

Mardi 8 juillet 2025

Programme de la journée

- **10h30** : Accueil des participants
- **10h45 – 11h00** : Introduction : Eric Brajeul, Directeur Centre Opérationnel CTIFL de Carquefou ; Emilie Leray, Responsable d'unité du site de Brindas
- **11h00 - 12h30** : **La mécanisation** :

Présentation du **projet AutoPe** : L'AUTOmatisation et la mécanisation pour réduire la PENibilité dans les exploitations maraîchères

→ **Pierre Lasne & Alexandre Burlet, CTIFL**

Démonstrations du lit de désherbage et de la brouette électrique

Autres matériels proposés par les partenaires : exosquelettes et outils ergonomiques auto-construit

12h30 : Déjeuner

- **14h00 - 17h00** : **Les projets** :

Projet ESPRIT (Evolution des Systèmes de PProduction maraichers et horticoles sous abris froids et Transferts technologiques des serres chauffées vers les abris froids en région AuR) : Utilisation d'hydroaccumulateurs de chaleur

→ **Laura Lessonini, CTIFL**

Projet NOTICE (CoNstructiOn d'un sysTème de culture en maraîchage biologique sous abri en agroÉCologiE) : utilisation d'un tunnel mobile pour optimiser l'itinéraire culturale en maraichage diversifié

→ **Maxence Desmul, CTIFL**

Projet RESEAU : Ombrage sous ombrières et sous abris des cultures maraichères : bien-être des producteurs et adaptation des pratiques

→ **Emilie Leray, CTIFL**

Votre avis sur la journée nous intéresse !



AUTOPE : AUTOmatisation et mécanisation pour réduire la PEnibilité dans les exploitations maraîchères, arboricoles, viticoles, pépinières et PPAM

Objectifs

- Identifier et tester des outils adaptés à chaque filière
- Sensibiliser les exploitants sur les postures de travail et le gain ergonomique apporté par ces outils/mécanisations
- Évaluer les coûts de production avec ou sans outils d'assistance physique/mécanisation
- Diminuer la pénibilité des travaux pour fidéliser la main d'œuvre
- Transférer ces résultats à l'ensemble des producteurs des filières spécialisées installés ou en cours d'installation

Contexte :

- Cultures spécialisées très dépendantes de main-d'œuvre (maraîchage, arboriculture, PPAM...)
- Pénibilité élevée : fatigue, troubles musculosquelettiques
- Difficulté à recruter et fidéliser les salariés
- Mécanisation souvent inadaptée aux petites structures ou cultures diversifiées

Problématique :

- Comment réduire la pénibilité du travail dans les exploitations agricoles diversifiées en utilisant des outils d'assistance physique et de mécanisation légère, accessibles techniquement et économiquement ?

Action 1 : Recensement et veille des outils existants



Action 2 : Étude ergonomique des postures de travail

- Mise au point d'un questionnaire sur la perception de la pénibilité de différents postes de travail problématiques
- **Diagnostics ergonomiques** de certaines opérations culturales
- Mise au point d'une méthodologie de suivi ergonomique
- **Évaluation ergonomique** des postes de travail

Lit de désherbage / enjambeur
ELATEC



OUTILS
ÉVALUÉS

Robot de distancage
TROOPER



Matériel d'éclaircissage
DARWIN



Exosquelette
BISKO



Chariot de récolte électrique
ELATEC



Action 3 : Analyse des temps de travail et coût de production

- **Technique** : mesure de l'incidence agronomique, la production et le rendement
- **Économique** : investissement, temps de travail, coûts de production
- **Sociotechnique** : impact sur le bien-être et la pénibilité des tâches, performances de travail et gestion des risques associés

Action 4 : Valorisation et diffusion des résultats

- **Transfert des techniques** de mécanisation et/ou d'assistance physique
- Valorisation et transfert des références sur le temps de travail, l'ergonomie, les coûts de production ou encore l'amortissement
- **Guide des outils d'assistance physique et mécanisation** par filière et typologie d'exploitation

ESPRIT : Evolution des Systèmes de PProduction maraîchers et horticoles sous abris froids et Transfert technologique des serres chauffées vers les abris froids en région AuRA

2023-2025

Résultats 2024 (1/2)

➡ Évaluation d'équipements contre le froid pour augmenter la précocité des cultures

Plantation S11 / début récolte S23 / enlèvement de la culture S35 (fin de la récolte)

Modalité	Équipement basique (chapelle C1)	Évolution des équipements (chapelle C4)
Leviers	Multichapelle simple paroi, plastique transparent	Multichapelle double paroi gonflable (DPG), plastiques diffusants, Thermitubes

Résultats climat

Comparaison des deux abris

- Dans la modalité évoluée, la journée : T° -1,1°C / HR +4% ; la nuit : T° +1,8°C / HR -6%
- T° moyenne sur 24h de 19°C dans les deux abris, HR moyenne de 67%.
 - ➔ la DPG isole mieux la structure + les Thermitubes réchauffent l'abri la nuit.
 - ➔ rôle tampon des équipements vis-à-vis du climat : amplitude thermique jour/nuit diminuée de 2,3°C.
- Différences davantage marquées pendant les premiers mois de culture -> intérêt dans la lutte contre le gel.

Étude du gradient climatique vertical

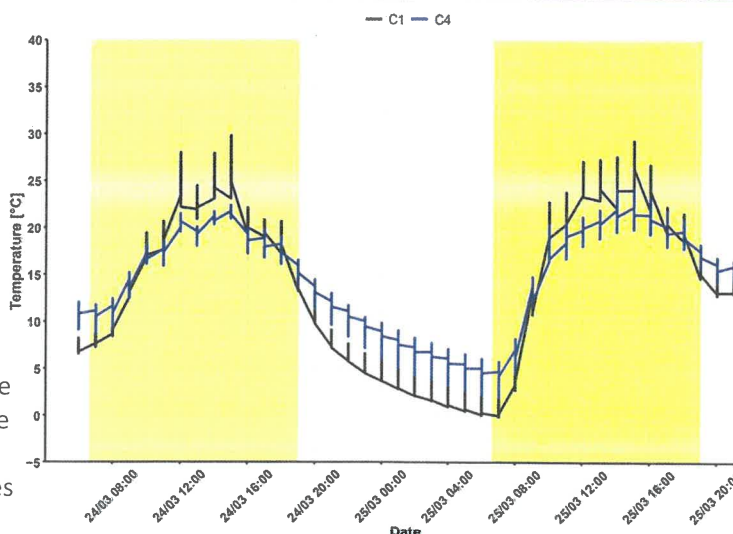
- Les Thermitubes captent la chaleur située au niveau du sol en journée, et la restituent la nuit de manière homogène sur toute la hauteur de l'abri.
- Climat assez homogène sur le gradient vertical. Les T° moyennes des étages intermédiaires et supérieurs sont similaires, plus basses qu'au niveau bas des plants la nuit. La journée, le schéma est différent en fonction des abris : en C4, même climat aux niveaux inférieurs et intermédiaires (1°C de moins qu'au niveau supérieur); en C1, étage inférieur plus chaud, suivi de très près du niveau supérieur puis intermédiaire.

Luminosité et impact des plastiques

- Le double plastique diffusant ne laisse pas passer assez de lumière : moyenne de DLI comprise entre 14,8 et 22,8 mol/m²/jour selon les mois, l'optimal pour la tomate se situant autour de 25-30 mol/m²/jour.
- En revanche, la modalité témoin avec simple plastique transparent a reçu assez de lumière (entre 19,4 à 27,8 mol/m²/jour).

Étude d'un jour type gel (nuit du 24 au 25 mars)

Période de risque de gel		de 23h à 8h
Température minimale dans l'abri et sous P17	extérieur	-3,4°C (à 6h)
	C1	0,2°C
	C4	1,9°C
Gain moyen de température dans la modalité évoluée		+ 1,7 °C



Gain de température grâce à la double paroi gonflable + Thermitubes MAIS nécessite tout de même les protections voiles d'hivernage



En partenariat avec



Contact

Laura Lessonini
laura.lessonini@ctifl.fr

Action financée par



ESPRIT : Evolution des Systèmes de PRoduction maraichers et horticoles sous abris froids et Transfert technologique des serres chauffées vers les abris froids en région AuRA

2023-2025

Résultats 2024 (2/2)

Résultats physiologiques des plants et rendements

Dans la modalité équipée de Thermitubes + Double Paroi Gonflable :

- développement végétatif accru (croissance et diamètre des tiges)
- + de fruits avant récolte
- rendements supérieurs (brut + 4 kg/m², commercial +2,3 kg/m²)
- tendance à avoir des tomates moins sucrées et plus fermes – mais pas de différence statistique significative (nécessite davantage de mesures de qualité) ; à mettre en lien avec un potentiel problème de murissement des fruits (tâches immatures), manque de lumière?
- plus faible présence de ravageurs (notamment thrips, pucerons et acariens tétranyques), qui peut s'expliquer par le climat globalement plus chaud de l'abri

Pas de différence de précocité (au niveau de la floraison et de la récolte)



Photographies de la chapelle classique (à gauche) et équipée de Thermitubes + DPG (à droite), le 6 juin 2024

Hypothèses explicatives des résultats

Ces résultats peuvent en partie s'expliquer par le **climat** (un écart de température jour/nuit plus faible a pu favoriser le développement végétatif par rapport à la production de fruits ; bien que les plants de l'abri témoin n'ont pas pour autant été plus génératifs au vu des rendements).

Toutefois, **un biais de précédent azoté et une surfertilisation de la chapelle équipée** (+100 kg/ha d'azote disponible dans le sol début avril) explique sûrement une grande partie des différences observées en termes de développement des plants et de rendements.

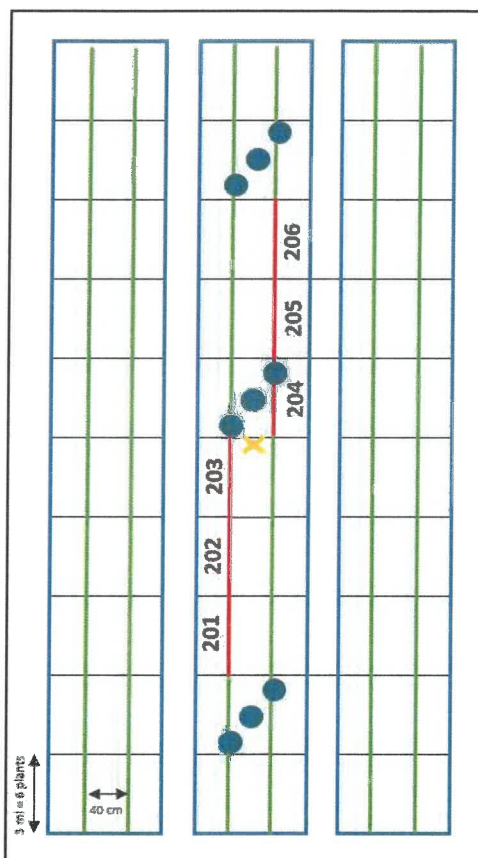
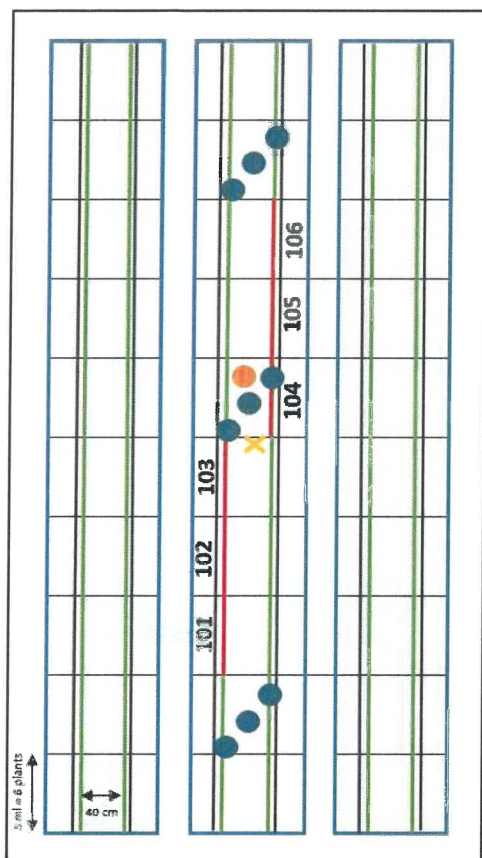
↪ difficile d'établir la part des différents facteurs dans les résultats observés en 2024, entre les équipements (double paroi, plastique diffusant, Thermitubes) et la surfertilisation du sol en C4.

ESPRIT : Evolution des Systèmes de PProduction maraichers et horticoles sous abris froids et Transfert technologique des serres chauffées vers les abris froids en région AuRA

2023-2025

Dispositif expérimental 2025

Évaluation d'équipements contre le froid pour augmenter la précocité des cultures



- Rang de tomates
 - Thermitubes
 - Plantes observées
- Sondes T° + HR% air ARANET
- Haut de la culture
 - Milieu de la culture
 - Bas de la culture
 - Capteur PAR
 - X Sondes de T° sol

Matériel végétal

Tomate Cindel non greffée
(ENZA ZADEN)

Plantation en S9
(le 27/02)

Tunnel équipé de Thermitubes (B1)
hydroaccumulateurs de chaleur
(Agrithermic)

Tunnel simple (B2)

Conduite culturale

- Conventiennelle, en sol
- Palissage classique sur ficelle verticale
- Irrigation goutte-à-goutte
- **Voile d'hivernage P17** en période de risque de gel

Paramètres mesurés

- **Production** : précocité, charge en fruits, rendement
- **Développement végétal** : croissance et diamètre de la tige
- **Suivi sanitaire** : ravageurs et auxiliaires, maladies
- **Qualité des fruits** : sucre, fermeté
- **Climat** : température de l'air et hygrométrie, rayonnement solaire, température du sol



Tunnel équipé de Thermitubes, le 12/06/24



En partenariat avec



Contact

Laura Lessonini
laura.lessonini@ctifl.fr

Action financée par



ESPRIT : Evolution des Systèmes de PRoduction maraichers et horticoles sous abris froids et Transfert technologique des serres chauffées vers les abris froids en région AuRA

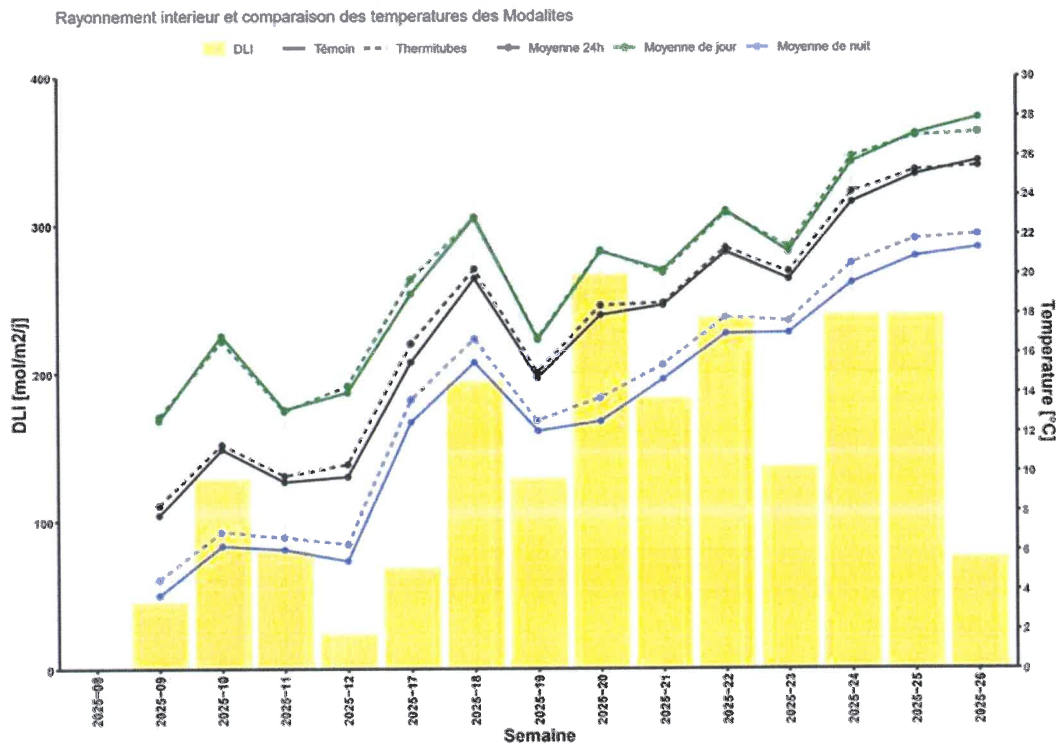
2023-2025

Premiers résultats 2025 (1/2)

Résultats climat

- Léger effet tampon des **Thermitubes** sur l'amplitude thermique jour/nuit, réduite de 0,8°C
- Climat similaire sur le gradient vertical, sauf en mars où il fait plus froid au niveau bas des plants

	Modalité	Jour	Nuit	24h
Températures moyennes de l'air (°C)	B1 (Thermitubes)	20,4	14,4	17,8
	B2 (témoin)	20,4	13,5	17,4
	Diff B2 – B1	0	-0,8	-0,4
Hygrométries moyennes (%)	B1 (Thermitubes)	60,6	76,4	67,4
	B2 (témoin)	60,6	79,4	68,8
	Diff B2 – B1	0	3	1,4



Étude d'un jour type gel (nuit du 01 au 02 mars)

- T° minimales supérieures de 0,2°C dans le tunnel avec Thermitubes
- **Nécessité des voiles d'hivernage** dans tous les cas

	Période de risque de gel	De 2h à 9h
Température minimale dans l'abri et sous P17	extérieur	-3,6°C (à 7h)
	B1	-2,7°C
	B2	-2,9°C
Gain moyen de température dans le tunnel avec Thermitubes		+ 0,2 °C

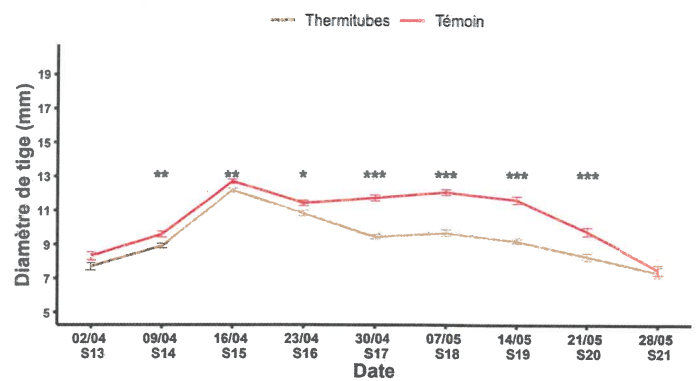
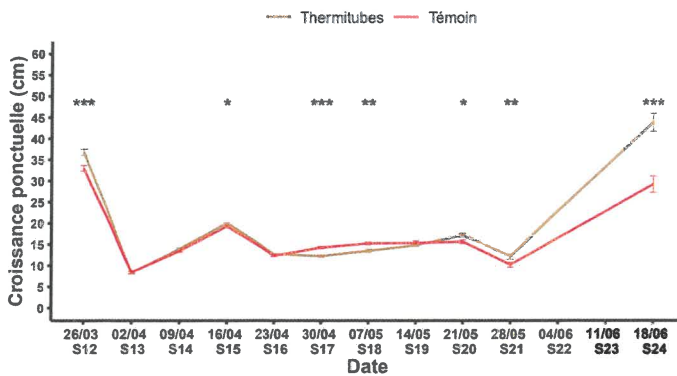
ESPRIT : Evolution des Systèmes de PROduction maraichers et horticoles sous abris froids et Transfert technologique des serres chauffées vers les abris froids en région AuRA

2023-2025

Premiers résultats 2025 (2/2)

Notations physiologiques des plants

- Développement des plants : différences notables de croissance et diamètre des tiges
- Présence de **nématodes dans le sol de la modalité témoin** -> arrêt de la croissance des plants, dégénérescence des nouveaux bouquets et des petits fruits.
- Pas de différence au niveau de la **floraison**, pas de précocité de l'un ou l'autre des abris

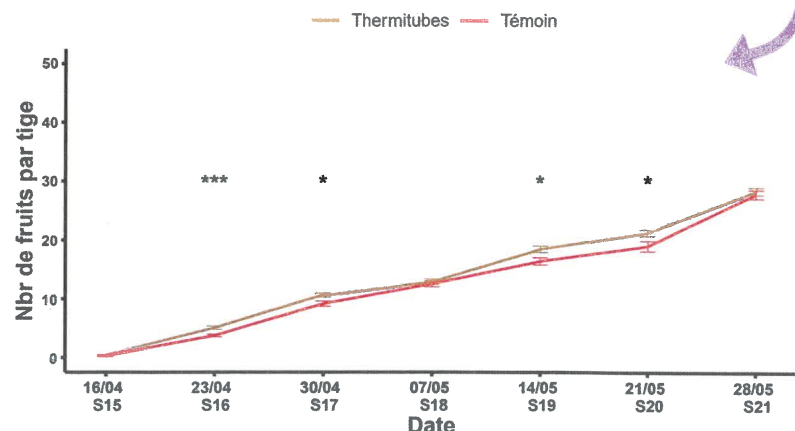


Photographies d'une même parcelle du tunnel équipée de Thermitubes (en bas) et du tunnel classique (à droite), le 30 mai 2025



Charge en fruits et rendement

- Début de récolte le 03/06 dans les deux modalités
- **Pas de précocité**, même si davantage de fruits en B1 sur quatre dates
- Au 30/06, les **rendements commerciaux cumulés s'élèvent à 8,6 kg en B1 et 9,5 kg en B2**
- Davantage de déchets dans la modalité Thermitubes



NOTICE : CoNstructiOn d'un systÈme de culture en maraîchage biologique sous abri en agroÉcologiE

OBJECTIFS SUR LA DUREE DU PROJET

- Comparer les performances d'un système de production sous abri classique (système de référence) avec celles d'un système de production sous abri mobile.
- Appréhender les limites et les avantages du système abri mobile.
- Optimiser l'irrigation et la fertilisation des cultures dans le système abri mobile.
- Mesurer les effets sur des indicateurs de santé du sol

DISPOSITIF EXPERIMENTAL

- **Système de référence:** 1 tunnel de 30m x 8m avec ouvrants latéraux (ouverture automatisée en fonction du climat et équipé de demi-lunes escamotables).
- **Système abri mobile:** 1 tunnel de 10m x 8m déplaçable sur 4 emplacements, sans ouvrants latéraux, équipé de demi-lunes escamotables
- Chaque système est équipé d'un système d'aspersion et de goutte à goutte programmable
- Conduite en **agriculture biologique**

INDICATEURS mesurés dans les 2 systèmes

Sol : fertilité (analyse en début et fin de projet) dans chacun des compartiments (NPK, C/N, % MO).

Eau: mesure de la tensiométrie en cours de culture, quantification des consommations en eau (compteurs).

Cultures : vigueur, rendements, déchets, dégâts bioagresseur.

Couverts végétaux : mesure de la biomasse et du potentiel de restitution par la méthode « MERCI ».

	2025												2026												2027																							
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D												
Tunnel fixe	Sol nu				Concombre S18 + S22				Epinard S37				Sol nu				Polyron S18				Carotte S40				Melon S23				Laitue S36																			
Tunnel mobile	Zone D												Zone C												Zone B												Zone A											
	Sol nu				Luzerne																Sol nu				Sorgho				Seigle/Vesce				Polyron S18				Avoine / Féverole H				Melon S23				Sol nu			
	Sol nu				Sorgho				Epinard S35				Avoine / Féverole P								Courgette S14				Sol nu																							
	Sol nu				Concombre S18 + S22				Seigle/Vesce				Occultation				Carotte S40				Sorgho				Laitue S36																							

Rotation appliquée dans les systèmes tunnel fixe et tunnel mobile

Le + du projet

- Installation d'une nappe de récupération d'eau et d'une citerne de stockage de l'eau pour évaluer l'autonomie en eau.
- Utilisation de la luzerneraie pour satisfaire les besoins azotés des cultures.

NOTICE : CoNstructiOn d'un systÈme de culture en maraîchage biologique sous abri en agroÉcologiE

La **durabilité environnementale** et **économique** des systèmes maraîchers bio **sous abri** est particulièrement **fragile** du fait d'une rotation souvent trop courte. L'alternance de cultures estivales de solanacées et cucurbitacées, ainsi que des productions d'hiver (feuilles, racines) entraîne une **occupation du sol permanente** dans les abris froids des maraîchers AB diversifiés. Ces systèmes sont, de ce fait, soumis à une **pression constante** des **bioagresseurs**, à une forte dépendance à la **ressource hydrique** souvent d'origine exogène et aux intrants azotés en raison d'une incapacité à implanter des couverts végétaux de manière récurrente.



Comment accroître la **durabilité** et la **résilience** des systèmes de production de légumes diversifiés sous abri ?

Comment **désintensifier** les rotations sous abri ?

Comment tirer profit des changements conférés par le climat ?

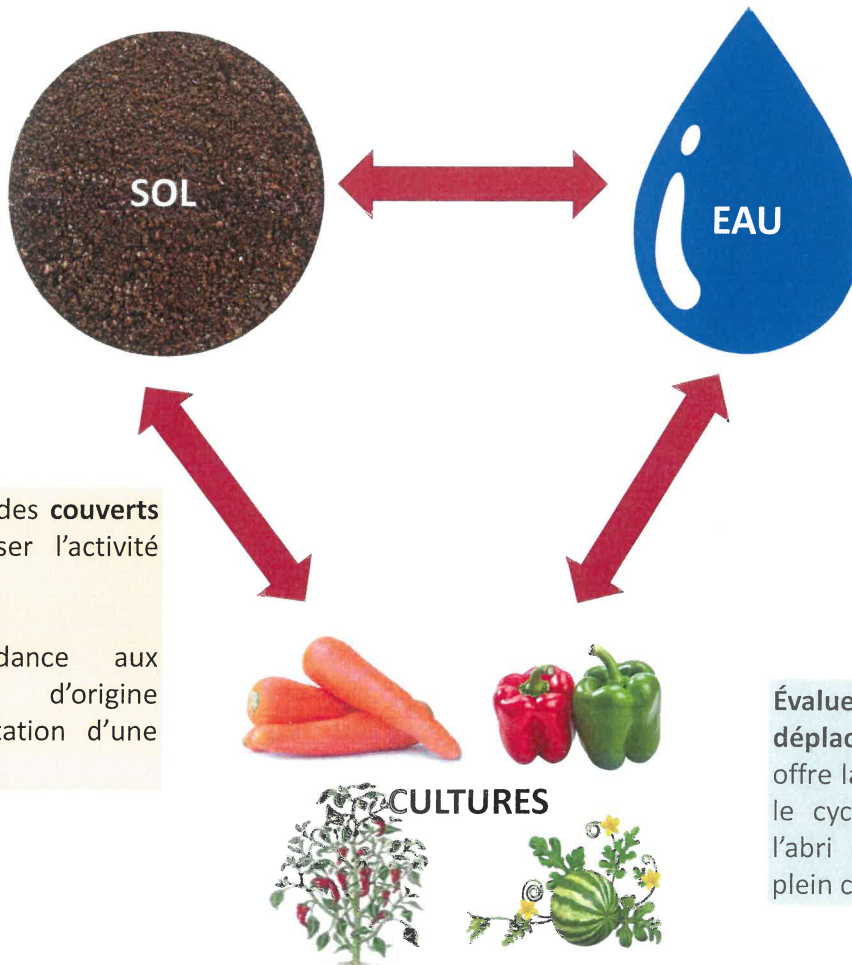
LES OBJECTIFS :

Réduire la pression des **bioagresseurs** via la **désintensification** des cultures



Accentuer l'utilisation des **couverts végétaux** pour favoriser l'activité biologique du sol.

Réduire la dépendance aux **ressources azotées** d'origine exogène par l'implantation d'une luzerneraie.



Diminuer la dépendance à la ressource hydrique exogène (eau d'irrigation) par la **récupération** des eaux de pluie, via une nappe de récupération.

Évaluer la **facilité de déplacement** de l'abri mobile offre la possibilité de débiter le cycle d'une culture sous l'abri et de le terminer en plein champ.

PALMIER

Puceron Altise Lygus : Modélisation, Innovation Et Recherche

CONTEXTE GENERAL

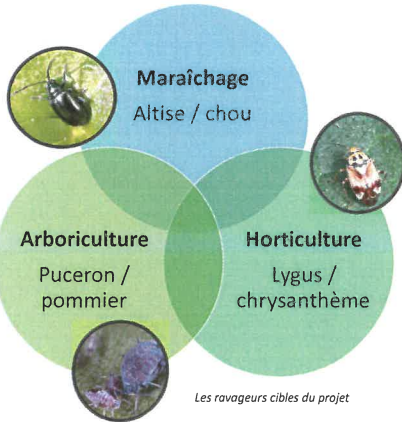
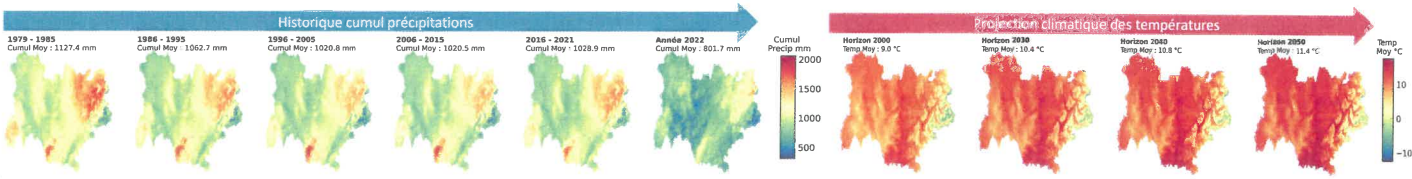
L'intensification des dégâts causés par certains ravageurs est accentuée par

- Le changement climatique (températures plus élevées, hivers doux...)
- Le retrait des solutions phytosanitaires

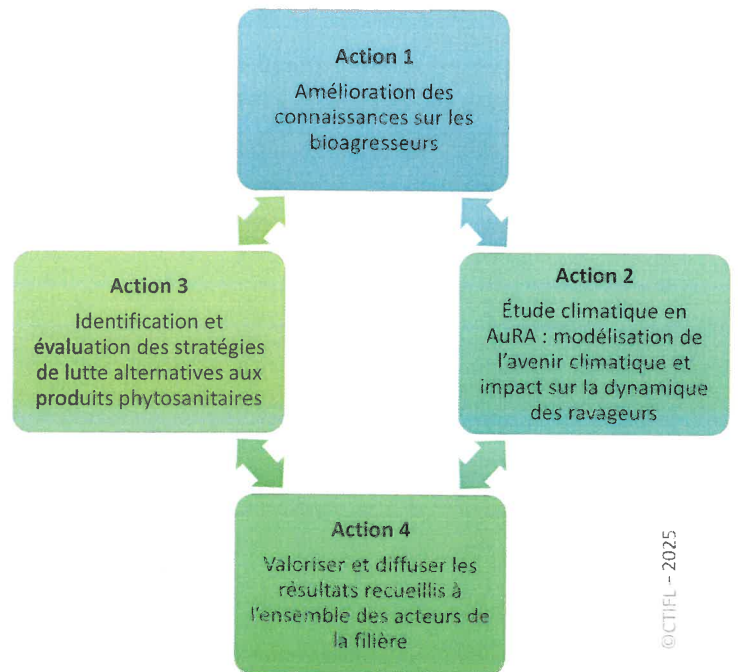
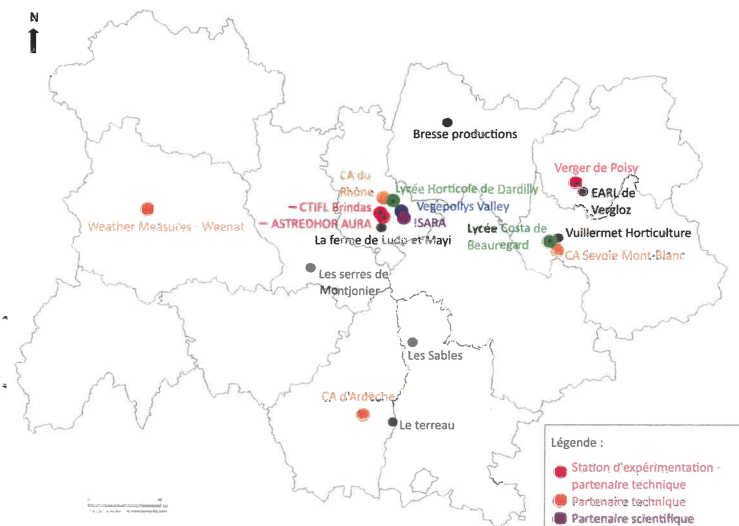
Ces facteurs impactent de nombreux ravageurs et les filières agricoles ont besoin d'améliorer les connaissances sur ces ravageurs tout en trouvant des solutions alternatives durables et adaptées aux nouvelles conditions agroclimatiques.

Changement climatique en AuRA

La région AuRA possède un climat de montagne où la température décroît rapidement suivant l'altitude, accentuée par sa grande variabilité topographique. Les projections climatiques à l'échelle de la région prévoient une hausse de la température moyenne de 2.4°C entre la trentennale 2000 (1985 – 2015) et l'horizon 2050. Depuis quelques années, on observe également une grande hétérogénéité du cumul pluviométrique, avec, notamment, l'année 2022 qui fait partie des 10 années les plus sèches depuis 1985. Tous ces facteurs exercent une influence notable sur le calendrier phénologique des cultures ainsi que sur celui de leurs ravageurs associés.



Ce projet vise à mieux comprendre l'impact du changement climatique sur la dynamique des ravageurs agricoles en combinant bibliographie, observations de terrain, suivi par piégeage, modélisation climatique, et étude en chambre climatique. Il s'inscrit également dans une démarche agroécologique en évaluation de nouvelles stratégies alternatives de lutte : plantes de service, produits de biocontrôle, barrière physique... Son objectif est d'améliorer les connaissances tout en les transférant à l'ensemble des acteurs de la filière : étudiants, agriculteurs, conseillers....



© CTIFL - 2025

Contacts
Porteur du projet : pierre.Lasne@ctifl.fr

Action financée par

VEGETAL ASTREDOHOR

Campus Agrilyon Vert — LYON - DARDILLY - EDULY —

WEATHER MEASURES by WEENAT

CHAMBRES D'AGRICULTURE

VEGEPOLYS VALLEY CULTURE. CHANGEMENT. INNOVATION.

CTIFL SCIENCES & INNOVATION

isara AGRO SCHOOL FOR LIFE

Verger de Poisy

INRAE la science pour la vie, l'humain, la terre

fondation du BOCAGE Notre force, c'est vous !

La Région Auvergne-Rhône-Alpes

Interfel



PALMIER

Étude de l'altise en maraîchage dans un contexte de changement climatique

Focus sur l'altise en maraîchage

- **Genre** : *Phyllotreta* spp.
- **Cultures concernées** : chou, radis, navet, moutarde...
- **Symptômes** : perforations circulaires du limbe, dégâts sur plantules, pertes de rendement
- **Conditions favorables** : temps chaud et sec
- **Problème** : coïncidence entre pics de vol et plantation des choux, pas de solution en AB, dérogation en cours en AC

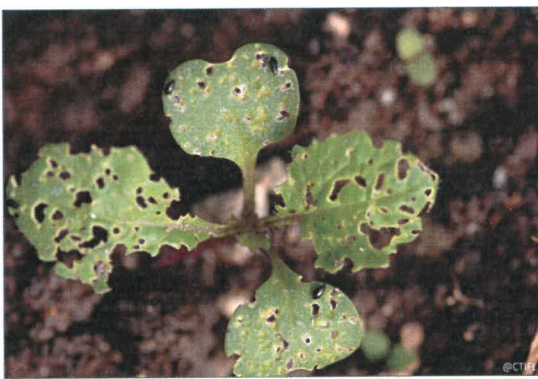
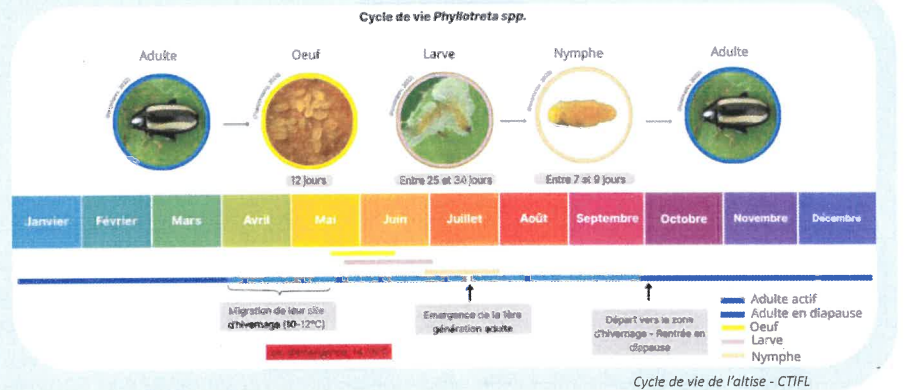


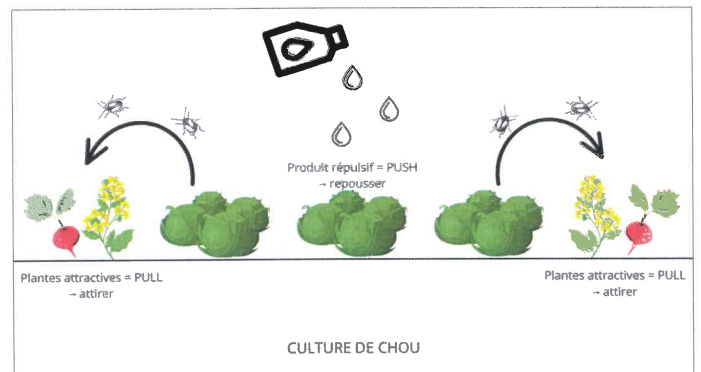
Photo de dégâts d'altise sur radis

Méthodologie d'amélioration des connaissances sur les altises :

- **Dispositif de suivi des vols sur 4 sites dans 3 départements** :
 - Pose de pièges pour le suivi des vols et l'identification des espèces
 - Relevés des dégâts et des ravageurs sur les parcelles
 - Corrélation avec les calendriers culturels et les données climatiques locales
- **Étude de l'impact de la température sur le cycle de vie des altises en conditions contrôlées** :
 - Mesure du cycle de vie des ravageurs à différentes plages de température
 - Évaluation du taux de mortalité pour définir les plages thermiques optimales et suboptimales
 - Les résultats obtenus seront implémentés et confrontés aux modèles climatiques obtenus et aux suivis des vols

Méthodologie d'expérimentation des stratégies de lutte alternative :

- **Évaluation d'une méthode PUSH-PULL en 2025** :
 - Produit répulsif à base d'oligo-éléments et d'extraits de plantes (ail-citronnelle ; menthe)
 - Mélange de plantes attractives en bordure de parcelle : moutarde d'Abyssinie (*Brassica carinata*), radis fourrager (*Raphanus sativus*), Caméline (*Camelina sativa*)...
- **Autres leviers agronomiques étudiés au sein du projet** :
 - Mulch de compost
 - Bassinage par micro-aspiration
 - Combinaison de différentes stratégies



Dispositif expérimental : stratégies PUSH-PULL évalué en 2025

Résultats attendus

- Améliorer les connaissances de la dynamique de compréhension de la biologie et du cycle de vie de l'altise
- Comprendre le changement climatique en région AuRA et son impact sur les dynamiques de population de ces ravageurs
- Limiter les dégâts causés par ce ravageur via des stratégies de luttés alternatives
- Aider au déploiement de stratégies agroécologiques pour lutter contre ces ravageurs et ainsi favoriser la compétitivité des exploitations agricoles
- Renforcer le lien inter-filière et développer de nouvelles solutions croisées
- Valoriser et transférer les résultats aux producteurs

RESEAU

Ombrages des cultures maraichères

SMACC-2 : La Synergie des Maraicher.e.s BIO Auvergnats face aux Changements Climatiques

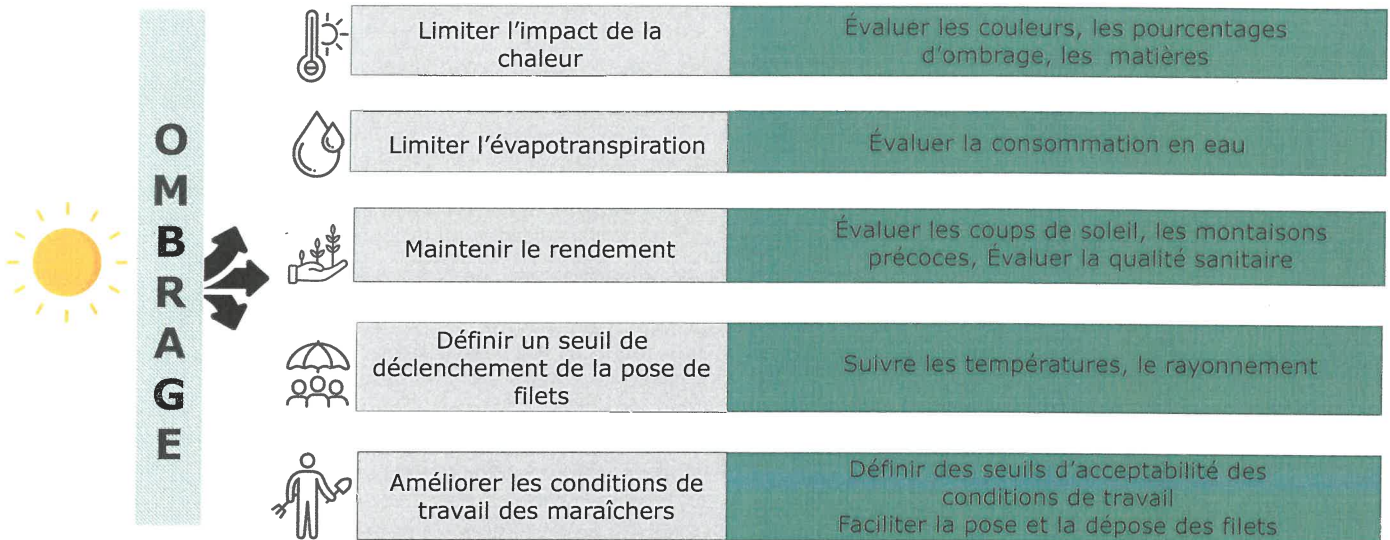
Objectifs

- Étudier la résilience des techniques d'ombrage sur structure type ombrière en plein champ
- Étudier la résilience des techniques d'ombrage dans des conditions de maraîchage sous abris froids

Contexte

Depuis 2015, l'Auvergne-Rhône-Alpes éprouve de plein fouet les impacts du réchauffement climatique. Face à ces variations climatiques importantes la FRAB AURA a créé le projet SMACC-2 afin d'agir sur plusieurs grands leviers d'évitement. L'action RESEAU fait partie d'un des axes de travail.

Quels effets ?



Dispositif en plein champ

Phase petite échelle

- 2 filets comparés à 1 témoin non couvert

Phase grande échelle

- 4 filets comparés à 1 témoin non couvert

Le plus du dispositif

- Étude de l'impact du filet sur le sol (croute de battance, répartition de l'eau de pluie)



Dispositif sous abris

Petite échelle

- 2 filets d'ombrage comparés

Phase grande échelle

- Filets d'ombrage sous tunnel
- Écran d'ombrage sous multichapelle

Le plus du dispositif

- Comparaison d'abris et de type d'ombrage.



©CTIFL - 2024



Contacts
Emilie LERAY emilie.leray@ctifl.fr

Action financée par



MIPS AuRA II

Maraîchage intensif sur petites surfaces en AuRA
Références technico-économiques

Porteur de projet : CTIFL Antenne de Brindas

Partenaire : Chambre agriculture du Rhône (CA 69)

Durée du projet : 3 ans – du 01/01/22 au 31/12/24

Coût du projet : 257 851,68 €

Soutien financier : 154 711 €



PÔLES D'EXPÉRIMENTATIONS PARTENARIALES
POUR L'INNOVATION ET LE TRANSFERT
VERS LES AGRICULTEURS D'Auvergne-Rhône-Alpes



Alexandre BURLET
Ingénieur
d'expérimentation

alexandre.burlet@ctifl.fr
06.58.52.77.82

Le projet MIPS AuRA II – Maraîchage intensif sur petites surfaces – a collecté des données technico-économiques de production sur un système maraîcher diversifié en agriculture biologique de type microferme.

LIVRABLES

- Site internet : www.mips-aura.com
- Page Facebook : [Maraîchage intensif sur petite surface en Auvergne-Rhône-Alpes | Facebook](#)
- Posters visites essai : [MIPS II \(2022-2024\) - Maraîchage intensif sur petite surface saison 2023 - CTIFL](#)
- Sival janvier 2025 : [Projet MIPS - Références technico-économiques en maraîchage diversifié sur petite surface - CTIFL](#)
- Infos CTIFL mai 2022 [Maraîchage intensif sur petites surfaces, accompagner la réflexion des porteurs de projet - CTIFL](#)

RÉSULTATS

L'extrapolation des résultats pour 7 000 m² a été faite en multipliant le temps de travail variable par le facteur de miniaturisation, puis en ajoutant le temps fixe et les temps de commercialisation estimés. L'intensification des cultures permet de s'adapter à des surfaces limitées en augmentant la densité de semis ou la succession culturale (plusieurs rotations).

L'essai MIPS II a permis d'obtenir des temps de travaux en heure par opération culturale, des rendements en kg et des surfaces en m² pour calculer des chiffres d'affaires par m² et des marges brutes par heure travaillée exprimées en euros, pour une cinquantaine de légumes. Parmi eux, certains ressortent comme économiquement importants : tomate, aubergine, concombre, poivron (sous abri), courgette, butternut, oignon, salade (plein champ). Le but n'est pas de choisir les légumes les plus rentables, mais d'identifier les légumes à ne pas rater et sur lesquels il est important d'engager un suivi rigoureux. Les autres légumes qui semblent moins importants économiquement ont toute leur place dans le système, car ils permettent d'avoir une gamme commerciale élargie, des légumes à des moments clés de la saison tels que les légumes primeurs : pomme de terre nouvelle, pois gourmand, petit pois, etc. ou des produits d'appel comme la laitue.



© Alexandre BURLET

Temps de travail :
19 min/m² développé

viabilité
petite surface
intensification
système de culture
maraîchage bio

Chiffre d'affaires net :
8 €/m² développé

Rendement petite surface

Temps de travail

Maraîchage diversifié

Chiffre d'affaires

Organisation travail

Dispositif

Système : 50 semaines de production / an

Récolte : tri au champ + 5 % perte

Prix mercuriale Aurabio

Opérations culturales chronométrées

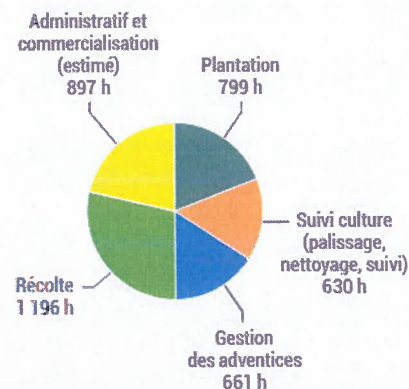
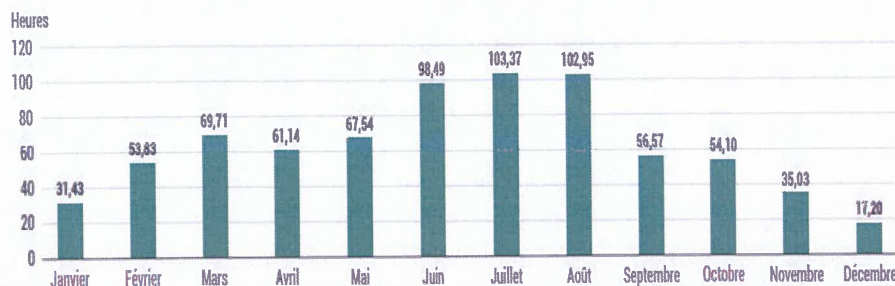
Temps commercialisation 25 %

Achat des plants – livraison semaine paire

	2022		2023		2024		Références régionales Ca69/BTM*/CER** 2017
	Système miniaturisé	Système modélisé	Système miniaturisé	Système modélisé	Système miniaturisé	Système modélisé	
Surface Agricole Utile (m ²)	760	7 000	760	7 000	760	7 000	6 873
Dont plein champ	600	5 526	600	5 526	600	5 526	6 173
Dont tunnel	160	1 474	160	1 474	160	1 474	700
Superficie développée totale (m ²)	1 036	9 546	1 178	10 846	1 138	10 482	8 843
Nombre rotations plein champ	1,05		1,24		1,24		1,20
Nombre rotations tunnel	2,54		2,71		2,46		2,05

RESULTATS TEMPS DE TRAVAIL

La répartition du temps de travail sur l'année est la suivante :



RESULTATS CHIFFRE D'AFFAIRES

Les données de temps de travail et de chiffre d'affaires ont été ramenées par m² pour aider les porteurs de projet à dimensionner leur microferme.

	2020 - 2021	2021 - 2022	2022 - 2023	2023 - 2024	2024	Références régionales Ca69/BTM/CER 2017
Chiffre d'affaires net / m ²	9,49 €	7,94 €	7,91 €	8,52 €	7,80 €	4,08 € (1,85 – 6,37)
Temps de travail production / m ² (hors commercialisation)	20,86 min	19,78 min	18,68 min	18,17 min	18,50 min	21,78 min (10,08 – 37,26)
Valorisation horaire main d'œuvre exploitant	10,52 €	6,06 €	1,75 €	8,08 €	4,02 €	4,16 € (-6,76 – 11,63)


* BTM : bureau technique des maraîchers du Rhône

** CER : conseil et expertise comptable

Fiche réalisée avec le soutien financier de :

Des solutions agroécologiques prometteuses en maraîchage sous abri froid

Projet COSYNUS et biodiversité fonctionnelle

 Promising agroecological solutions growing vegetables in unheated greenhouses – The COSYNUS project and functional biodiversity



Le projet COSYNUS explore des solutions résilientes pour réduire les intrants phytosanitaires en maraîchage sous abri froid, en s'appuyant sur la biodiversité fonctionnelle et les infrastructures agroécologiques. Les résultats révèlent des succès prometteurs dans la régulation des ravageurs, mais aussi des défis, notamment pour la gestion des acariens tétranyques ou l'appropriation des leviers par les producteurs.

Auteur(s)
Pierre Lasne
CTIFL

Co-auteur(s)
Jérôme Lambion
GRAB
Anthony Ginez
APREL
Benjamin Gard
CTIFL

Mots-clés
#agroécologie
#biodiversité fonctionnelle
#élevage du parasite/
auxiliaire
#insecte auxiliaire

Les données clés à retenir Les infrastructures agroécologiques favorisent la biodiversité fonctionnelle et la régulation naturelle des ravageurs. La régulation des pucerons et des thrips est efficace grâce aux interventions réalisées avec un IFT de 0 (produits de synthèse et biocontrôle). Le transfert actif d'auxiliaires, bien qu'exigeant en termes de planification, offre une solution rapide, efficace et économique pour la protection des cultures. Les règles de décision éprouvées sur pucerons ont permis de maîtriser la pression. Les acariens tétranyques restent difficiles à maîtriser, nécessitant une amélioration des stratégies de gestion. La combinaison de biodiversité fonctionnelle et de stratégies ciblées réduit les charges d'intrants mais augmente les charges de main-d'œuvre, tout en maintenant des rendements compétitifs.

Key points Agroecological infrastructures promote functional biodiversity and natural pest regulation. Aphid and thrips control is effective thanks to interventions carried out with an TFI of 0 (synthetic and biocontrol products). The active transfer of beneficial insects, which is demanding in terms of planning, offers a rapid, effective and economical solution for crop protection. Tried-and-tested decision rules for aphids kept populations under control. Spider mites remain difficult to control, requiring improved management strategies. The combination of functional biodiversity and targeted strategies reduces input costs but increases labour costs, but at the same time maintaining competitive yields.

Démarche expérimentale et succession culturale

Afin d'optimiser les interventions et d'adopter des pratiques utilisables en conditions de production, le projet COSYNUS a été réfléchi et construit via une approche « système » dès le début. Les cultures choisies, à savoir l'aubergine et le concombre, sont très sensibles aux ravageurs, ce qui génère pertes de récolte et/ou utilisation de produits phytosanitaires. Un atelier de coconstruction a permis d'identifier les meilleures stratégies d'installation d'infrastructures agroécologiques sur les sites expérimentaux du GRAB, de l'APREL et du CTIFL. Les stratégies, évaluées selon différents critères, ont été discutées avec l'ensemble des partenaires du projet puis adaptées avant leur mise en œuvre. Les trois sites partagent une rotation de culture identique – Solanacées, salades, Cucurbitacées – sur six ans, favorisant une diversification et une réduction des bioagresseurs. Des aménagements agroécologiques similaires sont installés sur l'ensemble des sites, avec des ajustements locaux. Un système de règles de décision (RDD), élaboré de façon participative et mis à jour chaque année, guide la gestion des pucerons en intégrant des critères tels que l'état des cultures, la pression des nuisibles et la présence d'auxiliaires. Les observations hebdomadaires aboutissent alors à des décisions adaptées, de la simple vigilance aux interventions de traitements ou d'arrachages des plants infestés. Chaque année, ces pratiques sont évaluées qualitativement pour affiner les règles, assurant une amélioration continue des stratégies grâce aux retours d'expérience concrets.

Bande fleurie intérieure MUSCARI et bande fleurie extérieure semi-spontanée

Les planches de culture de l'expérimentation menée sur l'antenne CTIFL de Brindas sont entourées d'une bande fleurie intérieure MUSCARI et d'une bande fleurie extérieure semi-spontanée ainsi que de zones réservoirs (Figure 1). La diversité des auxiliaires présents dans les bandes fleuries intérieures et extérieures est représentée dans la figure 2. Sur la bande fleurie intérieure (mélange MUSCARI semé), un total de 1 450 individus est aspiré sur l'ensemble des 47 échantillonnages, soit en moyenne 30,9 individus par aspiration. Pour ce qui est de la bande fleurie extérieure (mélange semi-spontané), un total

Figure 1 | Plan de l'expérimentation menée sur l'antenne CTIFL de Brindas dans un tunnel de 40 m de long et 6 m de large

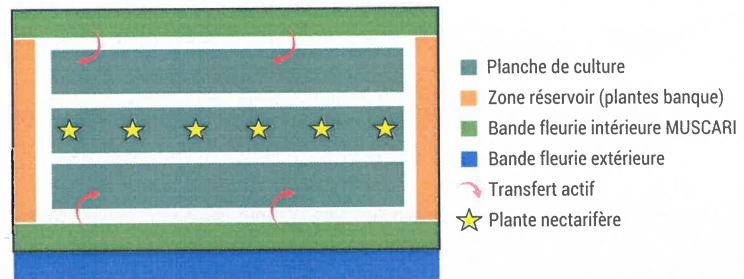
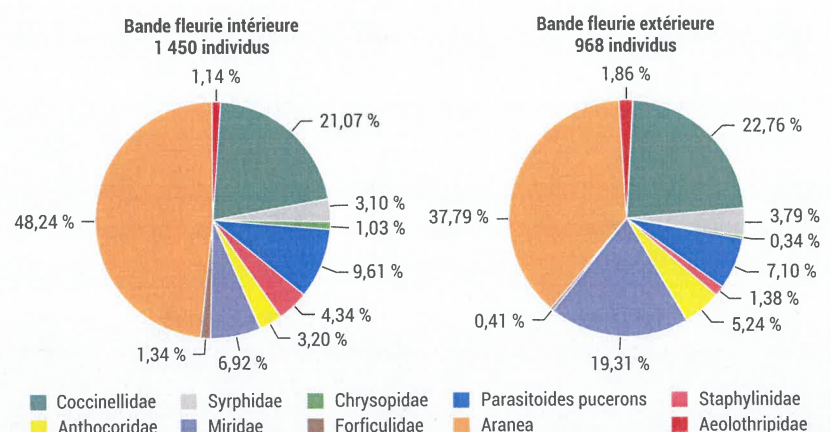


Figure 2 | Répartition par taxon des auxiliaires échantillonnés sur les bandes fleuries intérieure et extérieure, sur les 6 ans du projet soit 47 aspirations



Définitions

- **Expérimentation système** : L'expérimentation système est une démarche expérimentale pour tester un système de culture en conditions réelles. Elle consiste à concevoir, mettre en œuvre expérimentalement, mettre au point et évaluer un système de culture cohérent. Elle permet d'évaluer la faisabilité technique et la cohérence agronomique d'un système, sa capacité à atteindre les objectifs assignés initialement, ainsi que ceux plus généraux de durabilité, d'améliorer les connaissances de l'effet d'un système sur son agroécosystème.
- **Levier** : Un levier désigne une action ou une pratique agricole modifiable et ciblée, dont l'impact est testé pour améliorer le fonctionnement global d'un système. Ces leviers sont souvent liés à des enjeux spécifiques, tels que l'amélioration des rendements, la réduction des intrants, la préservation des ressources naturelles ou encore l'adaptation au changement climatique.
- **Règles de décision** : Une règle de décision est le lien logique entre des objectifs et les actions à mettre en œuvre dans chacune des situations rencontrées dans un contexte donné. Cette règle permet d'adapter les décisions d'intervention au champ, en fonction de l'état du milieu et/ou du couvert dans la parcelle cultivée. Il existe deux types de règles : les règles stratégiques (ou méta-règles) et les règles opérationnelles. Elles peuvent être des routines (règles de décision systématiques) ou des règles de décision conditionnelles de type « si ..., alors ..., sinon ... ».
- **Schéma décisionnel** : Le schéma décisionnel est une formalisation sous forme de schéma(s) synoptique(s) du système décisionnel. Il comprend les attentes (déclinaison concrète des objectifs) pour lesquelles le système a été conçu, les stratégies de gestion et les méta-règles qui orientent la construction et la gestion des règles de décision et du plan d'action, ainsi que les règles de décision qui vont piloter la mise en œuvre de chaque intervention technique.

de 968 individus est échantillonné durant les 6 ans du projet soit une moyenne de 20,6 individus par aspiration. La bande fleurie intérieure présente une quantité d'auxiliaires 50 % supérieure à la bande fleurie extérieure. La diversité botanique, l'étalement de la floraison et le rôle de plantes ressource du mélange MUSCARI ont donc permis de favoriser la présence des auxiliaires à l'intérieur de la serre.

Les bandes fleuries intérieure et extérieure montrent une quantité similaire d'auxiliaires spécialistes de pucerons. Ces auxiliaires représentent plus d'un tiers des auxiliaires échantillonnés avec 33,99 % des auxiliaires pour la bande fleurie intérieure et 34,81 % pour la bande fleurie extérieure. Ces auxiliaires spécialistes s'attaquent directement aux aphides : Coccinellidae, Syrphidae, Chrysopidae et parasitoïdes de pucerons. Les araignées représentent une grande part des auxiliaires échantillonnés dans les deux bandes fleuries : 37,79 % pour la bande fleurie intérieure et 48,24 % pour la bande fleurie extérieure. Les autres auxiliaires généralistes, qui ont des proportions très proches, font partie du genre des Miridae, des Staphylinidae, des Anthocoridae ou encore des Forficulidae. La proportion d'auxiliaires spécialistes de pucerons reste similaire entre les deux types de bande-fleuries. Le mélange MUSCARI ne semble donc pas attirer plus spécifiquement les auxiliaires spécialistes de pucerons, en revanche son abondance en auxiliaires est plus importante. De fait, la facilité d'installation et l'apport en biodiversité non négligeable font de ce mélange une infrastructure intéressante pour la régulation naturelle en culture sous abri.

Une maîtrise satisfaisante des principaux ravageurs

Afin d'évaluer la performance du système dans la régulation des ravageurs, les attaques et leur gestion sont analysées sur six ans selon plusieurs critères. Début et fin des attaques sont déterminés grâce aux règles de décision établies pour les pucerons, basées sur des seuils de nuisibilité, sur le pourcentage de plants attaqués, sur le nombre moyen de pucerons par feuille ainsi que sur le ratio de ravageurs sur auxiliaire spécialiste. Pour les acariens et les thrips, sans règle de décision spécifique, une attaque est définie dès qu'il y a plus d'un individu par feuille. Le ratio de ravageurs sur auxiliaire spécialiste, mesuré au pic des deux populations, en laissant un

intervalle de deux semaines au maximum entre le pic de ravageurs et le pic d'auxiliaires, permet de donner une indication sur l'installation de cette entomofaune et la capacité des auxiliaires à réguler les ravageurs. Pour déterminer si ce ratio est favorable à la régulation des ravageurs, trois seuils sont retenus : un seuil inférieur à 10 pour les thrips, un seuil inférieur à 20 pour les pucerons et un seuil inférieur à 30 pour les acariens. La durée avant la réduction de la pression des ravageurs permet de compléter l'évaluation de la performance. Cette combinaison de critères permet donc d'établir une appréciation de la régulation : bonne, modérée ou mauvaise. Le tableau de la figure 3 est un exemple de présentation des résultats concernant les pucerons, les données concernant les autres ravageurs ne sont présentées que sous forme de texte.

Puceron

La pression des pucerons est variable en fonction des années et des cultures. Ce ravageur est présent dès le début de la culture 5 années sur 6. Le ratio moyen au pic des populations est favorable à la régulation des ravageurs car il est inférieur à 20 ravageurs par auxiliaire spécifique, pour 4 années sur 6. Les deux dernières années d'essais ont montré des ratios moyens ravageurs/auxiliaire spécifique supérieur à 20 avec un ratio de 61,85 pucerons par auxiliaire sur aubergine en 2023 et 23,52 pucerons par auxiliaire sur concombre en 2024. La diminution de la population de ravageurs est inférieure à 2 semaines, 4 années sur les 6

d'évaluation. Il en découle donc une régulation naturelle bonne ou modérée 5 années sur 6. La dernière année témoigne d'une mauvaise régulation du fait d'une forte pression, couplée à une régulation tardive : la faible présence d'auxiliaires dans les infrastructures agroécologiques au printemps et les lâchers d'auxiliaires réalisés trop tardivement n'ont pas permis la régulation des pucerons malgré les différentes interventions réalisées.

Thrips

Les thrips apparaissent dans la culture en début de saison ou à mi-saison. Durant les 6 ans du projet, la régulation de ce ravageur est modérée à bonne. Pour les trois années de cultures de concombre, les thrips sont correctement régulés avec des ratios moyens au pic des populations inférieurs à 10 et des diminutions rapides de la population de ravageurs (inférieur à 16 jours). Cette régulation s'est mise en place rapidement grâce à des transferts actifs de *Macrolophus pygmaeus* tôt en saison et répétés (jusqu'à 5 transferts par an), ainsi que des lâchers d'acariens phytoséides *Amblyseius swirskii*.

En ce qui concerne les aubergines, le bilan est plus mitigé puisque pour les trois années de culture, la gestion des thrips est modérée. Le ratio moyen au pic des populations est considéré comme élevé car il est supérieur à 10 et est compris entre 15,74 et 164,93 ravageurs par auxiliaire spécifique. Néanmoins, les thrips n'ont pas occasionné de dégâts dommageables pour les rendements commercialisables d'aubergine et le nombre de jours avant

Figure 3 | Caractérisation de la maîtrise des pucerons

Culture	Période d'attaque	Paramètres		Régulation
		Ratio moyen au pic des populations ravageur/auxiliaire spécifique	Nombre de jours avant diminution de la population de ravageurs	
Aubergine 2019	Début de culture	6,65	16	Bonne
Concombre 2020	Début de culture	5,96	7	Bonne
Aubergine 2021	Début de culture	3,04	14	Bonne
Concombre 2022	Début de culture	10,85	13	Bonne
Aubergine 2023	Début de culture	61,85	14	Modérée
Concombre 2024	Mi-culture	23,52	Pas de diminution	Mauvaise

la diminution de la population est faible puisqu'il reste égal ou inférieur à 8 jours. L'aubergine est moins sensible aux thrips que la culture du concombre, ce qui réduit le besoin d'interventions.

Acariens tétranyques

La pression des acariens tétranyques n'a pas pu être régulée 4 années sur 6. Durant les quatre premières années de culture, la régulation est caractérisée comme « mauvaise » car le ratio moyen au pic des populations est supérieur à 30 avec entre 30,92 et 741,70 ravageurs par auxiliaire spécifique. Aucune diminution de population n'est observée à la suite de ces pics. La pression débute en fin de culture et n'impacte que peu le rendement. Pour l'année 2023, la culture d'aubergine a subi deux attaques d'acariens de faible pression, rapidement régulées via les transferts actifs de *Macrolophus*, combinée à la forte présence d'auxiliaires indigènes comme *Orius laevigatus* et la gestion climatique de la serre (bassinage). L'année 2024 est caractérisée par une attaque modérée d'acariens sans diminution des populations. La pression de pucerons sur cette saison est telle que l'infestation d'acariens est restée secondaire.

Évaluation technico-économique du système

La figure 4 présente le rendement et les déchets pour les six années d'expérimentation alternant les cultures d'aubergine et de concombre. Les cultures d'aubergine présentent un rendement commercialisable compris entre 5,98 kg/m² et 9,3 kg/m². Ces rendements correspondent aux moyennes de rendement des aubergines dans un système de culture en sol sous abri froid (source : GRAB). Les fruits déclassés en déchets sont compris entre 0,85 kg/m² en 2021 et 1,22 kg/m² en 2023, ce qui correspond à une proportion de fruits déclassés compris entre 8,4 % en 2021 et 16,9 % en 2023 des fruits totaux. Les concombres présentent un rendement commercialisable compris entre 10,5 fruits/m² en 2024 et 15,96 fruits/m² en 2022. Le rendement moyen de cette culture est plus élevé et peut avoisiner les 19 fruits/m² de culture (source : GRAB). Le nombre de fruits déclassés en déchets est compris entre 6,32 fruits/m² en 2024 et 12,46 fruits/m² en 2022, ce qui correspond à une proportion de fruits déclassés compris entre 37,5 % en 2024 et 43,8 % en 2022.

La figure 5 présente les charges relatives à la gestion des bioagresseurs,

exprimés en €/m², dans le système de culture COSYNUS comparé au système de référence. Les données prises en compte sont le coût des intrants dont les produits phytosanitaires, les auxiliaires exogènes, les semences de plantes de service, etc., ainsi que les temps et le coût de la main-d'œuvre destinée à cette gestion : lâchers d'auxiliaires, traitements phytosanitaires, gestion des infrastructures agroécologiques, etc. Des variations existent entre le système COSYNUS et le système de référence, entre les années et entre les types de culture. Le système COSYNUS, évalué au sein du CTIFL, présente des coûts d'approvisionnement en intrants sensiblement inférieurs au système de référence tout au long des 6 années de l'étude, avec une réduction moyenne sur les 6 années d'essai de 6,8 %. Cependant, les coûts en main-d'œuvre associés à la protection des cultures sont légèrement plus élevés dans ce système, affichant une augmentation moyenne de 2,9 % pour l'ensemble de la période. En tenant compte de l'ensemble des charges liées à la protection des cultures, le système COSYNUS permet de réduire les coûts de 0,19 €/m² malgré un besoin de main-d'œuvre plus important.

Transfert actif d'auxiliaires

Le transfert actif d'auxiliaires est une technique consistant à capturer puis relâcher de manière ciblée des auxiliaires préalablement multipliés dans un lieu ou une culture spécifique afin de contrôler les ravageurs. Contrairement à une introduction passive dans laquelle les auxiliaires sont simplement introduits et dont la dispersion se fait naturellement, le transfert actif déplace efficacement des auxiliaires sur les cultures, directement sur les plantes qui en ont besoin, optimisant ainsi leur impact sur la régulation des nuisibles. Sur le site du CTIFL, dans la modalité COSYNUS, une vingtaine de transferts actifs sont réalisés avec deux auxiliaires d'intérêt : *M. pygmaeus*, transférés depuis le souci *Calendula officinalis*, et différentes espèces de Coccinellidae, transférés depuis la blette et le mélange MUSCARI. Ces interventions ont permis de calculer le coût moyen d'un auxiliaire selon les deux méthodes d'apport : le transfert actif d'auxiliaires indigènes retrouvés dans les infrastructures agroécologiques aux abords de la parcelle et le lâcher d'auxiliaires exogènes commercialisés. Le temps de gestion des infrastructures agroécologiques, le temps de capture des auxiliaires,

Figure 4 | Rendement commercialisable et déchets pour les cultures de concombre et d'aubergine

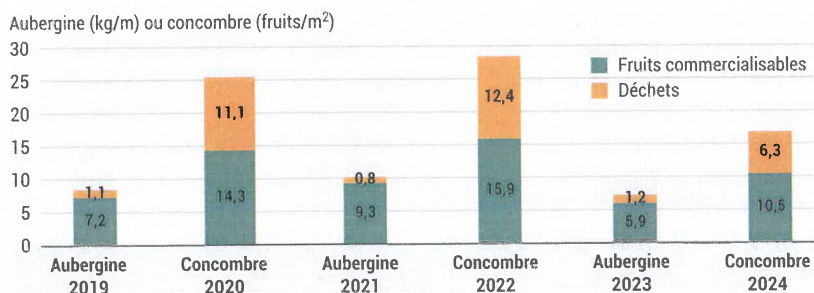
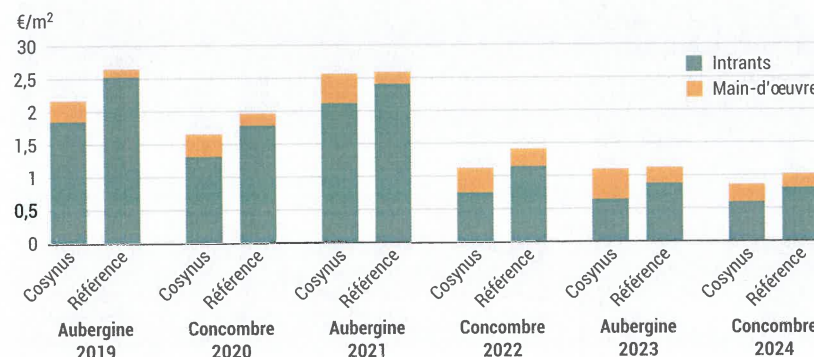


Figure 5 | Charges de gestion des bioagresseurs (en €/m²)



le coût des lâchers ou encore les frais de transport sont autant de facteurs pris en compte dans ces calculs.

Pour les deux auxiliaires d'intérêt, la méthode de transfert actif apparaît comme la solution la plus avantageuse sur le plan économique, avec une réduction des coûts de 32 % pour les Coccinellidae et de 67 % pour les *Macrolophus* (Figure 6). Cette approche présente également d'autres atouts : elle permet une réponse plus rapide et une meilleure réactivité par rapport aux lâchers d'auxiliaires exogènes, notamment en réduisant les délais de commande et de livraison. Cependant, elle comporte aussi certaines contraintes, comme le temps et la préparation nécessaires. Il est indispensable d'anticiper et de mettre en place les infrastructures agroécologiques avant la culture, idéalement l'année précédente, pour maximiser la présence d'auxiliaires dans ces zones. Cette technique exige non seulement une planification rigoureuse, mais aussi des connaissances spécifiques pour identifier les auxiliaires utiles et éviter d'introduire de nouveaux ravageurs dans la culture.

Conclusion des autres sites d'expérimentations

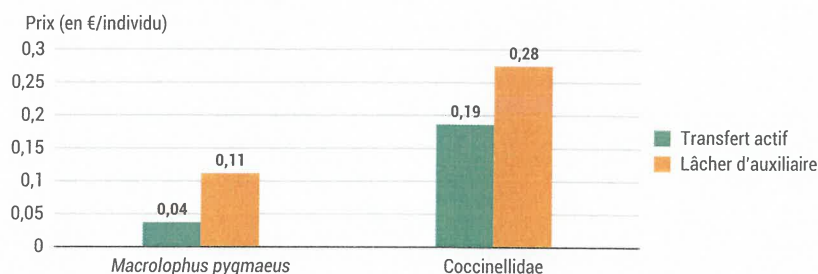
Les sites d'expérimentations de l'APREL et du GRAB ont également permis d'atteindre les objectifs de réduction d'IFT et de maintien de la production. À l'APREL, chez un producteur en agriculture conventionnelle, l'IFT total a été réduit de 42 % comparé au système de référence et de 80 % pour l'IFT hors biocontrôle. Les rendements sont maintenus, néanmoins le coût de la stratégie de gestion des bioagresseurs est plus élevé dans le système COSYNUS que dans le système de référence. En effet, les charges d'intrants et de main-d'œuvre totales sont trois fois supérieures dans le système COSYNUS de l'APREL comparé au système de référence. Le GRAB a également atteint ses objectifs puisqu'il y a eu un maintien des rendements et une hausse de la marge en agriculture biologique. En moyenne, les charges d'intrants sont divisées par deux dans le système COSYNUS comparé au système de référence tandis que les charges de main-d'œuvre sont augmentées de 25 %. Sur les 6 ans du projet, la marge totale du système COSYNUS du GRAB est 15 % plus élevée que dans le système de référence.

En conclusion, cet essai système met en lumière l'intérêt d'un aménagement

Zoom sur les pollinisateurs du site du CTIFL

En partenariat avec l'association naturaliste Arthropologia, des notations sur les pollinisateurs sont également réalisées. L'intérieur du tunnel n'est pas suffisamment attractif pour la diversité des pollinisateurs présents sur le site. En effet, les relevés à l'intérieur des serres présentent des abondances et des diversités de pollinisateurs nettement moindres que ceux réalisés à l'extérieur du tunnel. Plusieurs raisons l'expliquent : l'effet barrière physique des serres, les conditions climatiques différentes qui pourraient ne pas convenir aux pollinisateurs, les besoins qui ne peuvent pas être assurés par une bande fleurie qu'elle soit semée ou spontanée. Les exploitations maraîchères étudiées abritent une communauté d'abeilles sauvages composée principalement d'espèces communes et généralistes. Cette étude a permis d'établir un premier inventaire des espèces présentes sur chaque site : le site de l'APREL, en maraîchage conventionnel, compte 12 espèces, celui du GRAB, en maraîchage et arboriculture biologiques, 18 et celui du CTIFL, station d'expérimentation, 32. Sur l'ensemble des sites, les traits de vie dominants sont similaires : les abeilles sauvages sont majoritairement solitaires, principalement terricoles, sans préférence alimentaire marquée, et présentent une phénologie étendue.

Figure 6 | Évaluation du prix moyen d'un auxiliaire selon la méthode d'introduction (exprimé en €/individu)



agroécologique global des exploitations pour intégrer de manière cohérente et active les plantes de service et les stratégies basées sur l'utilisation de la biodiversité fonctionnelle. Les bandes fleuries, issues de mélanges fleuries ou d'une flore spontanée, peuvent apporter un réel intérêt dans la régulation naturelle des ravageurs, à condition de réaliser un suivi et un entretien régulier. La complémentarité des infrastructures agroécologiques, comme les bandes fleuries ou les zones réservoirs, couplés à des stratégies de lutte biologique par augmentation (lâchers d'auxiliaires) apparaît essentielle pour une gestion durable. Cette approche améliore la biodiversité fonctionnelle et permet de réaliser des économies, notamment en réduisant l'achat d'auxiliaires et en augmentant leur efficacité. Cependant, ces méthodes nécessitent un investissement humain important, tant en termes de connaissances

et de savoir-faire qu'en termes de surveillance et de réactivité, afin de garantir une optimisation des services écosystémiques. Enfin, des travaux restent nécessaires pour affiner cette démarche, notamment pour mieux comprendre et maîtriser la régulation de certains ravageurs problématiques comme les acariens ou les punaises phytophages, ou encore pour faire évoluer les règles de décision. Ces perspectives de recherche sont cruciales pour poursuivre le développement de systèmes agroécologiques robustes et durables. ■

Bibliographie

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

