m², soit une plante tous les mètres et demi, augmentait l'incidence et la sévérité des dégâts occasionnés par *M. euphorbiae* sur le feuillage des plantes (Figure 4).

Réduction de la fécondité des pucerons

Les plantes ayant montré le plus fort effet répulsif sur *A. gossypii* et *M. euphorbiae* dans les tests d'olfactométrie ont été sélectionnées pour évaluer leur effet sur la fécondité des pucerons. Ces tests ont été réalisés en boîte de Petri. Les résultats montrent que la menthe poivrée et le basilic de type Pistou ont un effet significatif sur la fécondité d'*A. gossypii* en diminuant d'un tiers environ le nombre de larves produites par parthénogénèse par rapport à une modalité témoin (courgette seule) tandis que le basilic de type Citron ou l'œillet d'Inde n'ont aucun effet sur celle-ci (Figure 5).

Le fait que l'œillet d'Inde n'exerce aucun effet sur le comportement du puceron

A. gossypii, ni sur sa fécondité, alors que des expérimentations antérieures ont montré qu'il diminuait de façon très significative la fécondité du puceron *Myzus persicae* (Dardouri et al., 2019), suggère que l'effet des COV sur le comportement et la fécondité des pucerons est spécifique de l'espèce de puceron considérée.

Pour ce qui concerne *M. euphorbiae*, la cataire et, en moindre mesure, la tanaïsie, semblent exercer un effet significatif sur la fécondité de *M. euphorbiae*, mais ce résultat reste à confirmer. Par ailleurs, ce puceron semble préférer certaines plantes au fraisier pour se reproduire. C'est par exemple le cas du céleri, sur lequel il produit davantage de larves en quatre jours, en moyenne 6,90 larves, contre 3,53 larves sur le fraisier, lorsqu'il est en situation de choix entre les deux plantes.

COV émis par les plantes repoussant les pucerons

Les bouquets d'odeurs émis par la menthe poivrée, la rose d'Inde, le basilic de type Citron et de type Pistou ont été recueillis lors des tests d'olfactométrie menés par l'UMR PSH, à l'aide de cartouches absorbantes Tenax TA 60/80 préconditionnées (Figure 6). La structure des émissions de COV, c'est-à-dire la proportion de chaque COV dans le bouquet d'odeurs de chaque plante a ensuite été caractérisée par chromatographie en phase gazeuse (GC-MS). Les résultats obtenus montrent que les plantes analysées émettent des COV connus comme étant répulsifs pour les pucerons : linalol, piperitone, caryophyllène, β -ocimène, eugénol et β -farnésène. Ils montrent également que la structure des

Figure 4 | Fréquence moyenne des classes d'infestation des fraisiers par *M. euphorbiae* (%) mesurée par SAVEOL dans des parcelles aménagées avec de la menthe poivrée et du basilic et des parcelles témoins sans plantes de service

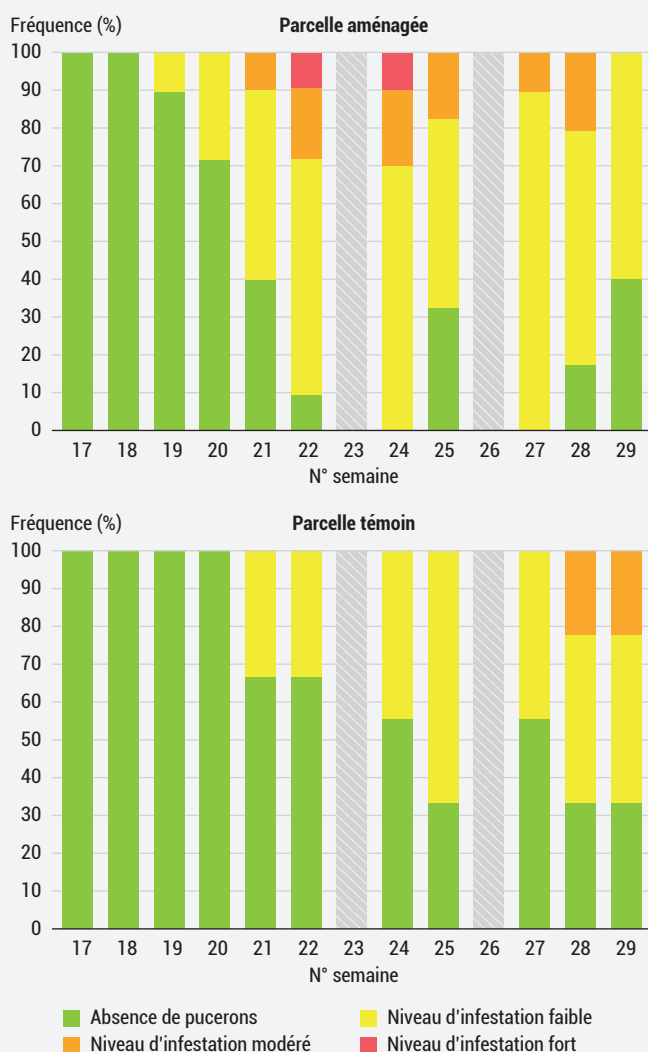


Figure 5 | Plant de basilic dans une culture de courgette



Figure 6 | Olfactomètre tubulaire dynamique mis au point par l'INRAE (UMR PSH)
Crédit : UMR PSH



émissions de COV du basilic de type Pistou est similaire à celle du basilic de type Citron. Le fait que l'effet de ces deux plantes sur le comportement et la fécondité d'*A. gossypii* soit en revanche très différent souligne la nécessité d'identifier les COV, ou plus exactement la proportion relative de chaque COV responsable des effets observés. Pour rappel, le basilic de type Citron semble en effet être attractif alors que le basilic de type Pistou se présente comme répulsif.

De la même façon, la structure des émissions de COV des plantes qui ont montré un effet répulsif significatif sur *A. gossypii*, c'est-à-dire la rose d'Inde, le basilic de type Pistou et le lavandin, ou sur *M. euphorbiae* avec la cataire et la tanaïsie, diffère significativement d'une plante à l'autre. Le souci officinal est ainsi caractérisé par l'émission d' α -phellandrène, de β -phellandrène, de β -bourbonène, de sabinène, de γ -terpinène et d' α -thujène. Le lavandin Grosso et le lavandin Séguret ont des profils aromatiques très proches, caractérisés par des émissions de nérole acétate, d'endo-bornéol et de ornyl acétate. Ces variétés de lavandin émettent également du linalyl acetate, du linalol et du lavandulyl acetate mais uniquement au stade floraison. L'effet répulsif du lavandin Grosso sur *A. gossypii* n'ayant été observé qu'avec des plantes en fleurs, il est possible que ce soit principalement les COV émis par les fleurs qui jouent un rôle dans la répulsion d'*A. gossypii*.

La cataire est, quant à elle, caractérisée par l'émission de (+)-cis,trans-népétalactone, de γ -murolène, de 3-hexen-1-ol, de (Z)- α -bulnesène, de bicyclo[3.1.1]heptane, de 6-méthyl-2-méthylène-6-(4-méthyl-3-pentenyl) et de cis- β -ocimène, tandis que les émissions de tanaïsie sont caractérisées par la présence de β -pinène,

d' α -terpinène, d' α -thujène, de β -thujone, de bicyclo[3.1.0]hexan-2-ol, et de 2-méthyl-5-(1-méthylethyl). Tous ces COV sont des candidats potentiels qui pourraient expliquer le comportement de fuite des pucerons *A. gossypii* et *M. euphorbiae*.

Néanmoins, aucun lien n'a encore pu être établi entre la structure des émissions de COV d'une plante et son pouvoir répulsif vis-à-vis d'une espèce de puceron donnée. Cette question reste à explorer dans un futur projet. Cela pourrait éventuellement s'expliquer par la présence de certaines molécules qui inhiberaient l'effet répulsif du bouquet olfactif. L'effet répulsif d'une plante pourrait ainsi varier fortement selon son génotype, qui détermine en partie la proportion relative entre les COV présents dans le bouquet olfactif. La simple présence d'un ou de plusieurs COV répulsifs dans le bouquet d'odeurs d'une plante ne lui confère pas forcément un caractère répulsif vis-à-vis des pucerons. C'est l'équilibre entre les COV du bouquet d'odeurs qui donne son caractère répulsif à la plante.

Vers l'élaboration de stratégies transférables chez les producteurs

Les travaux menés par le CTIFL, le centre INRAE d'Avignon (UMR PSH), l'ITEIPMAI, la chambre d'agriculture du Loir-et-Cher et SAVEOL ont mis en évidence l'effet des odeurs de plantes sur le comportement et la fécondité de deux espèces de pucerons très problématiques en cultures légumières : *A. gossypii* et *M. euphorbiae*. Le basilic de type Pistou, la rose d'Inde, le lavandin Grosso (quand il est en fleurs) et le lavandin Séguret exercent un effet

répulsif significatif sur *A. gossypii*. La cataire et la tanaïsie repoussent quant à elles *M. euphorbiae*.

Toutes ces plantes pourraient être intégrées dans les systèmes de culture afin de repousser ces espèces de puceron et empêcher leur installation sur les plantes cultivées, ou bien pour en réduire leur fécondité. Comme ces plantes diminuent la pression exercée par les pucerons sur la culture, leur utilisation peut aussi être envisagée pour créer les conditions favorables à la mise en œuvre de techniques de protection qui ne sont efficaces que lorsque les pullulations de pucerons sont modérées (produits de biocontrôle, lutte biologique par augmentation...).

La combinaison de ces plantes répulsives avec des plantes qui attirent les pucerons comme la menthe poivrée pour *A. gossypii* et *M. euphorbiae* ou qui sont préférées à la plante cultivée pour la reproduction comme le céleri avec *M. euphorbiae*, pourrait créer une stratégie de protection complexe de type « Push-Pull ». Cette stratégie permettrait aux producteurs de limiter l'utilisation de produits phytosanitaires et de n'y avoir recours que si les plantes de service utilisées ne permettent pas de maintenir les pullulations de pucerons en deçà d'un seuil critique qui reste à déterminer. ■

Les travaux présentés dans cette étude ont été réalisés avec la contribution de :

Paul Malburet (INRAE), Guy Costagliola (INRAE), Annie Geny (Chambre d'agriculture du Loir-et-Cher) et Denis Bellenot (ITEIPMAI).

Bibliographie

• Consultable sur la version en ligne de l'article.

Empêcher l'installation des thrips dans les cultures avec les odeurs de plantes

Protection agroécologique des cultures de poireau et de fraise



Preventing thrips from settling in crops with plant scents – Agroecological protection of leek and strawberry crops



L'utilisation de plantes répulsives pour empêcher l'installation des thrips dans les cultures de poireau et de fraise pourrait constituer une piste intéressante pour limiter le recours aux produits phytosanitaires. Le CTIFL et ses partenaires ont étudié cette question dans le projet REPULSE. Des plantes d'intérêt ont été identifiées. Des travaux sont en cours pour les intégrer dans les systèmes de culture.

Auteur(s)

Sébastien Picault

CTIFL

Enzo Merceron

CTIFL / ESA

Brahim Kouach,

Pauline Charpentier,

Niels Lelong

CTIFL / Université d'Angers

Alexis Bonneaud

CTIFL / ESITPA

Roselyne Souriau

SAVEOL

Les données clés à retenir

Dans le projet REPULSE, le CTIFL et ses partenaires ont mis au point et évalué des stratégies de protection des cultures de poireau et de fraise contre les thrips à l'aide de plantes répulsives. La coriandre, la sarriette, le thym et la reine-des-prés repoussent significativement *T. tabaci*, cependant la coriandre concurrence le poireau. L'effet de la sarriette, du thym et de la reine-des-prés sur le niveau d'infestation des cultures de poireau par *T. tabaci* reste à confirmer. Dans les cultures de fraise, l'utilisation de thym et de sarriette en pots suspendus sous les gouttières pourrait permettre de diminuer fortement le niveau d'infestation des plantes par *F. occidentalis*, mais cela reste à confirmer.

Key points

In the REPULSE project, the CTIFL and its partners have developed and evaluated strategies for protecting leek and strawberry crops against thrips using repellent plants. Coriander, savory, thyme and meadowsweet significantly repel *T. tabaci*, although coriander competes with leek. The effect of savory, thyme and meadowsweet on the level of *T. tabaci* infestation in leek crops remains to be confirmed. In strawberry crops, the use of thyme and savory in pots suspended under gutters could significantly reduce the level of *F. occidentalis* infestation, but this remains to be confirmed.

Mots-clés

#composé volatil

#plante de service

#agroécologie

#insecte ravageur

Gérer les thrips en cultures d'alliacées et de fraise : une priorité

Les thrips peuvent avoir un impact économique très important en cultures légumières. Ils empêchent la croissance des plantes ou détruisent les fleurs. Ils dégradent la qualité du produit final avec des feuilles tachées ou des fruits ternes, rendent les fruits impropres à la consommation et/ou véhiculent des virus. En France, les thrips affectent notamment 18 900 hectares de poireaux, oignons et ciboulettes ainsi que 40 hectares de fraises de Plougastel.

En cultures d'alliacées, le thrips *Thrips tabaci* (Figure 1) absorbe le contenu des cellules épidermiques, formant des groupes de petits points blancs visibles à l'œil nu, donnant au feuillage un aspect argenté. Ces lésions peuvent entraîner le développement de champignons pathogènes secondaires. *T. tabaci* peut également transmettre des virus comme le virus des taches jaunes de l'Iris (Iris Yellow Spot Virus, IYSV), qui provoque l'apparition de taches et de stries sur les feuilles. Les dégâts sur les récoltes de printemps ou d'automne sont particulièrement préjudiciables.

En cultures de fraise, le thrips *Frankliniella occidentalis* s'attaque aux fleurs et aux fruits. Il réduit la production et la qualité des fruits qui deviennent ternes, durs et desséchés, avec des akènes qui ressortent ou des plages décolorées. Les thrips sont particulièrement problématiques dans les cultures précoces sous serres chauffées et dans les cultures remontantes sous

abri froid. Dans les systèmes de production avec vide sanitaire, le thrips arrive sur les fraises en avril/mai, tandis que dans les systèmes sans vide sanitaire, ils sont présents en permanence. Les thrips constituent un problème majeur pour les cultures de fraises car leur seuil de nuisibilité est très bas, à un thrips par fleur. Les pertes économiques peuvent être très importantes, jusqu'à un mois de récolte perdu sur la période de production.

La protection des cultures légumières contre les thrips est difficile à cause des évolutions réglementaires qui visent à réduire l'utilisation des produits phytosanitaires et donc leur impact sur l'environnement mais aussi à cause des impasses techniques auxquelles les maraîchers sont confrontés. L'utilisation de produits phytosanitaires nécessite en effet d'intervenir à plusieurs reprises en cours de culture, car les thrips sont difficiles à atteindre (mœurs cryptiques) et l'efficacité de ces produits est souvent limitée. Des stratégies de lutte biologique par augmentation ou par conservation peuvent être mises en œuvre mais leur niveau d'efficacité n'est généralement pas satisfaisant : soit parce que les prédateurs lâchés dans les cultures ne parviennent pas à se développer ni à agir, à cause de températures trop basses ou de ressources nutritives insuffisantes pour qu'ils puissent s'installer dans les parcelles de culture, soit parce que les plantes de service mises en place pour les attirer favorisent également les thrips jusqu'à des niveaux délétères pour la production [1]. Pour gérer les thrips en cultures légumières, des stratégies de protection basées

sur l'utilisation de plantes répulsives pourraient être envisagées [2]. Dans le cadre du projet REPULSE, ce type de stratégie est étudié par le CTIFL et ses partenaires – INRAE, ITEIPMAI, Chambre d'agriculture du Loir-et-Cher, Terre d'Essais, SAVEOL, ACPEL et lycée agricole du Fresne. Ce projet s'est déroulé de 2020 à 2022 avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural (CASDAR) et le soutien du GIS PICléG. Afin d'identifier des plantes induisant un comportement d'évitement ou de répulsion chez les thrips *T. tabaci* et *F. occidentalis*, des tests d'olfactométrie ont été réalisés. Ces tests permettent de caractériser l'effet d'une odeur sur le comportement d'un insecte. Pour élaborer et évaluer des stratégies de protection basées sur l'utilisation de plantes répulsives des expérimentations au champ ont également été menées. Le but de ces expérimentations est d'évaluer l'efficacité des stratégies étudiées et leur faisabilité dans l'optique d'un transfert ultérieur chez les producteurs.

Coriandre, sarriette, thym et reine-des-prés repoussent *T. tabaci*

Le CTIFL a mené des travaux afin de déterminer, à l'aide d'un olfactomètre tubulaire statique, l'effet des composés organiques volatiles (COV) émis par certaines plantes sur le comportement du thrips *T. tabaci* [3]. Dans ces travaux, deux facteurs ont été étudiés : l'espèce et l'état de la plante répulsive (plante entière, feuilles fraîches entières,

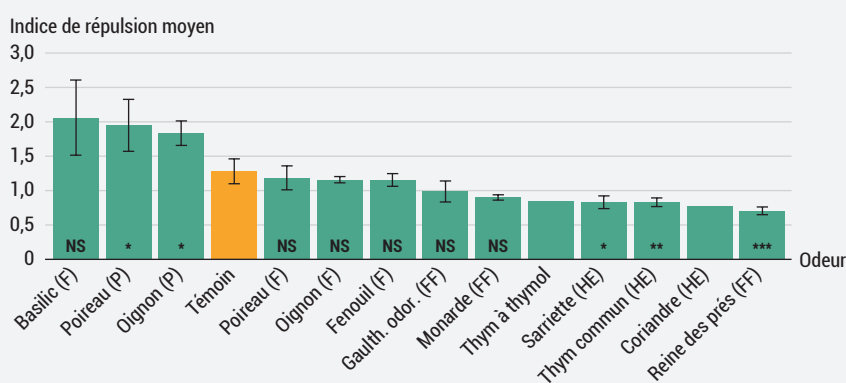
Figure 1 | *Thrips tabaci*

Crédit : Jean-Charles Midon®



Figure 2 | Coefficient de symétrie moyen calculé par le CTIFL pour *T. tabaci* avec les différentes plantes testées (résultats obtenus avec un olfactomètre tubulaire statique)

Test de Mann-Whitney – NS : différence avec la modalité témoin non significative ; * : différence avec la modalité témoin significative ($P < 0,08$) ; ** : différence avec la modalité témoin très significative ($P < 0,05$) ; *** : différence avec la modalité témoin extrêmement significative ($P < 0,01$). F : feuille entière ; FF : feuille froissée ; HE : huile essentielle ; P : plante entière



feuilles froissées ou huile essentielle). Les plantes dont l'odeur a été testée sont le basilic (*Ocimum basilicum*), le fenouil (*Foeniculum vulgare*), la gaulthérie odorante (*Gaultheria fragrantissima*), la sarriette des montagnes (*Satureja montana*), le thym commun (*Thymus vulgare*), le thym à thymol (*T. zygis*), la monarde (*Monarda didyma*), la reine-des-prés (*Filipendula ulmaria*), l'oignon (*Allium cepa*) et le poireau (*A. ampeloprasum* var. *porrum*). Les modalités testées ont été comparées à une modalité témoin qui correspond à un test sans odeur. L'oignon et le poireau sont des plantes hôtes de *T. tabaci*. Elles sont considérées comme plantes attractives de référence. Le basilic et le fenouil ont été choisis pour leur intérêt économique. La bibliographie suggère que la gaulthérie, les thym et la sarriette pourraient être répulsifs sur certaines espèces de thrips [4]. Les autres plantes ont été choisies aux dires d'expert. Le niveau de répulsion des plantes testées a été évalué à l'aide d'un indicateur nommé coefficient de symétrie : plus ce coefficient est faible, plus le niveau de répulsion est élevé. Les résultats obtenus montrent que, conformément à ce qui était attendu, le poireau et l'oignon entiers exercent un effet d'attraction significatif vis-à-vis de *T. tabaci*. Le coefficient de symétrie moyen est de 1,95 pour le poireau et de 1,84 pour l'oignon contre 1,28 pour la modalité témoin (Figure 2). Néanmoins, lorsqu'une

seule feuille de poireau ou d'oignon est proposée à *T. tabaci*, cet effet attractif disparaît. Le basilic présenté sous forme de feuilles fraîches exerce aussi un effet attractif vis-à-vis de *T. tabaci*. Le coefficient de symétrie moyen pour cette plante est de 2,06. Cet effet est cependant extrêmement variable et la différence observée avec la modalité témoin n'est pas significative. Il est possible que le stade physiologique ainsi que l'état du basilic au moment du test expliquent en partie cette variabilité. La sarriette des montagnes et le thym commun, tous deux sous forme d'huile essentielle, et la reine-des-prés sous forme de feuilles froissées exercent tous les trois un effet de répulsion significatif vis-à-vis de *T. tabaci*. Le coefficient de symétrie moyen pour ces plantes est compris entre 0,71 et 0,83. Il est probable que le thym à thymol et la coriandre, tous deux sous forme d'huile essentielle, exercent aussi un effet de répulsion vis-à-vis de *T. tabaci*. Le coefficient de symétrie moyen est de 0,85 pour le thym à thymol et de 0,77 pour la coriandre. Cette hypothèse reste à confirmer car le nombre de répétitions effectuées lors des tests d'olfactométrie n'est pas suffisant pour conclure. La gaulthérie odorante sous forme de feuilles froissées, le fenouil sous forme de feuilles fraîches et la monarde sous forme de feuilles froissées n'influencent pas le comportement de *T. tabaci*.

Associer des plantes répulsives au poireau, un chemin prometteur mais pavé d'embûches...

En parallèle des tests d'olfactométrie, des expérimentations au champ ont été menées par le CTIFL et la station régionale Terre d'essais (Pleumeur-Gautier). Leur objectif est d'évaluer l'effet de la coriandre, du fenouil, du céleri, du basilic, du sarrasin et de la gaulthérie couchée (*G. procumbens*) sur le niveau d'infestation des parcelles de poireau par *T. tabaci* (Figure 3). Chaque stratégie d'association a été évaluée à l'aune d'une modalité témoin (culture pure de poireau).

Au total deux stratégies alliant coriandre et poireau ont été étudiées. La première est une association de culture en damier, dans laquelle coriandre et poireau sont plantés en même temps de façon systématique, c'est-à-dire sous la forme d'un quadrillage. Dans cette stratégie, quatre densités de plantation différentes ont été testées pour la coriandre. La densité très forte correspond à 50 % de coriandre et 50 % de poireau (stratégie 1:1). La densité forte correspond à 33 % de coriandre et 67 % de poireau (stratégie 1:3). La densité moyenne correspond à 17 % coriandre et 83 % poireau (stratégie 1:5). La densité faible correspond à 9 % de coriandre et 91 % poireau (stratégie 1:10). Pour ce qui concerne la densité moyenne, deux dates de plantation ont été testées pour la coriandre : 15 jours après la plantation des poireaux (stratégie 1:5/15) ou 30 jours après (stratégie 1:5/30) afin de pouvoir effectuer un désherbage à la plantation avec un herbicide. La seconde stratégie testée est une association dans laquelle la coriandre est semée à la volée sur une planche entière un mois avant la plantation des poireaux, en alternant une planche de coriandre avec une planche de poireau (stratégie AP).

Pour ce qui concerne la gaulthérie couchée, le fenouil et le sarrasin, une seule stratégie d'association au poireau a été étudiée : la plante répulsive est semée ou plantée sur une planche entière en alternance avec les planches de poireau (stratégie AP). Afin de libérer les COV d'intérêt dans l'air, la gaulthérie couchée est écrasée à l'aide d'un rouleau Faca.

Pour ce qui concerne le céleri et le basilic, une seule stratégie d'association au poireau a été étudiée : alternance d'un rang de poireau avec un rang de plante compagne (Stratégie AR).

L'effet de toutes les stratégies d'association sur l'intensité des vols de *T. tabaci*

Figure 3 | Modalités d'association étudiées en culture de poireau

1:1 = 1 plante compagne pour 1 poireau ; 1:3 = 1 plante compagne pour 3 poireaux ;
1:5 = 1 plante compagne pour 5 poireaux ; 1:10 = 1 plante compagne pour 10 poireaux ;
1:2 = 1 planche ou 1 rang de plante compagne pour 1 planche ou 1 rang de poireau
AP = planches de poireau et de plantes compagnes alternées ; AR = rangs de poireau
et de plantes compagnes alternés ; D = plantation en damier

Plante associée	Mode d'association	Densité de plantation	Date de plantation	% surface
Coriandre	D	1:1	J 0	50 %
		1:3	J 0	25 %
		1:5	J 0	17 %
		1:5	J 0+15	17 %
		1:5	J 0+30	17 %
		1:10	J 0	9 %
	AP	1:2	J 0-30	
Fenouil	AP	1:2	J 0-30	50 %
Céleri	AR	1:2	J 0	50 %
Basilic	AR	1:2	J 0	50 %
Sarrasin	AP	1:2	J 0-30	50 %
Gaulthérie couchée	AP	1:2	J 0-180	50 %

(suivis à l'aide de pièges bleus englués), le niveau d'infestation des cultures (mesuré à l'aide de la méthode de Berlèse) et la sévérité des dégâts subséquents (estimée à l'aide de l'échelle de classes) [5] ont été évalués à l'aune de témoins constitués de cultures de poireau pures.

Les résultats obtenus montrent que l'association de coriandre au poireau permet de réduire les attaques de *T. tabaci* mais aussi les dommages subséquents sur les poireaux, avec une efficacité dépendant de la densité de plantation. Lorsque la coriandre est plantée en damier à une densité très forte (stratégie 1:1), l'intensité des vols de *T. tabaci* est divisée par 3,06 et le niveau d'infestation des poireaux par 3,82. La sévérité des dégâts est également réduite, avec 32 % de poireaux abîmés et 14 % de poireaux très abîmés alors qu'en culture pure il y a 38 % de poireaux abîmés et 52 % de poireaux très abîmés (Figure 4).

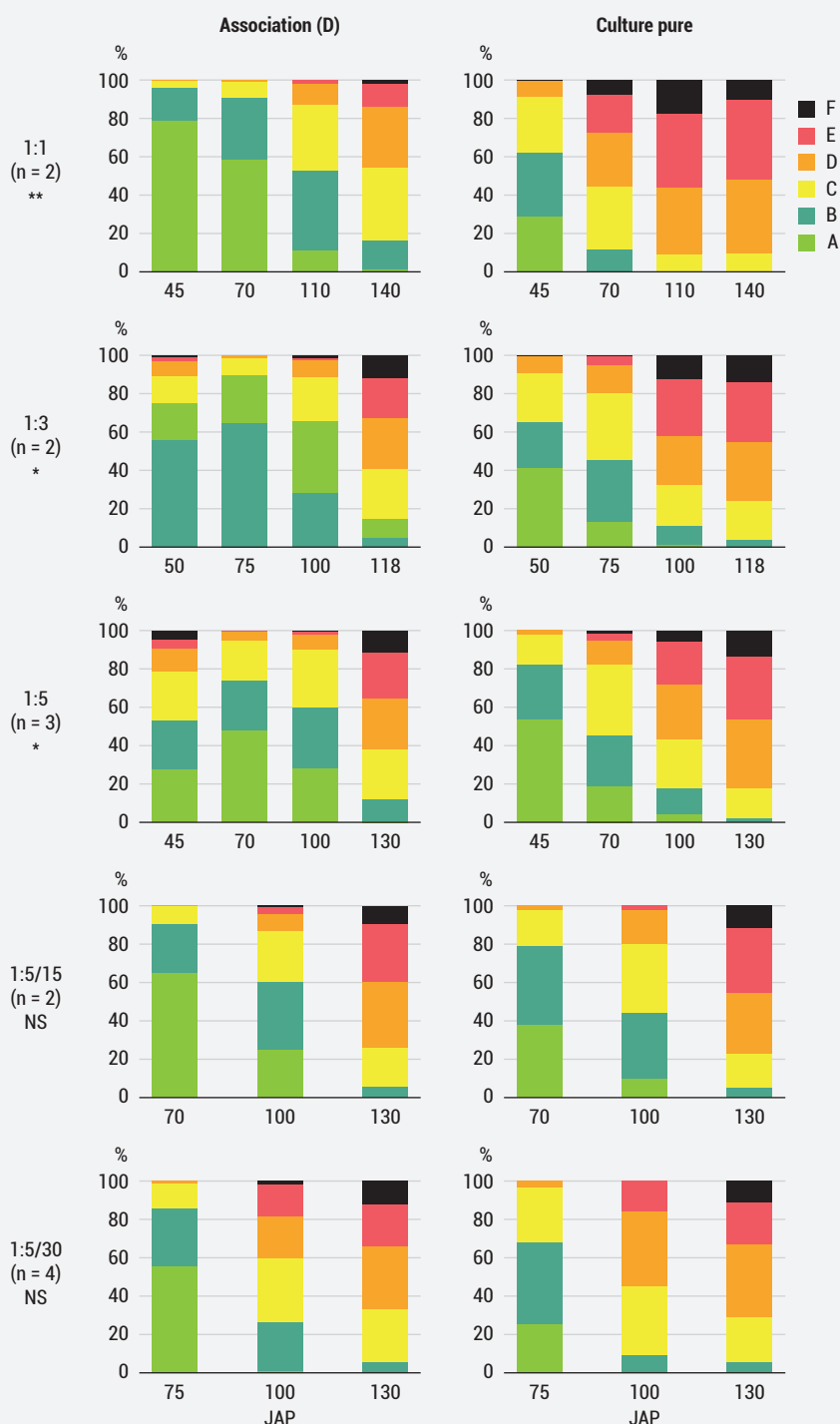
Lorsqu'elle est plantée en damier à une densité forte (stratégie 1:3), la coriandre ne permet plus de réduire les vols de *T. tabaci* de façon significative. Par contre elle a toujours un effet sur le niveau d'infestation des plantes par *T. tabaci* et sur la sévérité des dégâts subséquents. Le pourcentage moyen de poireaux abîmés à très abîmés par *T. tabaci* se maintient ainsi en deçà de 15 % pendant les trois premiers mois de culture, alors qu'il ne cesse d'augmenter dans les cultures de poireau pures pour atteindre 65 % trois mois après la plantation. En revanche, cette stratégie ne permet pas de protéger les poireaux en toute fin de culture, avec un pourcentage moyen de poireaux abîmés à très abîmés par *T. tabaci* de 59 % au moment de la récolte contre 76 % en culture pure.

À une densité moyenne (stratégie 1:5), l'effet est moins marqué, mais il permet de maintenir le pourcentage de poireaux abîmés à très abîmés à un niveau relativement faible (moins de 25 %) pendant les trois premiers mois de culture. Mais là encore, cette stratégie ne permet pas de protéger les poireaux en toute fin de culture, avec un pourcentage moyen de poireaux abîmés à très abîmés par *T. tabaci* de 62 % contre 81 % en culture pure. Par ailleurs, cet effet disparaît lorsque la coriandre est plantée 15 ou 30 jours plus tard (stratégies 1:5/15 et 1:5/30). À une densité faible (stratégie 1:10), aucun effet significatif de la coriandre n'est observé sur les vols, l'infestation et les dégâts causés par *T. tabaci*. Lorsque la coriandre est associée au poireau en planches alternées (stratégie AP), la sévérité des dégâts est significativement réduite, avec moins de 30 % de poireaux

très abîmés (classés EF) au moment de la récolte, contre plus de 60 % en culture pure (Figure 5). Cependant, dans les conditions expérimentales du projet REPULSE, cet effet n'est pas systématiquement observé et

les résultats ne sont pas encore répétables dans le temps. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour confirmer l'intérêt de cette stratégie. Enfin, aucune des autres plantes testées n'a influencé le

Figure 4 | Fréquence moyenne des classes de sévérité relatives aux dégâts de *T. tabaci* (%) mesurée dans des parcelles de poireau associé à de la coriandre plantée en damier (stratégies 1:1, 1:3, 1:5, 1:5/15 et 1:5/30) et dans des parcelles de poireau pures
JAP : nombre de jours après plantation. A : pas de traces de thrips ; B & C : poireaux peu abîmés par *T. tabaci* ; D : poireaux abîmés par *T. tabaci* ; E & F : poireaux très abîmés par *T. tabaci*. Test de Wald appliqué à un modèle à lien cumulatif mixte (CLMM) en considérant la date d'observation comme facteur aléatoire – NS : différence non significative ; * : différence significative ($P < 0,05$) ; ** : différence très significative ($P < 0,01$)



niveau d'infestation ou la sévérité des dégâts, soit en raison de l'absence d'effet olfactif sur *T. tabaci*, cas du basilic, du céleri, du sarrasin et du fenouil, soit en raison de conditions défavorables au développement de la plante, cas de la gaulthérie couchée. Si les stratégies 1:3 et 1:1 sont efficaces contre *T. tabaci*, les résultats obtenus montrent néanmoins que ce n'est pas grâce à un effet répulsif des COV que la coriandre émet dans l'air, mais à la compétition très forte qu'elle exerce vis-à-vis du poireau (Figure 6). Cette compétition empêche le poireau de pousser. Il n'est donc plus appétant pour *T. tabaci*, et est caché sous l'épais feuillage de la coriandre. Dans ces parcelles, le rendement obtenu est quatre à cinq fois plus faible que dans les cultures de poireau pures. Au bout de

90 jours, le poids moyen d'un poireau associé à la coriandre est de 45 g, soit un rendement brut de 10 t/ha, alors qu'il est compris entre 200 g et 250 g, soit un rendement brut de 46 t/ha, dans les cultures de poireau pures.

Dans les expérimentations menées, laisser pousser les poireaux un mois de plus n'a pas permis de compenser le retard de croissance. Au bout de 120 jours, le poids moyen d'un poireau associé à la coriandre est de 128 g, soit un rendement brut de 29 t/ha, alors qu'il est de 281 g, soit un rendement brut de 64 t/ha, dans les cultures de poireau pures. Le même phénomène est observé, mais en bien moindre mesure, dans les parcelles du dispositif moyenne densité 1:5. Dans ces parcelles, le poids moyen d'un poireau au bout de 90 jours est

de 147 g, soit un rendement brut de 34 t/ha, alors qu'il est de 216 g, soit un rendement brut de 49 t/ha, dans les cultures de poireau pures. Contrairement à ce qui est observé dans les parcelles où la coriandre est plantée aux densités les plus fortes, laisser pousser les poireaux un mois de plus et après fanaison de la coriandre compense en partie leur retard de croissance pour atteindre des objectifs de rendements acceptables. Au bout de 120 jours, le poids moyen d'un poireau est ainsi de 282 g, soit un rendement brut de 64 t/ha, dans les parcelles à une densité moyenne de coriandre, tandis qu'il est de 348 g, soit un rendement brut de 79 t/ha, dans les cultures de poireau pures. Enfin, lorsque la coriandre est associée en damier à une densité faible (stratégie 1:10) ou associée en planches

Figure 5 | Fréquence moyenne des classes de sévérité relatives aux dégâts de *T. tabaci* (%) mesurée dans des parcelles de poireau associé à de la coriandre plantée en planches alternées (stratégie AP) et dans des parcelles de poireau pures

JAP : nombre de jours après plantation. A : pas de traces de thrips ; B & C : poireaux peu abîmés par *T. tabaci* ; D : poireaux abîmés par *T. tabaci* ; E & F : poireaux très abîmés par *T. tabaci*. Test de Wald appliqué à un modèle à lien cumulatif mixte (CLMM) en considérant la date d'observation comme facteur aléatoire – NS : différence non significative ; * : différence significative ($P < 0,05$)

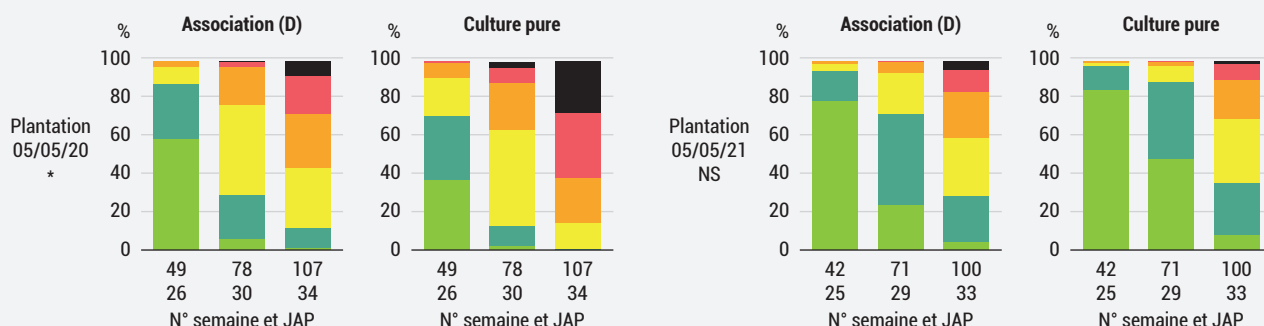
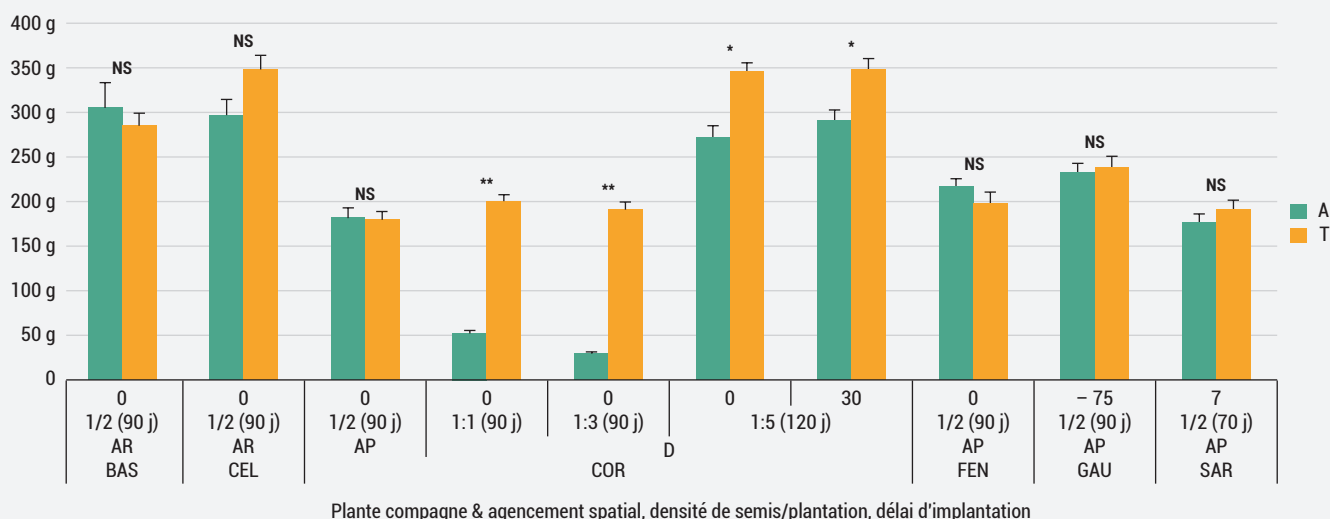


Figure 6 | Poids moyen d'une plante (g) mesuré dans des cultures de poireau associé à une plante compagne (vert) et dans des cultures de poireau pures (orange)

BAS : basilic ; CEL : céleri ; COR : coriandre ; FEN : fenouil ; GAU : gaulthérie ; SAR : sarrasin ; AP = association en planches alternées ; AR = association en rangs alternés ; D = association en damier ; 70 j, 90 j 120 j : date d'installation de la plante compagne (en nombre de jours après la plantation) Test de Mann-Whitney – NS : différence non significative ; * : différence significative ($P < 0,05$) ; ** : différence très significative ($P < 0,01$)



alternées (stratégie AP), les phénomènes de compétition sont limités ou inexistant.

Thym et/ou sarriette pour repousser *F. occidentalis* ?

L'effet du thym commun et de la sarriette sur le niveau d'infestation des cultures de fraise hors-sol par le thrips *F. occidentalis* a été évalué dans deux parcelles de production suivies par la chambre d'agriculture du Loir-et-Cher (abris froids de 594 m²) et une serre de production de la société SAVEOL (serre en verre de 3 840 m²). Dans chaque parcelle de production, des pots de thym commun et de sarriette des montagnes ont ainsi été placés sous les gouttières de fraiser. Deux densités de plantation ont été testées : 0,15 plante/m² (modalité « faible densité ») et 0,94 plante/m² (modalité « forte densité »). L'effet des plantes compagnes sur le niveau d'infestation des fraisiers par *F. occidentalis* a été estimé à l'aide de l'échelle de classes « thrips » mise au point dans le projet FRAGASYST. Cet effet a été évalué à l'aune de parcelles de fraisiers sans plantes de service et non traitées (parcelles « témoins »). Les résultats obtenus montrent que le niveau d'infestation des fraisiers par *F. occidentalis* est corrélé à la densité de plantation des plantes compagnes dans la culture de fraise (Figure 7). Les plus forts niveaux d'infestation sont observés dans les parcelles témoins et les plus faibles dans les parcelles de fraisiers dans lesquelles la densité de thym et de sarriette est forte, avec 0,94 plante/m². Pour les parcelles dont la densité de thym et de sarriette est faible, avec 0,15 plante/m², les niveaux d'infestation sont intermédiaires.

Poursuivre les travaux d'expérimentation pour élaborer des stratégies push-pull

Les travaux menés dans le projet REPULSE ont permis d'identifier des odeurs de plantes exerçant un effet répulsif vis-à-vis de *T. tabaci* : la coriandre, la sarriette et le thym. Quant au fenouil, au céleri, au basilic, au sarrasin et à la gaulthérie couchée, ils n'ont aucun effet sur le comportement de *T. tabaci*. Par ailleurs, il est possible que l'odeur de sarriette et/ou de thym repousse *F. occidentalis*, mais cela reste à confirmer. Les résultats suggèrent qu'une plantation de coriandre en damier à une densité modérée d'une coriandre pour cinq poireaux soit l'équivalent de 17 % de la surface cultivée

plantée en coriandre, pourrait diminuer le niveau d'infestation des cultures par *T. tabaci* en maintenant un niveau de compétition acceptable entre les deux cultures. Avec cette stratégie, le pourcentage de poireaux non commercialisables peut en effet être maintenu en deçà de 25 % pendant les trois premiers mois de culture. Un objectif de rendement de 60 à 70 t/ha peut être atteint si la durée de culture est prolongée d'un mois par rapport à une situation normale. Cependant, la coriandre n'ayant plus aucun effet sur *T. tabaci* après trois mois de culture, il est nécessaire, pendant cette période de prolongation, de protéger les poireaux contre *T. tabaci* à l'aide d'autres solutions (produits phytosanitaires, produits de biocontrôle, kaolin). Il est aussi possible de faire disparaître le phénomène de compétition entre la coriandre et le poireau en séparant les deux plantes dans l'espace avec une alternance de planches de coriandre et de planches de poireau. Cependant, l'effet de cette stratégie sur le niveau d'infestation des cultures par *T. tabaci* n'est alors plus suffisant.

La sarriette et le thym ne peuvent pas être cultivés en association avec le poireau : pour des raisons techniques et agronomiques puisqu'il s'agit de plantes pérennes dont les conditions de croissance sont très différentes de celles du poireau, mais aussi économiques car ces plantes coûtent cher. L'association de sarriette et/ou de thym aux fraisiers hors-sol peut se faire en cultivant ces plantes dans des pots qui peuvent être placés sur les gouttières de fraiser ou bien suspendus en dessous.

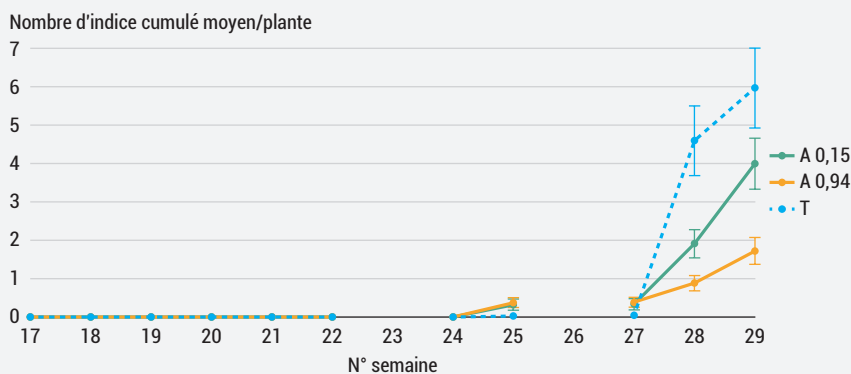
Sur la base des résultats obtenus dans le projet REPULSE, le CTIFL poursuit ses recherches de plantes répulsives vis-à-vis de *T. tabaci* et de *F. occidentalis*. Ces tests sont réalisés à l'aide de nouveaux types d'olfactomètres mis au point par le CTIFL : olfactomètres en T, en U et en ballon. Ils permettent

d'accélérer le processus de screening et de travailler aussi bien avec des plantes entières que des huiles essentielles. En parallèle, le CTIFL continue à mettre en place des expérimentations au champ, en testant de nouvelles associations poireau – plante compagne permettant potentiellement de repousser *T. tabaci*. Les travaux avec la coriandre se poursuivent de façon à trouver une stratégie d'association qui permette à cette plante d'exprimer tout son potentiel répulsif vis-à-vis de *T. tabaci* sans impacter le rendement.

Des stratégies de protection des cultures de poireau contre *T. tabaci* d'une part, et des cultures de fraise contre *F. occidentalis* d'autre part, basées sur l'utilisation de thym commun, de thym à thymol et de sarriette des montagnes, peuvent également être envisagées au regard des résultats encourageants obtenus avec ces plantes. Associer ces plantes pérennes à des cultures annuelles semble cependant difficile. Des solutions basées sur l'utilisation d'huiles essentielles pourraient être envisagées. Dans cette optique, des expérimentations sont actuellement menées par le CTIFL. ■

Les travaux présentés dans cette étude ont été réalisés avec la contribution de Chloé Durot et Marine Cnudde (CTIFL/ESA), Thomas Deslandes et Maxime Davy (CTIFL) et Annie Geny (Chambre d'agriculture du Loir-et-Cher).

Figure 7 | Nombre de thrips cumulé moyen par plante mesuré par la société SAVEOL dans des parcelles de fraiser associé à du thym commun et de la sarriette des montagnes
Densité de 0,15 plante/m² (A 0,15), densité de 0,94 plante/m² (A 0,94) et parcelle de fraiser pure



Bibliographie

• Consultable sur la version en ligne de l'article.



Repulse : Mise au point et évaluation de stratégies de protection des cultures légumières contre les ravageurs basées sur l'utilisation de plantes répulsives

Sébastien Picault, Anne Marie Cortesero, Hélène Gautier, Laurent Gomez, Juliette Pellat, Christele Assegond

► To cite this version:

Sébastien Picault, Anne Marie Cortesero, Hélène Gautier, Laurent Gomez, Juliette Pellat, et al.. Repulse : Mise au point et évaluation de stratégies de protection des cultures légumières contre les ravageurs basées sur l'utilisation de plantes répulsives. *Innovations Agronomiques*, 2025, 107, pp.163-176. <10.17180/ciag-2025-vol107-art13>. <hal-05374322>

HAL Id: hal-05374322

<https://hal.inrae.fr/hal-05374322v1>

Submitted on 2 Dec 2025

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

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



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No Derivative Works - International License



Repulse : Mise au point et évaluation de stratégies de protection des cultures légumières contre les ravageurs basées sur l'utilisation de plantes répulsives

Sébastien PICAULT¹, Anne-Marie CORTESERO², Hélène GAUTIER³,
Laurent GOMEZ³, Juliette PELLAT⁴, Christele ASSEGOND⁵

¹ CTIFL, 35 allée des sapins ZI Belle Etoile Antarès 44483 Carquefou Cedex, France

² UMR IGEPP, Domaine de la Motte BP 35327 35653 Le Rheu cedex, France

³ UR PSH, Domaine Saint-Paul 228 - route de l'Aérodrome - CS 40509 84914 Avignon Cedex 9, France

⁴ CTIFL, 751 Chemin de Balandran 30127 Bellegarde, France

⁵ Université de Tours – CETU ETICs, 3 rue des Tanneurs 37041 Tours Cedex, France

Correspondance : sebastien.picault@ctifl.fr

Résumé

Des stratégies de protection des cultures légumières contre les thrips, les pucerons et la mouche du chou *Delia radicum* reposant sur l'utilisation de plantes répulsives ont été étudiées par le CTIFL (Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes) et ses partenaires dans le cadre du projet REPULSE. Dans ce projet, des plantes induisant un comportement de fuite chez les thrips et les pucerons ou perturbant le comportement de ponte de *D. radicum* ont été identifiées. L'effet de plantes compagnes aux potentiels effets répulsifs associées aux plantes cultivées sur la sévérité des dégâts occasionnés par ces ravageurs a également été évalué. Des résultats très encourageants ont été obtenus pour *D. radicum*, avec des pontes pouvant être réduites de 70 % à l'aide de souci officinal ou d'immortelle à grandes bractées. Le thym, la sarriette et la coriandre pourraient s'avérer intéressantes pour gérer les thrips en culture de poireau et de fraise. Les résultats sont plus nuancés pour ce qui concerne les pucerons, une même plante pouvant repousser une espèce de puceron et en attirer d'autres.

Mots-clés : plantes répulsives, COV, *Delia radicum*, thrips, pucerons, *Aphis gossypii*, *Macrosiphum euphorbiae*, cultures légumières

Abstract : Development and evaluation of strategies for protecting vegetable crops against pests based on the use of repellent plants

The aim of the REPULSE project, carried out by CTIFL and its partners, was to study vegetable crop protection solutions against thrips, aphids and the cabbage root fly *Delia radicum* based on repellent plants. In this project, some plants leading thrips and aphids to be on run or disrupting cabbage fly egg-laying behavior have been identified. Companion plant effect on damage severity were also assessed. Promising results were obtained for *D. radicum*, whose egg-laying to be reduced up to 70 % with marigold or *Helichrysum bracteatum*. Thyme, savory and coriander could be interesting to manage thrips in leek or strawberry crops. Results are more contrasting for aphids, one single plant species being likely to repel one aphid species while to attract another one.

Keywords: repellent plants, VOC, *Delia radicum*, Thrips, aphids, *Aphis gossypii*, *Macrosiphum euphorbiae*, vegetable crops



1. Les thrips, les pucerons et les mouches : un enjeu technique et économique majeur pour les producteurs de légumes

Les thrips, les pucerons et les mouches peuvent avoir un impact économique très important en cultures légumières en empêchant la croissance des plantes, en dégradant la qualité du produit final, en rendant les fruits impropres à la consommation et/ou en véhiculant des virus.

1.1. Destruction de récoltes et/ou déclassement commercial

En cultures de fraise hors-sol, le thrips *Frankliniella occidentalis* s'attaque aux fleurs et aux fruits. Les fraisiers attaqués par les thrips produisent moins de fruits (avortement des fleurs) et les fruits produits sont ternes (fruits « bronzés »), durs et desséchés avec des akènes qui ressortent ou des plages décolorées. Les thrips constituent un problème majeur pour les cultures de fraise car leur seuil de nuisibilité est très bas (1 individu par fleur). En Bretagne, où la fraise de Plougastel est produite, les producteurs de fraise peuvent perdre jusqu'à un mois de récolte sur la période de production. Cela est très préjudiciable car la fraise de Plougastel est une fraise à forte valeur ajoutée (chiffre d'affaires espéré en cultures chauffées : environ 400000 euros/ha). Dans le Sud-Ouest, le Sud-Est et le Centre Ouest de la France, qui sont de grosses régions de production de fraise, les thrips peuvent détruire complètement la production de l'une des trois principales périodes de production. Pour ne pas perdre leur production, certains producteurs sont obligés d'égrapper voire d'effleurer la culture, ce qui engendre des pertes de rendements et des surcoûts de production non négligeables.

En cultures d'alliacées, c'est le thrips *Thrips tabaci* qui est problématique. Il dégrade la qualité du feuillage des poireaux et des oignons en absorbant le contenu des cellules de l'épiderme qui se dessèchent pour former des groupes de petits points blancs visibles à l'œil nu souvent accompagnés de petits tas d'excréments noirs. Le feuillage prend alors un aspect argenté qui compromet fortement la qualité commerciale des plantes. En cas d'attaque intense, des pertes de rendement importantes peuvent être observées. En France, les problèmes de thrips concernent 5 200 ha de poireau, 10 350ha d'oignon de couleur, 2 700 ha d'oignon blanc (industrie) et 400 ha d'oignon de printemps.

1.2. Perturbation de la croissance des plantes, souillures et transmission de virus

De nombreuses espèces de pucerons s'attaquent aux cultures légumières, et tout particulièrement aux cultures de fraise, d'aubergine, de courgette, de melon... La capacité de nuisance des pucerons est très forte du fait de leur courte durée de développement (de l'ordre de 8 à 10 jours à 20°C), de leur température minimale de développement souvent basse, de leur mode de reproduction parthénogénétique au printemps et en été, et de leur aptitude à se déplacer sur de longues distances (formes ailées). L'évolution rapide de leurs populations peut gêner voire bloquer la croissance des plantes et provoquer l'avortement des bourgeons floraux. Le miellat excrété par les pucerons offre par ailleurs des conditions favorables au développement de champignons saprophytes et entraîne l'apparition de fumagine, ce qui réduit la photosynthèse et affaiblit les plantes. Par ailleurs, le miellat et la fumagine souillent les fruits, ce qui déprécie leur valeur marchande et impose une étape supplémentaire de nettoyage des fruits lors du conditionnement. Les pucerons peuvent aussi être vecteurs de virus et la salive de certaines espèces peut avoir une action irritative et toxique qui provoque une réaction de la part du végétal (les feuilles se déforment, tombent, les fleurs avortent et se dessèchent et les fruits grossissent mal).

1.3. Dégradation du système racinaire et éclatement des plantes engendrés par la mouche

La mouche du chou *Delia radicum* a quant à elle un impact économique important en cultures de choux, non seulement en termes de dégâts provoqués (perte de plants, de rendement commercial, diminution de la qualité du produit final...) mais aussi en termes de coûts liés aux différentes méthodes de protection. La mouche du chou peut se montrer très préoccupante dans certaines régions, pouvant parfois remettre en cause la viabilité des exploitations. La production française de choux (30 000 ha, tous types de choux



confondus) dépend ainsi directement de la maîtrise de cette mouche, dont les attaques sont particulièrement difficiles à gérer en fin de cycle de culture, même avec une protection chimique car les mouches pondent directement à l'intérieur des pommes de chou. En l'absence de traitement phytosanitaire ou de protection physique des plants, les attaques précoces de *D. radicum* peuvent entraîner de très lourdes pertes de production, les préjudices pouvant aller jusqu'à 100 % de perte pour les parcelles les plus touchées. En moyenne, la profession estime qu'en l'absence de protection des cultures, la perte de chiffre d'affaires serait de 30 à 50 %.

2. Une protection des cultures difficile

La protection des cultures légumières contre les thrips, les pucerons et *D. radicum* est difficile à cause des évolutions réglementaires qui visent à réduire l'utilisation des produits phytosanitaires et leur impact sur l'environnement, et parce que les maraîchers sont confrontés à des impasses techniques. La gestion des thrips en cultures de poireau et de fraise est particulièrement difficile, car les moyens de protection à l'aide de produits phytosanitaires sont limités (retrait de substances actives, cible difficile à atteindre, développement de résistances) et les stratégies de lutte biologique ne sont pas suffisamment efficaces (Picault et al., 2018). La gestion des pucerons en cultures sous abri froid peut se faire à l'aide de produits phytosanitaires et/ou de produits de biocontrôle, mais les pullulations les plus précoces sont souvent incontrôlables. Des stratégies de lutte biologique par augmentation ou par conservation peuvent également être mises en œuvre, mais leur efficacité est parfois limitée à cause de problèmes de spécificité d'hôte et/ou de températures trop froides sous les abris. Enfin, la gestion de *D. radicum* en cultures de brassicacées peut se faire à l'aide de produits phytosanitaires et/ou de filets insect-proof, mais ces solutions coûtent cher et sont parfois insuffisantes.

3. Repousser les ravageurs avec les odeurs de plante

Pour pallier les insuffisances des solutions de protection actuellement disponibles, l'utilisation de plantes émettant des odeurs répulsives pour les thrips, les pucerons et *D. radicum* apparaît comme une nouvelle piste à explorer. Ces plantes pourraient en effet permettre de protéger efficacement les cultures de fraise précoces et les cultures précoces sous abri froid contre les pucerons en attendant que les températures augmentent et que les moyens de lutte biologique classiques puissent ensuite être mis en œuvre et prendre le relais. Combinées à l'utilisation d'autres plantes de service favorisant la colonisation des parcelles par les ennemis naturels de thrips, ces plantes pourraient aussi rendre opérationnelles les stratégies de lutte biologique par conservation des habitats travaillées jusqu'à présent en cultures d'alliacées, en améliorant le ratio ennemis naturels de thrips / thrips pour le rendre favorable à la production. En cultures de brassicacées, où les possibilités de lutte biologique contre *D. radicum* semblent limitées, ces plantes pourraient être utilisées dans le cadre de stratégies « push-pull ».

L'intérêt de stratégies de protection des cultures légumières contre les thrips, les pucerons et *D. radicum* basées sur l'utilisation de plantes répulsives a été étudié par le CTIFL et ses partenaires (INRAE – UMR PSH, Université de Rennes I – UMR IGEPP, ITEIPMAI, Chambre d'Agriculture du Loir-et-Cher, Terre d'Essais, ACPEL, lycée agricole du Fresne, Agrocampus Ouest – Centre d'Angers, Université de Tours, SAVEOL) dans le cadre du projet REPULSE, qui s'est déroulé de 2020 à 2023 avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural (CASDAR) et le soutien du GIS PIClég (Picault et al., 2021). Le premier objectif de ce projet était d'identifier des plantes induisant un comportement d'évitement ou de répulsion chez les pucerons, les thrips et *D. radicum*, en effectuant des tests de comportement ou d'olfactométrie en conditions contrôlées. Le deuxième objectif du projet était de concevoir et d'évaluer en parcelle expérimentale des stratégies de protection des cultures légumières contre ces ravageurs basées sur l'utilisation de plantes répulsives. Le troisième objectif du projet était d'identifier les conditions favorables à l'appropriation par les producteurs de stratégies de protection contre les ravageurs impliquant l'association de plantes compagnes à la plante cultivée.



4. Des résultats encourageants pour la mouche du chou *D. radicum*

4.1. Tests de comportement en cage

Afin d'identifier des plantes dont les odeurs repoussent *D. radicum* et/ou des plantes dont la présence à proximité immédiate de la plante cultivée (brocoli) diminue le niveau d'infestation de la culture, un travail de screening sans *a priori* ainsi que des tests de comportement ont été effectués en conditions semi-contrôlées par l'UMR IGEPP. Le choix des plantes testées a été effectué en fonction de leur phénologie et de leur capacité à être associées avec une culture de brocoli de printemps. Au total, 55 espèces de plantes appartenant à 17 familles botaniques différentes ont été testées. L'influence de ces plantes sur le niveau des pontes de *D. radicum* a été étudiée dans des cages de 18 m³ placées dans des serres où la température variait entre 18 et 20°C la nuit et entre 20 et 25°C le jour. Dans chaque cage, deux plaques de brocolis associés à l'une des espèces testées (modalité « associée » : 8 plants de brocoli + 8 plants de l'espèce testée) et deux plaques de brocolis purs (modalité « témoin » : 8 plants de brocoli) ont été introduites. Dans chaque cage, 32 femelles gravides (i.e. femelles pleines d'œufs matures) ont été introduites et laissées pendant une durée de trois jours. Au bout de cette durée, les racines des brocolis ont été lavées et le nombre d'œufs pondus a été compté et comparé entre la modalité « témoin » et la modalité « associée ». Sur les 55 espèces testées, 15 ont induit une réduction significative du niveau des pontes de *D. radicum* au collet des plantes. Parmi ces plantes, deux se sont révélées particulièrement intéressantes : le souci officinal (*Calendula officinalis*) et l'immortelle à grandes bractées (*Helichrysum bracteatum*) avec lesquelles le niveau des pontes a été réduit de 70 % en moyenne par rapport au témoin. A contrario, trois plantes ont induit une augmentation significative du niveau des pontes de *D. radicum* : l'anis vert (*Pimpinella anisum*), la camomille matricaire (*Matricaria recutita*) et la valériane officinale (*Valeriana officinalis*), avec un nombre moyen d'œufs pondus par plante jusqu'à deux fois plus élevé sur les brocolis associés à ces plantes que sur les brocolis témoins.

4.2. Expérimentation en culture de brocoli

Une expérimentation au champ a été menée par l'UMR IGEPP et la station régionale Terre d'Essais afin d'évaluer l'influence du mode d'association du souci officinal et du brocoli (souci officinal semé dans les mini-mottes de brocoli vs souci officinal planté sur le rang) sur le niveau d'infestation de la culture par *D. radicum*. Le dispositif comprenait quatre répétitions randomisées de chaque modalité sur une parcelle expérimentale de 900 m². L'expérimentation s'est déroulée pendant la seconde période de vol de *D. radicum* (soit du 20 juin au 20 juillet). Cette expérimentation a confirmé le potentiel très intéressant du souci officinal pour réduire le niveau des pontes de *D. radicum* lorsqu'il est associé au brocoli dans la mini-motte au moment du semis (Figure 1). La plantation de souci officinal sur le rang, entre deux brocolis, permet également de réduire le niveau des pontes de *D. radicum*, mais dans une moindre mesure. L'association du souci officinal dans la mini-motte de brocoli demande de la technicité pour éviter la compétition avec le brocoli tout en assurant le bon développement du souci officinal. L'utilisation de ce type de plante répulsive demandera de développer de nouveaux itinéraires techniques, à la fois pour garantir un effet significatif sur les pontes de *D. radicum* et éviter qu'elles ne deviennent envahissantes (e.g. salissement de la parcelle par les graines produites par le souci officinal).

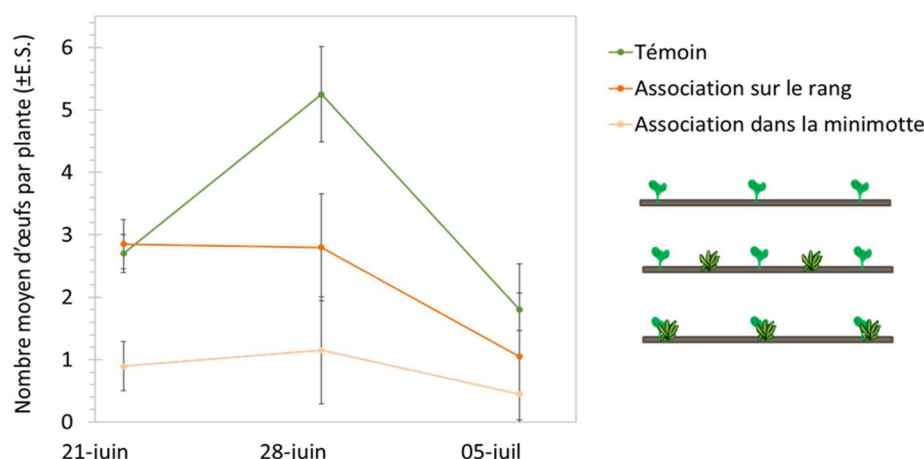


Figure 1 : Nombre moyen d'œufs de la mouche du chou *D. radicum* par plante mesuré par l'UMR IGEPP et la station Terre d'Essais dans une culture de brocoli associée à du souci officinal sur le rang ou dans la mini-motte et dans une culture témoin de brocoli seul.

5. L'effet des odeurs de plante varie d'une espèce de pucerons à l'autre

Afin d'identifier des plantes exerçant un effet répulsif sur les pucerons *A. gossypii* et *M. euphorbiae*, des tests d'olfactométrie en conditions contrôlées ont été effectués par l'UR PSH à l'aide d'un olfactomètre tubulaire dynamique. Ce type d'olfactomètre permet de mesurer un indice de répulsion, qui représente le nombre de pucerons qui adoptent un comportement de fuite face à une stimulation olfactive par rapport à un nombre initial de pucerons introduits dans l'olfactomètre. Plus cet indice est élevé, plus le mélange d'odeurs produit par la plante testée est répulsif. L'effet des plantes testées en olfactométrie sur la fécondité des pucerons a également été évalué, et les COV (composés organiques volatils) présents dans le bouquet d'odeur émis par leur feuillage et/ou leurs fleurs ont été identifiés. Les résultats de ces deux études complémentaires sont présentés dans un précédent article publié dans la revue Infos-CTIFL (Picault et al., 2024a).

5.1. Tests d'olfactométrie

Pour ce qui concerne *A. gossypii*, les plantes testées sont la courgette (*Cucurbita pepo*, utilisée comme référence attractive), l'œillet d'Inde (*Tagetes patula* var. Nana, *T. patula* var. Caussade), la rose d'Inde (*T. erecta*), la menthe poivrée (*Mentha piperita*), le basilic (*Ocimum basilicum* de type Pistou, Cannelle, Citron et Grand vert), le romarin (*Salvia rosmarinus* var. Spindler, *S. rosmarinus* var. Majorca Pink et *S. rosmarinus* var. Green Ginger), le souci officinal (*C. officinalis*), l'estragon français et l'estragon russe (*Artemisia dracunculus*), le lavandin (*Lavendula* sp. var. Grosso et *L. sp.* var. Seguret), et la rue officinale (*R. graveolens*).

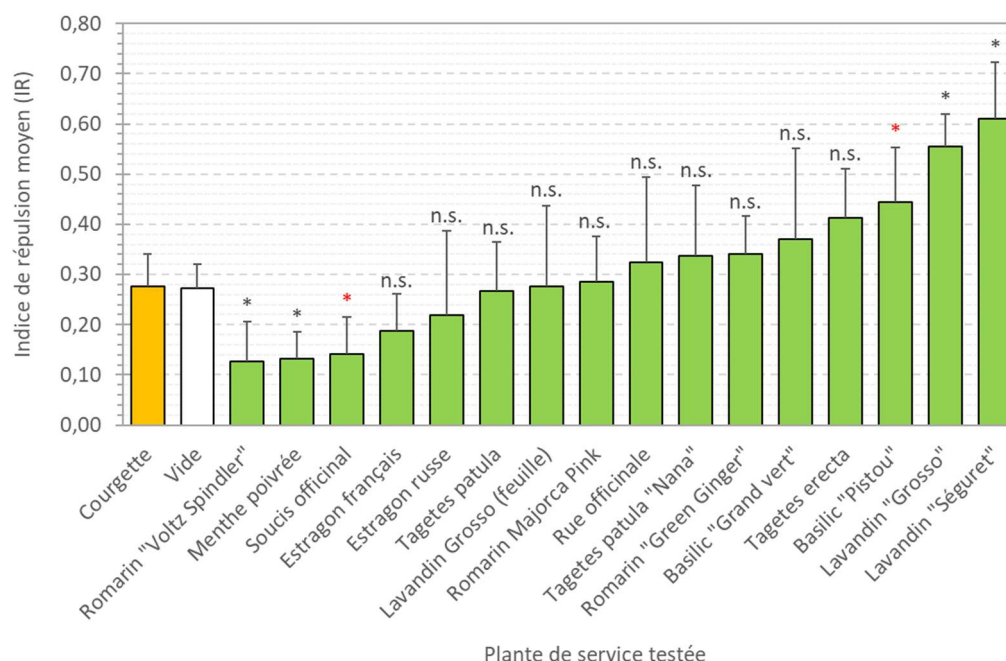


Figure 2 : Indice de répulsion moyen (IR) calculé par l'UR PSH pour le puceron *A. gossypii* avec les plantes testées. * : différence significative avec les témoins "courgette" et "vide" ($P < 0,05$) ; * : différence significative uniquement avec le témoin "vide" ($P < 0,05$) ; n.s. : différence non significative.

Pour *M. euphorbiae*, les plantes testées sont le fraisier (*Fragaria moschata*, utilisé comme référence attractive), la coriandre (*Coriandrum sativa*), la menthe poivrée (*Mentha piperita*), la menthe verte (*M. spicata*), le céleri (*Apium graveolens*), la citronnelle (*Cymbopogon* sp.), l'anis (*Pimpinella anisum*), l'estragon du Mexique (*Tagetes lucida*), le lavandin (*Lavendula* sp.), l'absinthe (*Artemisia* sp.), le fenouil (*Foeniculum vulgare*), la tanaïs (*Tanacetum vulgare*) et la cataire (*Nepeta cataria*). Les résultats obtenus montrent que le basilic de type Pistou, et le lavandin var. Seguret exercent un effet répulsif significatif sur *A. gossypii*, avec un indice de répulsion moyen de 0,41 ; 0,44 et 0,61 respectivement contre 0,27 pour la courgette comme pour la modalité témoin (i.e. chambres de stimulation vides ; Figure 2). Le lavandin var. Grosso exerce lui aussi un effet répulsif sur *A. gossypii* (indice de répulsion de 0,56), mais uniquement lorsqu'il est en fleurs. La cataire et la tanaïs exercent quant à elle un effet répulsif significatif sur *M. euphorbiae* avec un indice de répulsion moyen de 0,49 et 0,59 respectivement contre 0,23 pour le fraisier et 0,32 pour la modalité témoin (Figure 3). *A contrario*, il est possible que la menthe poivrée exerce un effet attractif sur *M. euphorbiae*. En effet, l'indice de répulsion obtenu pour cette plante est particulièrement faible (0,27) et très proche de celui calculé pour le fraisier. Par ailleurs, une expérimentation menée dans des serres de fraise hors-sol suivies par la société SAVEOL a montré que la présence de pots de menthe poivrée et de basilic suspendus sous les gouttières de fraisiers à une densité de 0,94 plantes/m² (soit une plante tous les mètres et demi) augmentait l'incidence et la sévérité des dégâts occasionnés par *M. euphorbiae* sur le feuillage des plantes.

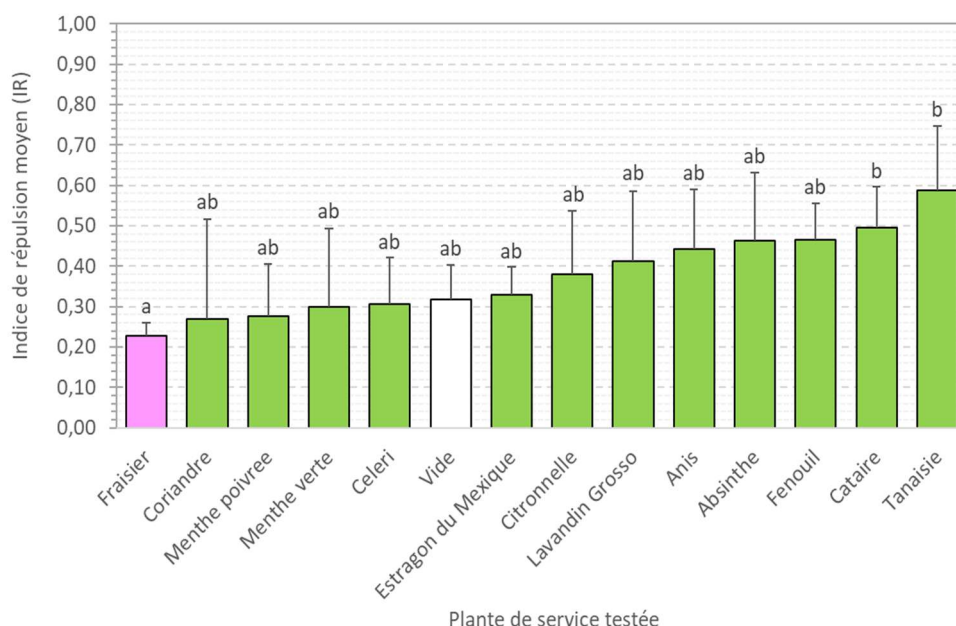


Figure 3 : Indice de répulsion moyen (IR) calculé par l'UR PSH pour *M. euphorbiae* avec les plantes testées.

5.2. Expérimentation en culture de courgette

En parallèle des tests d'olfactométrie réalisés par l'UR PSH, l'effet du romarin (*Rosmarinus officinalis* var. Majorca pink), du lavandin (*Lavandula x intermedia* var. Grosso) et du basilic (*O. basilicum* var. demi-nain de type Pistou) sur le niveau d'infestation des cultures de courgette par *A. gossypii* a été évalué par le CTIFL. Dans les expérimentations qui ont été menées, l'effet des plantes de service étudiées sur le paysage chimique de la culture a également été étudié en prélevant les COV émis dans l'air par les plantes l'aide de fibres SPME, en les analysant au laboratoire et en spatialisant leurs concentrations. Les résultats de cette étude complémentaire sont présentés dans le rapport de synthèse du projet REPULSE (Picault, 2024b). Le dispositif expérimental mis en place était constitué de tunnels dans lesquels les courgettes ont été associées à une plante compagne (tunnels aménagés) et de tunnels témoins (aucune protection contre les pucerons). Dans chaque tunnel, le niveau d'infestation des plantes par *A. gossypii* a été suivi une fois par semaine de la plantation à la dernière date de récolte.

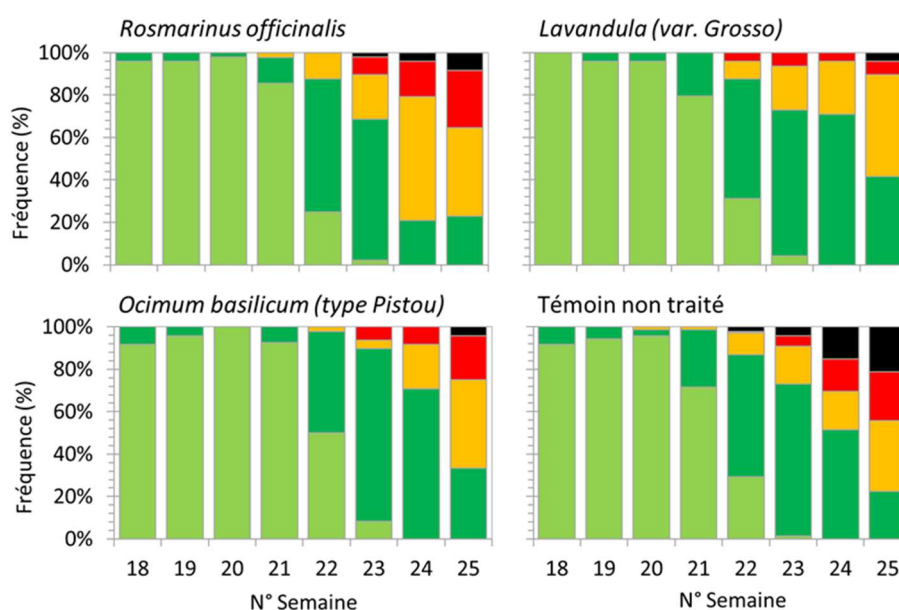




Figure 4 : Niveau d'infestation des courgettes par le puceron *A. gossypii* dans des parcelles aménagées avec du romarin officinal (*R. officinalis*), du lavandin (*Lavandula x intermedia* var. Grosso) ou du basilic (*O. basilicum* var. demi-nain de type Pistou) et des parcelles témoins (aucun traitement contre les pucerons). Echelle de couleur du vert clair = peu infesté, à noir = très infesté.

Les résultats obtenus montrent que le romarin et le basilic de type Pistou n'exercent pas d'effet significatif sur le niveau d'infestation des courgettes par *A. gossypii*, avec un pourcentage de plantes très infestées (plantes classées D ou E) au pic d'infestation de 35 % et 25 % respectivement (Figure 4). A ce moment-là, le niveau d'infestation des courgettes par *A. gossypii* mesuré pour ces deux plantes n'est pas significativement différent de celui mesuré pour la modalité témoin (44 %). Le lavandin exerce quant à lui un effet significatif sur ce niveau d'infestation, avec un pourcentage de plantes très infestées bien plus faible que celui mesuré pour la modalité témoin (10 %). Le fait que le basilic de type Pistou se montre répulsif dans les tests d'olfactométrie mais qu'il n'exerce plus d'effet significatif lorsqu'il est utilisé au champ suggère que son pouvoir de répulsion vis-à-vis d'*A. gossypii* est plus faible que celui du lavandin.

6. Des pistes encore à l'étude pour le thrips *T. tabaci*

6.1. Tests d'olfactométrie

De la même façon que ce qui a été fait pour les pucerons, des tests d'olfactométrie ont été effectués par le CTIFL afin de déterminer l'effet des odeurs de plantes sur le comportement du thrips *T. tabaci*. Ces tests ont été réalisés avec un olfactomètre tubulaire statique constitué d'un tube en verre de 54x20cm raccordé de chaque côté à une cage de stimulation et subdivisé en cinq zones, chaque zone étant caractérisée par sa distance à la stimulation. Le premier facteur étudié dans ces tests est l'espèce de plante répulsive : basilic (*O. basilicum* de type Grand Vert), fenouil (*F. vulgare*), gaulthérie odorante (*Gaultheria fragrantissima*), sarriette des montagnes (*Satureja montana*), thym commun (*Thymus vulgare*), thym à thymol (*T. zygis*), monarde (*Monarda didyma*), reine des prés (*Filipendula ulmaria*), oignon (*Allium cepa*), poireau (*Allium ampeloprasum* var. *porrum*). Le second facteur étudié est l'état de la plante répulsive : plante entière ou morceau de plante (feuille froissée ou non froissée). Des tests ont également été effectués avec de l'huile essentielle de térébenthine, considérée dans l'étude comme référence répulsive, ainsi qu'avec du salicylate de méthyl, principal COV émis par les feuilles de gaulthérie lorsqu'elles sont froissées. Un test consiste à déposer 25 thrips dans la zone centrale de l'olfactomètre puis à caractériser leur dispersion en dénombrant les individus présents dans chaque zone toutes les minutes pendant une durée de 10 minutes. Le pourcentage moyen de thrips par zone de l'olfactomètre a été déterminé à chaque date d'observation et le niveau de répulsion moyen des odeurs testées a été évalué à l'aide d'un indice de répulsion (plus cet indice est faible, plus le niveau de répulsion est élevé).

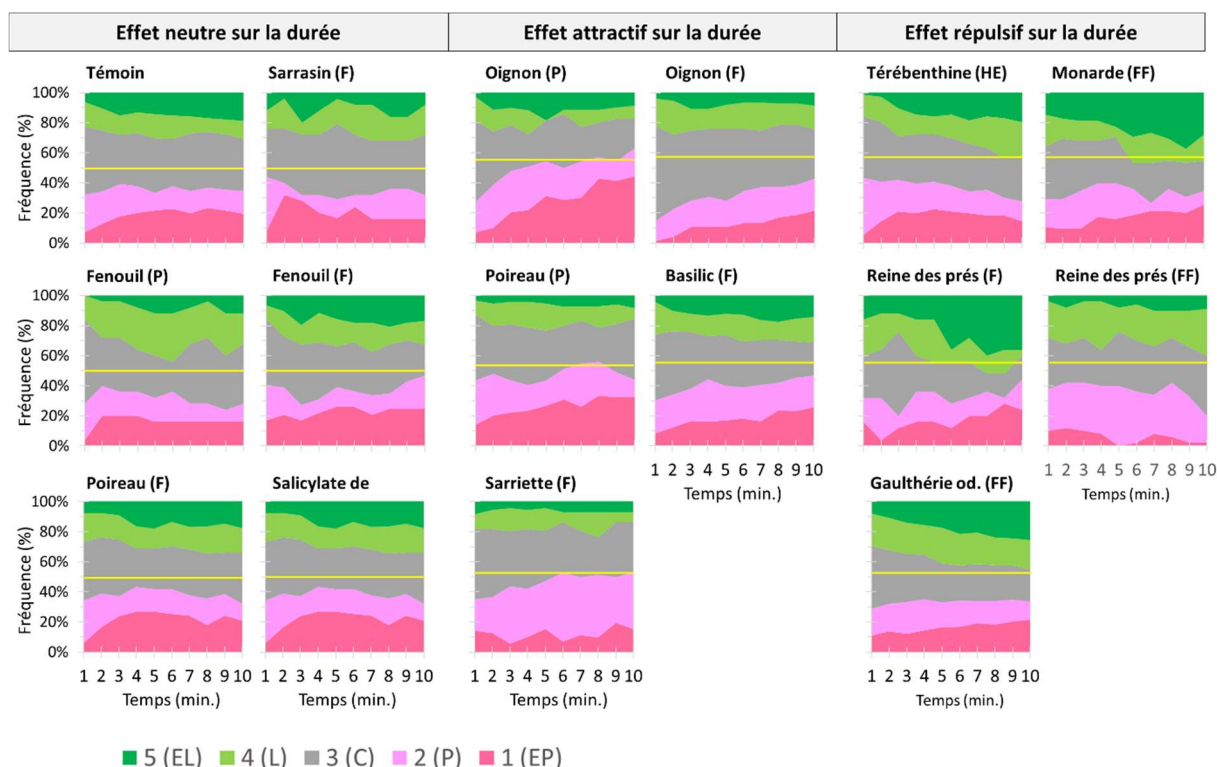


Figure 5 : Pourcentage moyen d'individus *T. tabaci* mesuré par le CTIFL dans chaque zone de l'olfactomètre de la première à la dixième minute d'observation. 1 (EP) : zone très proche de la stimulation ; 2 (P) : zone proche de la stimulation ; 3 (C) : zone centrale ; 4 (L) : zone éloignée de la stimulation ; 5 (EL) : zone très éloignée de la stimulation. P : plante entière ; F : feuille ; FF : feuille froissée ; HE : huile essentielle. La ligne jaune est la ligne médiane (50 %).

Les résultats obtenus montrent que, conformément à ce qui est attendu, le poireau et l'oignon entiers exercent un effet d'attraction significatif vis-à-vis de *T. tabaci*, avec un indice de répulsion moyen de 1,95 et 1,84 respectivement contre 1,28 pour la modalité témoin. Le pourcentage de thrips se rapprochant d'un poireau ou d'un oignon entier augmente ainsi significativement au cours du temps pour atteindre 50 % en moyenne au bout de 10 minutes, alors que la proportion de thrips s'en éloignant reste stable et ne dépasse pas 20 % (Figure 5). Le même phénomène est observé lorsqu'une seule feuille d'oignon est utilisée comme stimulation, mais en bien moindre mesure (le pourcentage de thrips se rapprochant de la stimulation au cours du temps augmente beaucoup moins vite). Le poireau n'exerce quant à lui plus aucun effet attractif lorsqu'une seule feuille est utilisée comme stimulation. La sarriette, et dans une moindre mesure, le basilic, semblent également exercer un effet attractif sur *T. tabaci*, avec un indice de répulsion moyen de 2,44 et 1,79 respectivement et une augmentation constante du pourcentage de thrips se rapprochant de la stimulation au cours du temps alors que le pourcentage de thrips s'en éloignant reste relativement stable. Néanmoins, les thrips se rapprochent moins de la cage de stimulation lorsqu'ils sont confrontés à une odeur de sarriette ou de basilic que lorsqu'ils sont confrontés à une odeur d'oignon ou de poireau. De plus, l'effet de la sarriette et du basilic sur *T. tabaci* est extrêmement variable d'une répétition à l'autre, et l'indice de répulsion calculé pour ces plantes n'est, *in fine*, pas significativement différent de celui calculé pour la modalité témoin. Il est possible que le stade et/ou l'état physiologique de la plante au moment du test expliquent en partie cette variabilité.

A contrario, l'huile essentielle de térébenthine, la monarde (feuilles froissées), la gaulthérie odorante (feuilles froissées) et la reine des prés (feuilles froissées et non froissées) exercent un effet répulsif significatif sur *T. tabaci*, avec un indice de répulsion moyen de 0,82 ; 0,90 ; 0,99 et 1,00 respectivement. Le pourcentage de thrips s'éloignant de ces stimulations augmente ainsi régulièrement au cours du temps



pour atteindre 50 % en moyenne au bout de 10 minutes, alors que le pourcentage de thrips s'en rapprochant reste stable (20 à 30 %). Le plus fort effet de répulsion est observé avec la monarde et les feuilles non froissées de reine des prés. Avec ces plantes, le pourcentage de thrips se trouvant dans la zone la plus éloignée de la stimulation au bout de 10 minutes est de 40 %, alors qu'il est de 10 à 20 % avec les autres stimulations. Enfin, le sarrasin, le fenouil et le salicylate de méthyl n'ont aucun effet sur le comportement de *T. tabaci*. Avec ces stimulations, le pourcentage de thrips se rapprochant ou s'éloignant de la cage de stimulation évolue de la même façon que ce qui est observé pour la modalité témoin.

6.2. Expérimentation en culture de poireau

En parallèle des tests d'olfactométrie, des expérimentations au champ ont été menées par le CTIFL et la station Terre d'Essais afin d'évaluer l'effet de la coriandre, du fenouil, du céleri, du basilic, du sarrasin et de la gaulthérie couchée sur le niveau d'infestation des parcelles de poireau par *T. tabaci* et la sévérité des dégâts subséquents. Pour ce qui concerne la coriandre, différentes stratégies d'association au poireau ont été étudiées : coriandre plantée en damier en même temps que les poireaux avec une coriandre pour un, trois, cinq ou dix poireaux (stratégies 1:1, 1:3, 1:5 et 1:10), coriandre plantée en damier 15 jours ou 30 jours après la plantation des poireaux (afin de pouvoir effectuer un désherbage à la plantation avec un herbicide) avec une coriandre pour cinq poireaux (stratégies 1:5/15 et 1:5/30) et coriandre semée à la volée sur une planche entière un mois avant la plantation des poireaux, en alternant les planches de coriandre et les planches de poireau (stratégie AP). La gaulthérie couchée, le fenouil et le sarrasin ont été semées ou plantées en planches alternées avec les planches de poireau (stratégie AP). Le céleri et le basilic ont été plantés entre les rangs de poireaux au moment de la plantation (stratégie AR). L'effet de toutes les stratégies d'association sur l'intensité des vols de *T. tabaci* (suivis à l'aide de pièges bleus englués), le niveau d'infestation des cultures (mesuré à l'aide de la méthode de Berlèse) et la sévérité des dégâts subséquents (estimée à l'aide d'une échelle de classes graduée de A à F : A = pas de dégâts ; F : poireaux très abîmés) a été évalué à l'aune de témoins constitués de cultures de poireau pur.

Les résultats obtenus montrent que l'association de coriandre au poireau permet de réduire significativement la sévérité des dégâts occasionnés par *T. tabaci* lorsque la coriandre est plantée en damier à une densité très forte (stratégie 1:1), forte (stratégie 1:3) ou moyenne (stratégie 1:5). Avec une très forte densité de coriandre, le pourcentage moyen de poireaux abîmés par *T. tabaci* (i.e. poireaux classés D) est de 32 % (contre 38 % dans les cultures de poireau pur) au moment de la récolte, et le pourcentage moyen de poireaux très abîmés (i.e. poireaux classés E et F) est de 14 % (contre 52 % dans les cultures de poireau pur ; Figure 6). Avec densité de coriandre moyenne à forte, le pourcentage moyen de poireaux abîmés à très abîmés par *T. tabaci* se maintient en-deçà de 15 % et 25 % respectivement pendant les trois premiers mois de culture, alors qu'il ne cesse d'augmenter dans les cultures de poireau pur pour atteindre 65 % trois mois après la plantation. En revanche, ces stratégies ne permettent pas de protéger suffisamment les poireaux en toute fin de culture, avec un pourcentage moyen de poireaux abîmés et très abîmés par *T. tabaci* au moment de la récolte compris entre 59 à 62 % dans les cultures de poireau associées à de la coriandre et entre 76 à 81 % dans les cultures de poireau pur. L'effet de la stratégie 1:5 sur la sévérité des dégâts de thrips n'est observé que lorsque la coriandre est plantée en même temps que le poireau et disparaît complètement lorsque la coriandre est plantée 15 ou 30 jours plus tard (stratégies 1:5/15 et 1:5/30). Par ailleurs, lorsqu'elle est plantée en damier à une densité faible (stratégie 1:10), la coriandre n'exerce plus aucun effet significatif sur l'intensité des vols de *T. tabaci*, le niveau d'infestation des plantes et la sévérité des dégâts. Lorsque la coriandre est associée au poireau en planches alternées (stratégie AP), un effet significatif sur la sévérité des dégâts peut également être observé, avec des situations où le pourcentage de poireaux très abîmés par *T. tabaci* peut se maintenir en-deçà de 30 % au moment de la récolte quand il dépasse 60 % dans les cultures de poireau pur. Cependant, cet effet n'est pas observé de façon systématique.

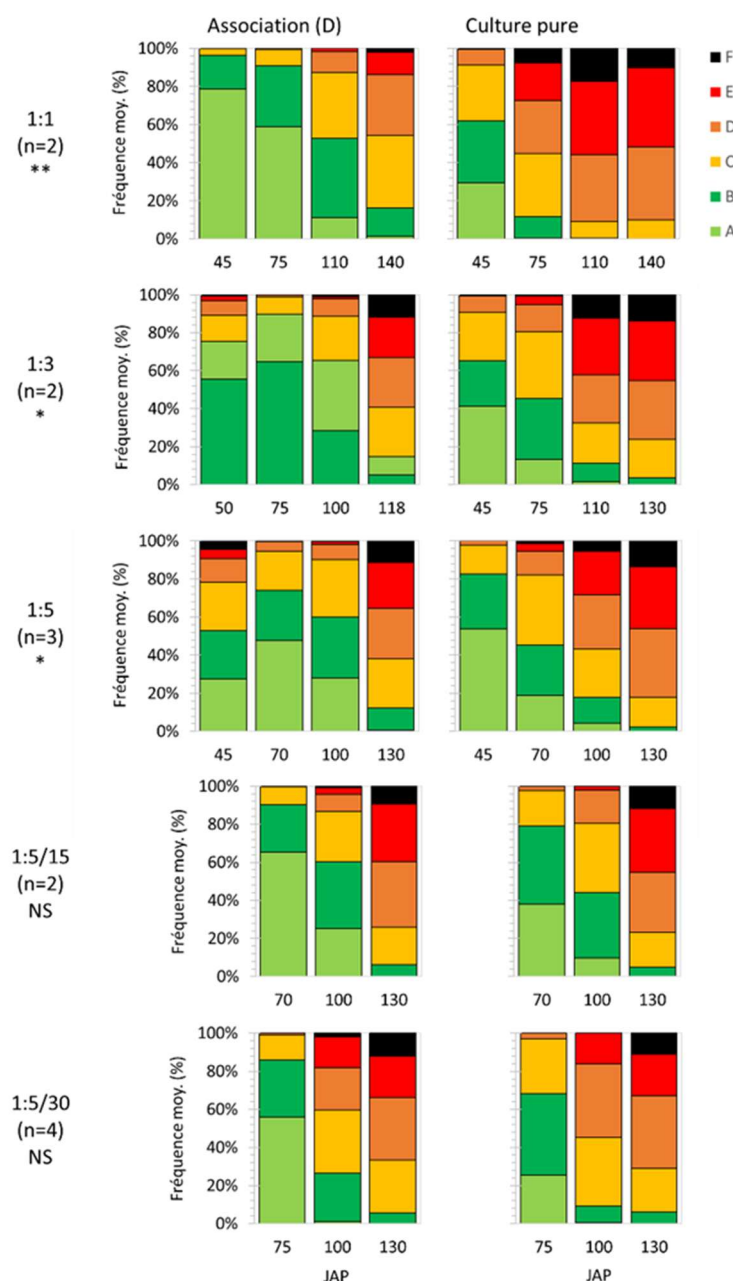


Figure 6 : Fréquence moyenne des classes de sévérité relatives aux dégâts occasionnés par *T. tabaci* (%) mesurée dans des parcelles de poireau associé à de la coriandre plantée en damier aux densités 1:1, 1:3, 1:5 et 1:5/15 et 1:5/30 ainsi que dans des parcelles de poireau pur. JAP : nombre de jours après plantation. A : pas de traces de thrips ; B & C : poireaux peu abîmés par *T. tabaci* ; D : poireau abîmé par *T. tabaci* ; E & F : poireau très abîmé par *T. tabaci*. NS : différence non significative ; * : différence significative ($P < 0,05$) ; ** : différence très significative ($P < 0,01$).

Enfin, aucune des autres plantes testées n'a eu d'effet sur le niveau d'infestation des cultures de poireau par *T. tabaci* et la sévérité des dégâts subséquents, soit parce l'odeur de la plante testée n'a pas influencé le comportement de *T. tabaci* (cas du basilic, du céleri, du sarrasin et du fenouil), soit parce que la plante testée n'a pas pu se développer faute de conditions favorables à son implantation (cas de la gaulthérie couchée). Si la coriandre plantée en damier aux densités forte (stratégie 1:3) et très forte (stratégie 1:1) permet de réduire significativement le niveau d'infestation des plantes par *T. tabaci* et la sévérité des dégâts subséquents, les résultats obtenus montrent que ce n'est pas grâce à un effet répulsif des COV qu'elle émet dans l'air, mais à la compétition très forte qu'elle exerce vis-à-vis du poireau. A cause de cette compétition, le poireau ne peut plus pousser et n'est donc plus appétant pour *T. tabaci* (en plus



d'être caché sous l'épais feuillage de la coriandre et donc difficilement repérable). Le même phénomène est observé, mais en bien moindre mesure, dans les parcelles où la coriandre est plantée en damier à une densité moyenne (stratégie 1:5). Cependant, laisser pousser les poireaux un mois de plus et après fanaison de la coriandre permet dans ce dernier cas de figure de compenser en partie leur retard de croissance et d'atteindre des objectifs de rendements acceptables.

6.3. Expérimentation en culture de fraise

L'effet du thym commun, de l'origan et/ou de la sarriette sur le niveau d'infestation des cultures de fraise hors-sol par le thrips *F. occidentalis* a également été évalué dans des parcelles de production suivies par la Chambre d'agriculture du Loir-et-Cher et une serre de production de la société SAVEOL. Pour cela, des tunnels de fraisier hors-sol ont été aménagés avec des pots de thym, de sarriette et d'origan placés sous les gouttières de fraisier de façon à avoir 0,15 ou 0,94 plantes répulsives / m². Dans les deux types de tunnel, le niveau d'infestation des plantes par *F. occidentalis* a été estimé une fois par semaine à l'aide d'une échelle de classes et comparé à celui estimé dans des tunnels témoins (i.e. sans plantes répulsives). Les résultats obtenus montrent que plus la densité de plantes répulsives dans la parcelle est forte, plus le niveau d'infestation des fraisiers par *F. occidentalis* est faible (Picault, 2024b). Le nombre cumulé moyen de thrips par plante est ainsi de $5,98 \pm 4,49$ (n=4) dans les tunnels témoins, de $4,00 \pm 1,10$ (n=4) dans les tunnels où les plantes répulsives ont été installées à une densité de 0,15 plantes / m² et de $1,73 \pm 1,30$ (n=4) dans les tunnels où les plantes répulsives ont été installées à une densité de 0,94 plantes / m². Cependant, la pression exercée par *F. occidentalis* sur les cultures de fraise suivies dans le projet REPULSE est très faible, et la variabilité d'une répétition expérimentale à l'autre est très forte. Les différences observées d'une modalité à l'autre ne sont donc pas significatives et des travaux supplémentaires sont nécessaires pour confirmer ou infirmer ce résultat.

7. Des solutions à venir, à conditions de lever certains freins au changement

Le projet REPULSE a permis d'identifier des plantes exerçant un effet répulsif vis-à-vis des principaux ravageurs des cultures légumières (thrips, pucerons, *D. radicum*) et d'évaluer leur effet sur le niveau d'infestation des cultures lorsqu'elles sont cultivées en association avec la culture de rente. Le souci officinal et l'immortelle à grandes bractées sont particulièrement intéressants pour réduire le niveau des pontes de *D. radicum* dans les cultures de choux. L'effet répulsif de ces plantes est par ailleurs plus fort si celles-ci sont semées directement dans la mini-motte que si elle est plantée entre les rangs de choux. Avant de mettre au point des systèmes de culture intégrant l'utilisation de souci officinal ou de l'immortelle à grandes bractées comme moyen de protection, il faudra d'abord améliorer les connaissances sur la phénologie de ces deux plantes pour s'assurer que leur développement soit synchrone de celui des choux et qu'elles exercent leur effet répulsif pendant les périodes de ponte de *D. radicum*. Le développement végétatif du souci officinal, et en moindre mesure celui de l'immortelle à grandes bractées, étant très fort, les phénomènes de compétition entre ces plantes et la culture de choux devront ensuite être évalués afin d'adapter la gestion de l'irrigation et de la fertilisation azotée en fonction des conditions climatiques. De la même façon, la manière dont ces deux espèces interfèrent avec la gestion de l'enherbement devra être étudiée afin d'adapter les pratiques de désherbage. Enfin, la mise en place de souci officinal ou d'immortelle à grandes bractées dans la culture peut être combinée avec la mise en place de plantes-piège en bordure de parcelle (par exemple chou chinois broyé ou bâché lorsqu'une majorité de plantes est infestée de larves et/ou de pupes de *D. radicum*) dans le cadre d'une stratégie « push-pull ».

En culture de courgette, c'est le lavandin en fleurs et, en moindre mesure, le basilic de type Pistou qui constituent les pistes les plus intéressantes pour empêcher l'installation du puceron *A. gossypii* sur le feuillage des plantes. Néanmoins, les résultats obtenus dans le projet REPULSE suggèrent que l'effet d'une plante sur le comportement des pucerons dépend non seulement de l'espèce de pucerons considérée, mais aussi de la proportion de chaque COV dans le bouquet d'odeurs final, aussi infime soit elle. Il est possible que la présence, en plus des COV majoritaires, d'un ou plusieurs COV en très faibles



proportions dans ce bouquet soit déterminant dans l'effet que la plante exerce sur le comportement des pucerons. Enfin, l'analyse du paysage chimique des cultures de courgette associées à de l'œillet d'Inde suivies dans le projet REPULSE suggère que les COV émis par une plante répulsive ne se diffuseraient que dans un périmètre relativement restreint. Si cette hypothèse devait être confirmée, l'intégration de plantes répulsives dans une culture de courgette devrait par conséquent être pensée en réduisant au maximum la distance entre les plantes répulsives et les courgettes. Pour ce qui concerne *M. euphorbiae*, qui s'attaque à de nombreuses cultures légumières dont la courgette et le fraisier, deux espèces exercent un effet répulsif significatif sur les individus exposés à leurs odeurs : la cataire et la tanaïse. A contrario, il est possible que la menthe poivrée, le basilic de type Grand Vert, l'estragon français et/ou l'œillet d'Inde soient attractifs pour cette espèce de puceron, mais cela reste à vérifier. Le céleri semble quant à lui détourner *M. euphorbiae* du fraisier lorsque les deux plantes sont cultivées ensemble. Dans une stratégie de protection des fraisiers contre ce puceron, le céleri pourrait donc être utilisé comme plante-piège.

La gaulthérie odorante et la coriandre pourraient quant à elles éloigner le thrips *T. tabaci* des cultures de poireau. Cependant, la gaulthérie ne pousse pas dans les parcelles maraîchères car les conditions nécessaires à sa croissance (pH acide à très acide, humidité du sol élevée, rayonnement faible) ne sont pas réunies. De plus, il faut que les feuilles de gaulthérie soient froissées pour qu'elles émettent les COV d'intérêt dans l'air, ce qui est très difficile à réaliser techniquement. L'utilisation de gaulthérie odorante pour protéger les cultures de poireau contre *T. tabaci* n'est donc pas envisageable. La coriandre est quant à elle très compétitive vis-à-vis du poireau et peut compromettre sérieusement l'objectif de rendement si elle est associée à la culture à des densités trop fortes. L'équilibre entre poireau et coriandre est difficile à trouver, d'une part parce que la coriandre n'exerce un effet répulsif sur *T. tabaci* que si elle est plantée à proximité directe des plants de poireau (et donc à des densités élevées) et d'autre part parce qu'elle empêche les poireaux de pousser si la densité de semis ou de plantation est trop forte. Les expérimentations menées dans le projet REPULSE suggèrent que planter la coriandre de façon systématique dans une parcelle de poireau de manière à couvrir 17 % de la parcelle (soit environ un plant de coriandre pour cinq poireaux) pourrait être un bon compromis entre le niveau d'efficacité de la stratégie de protection et le rendement. Dans ce cas de figure, la présence de coriandre au milieu des poireaux ralentit la croissance des plantes, mais l'objectif de rendement peut être atteint malgré tout si la date de récolte est retardée d'un mois par rapport à une situation normale (i.e. culture de poireau pur). Afin de limiter l'effet de la coriandre sur la croissance des poireaux tout en préservant l'effet répulsif de ses odeurs sur *T. tabaci*, une modification du système technique pourrait être imaginée, en modifiant par exemple la largeur des inter-rangs pour pouvoir placer des rangs de coriandre entre les rangs de poireau.

Il est possible que la reine des prés et la monarde exercent elles aussi un effet répulsif sur *T. tabaci*, mais cela doit être confirmé en réalisant des tests d'olfactométrie supplémentaires. Toutefois, si l'effet répulsif de ces plantes devait être confirmé, leur association au poireau paraît difficile. En effet, ces plantes n'ont pas les mêmes besoins nutritifs et hydriques que le poireau et mettent beaucoup de temps à s'implanter. Leur présence entre les rangs de poireau générerait par ailleurs le désherbage chimique et/ou mécanique de la culture. De plus, il est probable que l'effet répulsif de la reine des prés et/ou de la monarde soit plutôt dû aux COV émis par les fleurs qu'aux COV émis par les feuilles. Dès lors, ces plantes n'auraient un effet sur *T. tabaci* qu'en fin de culture, ce qui est nécessaire mais pas suffisant. Afin de bénéficier de l'effet répulsif potentiel de la gaulthérie odorante, de la reine des prés et de la monarde sur *T. tabaci* en s'affranchissant des limites techniques inhérentes aux systèmes de cultures associées, l'utilisation d'huile essentielle pourrait être envisagée. Pour diffuser les huiles essentielles répulsives dans les parcelles de culture facilement et de façon prolongée, le CTIFL a initié, à la suite du projet REPULSE, des travaux sur la mise au point de techniques d'encapsulation et de micro-encapsulation.

En culture de fraise, il est possible que le thrips *F. occidentalis* soit repoussé par le thym, la sarriette et/ou l'origan. Cependant, les résultats obtenus avec ces plantes dans le projet REPULSE sont trop variables pour qu'une conclusion puisse être tirée. Néanmoins, les travaux mis en œuvre dans le projet ont permis de valider la faisabilité d'une stratégie dans laquelle les plantes répulsives sont placées dans des pots



suspendus sous les gouttières de fraisier, avec un pot tous les trois mètres. Une fois que des plantes repoussant *F. occidentalis* auront été clairement identifiées, l'effet de ce type de stratégie sur le niveau d'infestation des cultures de fraise par *F. occidentalis* pourra être évalué en appliquant la méthodologie développée dans le projet REPULSE.

Lorsque des stratégies de protection des cultures légumières contre les thrips, les pucerons et les mouches reposant sur l'utilisation de plantes répulsives auront été validées, une évaluation technico-économique pourra être effectuée avant un transfert chez les producteurs. Lorsque cette phase de transfert sera abordée, il sera nécessaire d'accompagner le développement des stratégies au-delà d'une simple démonstration de leur intérêt, de leur utilité ou encore de leur efficacité. Pour cela, il faudra en effet lever les trois grands types de freins identifiés dans le projet REPULSE (Picault, 2024a).

Il y a d'abord des freins de nature symbolique, qui convoquent à la fois la question de la définition de la plante de service et la question du sens et de la valeur sociale attribuée à leur mise en œuvre. Les connaissances scientifiques, techniques et empiriques sont encore globalement lacunaires, d'autant plus que les plantes ne sont pas encore identifiées et/ou sont encore en cours d'évaluation. Seule une minorité de professionnels se sont déjà très concrètement penchés sur l'intérêt des plantes répulsives dans la lutte contre les ravageurs. Les pratiques culturales déjà mises en œuvre induisent, en effet, plus ou moins de familiarité avec l'idée même d'utiliser les plantes comme ressources. L'écart de discours entre (i) les producteurs qui ont déjà expérimenté l'utilisation de plantes de service et qui disposent d'un capital connaissance/compétences et (ii) les producteurs qui n'en ont qu'une vision théorique est révélateur du poids de l'expérience dans la constitution d'une opinion sur les plantes répulsives. Ce constat milite pour une meilleure intégration des producteurs tout au long des processus d'innovation permettant ainsi de repérer les leviers les plus efficaces tout en associant plus étroitement le point de vue professionnel.

Il y a ensuite des freins techniques en rapport avec la mobilisation de compétences spécifiques et la culture professionnelle. La perception de l'innovation est dépendante de l'évaluation du rapport entre investissement nécessaire (en temps, en matériel, en argent), risques encourus (économiques, techniques, agronomiques, sociaux) et bénéfices escomptés sur une échelle de temps plus ou moins importante (à court, moyen et long termes). C'est alors le niveau d'autonomie perçu ou réel qui semble constituer le facteur le plus favorable au changement. *A contrario*, les contraintes économiques (le niveau d'endettement par exemple), la pression sociale peuvent faire obstacle à l'engagement alors même que la réflexion est par ailleurs très présente. Le positionnement se construit également autour de la perception des ressources disponibles, de son propre capital social et de la capacité à maîtriser les enjeux du changement.

Il existe enfin un ensemble de freins contextuels en lien avec la réception de la proposition « plante répulsive » et sa mise en œuvre effective. Le contexte économique, technique et réglementaire peut se révéler plus ou moins favorable au développement de ces stratégies. Elles restent assez étroitement dépendantes de facteurs qui échappent aux concepteurs et promoteurs de solutions à base de plantes répulsives. Il existe donc une dimension politique pour faire émerger la « proposition plante répulsive » et la crédibiliser auprès des producteurs au-delà même de la question de son efficacité.

Ethique

Les auteurs déclarent que les expérimentations ont été réalisées en conformité avec les réglementations nationales applicables.

Déclaration sur la disponibilité des données et des modèles

Les données qui étayent les résultats évoqués dans cet article sont accessibles sur demande auprès de l'auteur de correspondance de l'article.

Déclaration relative à l'intelligence artificielle générative et aux technologies assistées par l'intelligence artificielle dans le processus de rédaction.



Les auteurs n'ont pas utilisé de technologies assistées par intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

Contributions des auteurs

Sébastien Picault : rédaction du manuscrit ; administration du projet

Anne-Marie Cortesero : contribution à la rédaction du manuscrit

Hélène Gautier : contribution à la rédaction du manuscrit

Laurent Gomez : contribution à la rédaction du manuscrit

Juliette Pellat : contribution à la rédaction du manuscrit

Christele Assegond : contribution à la rédaction du manuscrit

Déclaration d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas travailler, ne pas conseiller, ne pas posséder de parts, ne pas recevoir de fonds d'une organisation qui pourrait tirer profit de cet article, et ne déclarent aucune autre affiliation que celles citées en début d'article.

Déclaration de soutien financier

Le projet REPULSE dont les résultats sont présentés dans ce numéro a été réalisé avec le soutien financier du compte d'affectation spécial pour le développement agricole et rural.

Références bibliographiques :

Picault S., Gautier H., Gomez L., Jeandroz L., Souriau J., 2024a. Repousser les pucerons en cultures de fraise et de courgette avec des plantes compagnes. Infos-CTIFL, 401:48-52.

Picault S., 2024b. Projet REPULSE (2020-2023) - Protection des cultures légumières à l'aide de plantes répulsives ou dissuasives. Compte-rendu scientifique & technique, 1-105.

Picault S., Gautier H., Gomez L., Cortesero A.M., 2021. Les composés organiques volatils au secours des plantes. Infos-CTIFL, 370:44-53.

Picault S., Quennesson S., Roy G., Davy M., Torres M., Ginez A., Schoeny A., Lambion J., Bouvard D., 2018. Utilisation de plantes de service et de kaolin pour gérer les populations de pucerons et de thrips en cultures légumières. Innovations Agronomiques, 63:385-397.



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue Innovations Agronomiques et son DOI, la date de publication.