



# Recueil de fiches du projet **GEDUBAT**





Ce document rassemble les 3 types de fiches produites dans le cadre du réseau EXPE :  
Les fiches PROJET, les fiches SITE et les fiches SYSTÈME. Ces fiches sont compilées par projet  
d'expérimentation.



## Caractéristiques des fiches

### Fiche *PROJET*



- Présente les enjeux et les objectifs du projet
- Présente la liste des systèmes expérimentés, des leviers mobilisés et les objectifs de réduction d'IFT

Un projet est  
constitué de un à  
plusieurs sites



### Fiche *SITE*



- Caractérise de manière synthétique le contexte de production, le milieu et la pression biotique
- Présente les essais et les dispositifs « terrain »

Sur un site, un ou  
plusieurs systèmes de  
culture sont testés



### Fiche *SYSTÈME*



- Présente les caractéristiques du système de culture testé
- Apporte des éléments sur les stratégies de gestion des bioagresseurs
- Présente les résultats obtenus, les enseignements, les difficultés rencontrées, les possibilités d'amélioration

# Sommaire

Projet **GEDUBAT** : Innovations techniques et variétales pour une GEstion DUrable des BioAgresseurs Telluriques dans les systèmes maraîchers sous abris..... 5

• Site APREL Cheval Blanc.....	7
○ Système C3 Solarisation raisonnée, sorgho et biocontrôle .....	11
• Site CTIFL Balandran.....	17
○ Système TM12 Apport de MO.....	21
• Site CTIFL Carquefou .....	27
○ Système M1Ouest Diversification .....	31
• Site GRAB.....	37
○ Système T2 Plantes sensibles limitées .....	41
• Site INVENIO lycée agricole Sainte Livrade .....	48
○ Système T3 Aubergine Diversification hiver .....	52
• Site INRA Alenya.....	59
○ Système T5 Plus de risque.....	62
○ Système T6 Stimuler la vie du sol.....	68
○ Système T7 Techniques validées.....	74

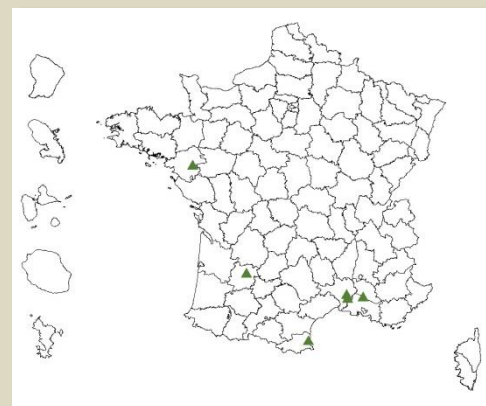


## GEDUBAT : Innovations techniques et variétales pour une GEstion DUrable des BioAgresseurs Telluriques dans les systèmes maraîchers sous abris

Organisme chef de file : **CTIFL**

Chef de projet : **Céline ADE** ([ade@ctifl.fr](mailto:ade@ctifl.fr))

Période : 2012-2017



Localisation des sites

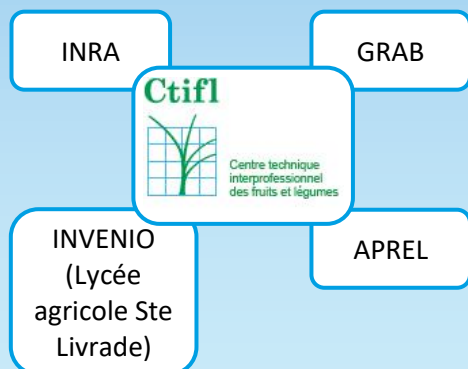
Nombre de sites EXPE : 6

- en station expérimentale : 3
- en établissement d'enseignement agricole : 1
- producteur : 2

Nombre de systèmes DEPHY économes en pesticides : 19

dont en Agriculture Biologique : 3

### Les Partenaires :



## Présentation du projet

### > Enjeux

Les **systèmes maraîchers sous abris** en France s'appuient principalement sur des rotations assez intensives de cultures, conduisant à l'aggravation des **problèmes liés aux nématodes et champignons du sol**. Il existe des pratiques dites alternatives ou améliorantes, dont la solarisation, la biofumigation etc., pouvant apporter des solutions complémentaires mais dont l'intégration dans les différents systèmes de culture reste à valider à plusieurs niveaux : agronomique, technique et économique principalement.

### > Objectifs

L'objectif est de pouvoir proposer aux producteurs des **combinaisons de techniques adaptées** à leur système de culture et à leurs conditions climatiques pour la gestion des bioagresseurs telluriques, tout en permettant une production de qualité et en respectant les contraintes réglementaires et l'environnement. Pour cela, le projet GEDUBAT vise à :

- Intégrer des pratiques dites améliorantes comme des engrais verts, des plantes non hôtes ou des cultures nouvelles dans la rotation, des solarisations...,
- Evaluer les effets à moyen et long terme des nouvelles pratiques sur les cortèges de bioagresseurs les plus fréquents,
- Diminuer les IFT, en particulier en limitant ou en remplaçant les traitements de désinfection des sols.

### > Résumé

La capacité à gérer les bioagresseurs du sol de différents systèmes de culture maraîchers sous abris est suivie dans les différents sites. Les leviers mobilisés sont définis selon 3 axes :

- Augmenter l'activité biologique du sol pour en réduire le potentiel infectieux,
- Freiner l'infestation et le développement de l'inoculum tellurique par des leviers ponctuels et directs,
- Agir sur la physiologie de la plante cultivée pour réduire l'incidence des bioagresseurs.



## Le mot du chef de projet

« Un premier réseau d'expérimentation a été constitué grâce au projet CASDAR PRABIOTEL (2009-2011). Sa durée limitée n'a cependant pas permis de mettre en évidence l'effet des pratiques sur les processus biologiques du sol. Le réseau DEPHY EXPE a été une opportunité pour **poursuivre l'étude des combinaisons des pratiques** sur plusieurs années et avec une plus grande diversification des stratégies choisies. »

## Leviers et objectifs des systèmes DEPHY

SITE	SYSTEME DEPHY	AGRICULTURE BIOLOGIQUE	PRINCIPALES ESPECES DU SYSTEME DE CULTURE	LEVIERS						OBJECTIF
				Contrôle cultural	Contrôle génétique	Lutte biologique <sup>1</sup>	Lutte chimique	Lutte physique	Stratégie globale E-S-R <sup>2</sup>	
APREL Cheval blanc	C3 Solarisation raisonnée, sorgho et biocontrôle	Non	Melon-Salade	x	x	x	x	x	S	
	C4 Solarisation raisonnée, EV et biocontrôle	Non		x	x	x	x	x	S	
	C5 Solarisation fréquente	Non		x	x		x	x	S	
CTIFL Balandran	TM10 Standard	Non	Salade-Melon-Tomate	x	x	x	x	x	S	
	TM12 Apport de MO	Non	Salade-Melon	x	x	x	x		S	
	TM13 Biocontrôle et EV	Non	Salade-Poivron-Tomate-Melon	x	x	x	x		SR	
	TM11 Diversification	Non	Chicorée-Mâche-Melon-Epinard-Concombre-Tomate-Salade	x	x	x	x		R	
CTIFL Carquefou	M2E Monotone	Non	Radis-Tomate-Salade		x	x	x	x	ES	
	M2O Biocontrôle	Non			x	x	x	x	S	
	M10 Matière organique	Non	Tomate-Radis-Salade-Courgette	x	x	x	x	x	SR	
	M1E Diversification	Non	Tomate-Radis-Epinard-Mâche-Courgette	x	x	x	x		R	
GRAB	T2 Plantes sensibles limitées	Oui	Roquette-Chou rave-Fenouil-Persil	x		x		x	R	
	T3N Été sensible - automne régulé	Oui	Mâche-Persil-Courgette-Chou rave	x		x		x	R	
	T3S Été sensible - automne régulé + arrachage	Oui		x		x		x	R	
INRA Alenya	T7 Techniques validées	Non	Laitue-Tomate-Concombre	x	x	x	x	x	ES	
	T5 Plus de risque	Non		x	x	x	x	x	ES	
	T6 Stimuler la vie du sol	Non	Laitue-Fenouil-Aubergine-Tomate-Concombre-Poivron-Epinard	x	x	x	x		R	
INVENIO	T3 Aubergine Diversification hiver	Non	Aubergine	x	x	x	x		SR	
	T4 Salade Rupture été	Non	Salade	x	x	x	x	x	SR	

<sup>1</sup> y compris produits de biocontrôle

<sup>2</sup> E – Efficience, S – Substitution, R – Reconception

## Interactions avec d'autres projets

Trois partenaires de GEDUBAT sont aussi impliqués dans le projet complémentaire GEDUNEM piloté par l'INRA Nématologie de Sophia Antipolis. Ce projet labellisé par le GIS PICléa a pour objectif de proposer aux producteurs maraîchers sous abris des combinaisons de techniques alternatives à la lutte chimique pour lutter contre les nématodes à galles, tout en évitant le contournement des résistances par des populations virulentes.

De plus, des liens existent avec les réseaux DEPHY FERME 85 et 13 et deux autres projets EXPE : 4SYSLEG porté par l'INRA d'Alénia et LILLA porté par l'INRA d'Avignon et intégrant l'APREL.

Pour en savoir +,  
consultez les fiches **SITE**  
et les fiches **SYSTEME**

Action pilotée par le Ministère chargé de l'agriculture et le Ministère chargé de l'écologie, avec l'appui financier de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan ECOPHYTO.



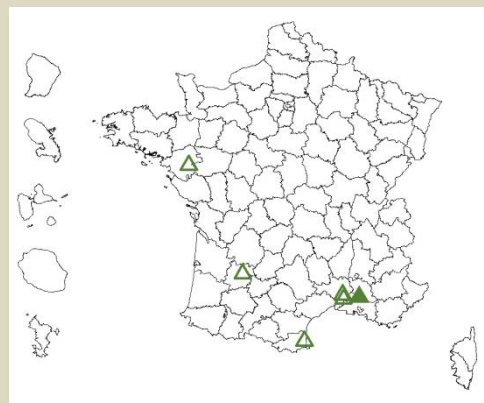


**Projet : GEDUBAT** – Innovations techniques et variétales pour une GEstion DURable des BioAgressors Telluriques dans les systèmes maraîchers sous abris

## Site : APREL - Cheval blanc

Localisation : 84460 CHEVAL BLANC  
(43.800341, 5.064096)

Contact : **Claire GOILLON** ([goillon@aprel.fr](mailto:goillon@aprel.fr))



Localisation du site

### Site producteur

#### APREL - Cheval blanc Légumes sous abris

L'APREL est située au cœur de la région PACA qui tient une place importante dans la production française de légumes, essentiellement sous abris. Dès sa création en 1984, le choix a été fait de localiser les expérimentations chez les producteurs pour favoriser la validation des nouvelles techniques de production et leur appropriation par les producteurs.

Les programmes expérimentaux sont définis au plus près des besoins de la filière maraîchère régionale dans les grandes thématiques que sont l'innovation variétale, la protection des cultures, la réduction des intrants et les performances technico-économiques des exploitations. Grâce à un réseau actif de conseillers techniques spécialisés, l'APREL bénéficie d'un véritable réseau de compétences, notamment pour la diffusion et les échanges techniques.

### Historique et choix du site

L'exploitation choisie pour le projet GEDUBAT fonctionne sur une rotation melon en été / salade en hiver sous abris, caractéristique de nombreuses exploitations en Provence. Ces cultures peu diversifiées ont généré dans le temps des problèmes telluriques et en particulier de fortes attaques de nématodes. Dans la région, environ 40% des exploitations maraîchères sous abris sont touchées par les nématodes et il est apparu nécessaire de travailler sur cette problématique dans le cadre du projet GEDUBAT. Le producteur utilisait la désinfection chimique par le passé. En 2012, au démarrage du projet, aucune autre solution n'avait été introduite, si ce n'est le greffage du melon pour limiter les dégâts des nématodes. Le travail engagé avec ce producteur répondait à la fois à un besoin de remédiation sur cette problématique tout en conservant les principales productions de l'exploitation. La volonté du producteur de s'investir dans des solutions alternatives au chimique a été un facteur déterminant pour le choix du site.

### Interactions avec d'autres projets

La thématique de protection des cultures est au cœur du programme de l'APREL. En ce qui concerne les nématodes, l'APREL est engagée dans les projets GEDUNEM avec l'INRA de Sophia Antipolis et LACTUMEL avec l'INRA de Montfavet. Le projet LILLA permet de faire un lien sur des stratégies bas intrants en salade. Les expérimentations s'inspirent par ailleurs des acquis de précédents projets comme PRABIOTEL et VASCULEG.



### Le mot du responsable de site

«Le projet GEDUBAT permet de mettre en place des expérimentations systèmes capables d'évaluer l'intérêt technico-économique de différents modes de production. Le suivi dans le temps sur une même parcelle est un atout considérable pour analyser précisément l'effet des stratégies. Sur une exploitation, ce type d'expérimentations demande un investissement important du producteur et un accompagnement permanent de l'expérimentateur pour enregistrer les données et faire appliquer des règles de décision propres aux systèmes testés. Des compromis doivent parfois être faits entre les exigences de production et les contraintes de l'expérimentation.»

## Systèmes DEPHY testés

Les trois systèmes de culture sont basés sur la rotation salade-melon de façon à ne pas modifier les marchés du producteur. Le travail d'expérimentation porte essentiellement sur l'interculture avec, selon les systèmes, l'introduction de techniques alternatives en culture. Le système C5 intègre une solarisation systématique chaque année après la culture de melon. Les systèmes C3 et C4 introduisent des engrais verts, sorgho nématicide (C3) ou engrais verts diversifiés (C4) avec application de produits de biocontrôle en cultures. Dans ces systèmes, la solarisation est utilisée seulement si nécessaire en fonction de la pression des bioagresseurs telluriques.

Nom du système	Années début-fin	Agriculture Biologique	Surface de la parcelle	Espèces du système de culture	Circuit commercial
C3 Solarisation raisonnée, sorgho et biocontrôle	2012-2017	Non	400 m <sup>2</sup>	Salade - Melon	Court + Long
C4 Solarisation raisonnée, EV et biocontrôle	2012-2017		400 m <sup>2</sup>		Court + Long
C5 Solarisation fréquente	2012-2017		400 m <sup>2</sup>		Court + Long

## Dispositif expérimental et suivi

### > Dispositif expérimental

Chaque système est testé dans une chapelle au sein d'une unité de serre verre de 4 500 m<sup>2</sup> orientée Nord/Sud. Les 3 systèmes sont disposés côte à côte.

Répétition : Aucune répétition n'est présente sur le site. La dimension de chaque système (400 m<sup>2</sup>) permet cependant d'avoir une vue d'ensemble suffisamment significative pour évaluer les techniques introduites.

Système de référence : Il n'y a pas de système de référence, chaque exploitation ayant des stratégies différentes et des contextes de production spécifiques. Les 3 systèmes correspondent à des conduites culturales pratiquées dans la région.

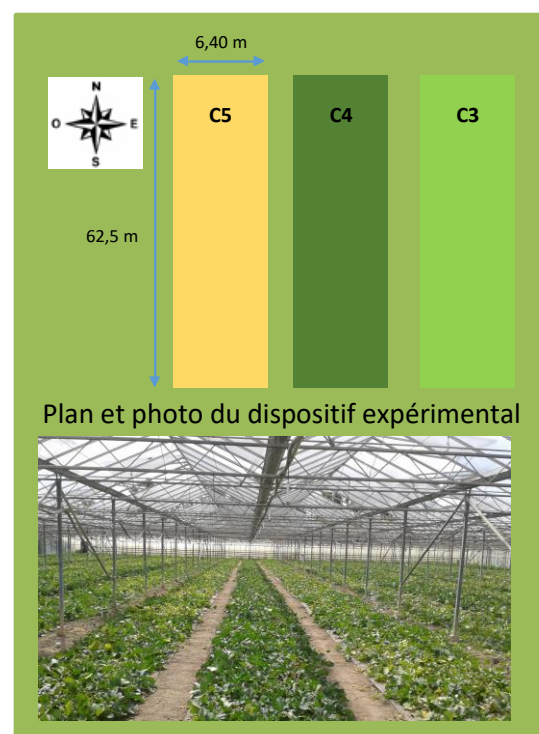
### Aménagements et éléments paysagers :

L'exploitation représente 1 ha dans son ensemble. Des tunnels plastiques sont présents de part et d'autre de la serre verre. On trouve à proximité des haies arbustives, des jachères et des vergers.

### > Suivi expérimental

L'accent est mis sur le suivi des **bioagresseurs dans le sol**, en particulier les nématodes. Les racines sont observées systématiquement à chaque fin de culture afin de réaliser un suivi dans le temps et dans l'espace (cartographie précise des parcelles) des problèmes sanitaires telluriques. Des analyses quantitatives des populations de nématodes réalisées en laboratoire viennent compléter ces observations.

Les attaques de **bioagresseurs aériens** sont notées, notamment pour déclencher les interventions si nécessaire. Des relevés de température et d'hygrométrie (air et sol) permettent de caractériser les conditions climatiques des essais. Enfin, des mesures agronomiques (rendement, biomasse etc.) et socio-économiques (nombre de passages etc.....) sont effectuées en vue de l'évaluation de la triple-performance des systèmes.



## Contexte de production

### > Pédoclimatique

Météorologie	Type de sol	Comportement du sol
Climat méditerranéen. Les risques climatiques sont assez limités car les cultures sont implantées sous abri mais les températures peuvent être élevées.	Limon argilo-sableux (Argile 19,8%, Limon 57,2 %, sable 23 %) MO : 2% de MO RU : 120 mm pH : 7,5 Densité apparente : 1,45	Le sol est plutôt lourd. Il retient l'eau.

### > Socio-économique

L'exploitation est de petite dimension par rapport à la moyenne dans la région puisqu'elle représente environ 1 ha d'abris. Existante depuis 2 générations, elle a toujours fonctionné avec une main d'œuvre familiale. Située près de Cavaillon, c'est de toute évidence la culture emblématique du melon qui est principalement produite sur cette exploitation. Mais, depuis quelques années, le producteur essaie de diversifier sa gamme pour satisfaire des demandes sur les marchés avec des tomates, courgettes, haricots, fraises, aubergines... Il commercialise en grande partie par de la vente directe sur les marchés et il fournit quelques grossistes pour les melons et les salades. Une réflexion est d'actualité au sein de l'exploitation pour s'orienter vers l'agriculture biologique.

### > Environnemental

L'exploitation est située dans un environnement agricole (arboriculture et maraîchage) mais également à proximité de zones artisanales et commerciales de la ville de Cavaillon.  
Les prélèvements d'eau pour les cultures se font par un forage. L'exploitation n'est pas concernée par les mesures de la Directive Nitrates.

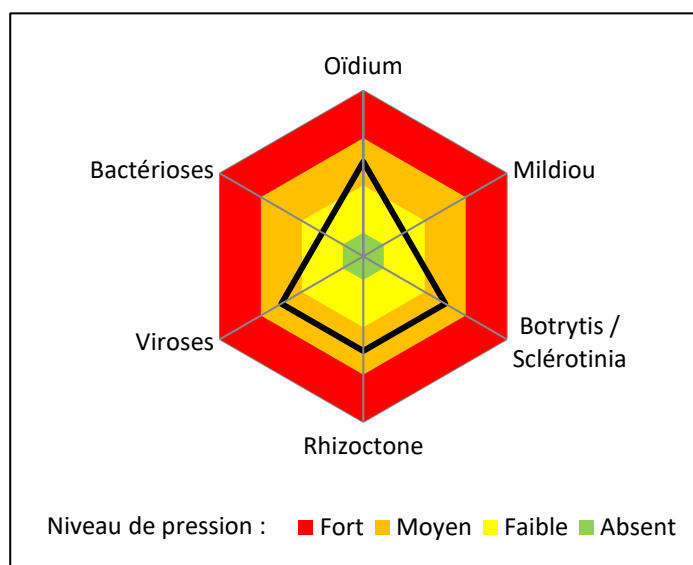
### > Maladies

Le risque maladie diffère selon les cultures de melon ou de salade. Concernant les **maladies aériennes**, le melon est particulièrement sensible à l'oïdium et il existe une pression mildiou (*Bremia*) sur laitue, mais qui est minimisée par le choix de variétés résistantes.

Les rotations intensives et peu diversifiées entretiennent un inoculum de **maladies telluriques** qui constitue une pression permanente sur l'ensemble des cultures.

La pression est relativement importante pour les champignons provoquant des pourritures en salade tels que *Botrytis*, *Sclerotinia* et *Rhizoctonia*. L'Oïdium est également bien présent et provoque des viroses sur salade (Big Vein et tache orangée). L'importance des dégâts dépend beaucoup des conditions climatiques plus ou moins favorables à leur développement.

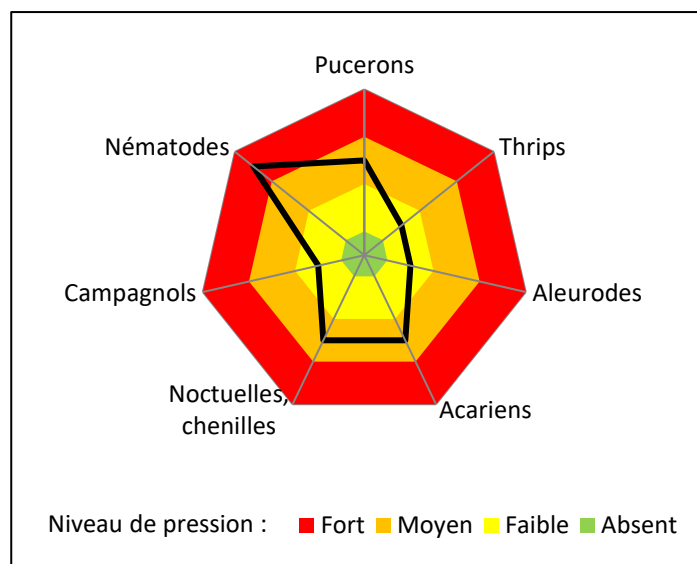
Sur melon, le greffage permet de se protéger relativement contre les maladies telluriques.





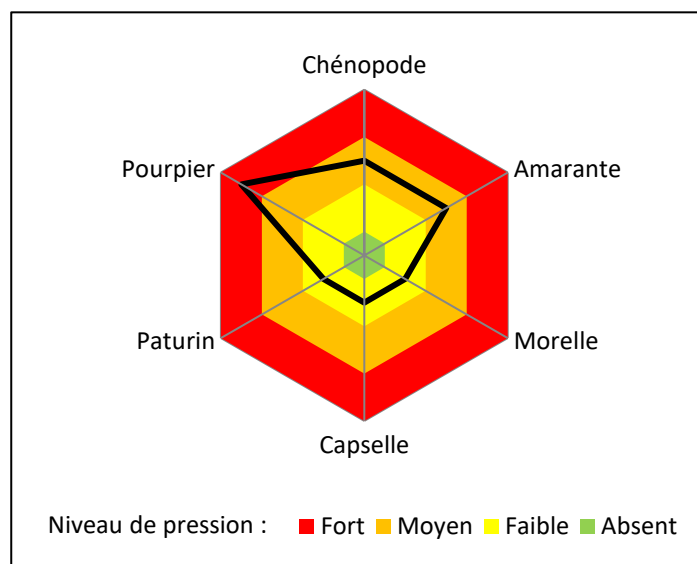
## > Ravageurs

Sur ce site, la pression des **nématodes à galles** du genre *Meloidogyne* (*M.incognita* et *M.arenaria*) est sans doute la plus importante au niveau des ravageurs. Leur présence dans le sol est difficilement contrôlable et concerne l'ensemble des cultures maraîchères du fait de leur sensibilité. Au niveau des **ravageurs aériens**, le puceron peut poser problème à la fois sur les cultures de melon et de salade, mais avec des espèces différentes. Des dégâts de noctuelles peuvent avoir lieu sur la culture de laitue. Il est fréquent d'observer des acariens s'installer sur la culture de melon, particulièrement les années chaudes et sèches. Aleurodes, thrips et punaises restent des ravageurs secondaires dans ces systèmes. Des campagnols sont observés certaines années en culture de salade provoquant des pertes non négligeables sans moyen d'action possible.



## > Adventices

Sous l'abri, le paillage noir ou opaque thermique, limité aux lignes de plantation en culture de printemps-été ou paillage intégral en culture d'hiver (ex. laitue) permet de limiter la levée des adventices. Par contre, dans les passe-pieds, ou entre les chapelles, les adventices restent une problématique et sont contrôlées par un désherbage manuel. La solarisation et les engrais verts permettent aussi de réduire les populations d'adventices sur les cultures. Le pourpier est l'espèce la plus représentée car elle affectionne les températures élevées.



## > Autres risques

Les cultures sous abris sont partiellement protégées et moins soumises aux problématiques de plein champ comme les bactérioses. Par contre, elles subissent de la même façon l'arrivée potentielle de nouveaux ravageurs, comme *Spodoptera littoralis* sur salade. La vigilance s'impose sur l'arrivée d'autres ravageurs émergents dans une région au climat chaud comme la Provence.

Pour en savoir + , consultez les fiches **PROJET** et les fiches **SYSTEME**

Action pilotée par le Ministère chargé de l'agriculture et le Ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence Française pour la Biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan ECOPHYTO.



**Projet : GEDUBAT** – Innovations techniques et variétales pour une GEstion DURable des BioAgressors Telluriques dans les systèmes maraîchers sous abris

**Site : APREL – Cheval Blanc**

Localisation : 13210 SAINT REMY DE PROVENCE  
(43.795254, 4.862658)

## Système DEPHY : Sorgho nématocide et solarisation

Contact : **Claire GOILLON** ([goillon@aprel.fr](mailto:goillon@aprel.fr))



Localisation du système (▲)  
(autres sites du projet △)

### Rotation salade-melon avec interculture de sorgho nématocide et solarisation si nécessaire

**Site :** chez un producteur à Cheval blanc (84)

**Durée de l'essai :** 2012-2017

**Situation de production :** culture en sol sous serre verre

**Espèces :** salade - melon

**Conduite :** conventionnelle

**Circuit commercial :** circuits long et court

**Dispositif expérimental :** une chapelle de 400 m<sup>2</sup>, sans répétition

**Système de référence :** système de référence absent sur la parcelle. Les données du réseau DEPHY FERME Maraîchage en Provence-Alpes-Côte d'Azur pour l'année 2012 sont utilisées comme référence pour les IFT.

**Type de sol :** limon argilo-sableux

### Origine du système

La plupart des systèmes maraîchers en Provence dépendent de deux principales espèces cultivées. Il est difficile de proposer une diversification des cultures sans perturber l'équilibre technico-économique des exploitations. Pour agir sur la **régulation des bioagresseurs telluriques** dans un **système salade-melon**, nous avons donc cherché à intervenir essentiellement sur le temps d'**interculture** sur les mois de juillet et août.

Le **sorgho fourrager** est couramment utilisé en tant qu'engrais vert et de nouveaux travaux en 2012 par l'APREL, l'INRA et le GRAB ont mis en avant ses **propriétés biofumigantes**. Le système étudié consiste à exploiter les différentes propriétés de cette graminée en interculture en adaptant son itinéraire technique et à se servir de la **solarisation si nécessaire**.

### Objectif de réduction d'IFT

**30 %**

*Par rapport aux références du réseau DEPHY FERME Maraîchage PACA 2012*

### Mots clés

Sorgho fourrager – Engrais vert –  
Biofumigation – Nématodes –  
Solarisation

### Stratégie globale

**Efficience** ☆☆☆☆☆

**Substitution** ★★★★★

**Reconception** ★☆☆☆☆

*Efficience : amélioration de l'efficacité des traitements*

*Substitution : remplacement d'un ou plusieurs traitements phytosanitaires par un levier de gestion alternatif*

*Reconception : la cohérence d'ensemble est repensée, mobilisation de plusieurs leviers de gestion complémentaires*

### Le mot du pilote de l'expérimentation

« Le système de culture testé n'est pas en rupture avec les systèmes traditionnels. Il s'agit d'une **adaptation des pratiques déjà connues** comme la solarisation et l'utilisation du sorgho fourrager en interculture pour avoir un meilleur contrôle des bioagresseurs telluriques et se passer des désinfections chimiques des sols. La compréhension des mécanismes d'action du sorgho sur les nématodes *Meloidogyne* a permis d'obtenir des premiers résultats prometteurs. Ce système basé sur des techniques courantes facilite l'appropriation de ces résultats. » C.GOILLON



## Caractéristiques du système

### Succession culturale :



**Travail du sol** : décompaction du sol après chaque culture à la sous-soleuse, ameublissement avec un rotovator et travail superficiel avec un griffon pour la plantation de la culture suivante.

**Fertilisation** : avant chaque culture, apport de matière organique en bouchons (3 T/ha) et fumure de fond avec un engrais organo-minéral 4-6-10 (1,5 T/ha).

**Irrigation** : aspersion monorampe pour la salade, goutte à goutte pour le melon.

**Interculture** : pour optimiser l'effet nématicide du sorgho, une variété riche en dhurrine est choisie. La culture est broyée à 3 semaines, enfouie puis un nouveau semis réalisé à l'identique (50 kg/ha) pour 3 semaines. Lorsque la solarisation est nécessaire, un seul sorgho est réalisé.

**Gestion des adventices** : le pourpier est l'adventice dominante sur l'exploitation. Très présent au niveau des lignes de poteaux, il est arraché manuellement. Sur la surface cultivée, du paillage noir intégral en salade et du paillage en ligne pour le melon suffit à limiter le problème des mauvaises herbes.

**Main d'œuvre** : exploitation familiale avec peu de main d'œuvre.

**Infrastructures agro-écologiques** : exploitation à proximité de nombreux vergers conventionnels, de friches et d'agglomérations. Présence de haies arbustives.



Au cœur du système, la culture de melon, sensible aux nématodes à galle.  
Crédit photo : APREL

## Objectifs du système

Les objectifs poursuivis par ce système sont de quatre ordres :

Agronomiques		Maîtrise des bioagresseurs		Environnementaux	
Rendement		Maîtrise des bioagresseurs telluriques		IFT	
- Maintien du rendement*		- Réduire les populations de nématodes à galle dans le sol		- <b>IFT tellurique</b> : substitution complète de la désinfection chimique des sols	
Qualité des sols		- Maintenir un niveau inférieur au seuil de nuisibilité sur salade et melon**		- <b>IFT aérien</b> : introduction de produits de biocontrôle avant toute solution chimique ou en substitution	
- Augmenter l'activité biologique des sols		- Limiter le développement des champignons du sol ( <i>Botrytis</i> , <i>Sclerotinia</i> , <i>Rhizoctonia</i> ) sur salade		- <b>IFT chimique</b> : réduction de 30 % par rapport aux IFT de référence du réseau DEPHY FERME Maraîchage PACA 2012	
- Améliorer la structure du sol		Maîtrise des bioagresseurs aériens		Durabilité des sols	
Socio-économique		- Sur salade : absence de mildiou et de pucerons		- Préserver la diversité biologique des sols en réduisant la fréquence de solarisation et en utilisant les engrais verts	
Viabilité		- Sur melon : tolérance d'oïdium, de pucerons et d'acariens tant que cela n'impacte pas le rendement			
- Maintien de la viabilité socio-économique et technique avec une main d'œuvre réduite					

\*Par rapport aux rendements que le producteur obtient sur ces mêmes cultures sans attaque de nématodes

\*\*Il y a nuisibilité quand des dégâts apparaissent sur la culture

À partir d'une situation initiale **fortement contaminée par les nématodes**, l'objectif principal était de **réduire le niveau d'attaques** dans la parcelle par des solutions alternatives à la désinfection chimique. La **solarisation** a été choisie pour un effet rapide sur les maladies et ravageurs du sol mais n'est pas maintenue afin de préserver l'ensemble de la vie microbienne. Le **sorgho fourrager** doit permettre de limiter les nématodes et d'entretenir la diversité biologique du sol.



## Résultats sur les campagnes de 2012 à 2017

### Succession culturale réalisée dans le système

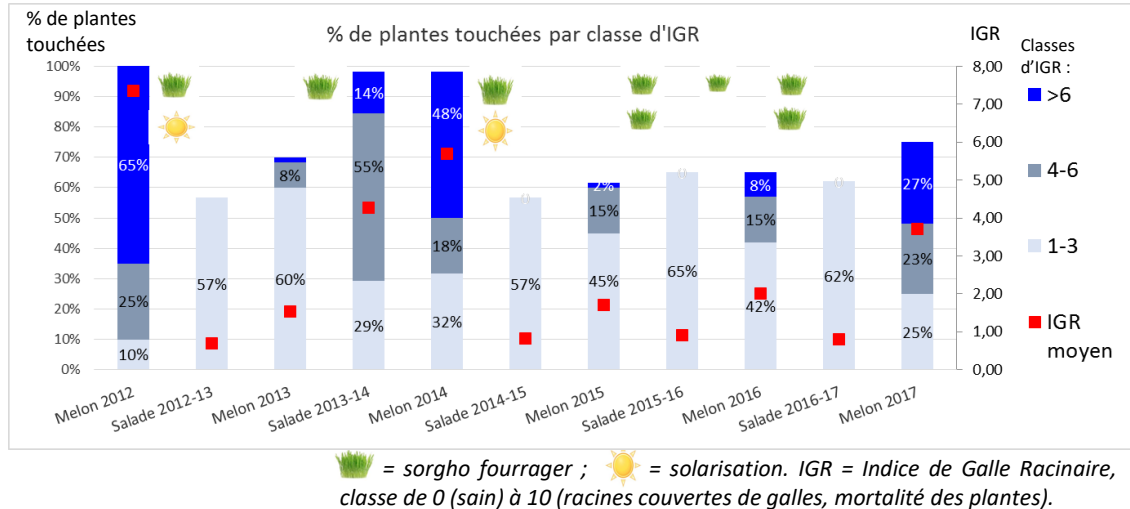
2012	2013	2014	2015	2016	2017
A M J J A S O N D	J F M A M J J A S O N D	J F M A M J J A S O N D	J F M A M J J A S O N D	J F M A M J J A S O N D	J F M A M J J
Melon S Sol°	Salade Melon S	Salade Melon S Sol°	Salade Melon SS	Salade S Melon SS	Salade Melon

S : sorgho fourrager, SS : 2 sorghos fourragers successifs de 3 semaines, Sol° : solarisation

### > Maîtrise des bioagresseurs

#### Nématodes (*Meloidogyne incognita* et *M. arenaria*) :

La solarisation a permis de réduire fortement la pression des nématodes sur les cultures. Cependant son action n'est pas durable et le sorgho fourrager seul cultivé pendant 1 mois en 2013 n'a pas eu d'effet sur les nématodes. Par contre, la **succession de sorghos de courte durée** en 2015 et 2016 semble freiner leur développement et permet de se passer de solarisation.



#### Autres bioagresseurs telluriques :

Les nématodes ne sont pas les seuls agents responsables des dépérissements observés dans cette parcelle. Des analyses des racines de melon ont permis d'identifier la présence d'*Agrobacterium tumefaciens*, *Monosporascus cannonballus*, *Phomopsis sclerotoides*, *Rhizoctonia solani*, *Plectosphaerella cucumerina*, *Fusarium* et *Alternaria* dont l'action isolée est difficile à quantifier. En salade, les attaques de *Sclerotinia* et *Botrytis cinerea* ont été d'autant plus observées que le **climat** était propice au développement de ces champignons (climat doux et humide).

#### Bioagresseurs aériens :

Les pucerons représentent le **problème majeur** dans les deux cultures. Sans traitement préventif, les risques demeurent importants et ont causé notamment une perte totale de production en melon en 2016.

### > Performances technico-économiques

Les résultats de la campagne 2014 sont les plus mauvais : ils traduisent une **situation sanitaire des sols dégradée** et un **climat difficile** en salade. A partir de 2015, la production est **satisfaisante** si ce n'est la perte de production sur le melon 2016 liée aux pucerons.

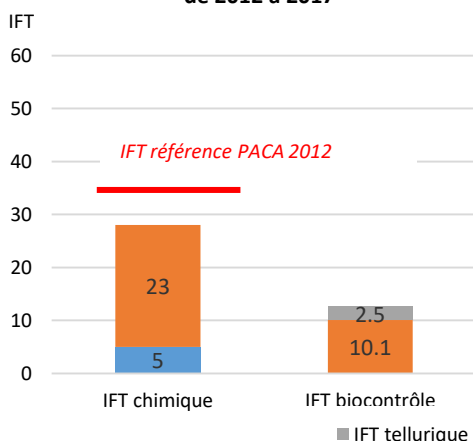
Niveau de satisfaction du rendement pour melon et du taux de récolte pour salade pour les différentes campagnes, à dire d'experts (producteurs et expérimentateurs)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Melon (kg/m²)		2,6	2,08	2,2	0	2,81
Salade	-					

vert = satisfaisant, orange = moyennement satisfaisant, rouge = pertes importantes. En salade, le rendement n'a pas été mesuré mais l'appréciation tient compte du taux de récolte.

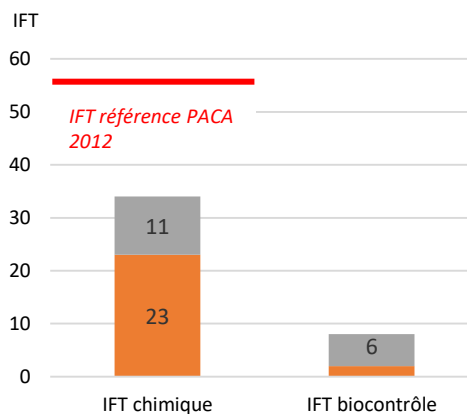
### > Performances environnementales

#### Cumul des IFT sur la culture de melon de 2012 à 2017



Les IFT de référence viennent de données du groupe FERME Maraîchage PACA de 2012. Ce sont des IFT uniquement chimiques. Afin de comparer avec le cumul des IFT obtenus pour 5 campagnes sur le système DEPHY expérimenté, les IFT de référence ont été multipliés par 5.

#### Cumul des IFT sur la culture de salade de 2012 à 2017



#### Aucune désinfection chimique des sols

n'a été réalisée dans ce système, ce qui permet de réduire les IFT telluriques par rapport à un système conventionnel. L'essentiel des traitements concerne les **ravageurs aériens** qui n'étaient pas la cible principale de ce projet. Les IFT chimiques ont été diminués en moyenne de **20 %** par rapport à l'IFT 2012 du réseau FERME PACA pour le melon, et de **38 %** pour la salade.

Sur les dernières années, l'introduction de solutions de **biocontrôle** (Trisoil, Contans, Etonan, Bastide et Blason, soufre...) ont permis de réduire les IFT, surtout en salade grâce aux avancées du projet DEPHY EXPE LILLA.

**Les objectifs de réduction des IFT chimiques ont été atteints.**



## Zoom sur le mode d'action du sorgho sur les nématodes

Le sorgho fourrager est une graminée (Poacée). Elle a l'intérêt d'avoir une **croissance rapide** et de supporter des **conditions climatiques chaudes**. Elle se prête donc bien aux conditions d'interculture sous abri. Son action contre les nématodes se base sur deux principes :

- les nématodes *Meloidogyne* sont capables de pénétrer dans les racines du sorgho, mais de façon moindre que les cultures maraîchères et sans faire de galles (plante mauvaise hôte). Il est donc possible d'utiliser le sorgho comme **plante piège** si la culture est détruite avant l'accomplissement du cycle complet et la libération des œufs. Pour *M. incognita*, le cycle se réalise en 350°C jour soit environ 3 semaines en été et 4 semaines au printemps dans les conditions régionales.
- le sorgho contient de la dhurrine, un composé qui se dégrade en acide cyanhydrique (HCN) lors du broyage des cellules végétales. L'HCN étant toxique pour les micro-organismes pathogènes, le sorgho peut donc avoir des **propriétés de biofumigation** lorsqu'il est enfoui dans le sol. L'effet biofumigant dépendra de la variété choisie, du stade de destruction et de la qualité de l'enfouissement. Des études sont encore nécessaires pour mesurer cet effet.



Culture de sorgho – Crédit photo : APREL

## Transfert en exploitations agricoles



Ce système basé sur deux techniques déjà pratiquées par les maraîchers en Provence (solarisation et sorgho fourrager) a l'intérêt d'être **facilement mis en œuvre**. Il est important de **bien comprendre le mode de fonctionnement du sorgho** pour bénéficier de son effet nématocide et adapter au mieux l'itinéraire cultural. La faible durée d'immobilisation des parcelles par le sorgho nématocide (3 semaines) ainsi que le faible coût de main d'œuvre, sont aussi des avantages pour faciliter le développement de cette technique.

La **technique du sorgho nématocide** permet de réaliser un assainissement des sols en interculture sur une courte durée. Il permet donc de réduire l'utilisation de la désinfection chimique coûteuse, contraignante et polluante, mais aussi de réduire l'intensité des solarisations qui nécessite des parcelles libres pendant la période estivale et dont les conséquences sur le fonctionnement biologique du sol sont mal connues.

## Pistes d'améliorations du système et perspectives



Le travail réalisé sur ce site avait pour priorité de proposer une stratégie qui permette de contrôler les nématodes à galle. Dans un système salade-melon, les résultats sont prometteurs mais restent plus difficiles à appliquer avec une **culture de solanacée** en été. D'**autres travaux** sont nécessaires pour confirmer l'intérêt du sorgho nématocide dans différents systèmes et situations pédoclimatiques.



Dans de nombreuses situations, les nématodes à galle ne sont pas les seuls bioagresseurs telluriques et il est nécessaire de trouver des solutions efficaces vis-à-vis de l'ensemble du **complexe de pathogènes** du sol. La grande **complexité de la dynamique des sols** demande à réfléchir aussi sur les effets à long terme de ces pratiques et de mieux connaître les interactions entre les communautés de nématodes-champignons-bactéries.



Enfin, le travail sur les **bioagresseurs aériens** a été insuffisant pour proposer une stratégie de protection complète avec un minimum de traitements chimiques. La Protection Biologique Intégrée, les solutions de biocontrôle qui se développent et les résultats des différents travaux d'expérimentation menés par les stations permettront sans doute d'améliorer ce système.

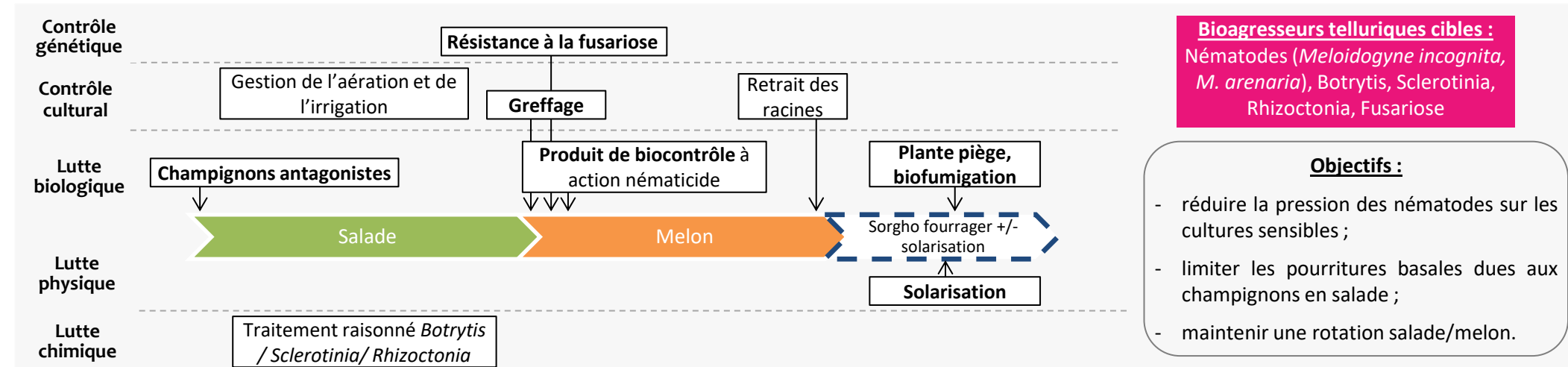
Pour en savoir **+**, consultez les fiches **PROJET** et les fiches **SITE**

Action pilotée par le ministère chargé de l'agriculture et le ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence française pour la biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto.

Document réalisé par **Claire GOILLON**,  
APREL

## Stratégie de gestion des bioagresseurs telluriques

Les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation afin de permettre une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés en gras sur ce schéma et détaillés dans le tableau. Les autres leviers faisant partie de la stratégie de gestion des bioagresseurs telluriques apparaissent sur le schéma mais ne sont pas développés dans le tableau.



### Leviers

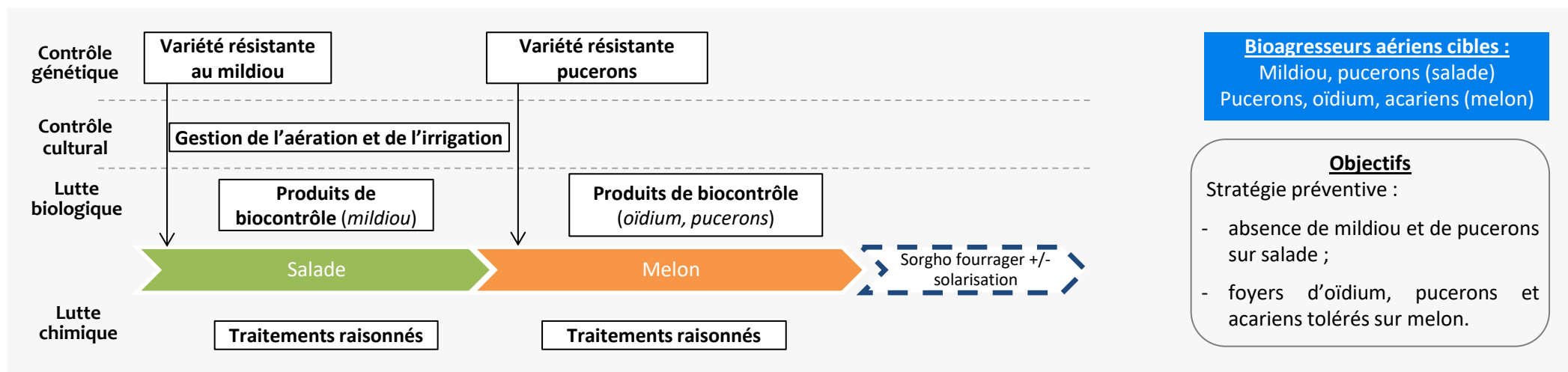
### Principes d'action

### Enseignements

<b>Greffage et Résistance à la fusariose</b>	Le greffage est utilisé systématiquement sur melon pour apporter de la vigueur aux plantes qui tolèrent mieux l'attaque des nématodes. La résistance au <i>Fusarium</i> sp. est un plus.	Délai de pépinière plus long. Pas de surcoût du fait de la compensation du prix du plant par la densité moindre par rapport à des plants non greffés.
<b>Champignons antagonistes</b>	A la plantation de salade, l'application de champignons de type <i>Trichoderma</i> et <i>Coniothyrium</i> participent à la concurrence et au parasitisme de <i>Sclerotinia</i> et <i>Rhizoctonia</i> .	Action biologique qui dépend des conditions pédo-climatiques (les micro-organismes ont chacun des critères de conditions favorables qui sont propres à chaque souche : température, pH, texture du sol). Effet cumulatif sur le long terme.
<b>Produits de biocontrôle</b>	Des micro-organismes antagonistes ou des substances naturelles toxiques ou répulsives ont été essayés contre nématodes, positionnés avant ou peu de temps après plantation, appliqués par goutte à goutte.	L'efficacité de ses produits sur le terrain n'est à ce jour pas observée.
<b>Plante piège, biofumigation</b>	Le sorgho est semé après arrachage du melon, broyé au bout de 3 semaines pour une action plante piège des nématodes (ils pénètrent dans les racines mais n'accomplissent pas un cycle complet). Une variété riche en dhurrine est choisie pour bénéficier d'un effet biofumigation.	Le cumul de 2 sorghos courts a eu un effet sur les contaminations par les nématodes. Un broyage trop tardif représente un risque. Pour optimiser l'effet biofumigation, le choix variétal reste à définir et l'enfouissement doit être optimisé.
<b>Solarisation</b>	La désinfection thermique est utilisée pour rétablir une situation trop difficile (2012 et 2014) en nématodes. Mise en place à partir du 1 <sup>er</sup> août jusqu'à la préparation du sol pour la salade (environ 50 jours).	Une solarisation en août n'a pas une efficacité optimale. Les résultats sont variables selon le climat et la qualité de mise en œuvre.



Sorgho fourrager en août 2016 en interculture de melon et salade.  
Crédit photo : APREL



## Leviers

## Principes d'action

## Enseignements

<b>Variétés résistantes</b>	<p><u>En salade</u>, dans le créneau de production choisi, la priorité est donnée aux variétés possédant un niveau de résistance maximal au mildiou (BL1-33). Les variétés tolérantes aux pucerons sont encore rares et ne constituent pas un impératif.</p> <p><u>En melon</u>, les variétés tolérantes au puceron <i>Aphis Gossypii</i> sont choisies prioritairement.</p>	<p>Les souches de mildiou contournent rapidement les résistances variétales, ce qui impose de changer de variété rapidement et de combiner ce levier avec une protection complémentaire.</p> <p>La résistance aux pucerons n'est pas totale. Elle permet de retarder et minimiser les attaques.</p>
<b>Gestion de l'aération et de l'irrigation</b>	<p><u>La salade</u> est aérée rapidement pour maintenir un milieu sec permettant de freiner le développement des champignons. Les arrosages sont fortement restreints à partir de la moitié du cycle.</p>	<p>L'état sanitaire des salades dépend en majeure partie de la conduite climatique des abris. Cependant certaines années plus chaudes et plus humides peuvent être difficiles à gérer.</p>
<b>Produits de biocontrôle</b>	<p>Des stimulateurs de défense des plantes et des substances minérales ont été essayés en préventif contre pucerons, oïdium et mildiou.</p>	<p>Les résultats ne permettent pas à ce jour de valider ces produits en condition de production. Leur potentiel est plus prometteur contre les champignons que contre les ravageurs.</p>
<b>Traitements raisonnés</b>	<p><u>En melon</u>, intervention seulement si présence des bioagresseurs. Traitement d'abord localisé puis généralisé si progression.</p> <p><u>En salade</u>, les traitements sont préventifs et raisonnés en fonction des conditions à risques (conditions douces et humides).</p>	<p>Nécessité de réaliser les observations régulièrement et de mesurer le risque.</p>



Dégâts de pucerons sur melon en 2016.

Crédit photo : APREL



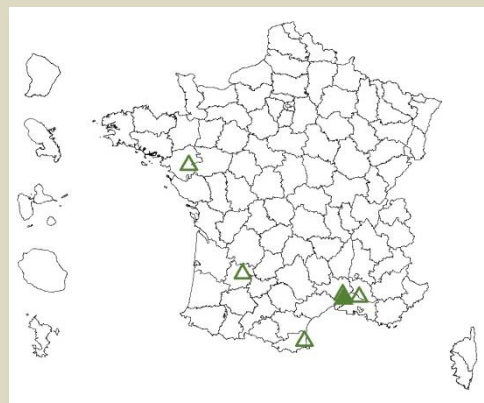


**Projet : GEDUBAT** – Innovations techniques et variétales pour une GEstion DURable des BioAgresseurs Telluriques dans les systèmes maraîchers sous abris

## Site : CTIFL Balandran

Localisation : 751 chemin de Balandran - 30127 BELLEGARDE  
(43.756920, 4.462254)

Contact : Yannie TROTTIN ([trottiny@ctifl.fr](mailto:trottiny@ctifl.fr))



Localisation du site

### Site en station expérimentale

#### CTIFL Balandran Légumes sous abris

Situé près de Nîmes, dans le bassin de production du Languedoc Roussillon, le centre CTIFL de Balandran apporte son concours technique aux producteurs de légumes et de fruits, particulièrement ceux du bassin méditerranéen, ainsi qu'aux professionnels de l'aval de la filière.

Il est constitué de 73 personnes, dont 30 ingénieurs et techniciens, œuvrant sur une exploitation comprenant du maraîchage et de l'arboriculture sur 75 ha, représentative des diverses activités : en serres verre, sous serres et abris plastiques, en plein champ et en verger.

Les thèmes étudiés contribuent à l'amélioration de la qualité, à la réduction des coûts et au respect de l'environnement.

### Historique et choix du site

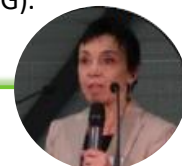
L'équipe légumes du centre CTIFL de Balandran œuvre à développer des solutions durables pour la protection phytosanitaire des cultures et en particulier contre les bioagresseurs aériens (ex : protection biologique) et les bioagresseurs du sol. Dès 2012, le réseau DEPHY EXPE GEDUBAT s'est construit autour de cette dernière thématique suite au projet CASDAR Prabiote (2009 à 2011) portant sur les solutions techniques pour une meilleure maîtrise des bioagresseurs telluriques en limitant le recours aux produits phytosanitaires chimiques. Concernant le projet GeDuBat, les 4 tunnels ont déjà été suivis dans le cadre de Prabiote et ont été choisis pour poursuivre les observations et mettre en place les systèmes de culture avec insertion de pratiques améliorantes. La présence d'un sol relativement peu infesté de nématodes et champignons au début de l'expérimentation, et un enregistrement d'observations de l'état sanitaire depuis 2009, sont des atouts pour le projet.

### Interactions avec d'autres projets

Les projets axés sur la protection des légumes sous abris et en plein champ sont nombreux sur le site. Des travaux sont menés en plein champ avec en particulier des méthodes alternatives sur la fusariose du melon. Sous abris en sol, des engrais verts pour la biofumigation ou des produits de biocontrôle sont étudiés de même que des Stimulateurs de Défense des plantes (projet DEFILEG).

### Le mot du responsable de site

«Le dispositif DEPHY EXPE représente 600 m<sup>2</sup> (soit 2.5% de la surface des cultures sous abris du centre de Balandran) et demande un suivi permanent de la part des expérimentateurs et du personnel d'exploitation pour le suivi et l'entretien des cultures qui se succèdent toute l'année. Cette expérimentation se mêle donc aux multiples essais menés à Balandran. Le dispositif GEDUBAT permet un ancrage régional avec des problématiques importantes sur les cultures et les systèmes de culture étudiés sous abris ainsi qu'une portée nationale compte tenu des bioagresseurs concernés, les nématodes et les champignons telluriques.»



## Systèmes DEPHY testés

Les cultures des systèmes testés ont été choisies afin d'être représentatives de la région. 4 systèmes de culture sont testés dont 3 avec des successions de solanacées et cucurbitacées : **TM10 Standard** avec greffage et solarisation 1 an/3, **TM11** utilisant au maximum la diversification des cultures d'hiver et d'été, **TM12** avec apport annuel de fumier et **TM13** utilisant au maximum les produits de biocontrôle, notamment sur les cultures de laitue en hiver pour réduire l'IFT.

Nom du système	Années début-fin	Agriculture Biologique	Surface de la parcelle	Espèces du système de culture	Circuit commercial
TM10 Standard	2012-2017	Non	0,015 ha	Salade-Melon-Tomate	Long
TM12 Apport de MO	2012-2017		0,015 ha	Salade-Melon	Long
TM13 Biocontrôle et EV	2012-2017		0,015 ha	Salade-Poivron-Tomate-Melon	Long
TM11 Diversification	2012-2017		0,015 ha	Chicorée-Mâche-Melon-Epinard-Concombre-Tomate-Salade	Long

## Dispositif expérimental et suivi

### > Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est constitué de 4 tunnels plastiques de 160 m<sup>2</sup> dont 150m<sup>2</sup> de cultures. Chaque tunnel correspond à un système testé. La taille des parcelles fait l'objet d'un compromis entre « être de taille suffisamment grande » pour observer l'évolution des bioagresseurs à l'échelle du sol, être représentatives d'une culture en production et en même temps « être de taille assez réduite » pour limiter la main d'œuvre qui est importante dans le cas de cultures longues.

#### Répétition :

Aucune répétition des systèmes n'est présente sur le site.

#### Système de référence :

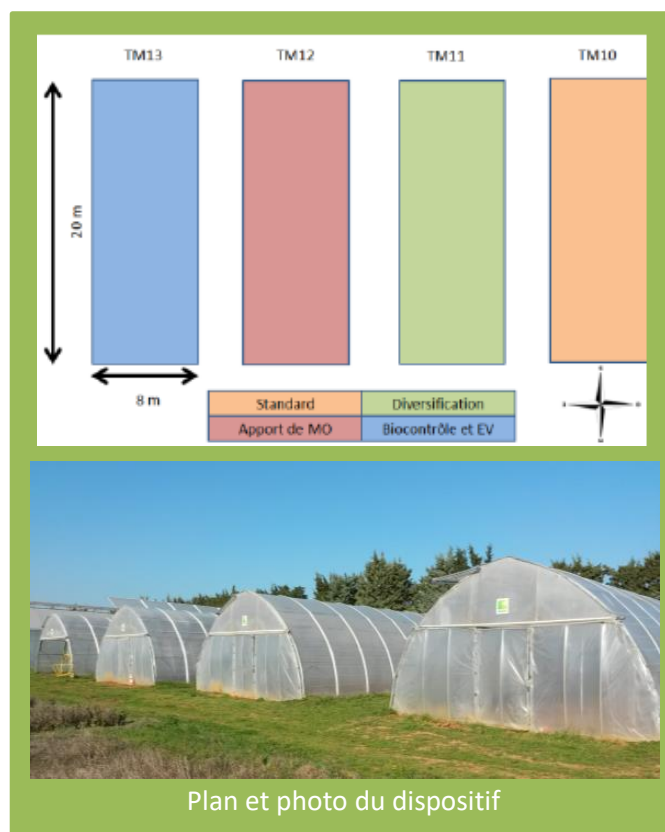
Sur le site de Balandran, le système TM10 Standard est considéré comme référence en raison de l'utilisation de leviers à action directe sur les bioagresseurs (et sa moindre utilisation de leviers alternatifs de gestion des bioagresseurs). L'utilisation d'une référence au niveau de la région ou du bassin de production se révèle délicate en raison d'une très forte diversification de la filière.

#### Aménagements et éléments paysagers :

Les tunnels sont situés sur la station expérimentale de Balandran, qui possède aussi des parcelles de plein champ, d'autres tunnels, des serres verre et des vergers. Autour des tunnels, on trouve à proximité des haies arbustives, des bandes fleuries et des ruches.

### > Suivi expérimental

L'accent est mis sur le suivi des **bioagresseurs dans le sol**, champignons et nématodes. Les racines sont observées systématiquement à chaque fin de culture afin d'évaluer leurs états sanitaires. Une cartographie de l'ensemble des problèmes sanitaires telluriques est réalisée. De plus, les attaques de **bioagresseurs aériens** sont également notées notamment pour déclencher les interventions si nécessaire (apports de macro-organismes, traitements...). Enfin des mesures agronomiques (rendement etc.) et socio-économiques (nombre de passages, etc.) sont effectuées en vue de l'évaluation de la triple-performance des systèmes.



Plan et photo du dispositif

## Contexte de production

### > Pédoclimatique

Météorologie	Type de sol	Comportement du sol
Climat méditerranéen Les risques climatiques sont assez limités car les cultures sont implantées sous abris mais risque de température élevée...	Sol limono argilo sableux RU= 95mm pH = 7,7 MO = 1,4-1,6 %	Le sol est plutôt lourd et assez compact. Il retient l'eau. Présence de cailloux et d'une semelle à 30 cm.

### > Socio-économique

Notre site est implanté au cœur de la zone de production du bassin méditerranéen.

La région Languedoc-Roussillon représente 12.6% de la production nationale en maraîchage (melon, salade, concombre, chicorée, courgette, *Agreste 2014*). Face à la réduction des traitements de sol, il existe une inquiétude croissante des maraîchers et des structures de développement se trouvant face à une impasse technique. De plus, les circuits commerciaux s'appuient sur des cahiers des charges promouvant l'image propre et la valeur santé des légumes, avec des normes parfois plus sévères que la réglementation sur les teneurs en résidus dans les légumes.

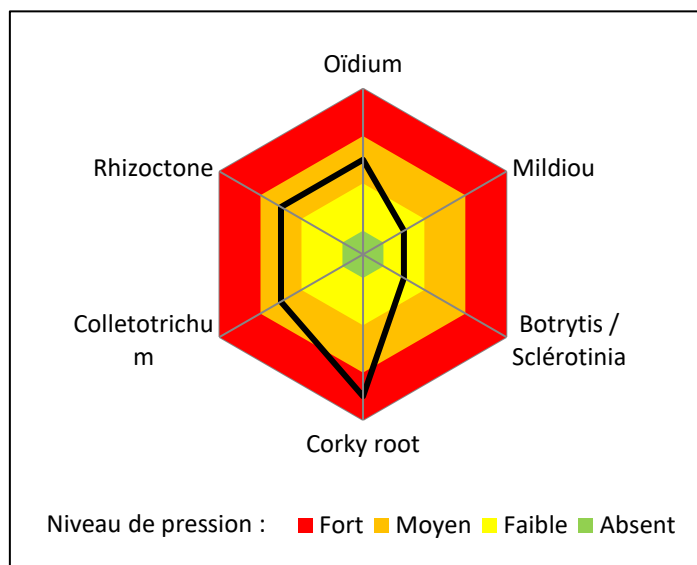
### > Environnemental

Le centre de Balandran est situé à 15 km de Nîmes dans un environnement agricole (arboriculture et viticulture). Le site est dans une zone vulnérable (pollution par les nitrates) ce qui limite les niveaux de fertilisation pour les apports d'azote sous forme minérale ou organique.

Pour l'irrigation, le captage provient du Rhône.

### > Maladies

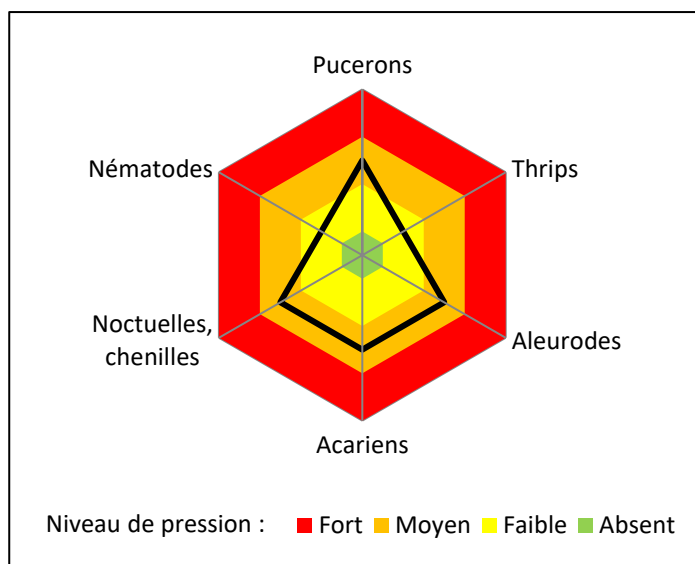
Le risque maladie diffère énormément selon les cultures mais est important. Les **maladies aériennes** (oïdium notamment) sont difficilement gérées lors des cultures longues comme la tomate, la courgette ou le concombre. Concernant les **maladies telluriques**, les tunnels de l'essai présentent une densité d'inoculum dans le sol initialement faible. Les champignons présents sont *Rhizoctonia solani*, champignon très polyphage et le complexe *Pyrenochaeta lycopersici* (Corky-root)/ *Colletotrichum coccodes* qui peut se développer rapidement en présence de cultures sensibles. *Sclerotinia* et *Botrytis* peuvent aussi provoquer des dégâts si les conditions climatiques sont favorables à leur développement.



## > Ravageurs

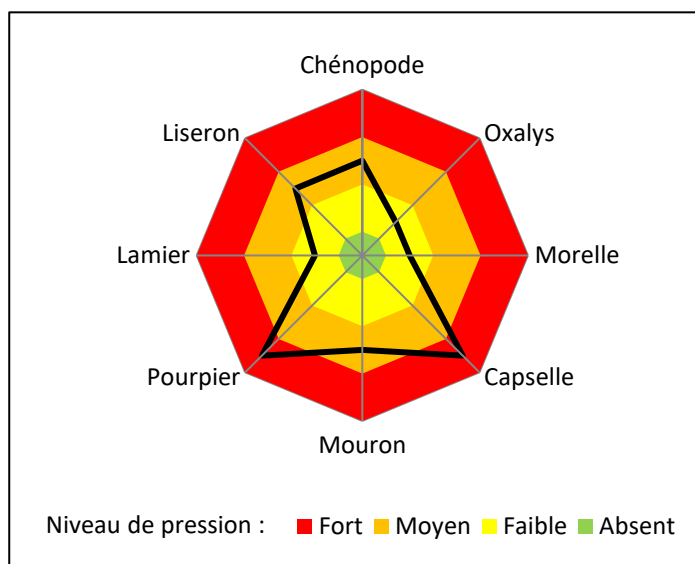
La protection intégrée permet en grande partie de gérer les ravageurs sur les cultures longues du printemps-été avec l'apport régulier d'auxiliaires adaptés selon les cultures et un suivi rigoureux (aleurodes, *Tuta absoluta*, thrips...). Des dégâts de noctuelles peuvent avoir lieu sur la culture de laitue de même que des dégâts de pucerons sur le melon et la salade.

En ce qui concerne les nématodes du genre *Meloidogyne* (*M. hapla*), la pression est assez faible sur ce site.



## > Adventices

Sous l'abri, le paillage noir, limité aux lignes de plantation en culture de Printemps-Eté ou paillage intégral en culture d'hiver (ex. laitue) permet de limiter la levée des adventices. Par contre, dans les passe-pieds, ou en bordure du tunnel, les adventices restent une problématique et sont contrôlées par un désherbage manuel.



Pour en savoir **+**, consultez les fiches **PROJET** et les fiches **SYSTEME**

Action pilotée par le Ministère chargé de l'agriculture et le Ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence Française pour la Biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan ECOPHYTO.





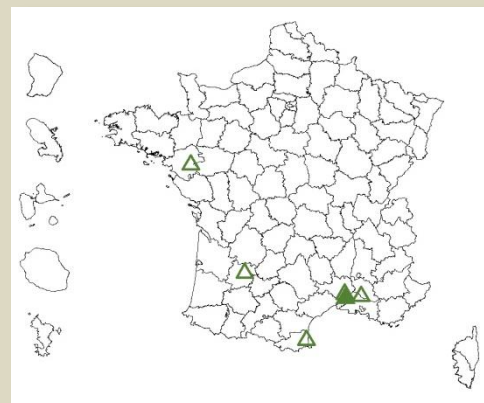
**Projet : GEDUBAT** - Innovations techniques et variétales pour une Gestion Durable des BioAgresseurs Telluriques dans les systèmes maraîchers sous abris

**Site : CTIFL Balandran**

Localisation : 751 chemin de Balandran – 30127 BELLEGARDE  
(43.756920, 4.462254)

## Système DEPHY : TM12 Apport de MO

Contact : Yannie TROTTIN ([trottiny@ctifl.fr](mailto:trottiny@ctifl.fr))



Localisation du système (▲)  
(autres sites du projet Δ)

### Alternance 'salades – cucurbitacée' avec apport de matière organique

**Site :** station expérimentale

**Durée de l'essai :** 2012 – 2017

**Situation de production :** culture en sol sous abris plastiques

**Espèces :** salade – cucurbitacées (principalement melon)

**Conduite :** protection intégrée

**Circuit commercial :** long

**Dispositif expérimental :** 1 tunnel de 160 m<sup>2</sup> dont 150 m<sup>2</sup> pour les cultures. Il n'y a pas de répétition. La succession salades – cucurbitacée a lieu tous les ans.

**Système de référence :** en l'absence de système de référence, des références extérieures ont été retenues. Par exemple pour l'IFT, ce sont les données recueillies dans le réseau DEPHY FERME Maraîchage en Provence-Alpes-Côte d'Azur.

**Type de sol :** limono argilo sableux

### Origine du système

Le système testé s'inscrit dans la continuité d'un précédent projet intitulé « PraBioTel », qui visait à proposer des pratiques améliorantes pour la gestion des bioagresseurs telluriques en cultures légumières. A cela, s'ajoute aujourd'hui un objectif de réduction des produits phytosanitaires.

La rotation testée est basée sur une **alternance de cucurbitacées** en printemps-été (principalement du melon greffé) et de **deux cultures de salades** en automne-hiver. Ce système reste intensif et correspond à ce que l'on peut rencontrer chez des maraîchers de la région, avec la succession de deux salades par an.

L'**apport annuel de matière organique**, sous forme de fumier, est étudié dans ce système avec un objectif d'amélioration de l'activité biologique du sol comme levier de **gestion alternatif des nématodes**. Cette technique bénéficie de quelques années de recul, puisqu'elle avait déjà été utilisée pendant deux années lors du précédent projet.

### Objectif de réduction d'IFT

50 %

Par rapport aux données de références du réseau DEPHY FERME Maraîchage en Provence-Alpes-Côte d'Azur

### Mots clés

Apport de matière organique (fumier) – Bioagresseurs telluriques – Champignons – Nématodes – Greffage

### Stratégie globale

**Efficience** ☆☆☆☆☆

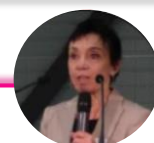
**Substitution** ★★★★★

**Reconception** ☆☆☆☆☆

*Efficience : Amélioration de l'efficacité des traitements*

*Substitution : Remplacement d'un ou plusieurs traitements phytosanitaires par un levier de gestion alternatif*

*Reconception : La cohérence d'ensemble est repensée, mobilisation de plusieurs leviers de gestion complémentaires*



### Le mot du pilote de l'expérimentation

« Dans ce système, l'accent est mis sur l'apport annuel de fumier (réalisé avant la culture de melon) afin d'améliorer l'activité biologique du sol, sans bouleverser les pratiques culturales de la rotation. Les premières années d'expérimentation montrant des résultats prometteurs sur la gestion des nématodes à galles, le transfert de cette technique a déjà pu être initié auprès des agriculteurs du réseau FERME (groupe des Bouches du Rhône). » Y. TROTTIN

## Caractéristiques du système

**Succession culturale pour une campagne donnée :**



**Mode d'irrigation :** Aspersion pour salade et goutte-à-goutte pour melon.

**Travail du sol :** Recours à des outils de type décompacteur, rotobèche et herse rotative (ou rotolabour). Réalisation d'un travail du sol superficiel avant chaque culture pour préparer le lit de plantation.

**Gestion du sol :** Du fumier est apporté annuellement depuis 2009 (sauf en 2011) et une solarisation après l'apport de fumier a été réalisée en 2012.

**Gestion des adventices :** Faux semis réalisé en août. Mise en place de paillage plastique intégral pour les salades et en ligne pour les melons. Un désherbage à la main peut être fait en cours de culture si besoin.

**Infrastructures agro-écologiques :** Présence de haies arbustives, de bandes fleuries, de céréales et de ruches autour du tunnel.



Photo du tunnel TM12, culture de melon en 2015 – Crédit photo : CTIFL

## Objectifs du système

Les objectifs poursuivis par ce système sont de trois ordres :

Agronomiques	Maîtrise des bioagresseurs	Environnementaux
<b>Rendement</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de perte de rendement</li> </ul>	<b>Maîtrise des bioagresseurs telluriques</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Limiter les populations de nématodes à galles <i>Meloidogyne</i></li> <li>- Maintenir l'état sanitaire des racines</li> <li>- Limiter les pourritures basales sur salade dues à <i>Botrytis</i>, <i>Sclerotinia</i> et <i>Rhizoctonia</i>.</li> </ul>	<b>IFT Chimique</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduction de 50 % par rapport aux données de références du réseau DEPHY FERME Provence-Alpes-Côte d'Azur</li> </ul>
<b>Commercialisable</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Critères de commercialisation équivalents au conventionnel</li> </ul>	<b>Maîtrise des bioagresseurs aériens</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sur salades, 0 tolérance de mildiou et tolérance de quelques pucerons</li> <li>- Sur melons, tolérance d'oïdium et d'acariens</li> </ul>	<b>Toxicité des produits</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En melon, choix de produits les moins toxiques vis-à-vis des auxiliaires / pollinisateurs</li> <li>- Prise en compte du risque sur l'homme et des délais de ré-entrée</li> <li>- 0 désinfection chimique du sol (si possible)</li> </ul>
<b>Activité biologique des sols</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Augmenter l'activité biologique (vers de terre, communautés de nématodes non phytoparasites)</li> </ul>		

Dans de tels systèmes intensifs en salades, une des préoccupations majeure réside sur **l'état sanitaire du sol**, qui tend à se détériorer au fil des ans. Au lancement du projet, la parcelle allouée à ce système étant faiblement attaquée (fumier en 2009 et 2010 puis fumier et solarisation en 2012), l'objectif est de maintenir ce bon état sanitaire.

Par ailleurs, aucun objectif économique ou social n'a été défini au lancement du projet, mais à terme, il y a une volonté d'intégrer différents indicateurs tels que la marge, le temps de travail,... dans l'évaluation multicritère de ce système.

Résultats sur les campagnes de 2012 à 2017

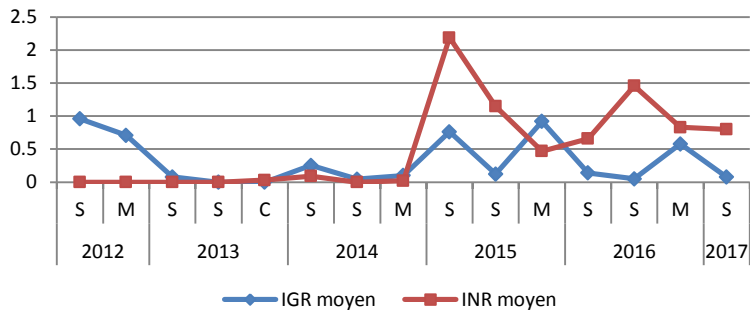
Le code couleur traduit le niveau de satisfaction des résultats vis-à-vis des objectifs initialement fixés.  
vert = résultat satisfaisant, orange = résultat moyennement satisfaisant, rouge = résultat insatisfaisant, gris = non concerné

> Maîtrise des bioagresseurs

		Campagne 2012		Campagne 2013			Campagne 2014			Campagne 2015			Campagne 2016			Campagne 2017		Satisfaction globale sur les 6 années
		S	M	S	S	C	S	S	M	S	S	M	S	S	M	S		
Telluriques	Nématodes	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	
	Champignons	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😞	😞	😞	😞	😞	😞	😞	😞	
Aériens	Mildiou	😊		😊	😊		😊	😊		😊	😊		😊	😊			😊	
	Pucerons	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😞	😊	😞	😊	😊	😊	😊 Sur melon 😞 Sur salade	
	Oïdium		😊			😊			😊			😊			😊		😊	
	Acariens		😊			😊			😊			😊			😊		😊	

S = Salade ; M = Melon ; C = Courgette

Evolution des attaques de nématodes représentées par les indices de galles racinaires (IGR) et de nécroses racinaires (INR) moyens de 2012 à 2017

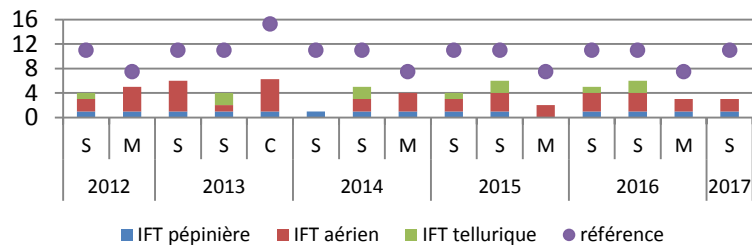


S = Salade ; M = Melon ; C = Courgette

Les apports de fumier maintiennent les **populations de nématodes *Meloidogyne*** à un **niveau très faible** dans ce système de culture. Les attaques initialement faibles ont été maintenues à un faible niveau. Les effets de la solarisation (en 2012) et de l’apport de fumier annuel (7 apports de fumier en 8 ans depuis 2009) pourraient expliquer ces observations de non remontée des populations de nématodes notamment après la solarisation.  
Par contre, **l’indice de nécroses racinaires (INR) est en augmentation** dans ce système intensif en salade même s’il reste faible pour le melon greffé qui suit les salades.  
Et depuis 2014, **d’autres bioagresseurs telluriques apparaissent**, notamment *Rhizoctonia* en progression sur salade provoquant des pourritures basales ainsi que d’autres espèces de nématodes.

> Performances

IFT chimique par culture pour le système TM12 et pour la référence



S = Salade ; M = Melon ; C = Courgette  
IFT calculé sans distinction des cibles. L’IFT de référence correspond à l’IFT moyen des années 2009 à 2011 dans quelques exploitations du réseau FERME DEPHY Maraîchage en PACA, pour chaque culture.

Rendement par culture et niveau de satisfaction

		2012		2013			2014			2015			2016			2017
		S	M	S	S	C	S	S	M	S	S	M	S	S	M	S
Rdt (kg/m²)		-	2,6	5	3,4	7,4	1,7	4,3	3,3	1,7	3,8	4,6	3,2	2,9	2,8	4,2

S = Salade ; M = Melon ; C = Courgette  
Pour le rendement, il n’y avait pas de référence disponible, le niveau de satisfaction est exprimé après recueil d’éléments auprès des techniciens de la région PACA afin d’obtenir un degré de satisfaction « à dire d’experts ».

**L’IFT tellurique reste faible** chaque année et l’IFT chimique comprend surtout des traitements vis-à-vis des bioagresseurs aériens. En moyenne, les IFT chimiques ont été diminués de 65% par rapport à l’IFT du réseau FERME PACA pour la salade d’automne, de 52% pour la salade d’hiver et de 53% pour le melon (année 2013 non prise en compte dans la moyenne pour le melon). Les **objectifs de réduction d’IFT chimiques ont été atteints**. Le nombre de traitements de biocontrôle est faible (de 1 à 3 pour la salade et 0 pour le melon) mais ce n’était pas un objectif de ce système de culture.  
  
Le **rendement est satisfaisant pour le melon** (cultures homogènes, vigoureuses) et **plus variable pour les salades**. C’est notamment le cas pour la salade d’automne, où le rendement est souvent insuffisant, ce qui s’explique par la courte durée de culture et une pression en bioagresseurs plus élevée due notamment à des conditions climatiques plus favorables (température, humidité).



## Zoom sur les populations de nématodes présents dans le sol

Deux types de suivi sont réalisés pour quantifier et caractériser les différentes populations de nématodes présents dans ce système. Les **nématodes non phytoparasites** sont sensibles aux pratiques mises en place dans le système. Ils peuvent être considérés comme l'un des indicateurs de la biodiversité du sol. Les **nématodes phytoparasites** sont quant à eux sensibles à la succession culturale et entrent en compétition les uns avec les autres.

### ❖ Quantification des nématodes à galles phytoparasites *Meloidogyne*

La quantification des populations de *Meloidogyne* (juvéniles et adultes) est réalisée depuis 2012. Cette population a été suivie grâce à des prélèvements de sol. On observe le maintien d'une quasi-inexistence de *Meloidogyne* dans ce système, probablement **grâce à la solarisation de 2012** (réalisée la première année du projet) et à l'apport annuel de fumier (pas de remontée des populations de nématodes *Meloidogyne*).



Crédit photo : CTIFL

Photo de galles de nématodes sur salade

### ❖ Suivi des populations de nématodes phytoparasites et non phytoparasites

Ces suivis sont réalisés depuis 2013 grâce à des prélèvements annuels après la culture d'hiver de salade. Concernant les nématodes phytoparasites, ils sont principalement du genre *Paratylenchus* qui paraît être en augmentation (hypothèse d'équilibre de communauté entre les différentes espèces?). Les autres genres sont négligeables. Pour ce qui est des nématodes non phytoparasites, ces populations ont augmenté entre 2013 et 2014, mais diminuent depuis. Il reste pour l'instant difficile de relier l'effet des pratiques de ce système de culture (solarisation au départ, puis apport de fumier annuel et alternance d'une culture de cucurbitacées et d'une succession de deux salades) avec l'évolution des communautés de nématodes du sol.

## Transfert en exploitations agricoles



Le levier « **apport de fumier** » présente à ce jour une utilisation faible à moyenne. Il est plutôt apporté dans les exploitations conduites en agriculture biologique alors que les autres exploitations introduisent des composts de déchets verts ou des bouchons d'amendements organiques.

Même si la ressource existe, il manque l'organisation pour le transport et l'épandage sur les exploitations. Ce **travail est en cours par la Chambre d'Agriculture 13** ce qui pourrait permettre un transfert plus important de ce levier.

## Pistes d'améliorations du système et perspectives



Des **pistes d'améliorations** peuvent être proposées concernant la **diversification** des cultures de printemps-été. L'objectif serait de remplacer une culture de melon par une culture de tomates par exemple un an sur deux, tout en maintenant un apport de fumier en amont. La culture de tomates étant une culture plus longue que le melon, il ne serait possible de ne faire qu'une seule culture de salade par la suite, ce qui aurait comme bénéfice de rendre le système moins intensif. En effet la durabilité de ce système intensif et sans rotation se pose notamment vis-à-vis des champignons et des autres espèces de nématodes (autres que *Meloidogyne*). Ce type de système reste à approfondir.



Des **connaissances** restent à développer sur les **effets à long terme** entre apports de matières organiques et activités biologique du sol, notamment pour l'évolution des communautés de nématodes (phytoparasites et non phytoparasites) et des communautés de champignons-bactéries. Les mécanismes sous-jacents doivent être approfondis.

Pour en savoir **+**, consultez les fiches **PROJET** et les fiches **SITE**

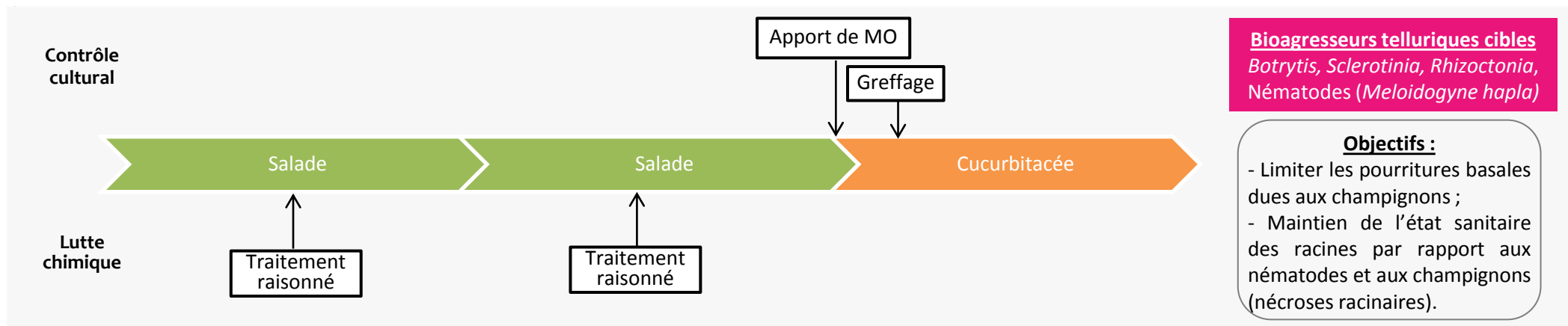
Action pilotée par le ministère chargé de l'agriculture et le ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence française pour la biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto.

Document réalisé par **Yannie TROTTIN** et **Tiphaine SARGENTINI**,  
CTIFL Balandran



# Stratégie de gestion des bioagresseurs telluriques

Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des bioagresseurs telluriques.



## Leviers

## Principes d'action

## Enseignements

### Apport de MO

Apport de 25 t/ha/an de fumier de cheval pour augmenter l'activité biologique du sol. Le fumier de cheval a été choisi de par sa facilité d'approvisionnement.

Cet apport se fait avant la culture de cucurbitacée pour une meilleure valorisation puisque le cycle de la cucurbitacée est plus long que celui d'une salade. De plus, l'apport de fumier avant salade augmenterait le risque d'avoir une concentration en nitrate supérieure à la limite maximale autorisée.

Le taux de matière organique est passé de 1,5 à 2 %. Il y a eu une amélioration de la structure du sol et une limitation des populations de nématodes.

Evolution possible : modification de la dose de fumier à apporter, mais tout en tenant compte de la réglementation (Directive Nitrates).

### Greffage

Utilisation d'espèces greffées pour augmenter la vigueur des plants. Le choix de la variété et du porte-greffe se fait de manière classique, il n'y a pas de résistance des porte-greffes de melon aux bioagresseurs telluriques (nématodes /champignons).

Il y a une plus grande homogénéité des plants. Le coût des plants est 2 fois plus élevé, mais la densité de plantation est deux fois moindre, ce qui n'engendre pas de freins économiques.

### Traitement raisonné

1 à 2 traitements sont réalisés sur la première salade et 2 traitements sur la deuxième contre *Botrytis*, *Sclerotinia* et *Rhizoctonia*. Les traitements sont raisonnés en fonction du stade de développement de la salade : 1<sup>er</sup> traitement entre le stade 7 et 9 feuilles, 2<sup>e</sup> traitement entre 11 et 13 feuilles.

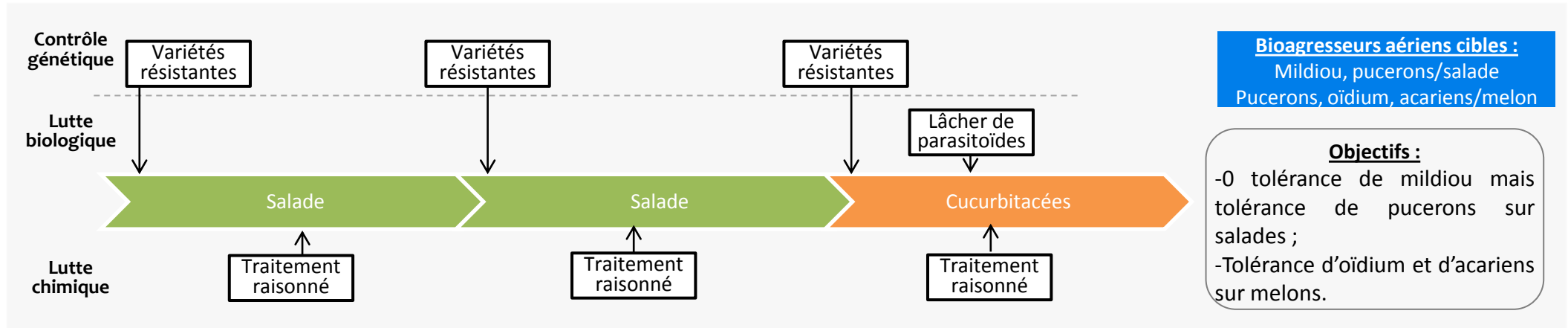
Par comparaison aux itinéraires réalisés de manière conventionnelle, un traitement a été supprimé, celui juste après plantation, tout en obtenant des niveaux de protection similaires. L'hypothèse est que le traitement réalisé en pépinière (avant plantation) joue encore son rôle de protection.



Incorporation du fumier dans le sol  
 – Crédit photo : CTIFL

## Stratégie de gestion des bioagresseurs aériens

Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des bioagresseurs aériens.



### Leviers

### Principes d'action

### Enseignements

#### Variétés résistantes

En salade : la variété est sélectionnée selon trois critères : le créneau de production, le type de salade et un niveau de résistance maximal contre le mildiou (en priorité) puis contre les pucerons.

En melon : le choix se porte sur une variété résistante aux pucerons (variété VAT – Virus Aphid Transmission) qui sont des vecteurs de phytovirus et à l'oïdium (résistance intermédiaire des variétés).

Ces choix variétaux ont permis de réduire le risque d'attaques. Point positif : ces variétés sont facilement accessibles sur le marché.

#### Lâcher de parasitoïdes

En melon, 1 ou 2 lâchers de guêpes parasitoïdes sont réalisés dès apparition de pucerons (0,5 à 1 guêpe/m<sup>2</sup>). Les guêpes pondent leurs œufs à l'intérieur des pucerons, ce qui entraîne leur mort. La nette réduction de traitement contre les pucerons favorise aussi des entrées de parasitoïdes et prédateurs indigènes dans le tunnel.

Cette technique est simple et nécessite peu de main d'œuvre. Elle permet de réduire nettement les traitements insecticides, ou seulement en localisé si besoin. Afin de ne pas impacter les parasitoïdes, il est nécessaire de bien raisonner les autres traitements lorsqu'il y en a.

#### Traitement raisonné

En salade, réalisation de traitements contre le mildiou et les pucerons selon les observations : intervention seulement si présence des bioagresseurs.

En melon, réalisation de traitements raisonnés à l'observation des premières tâches et en cas d'évolution.

Nécessaire de réaliser des observations fréquentes (1 fois par semaine) pour bien raisonner les traitements.



En culture de melon, lâcher de parasitoïdes de pucerons (momies introduites dans des petites boîtes en carton ou dibox suspendues pour éviter leur prélèvement par les fourmis)

– Crédit photo : CTIFL

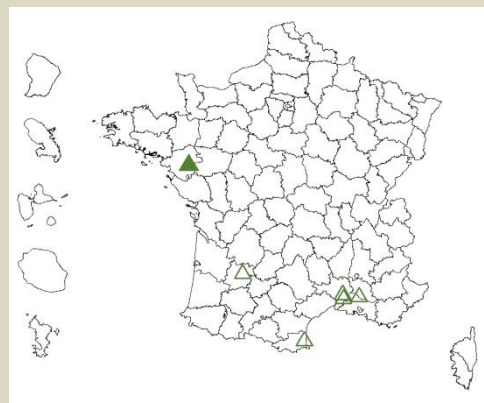


**Projet : GEDUBAT** — Innovations techniques et variétales pour une Gestion DURable des BioAgresseurs Telluriques dans les systèmes maraîchers sous abris

## Site : CTIFL Carquefou

Localisation : Allée des Sapins - 44470 CARQUEFOU  
(47.286038, -1.456591)

Contact : Céline ADE ([ade@ctifl.fr](mailto:ade@ctifl.fr))



Localisation du site

### Site en station expérimentale

#### CTIFL Carquefou Légumes sous abris

Situé près de Nantes, dans le bassin de production du Val de Loire, le Centre CTIFL de Carquefou apporte son concours technique aux producteurs de légumes et de fruits, particulièrement ceux du Grand Ouest et du Nord de la France, ainsi qu'aux professionnels de l'aval de la filière.

Il est constitué de 27 personnes, dont 11 ingénieurs et techniciens, œuvrant sur une exploitation maraîchère de 6 ha représentative des diverses activités, en serres verre, sous serres et abris plastiques et en plein champ.

Les travaux du Centre de Carquefou sont consacrés aux cultures légumières sous serre et abris et en plein champ. Les thèmes étudiés contribuent à l'amélioration de la qualité, à la réduction des coûts et au respect de l'environnement.

### Historique et choix du site

L'équipe légumes plein champ et abris du centre CTIFL de Carquefou œuvre depuis l'avènement du plan Ecophyto à développer des solutions durables pour la protection phytosanitaire des cultures et en particulier contre les bioagresseurs du sol très présents en cultures légumières. Dès 2012, le réseau DEPHY EXPE GEDUBAT s'est construit autour de cette dernière thématique. Pour le moment aucun autre projet DEPHY EXPE n'a lieu sur le site de Carquefou mais les expérimentations systèmes sont au cœur des préoccupations.

Concernant le projet, la spécificité de ce site est la nouveauté des parcelles. Bien que les multichapelles dédiées à l'essai fussent déjà présentes et utilisées sur le site, peu de cultures d'été y étaient effectuées. La présence d'un sol relativement sain et exempt de maladies du sol au début de l'expérimentation facilite l'évaluation de l'impact de nouvelles méthodes de travail sur l'état sanitaire du sol.

### Interactions avec d'autres projets

Les projets axés sur la protection des légumes sont nombreux sur le site. Actuellement nous travaillons avec l'ARELPAL à diminuer la pression des bio-agresseurs présents dans les sols par l'utilisation de diverses méthodes de luttés alternatives dans les systèmes du bassin nantais. Précédemment, nous avons participé au projet DEFILEG visant à optimiser l'utilisation de Stimulateurs de Défenses des Plantes.

### Le mot du responsable de site

« Le dispositif DEPHY EXPE représente 800 m<sup>2</sup> soit à peine plus de 1 % de la surface de la station, mais représente une main d'œuvre importante pour le suivi et l'entretien des cultures. Cette expérimentation se mêle donc aux multiples essais menés à Carquefou, de la serre verre au plein champ en passant par les grands abris et petits tunnels. Le dispositif GEDUBAT permet cependant un ancrage au niveau national avec des problématiques plus larges et des cultures plus diversifiées que celles auxquelles nous pouvons être confrontés dans un contexte régional prégnant. »



## Systèmes DEPHY testés

Les cultures des systèmes testés ont été choisies afin d'être représentatives de la région. A partir de la rotation de base (radis-tomate-salade), deux systèmes sont testés : l'un (**M2E Classique**) sans pratique particulière, et l'autre (**M2O Biocontrôle**) utilisant au maximum des produits de biocontrôle de façon à diminuer l'IFT.

De plus, deux systèmes avec un apport de matière organique et un degré de diversification différent sont également expérimentés. Le système **M1O Matière organique** n'est diversifié qu'en été, alors que le système **M1E Diversification** l'est aussi en hiver.

Nom du système	Années début-fin	Agriculture Biologique	Surface de la parcelle	Espèces du système de culture	Circuit commercial
M2E Classique	2012-2017	Non	0,02 ha	Radis-Tomate-Salade	Long
M2O Biocontrôle			0,02 ha	Radis-Tomate-Salade	
M1O Matière organique			0,02 ha	Radis- Tomate -Salade-Courgette	
M1E Diversification			0,02 ha	Radis- Tomate-Epinard-Mâche-Courgette	

## Dispositif expérimental et suivi

### > Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est constitué de 2 unités de multichapelles de 400 m<sup>2</sup>. Chaque multichapelle abrite 2 systèmes testés.

Sous abris, la taille des parcelles fait l'objet d'un compromis entre « être de taille suffisamment grande » pour observer des évolutions des bioagresseurs à l'échelle du sol et être représentatives d'une culture en production, et en même temps « être de taille assez réduite » pour limiter la main d'œuvre qui est importante dans le cas de cultures longues.

#### Répétition :

Aucune répétition des systèmes n'est présente sur le site.

#### Système de référence :

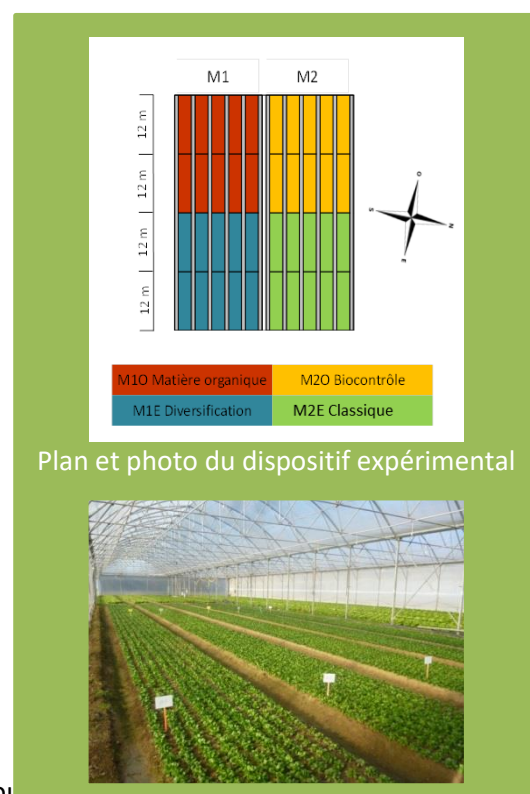
Sur le site, le système M2E Classique est utilisé comme référence en raison de sa moindre utilisation de leviers alternatifs de gestion des bioagresseurs. L'utilisation d'une référence au niveau de la région ou du bassin de production se révèle délicate en raison d'une très forte diversification de la filière.

#### Aménagements et éléments paysagers :

Les multichapelles sont situées dans la station expérimentale de Carquefou, une zone industrielle croissante. Autour des multichapelles, on trouve donc à proximité d'autres abris, des parcelles de plein champ et des haies arbustives.

### > Suivi expérimental

L'accent est mis sur le suivi des **bioagresseurs dans le sol**, champignons en l'occurrence. Des observations de racines sont donc réalisées systématiquement à chaque fin de culture afin d'évaluer leur état sanitaire. De plus, les attaques de **bioagresseurs aériens** sont également notées notamment pour déclencher les traitements si besoin. Enfin des mesures agronomiques (rendement etc.) et socio-économiques (nombre de passages etc.) sont effectuées en vue de l'évaluation de la triple-performance des systèmes.



Plan et photo du dispositif expérimental



## Contexte de production

### > Pédoclimatique

Météorologie	Type de sol	Comportement du sol
Climat océanique tempéré Les risques climatiques sont plutôt limités car les cultures sont implantées sous abri.	Sol sablo-limoneux RU < 60mm pH = 8 MO = 1,1-1,3 %	Le sol est frais, léger et meuble grâce au travail du sol effectué et aux apports de sables. Il se réchauffe et ressuie rapidement.

### > Socio-économique

Notre site est implanté dans le 1<sup>er</sup> département (44) producteur de radis (Agreste 2014). Face à la réduction des traitements de sol, il existe une inquiétude croissante des maraîchers et des structures de développement se trouvant face à une impasse technique. De plus, les circuits commerciaux s'appuient sur des cahiers des charges promouvant l'image propre et la valeur santé des légumes, avec des normes parfois plus sévères que la réglementation sur les teneurs en résidus dans les légumes.

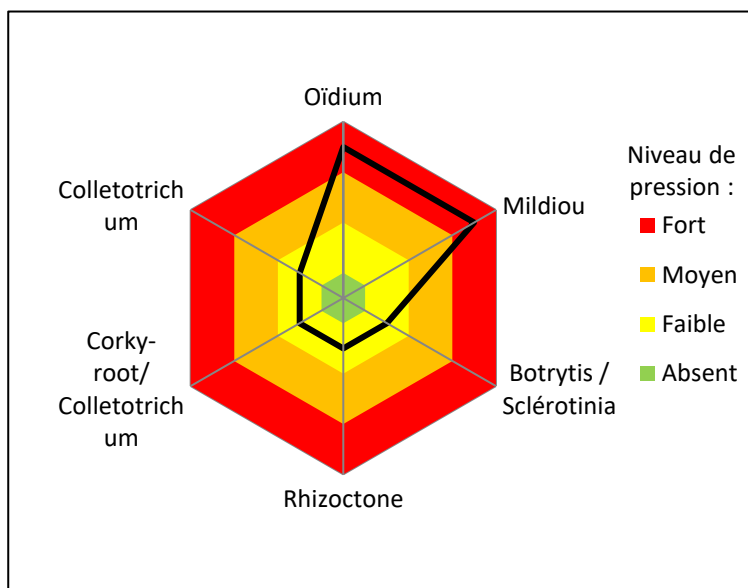
### > Environnemental

La station expérimentale de Carquefou est entourée d'une zone urbaine et industrielle avec la métropole de Nantes. De nombreux bâtiments et routes morcellent donc le paysage. Les maraîchers de la région nantaise sont également confrontés à cette pression urbaine croissante et il est parfois difficile de faire cohabiter les différents usagers d'un même lieu (inesthétisme des abris plastiques, traitements sanitaires à proximité d'habitations...). Pour l'irrigation, l'eau utilisée provient d'un captage au niveau de la Loire.

### > Maladies

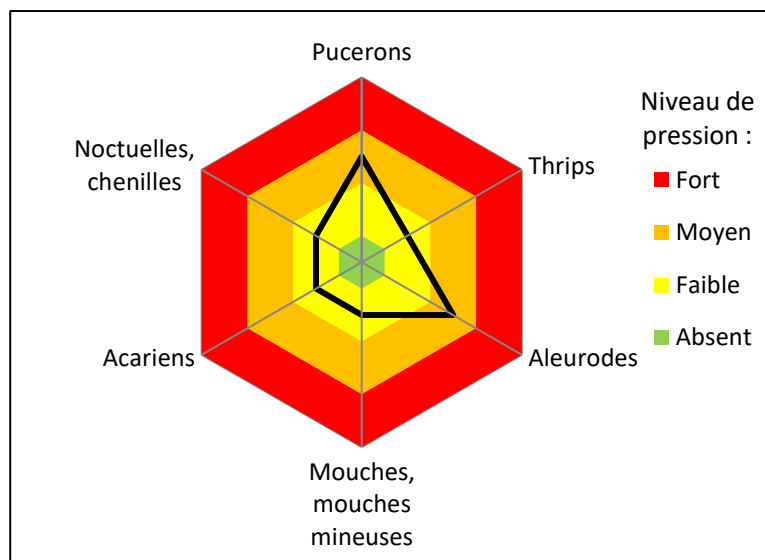
Le risque maladie diffère énormément selon les cultures mais est important. Les **maladies aériennes** (oïdium, mildiou) sont difficilement gérées lors des cultures longues comme la tomate, la courgette ou la laitue.

Concernant les **maladies telluriques**, les multichapelles de l'essai présentent un faible historique des cultures longues et intensives. La densité d'inoculum dans le sol est initialement faible. Le plus gros risque se situe pour le rhizoctone, champignon très polyphage, et pour le complexe *Pyrenochaeta lycopersici* (Corky-root)/ *Colletotrichum coccodes* qui peut se développer rapidement en présence de cultures sensibles.



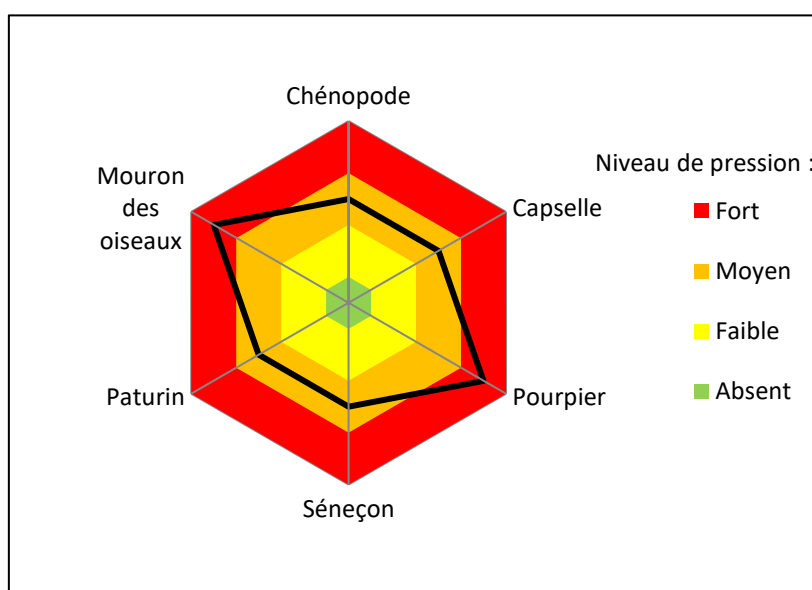
## > Ravageurs

La lutte intégrée permet en grande partie de gérer les ravageurs sur les cultures longues du printemps-été avec l'apport régulier d'auxiliaires et un suivi rigoureux. Pour le reste, la pression est assez faible sur ce site. Les conditions climatiques sont parfois favorables à des attaques de mouches du genre *Delia* si l'automne est doux. Quelques dégâts de noctuelles peuvent avoir lieu sur la culture de laitue.



## > Adventices

L'abri limite le risque adventices par rapport à du plein champ, mais leur maîtrise peut se révéler délicate selon les cultures (concurrence, culture semée ou plantée, tri manuel ou non etc.). Le désherbage sur les lignes de poteaux est une problématique majeure sur notre site comme chez les producteurs. L'absence de travail du sol sur ces zones crée des conditions favorables à la levée des adventices qui se propagent facilement sur les planches à côté.



Pour en savoir **+**, consultez les fiches **PROJET** et les fiches **SYSTEME**

Action pilotée par le Ministère chargé de l'agriculture et le Ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence Française pour la Biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan ECOPHYTO.



**Projet : GEDUBAT** - Innovations techniques et variétales pour une Gestion Durable des BioAgresseurs Telluriques dans les systèmes maraîchers sous abris

**Site : CTIFL Carquefou**

Localisation: 35 Allée des Sapins 44470 Carquefou  
(47.287233, -1.458200)

**Système DEPHY : M1 Ouest Diversification**

Contact : Céline ADE ([ade@ctifl.fr](mailto:ade@ctifl.fr))



Localisation du système (▲)  
(autres sites du projet △)

### Diversification de la succession culturale Radis - Tomate - Salade

**Site :** station expérimentale

**Durée de l'essai :** 2012-2017

**Situation de production :** culture en pleine terre sous abris plastique

**Espèces :** tomate, courgette, radis, salade, mâche, épinard

**Conduite :** production raisonnée

**Circuit commercial :** long

**Dispositif expérimental :** l'essai est conduit en multi-chapelle, le système est conduit sur 5 planches de 24 mètres linéaires, qui sont divisées en 2 dans le sens de la largeur Est/Ouest.

**Système de référence :** système conventionnel représentatif de la région avec une rotation radis - tomate - salade, conduit également en multi-chapelle sur 5 planches de 24 mètres linéaires

**Type de sol :** sol alluvionnaire sableux

### Origine du système

Le système testé s'inscrit dans la continuité d'un précédent projet intitulé « PraBioTel », qui visait à proposer des pratiques améliorantes pour la gestion des bioagresseurs telluriques en cultures légumières. A cela, s'ajoute aujourd'hui un objectif de réduction des produits phytosanitaires.

La rotation testée est basée sur l'introduction de cultures produites dans le Bassin Nantais, en vue de **diversifier la succession culturale** classique (radis - tomate - salade) et agir ainsi sur le développement des **bioagresseurs telluriques des cultures légumières**.

Ce système reste intensif et correspond à ce que l'on peut rencontrer chez des maraîchers de la région. L'**introduction d'engrais verts** dans la rotation et l'**apport de matières organiques** a également pour but d'améliorer la fertilité du sol et de favoriser son activité biologique.

### Objectif de réduction d'IFT

**50 %**

Par rapport aux données de références du Groupe DEPHY Maraîchage 44

### Mots clés

Matières organiques - Greffage -  
Bioagresseurs telluriques -  
Diversification - Choix variétal - PBI -  
Engrais vert -

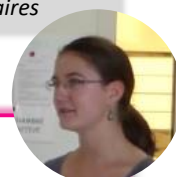
### Stratégie globale

**Efficience** ☆☆☆☆☆  
**Substitution** ★★☆☆☆  
**Reconception** ★★★☆☆

*Efficience : amélioration de l'efficacité des traitements*

*Substitution : remplacement d'un ou plusieurs traitements phytosanitaires par un levier de gestion alternatif*

*Reconception : la cohérence d'ensemble est repensée, mobilisation de plusieurs leviers de gestion complémentaires*

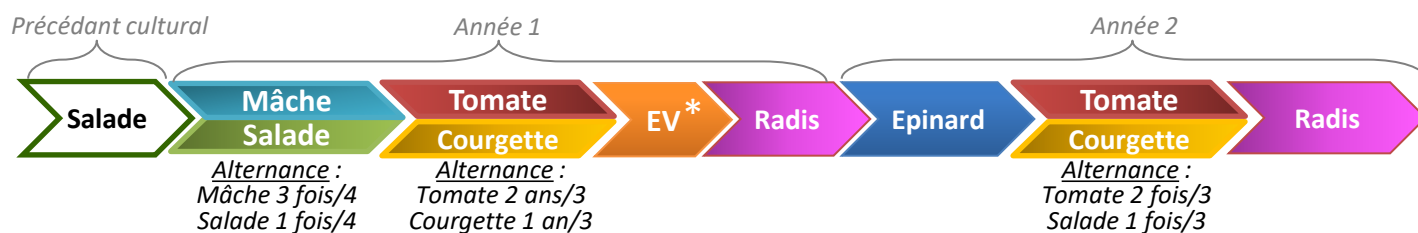


### Le mot du pilote de l'expérimentation

« Le projet GEDUBAT concerne les systèmes sous abris froids, avec une approche en réseau et une diversité géographique représentative, pour pouvoir proposer des solutions techniques adaptées à une large "gamme" de producteurs et de conditions climatiques. La comparaison de parcelles est organisée autour de cultures pivots communes (radis - tomate - salade), pour permettre une comparaison rigoureuse». Céline ADE

## Caractéristiques du système

### ➤ Succession culturale de deux ans :



\* EV = Engrais Verts (Sorgho)

- **Mode d'irrigation** : un système de goutte à goutte avec une gaine poreuse pour les cultures d'été et une aspersion pour les cultures d'hiver.
- **Fertilisation** : une fertilisation de fond (Bochevo, compost végétal de fumier de ferme) est effectuée au démarrage selon les résultats de l'analyse de sol, avec si besoin un nouvel apport en cours de culture.
- **Infrastructures agro-écologiques** : présence de haies arbustives, de bandes fleuries, de bandes enherbées et de ruches aux alentours des multi-chapelles.



Photographie illustrant les multi-chapelles du CTIFL de Carquefou (44)  
Crédit photo : CTIFL

## Objectifs du système

Les objectifs poursuivis par ce système sont de trois ordres :

Agronomiques	Maîtrise des bioagresseurs	Environnementaux
<b>Rendement</b>	<b>Maîtrise des bioagresseurs telluriques</b>	<b>IFT</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pas de perte de rendement par rapport à la référence</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limiter le maintien des spores et/ou sclérotés de <i>Pyrenochaeta lycopersici</i> et de <i>Rhizoctonia solani</i> dans le sol</li> <li>Maintenir le bon état sanitaire des racines</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réduction de 50 % de l'IFT par rapport aux données de références du Groupe DEPHY Maraîchage 44</li> </ul>
<b>Commercialisable</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Critères de commercialisation équivalents au système conventionnel</li> </ul>		
<b>Activité biologique des sols</b>	<b>Maîtrise des bioagresseurs aériens</b>	<b>Toxicité des produits</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Augmenter l'activité biologique des sols (vers de terre, bactéries et champignons bénéfiques)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>0 tolérance pour les maladies fongiques aériennes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Choix de produits les moins toxiques vis-à-vis des auxiliaires / pollinisateurs, de l'homme et des cultures</li> <li>Limitation des désinfections chimiques du sol (si possible)</li> </ul>

Dans une optique de production sans augmentation de l'IFT, **des ruches à Bourdons « Biobest® »** ont été installées dans les abris froids. Ces dernières peuvent jouer un rôle clef dans la **pollinisation** des cultures. En parallèles, des **auxiliaires « Biobest® »** permettent la lutte contre les bioagresseurs aériens.

## Résultats sur les campagnes de 2012 à 2017

Le code couleur traduit le niveau de satisfaction des résultats vis-à-vis des objectifs initialement fixés : Vert = résultats satisfaisants ; Orange = résultats moyennement satisfaisants ; Gris = non concerné

Les lettres se rapportent aux cultures : S = Salade ; T = Tomate ; R = Radis ; E = Epinard ; M = Mâche ; C = Courgette

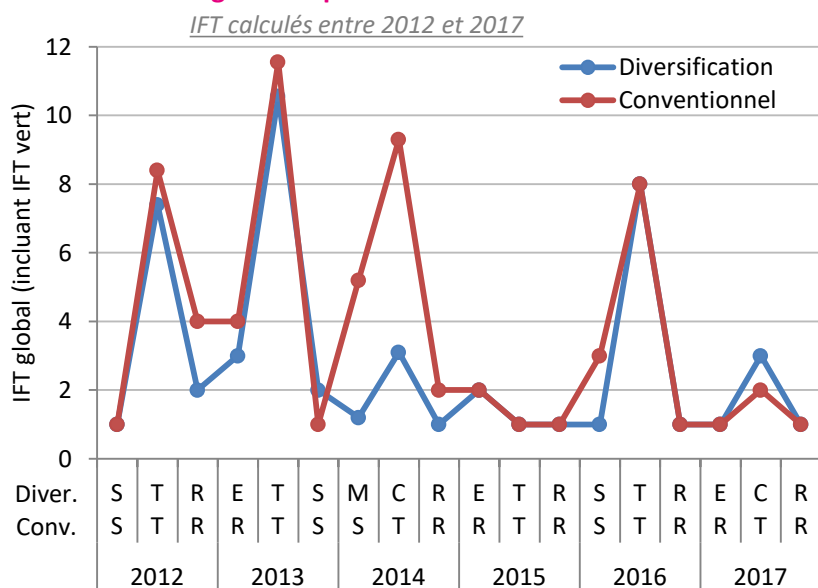
### Maîtrise des bioagresseurs

Durant les six années du projet GEDUBAT, très peu d'attaques par des bioagresseurs telluriques ont été décelées. Grâce à l'**alternance** de six familles botaniques, un bon état sanitaire des sols a été maintenu.

Aucun recours à des techniques de désinfection de sol n'a été nécessaire.

		2012			2013			2014			2015			2016			2017		
		S	T	R	E	T	S	M	C	R	E	T	R	S	T	R	E	C	R
Telluriques																			
	Puceron																		
	Mildiou																		
	Oïdium																		
	Acarien																		

### Performances agronomiques et environnementales



Les IFT telluriques relevés au cours des années sont restés faibles. Les IFT chimiques comprennent surtout des traitements vis-à-vis des bioagresseurs aériens (e.g. Oïdium, Mildiou, pucerons).

Les IFT du système **diversification** sont restés **moins élevés** que dans un système **conventionnel**.

En outre, les IFT des radis et des épinards de la modalité diversification ont **diminué** de plus de 50 % en six ans.

Les IFT les plus importants concernent les cultures d'été (tomates et courgettes).

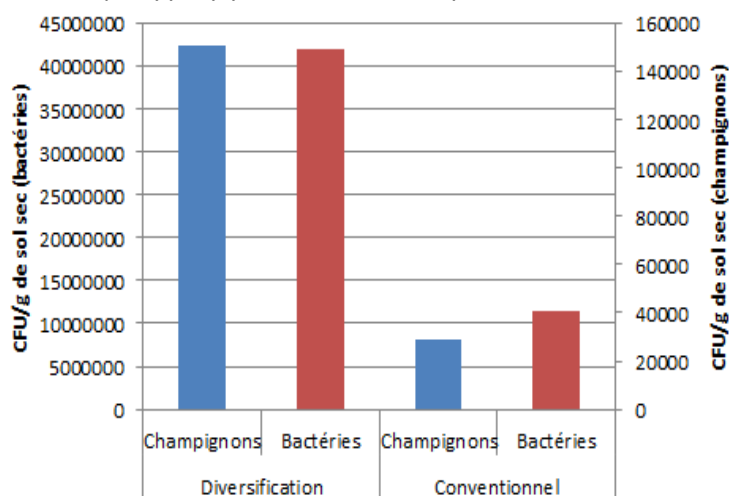
Les **apports de fumier** couplés à l'**absence de désinfection des sols** ont permis de maintenir et/ou de stimuler la quantité de champignons et de bactéries présente dans les sols en comparaison à du maraîchage conventionnel. Les techniques de biologie moléculaire permettraient de distinguer les populations pathogènes des populations bénéfiques.

Dans le système **diversification**, les **rendements sont satisfaisants pour l'ensemble des cultures**. Plus particulièrement, les rendements en **radis d'automne** sont **augmentés** par rapport à un mode de culture **conventionnel**.

Pour le rendement, le niveau de satisfaction est exprimé après recueil d'éléments auprès des techniciens de la région nantaise afin d'obtenir un degré de satisfaction « à dire d'experts » :

	2012			2013			2014			2015			2016			2017		
	S	T	R	E	T	R	M	C	R	E	T	R	S	T	R	E	C	R
Rendement (kg/m <sup>2</sup> )																		

Dénombrement des unités formant des colonies (CFU) fongiques et bactériennes pour l'année 2016





## Zoom sur la diversification

La **diversification** des productions au niveau du nombre d'espèces maraîchères peut représenter une forme d'organisation pertinente **économiquement** et **agronomiquement** :

- **Économiquement**, une production diversifiée permet une **sécurité** au niveau des **revenus**, alors répartis sur plusieurs espèces et saisons.
- **Agronomiquement**, une production diversifiée permet la mise en place de rotations et d'associations de cultures présentant des métabolismes, des systèmes racinaires et des consortia microbiens différents. Chacun de ces paramètres peut jouer un rôle clef dans la lutte contre les **bioagresseurs** telluriques et aériens.



## Transfert en exploitations agricoles



- Le levier « **diversification** » devra être en adéquation avec les équipements et la main d'œuvre présents en maraichage conventionnel.
- Le choix des **cultures** doit pouvoir être adapté aux conditions **pédoclimatiques** propre à chaque **région**.
- Le levier « **apport de fumier** » devra être vérifié en s'assurant de la présence de filière de production/vente, de transport et d'épandage.

## Pistes d'améliorations du système et perspectives



- La sélection **d'autres espèces ou d'autres variétés** pourrait encore permettre de diminuer l'IFT des cultures (e.g. plantes non-hôtes, plantes pièges) tout en améliorant les **propriétés agronomiques** du sol (différents systèmes racinaires : travail sur la texture et la structure du substrat).

- Les aspects **sociaux-économiques** engendrés par la diversification des cultures doivent être évalués en détails (e.g. présence de filière de revente, demandes de la clientèle, rentabilité, contraintes de travail... ).



- La recherche **d'indicateurs agronomiques** (e.g. humidité, pH) et **biologiques** (e.g. activités enzymatiques) pourrait permettre de mieux comprendre et anticiper les attaques par les bioagresseurs telluriques.

- Des **connaissances** restent à développer sur les **effets à long terme** entre apports de matières organiques et les activités biologiques du sol, notamment pour l'évolution des communautés de bioagresseurs telluriques et des communautés de champignons-bactéries bénéfiques. Les mécanismes sous-jacents doivent être mieux appréhendés.

Pour en savoir **+**, consultez les fiches **PROJET** et les fiches **SITE**

Action pilotée par le ministère chargé de l'agriculture et le ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence française pour la biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Écophyto.

Document réalisé par **Charlotte Berthelot**,  
**Chloé Durot** et **Vanessa Demoisson**  
CTIFL de Carquefou



AGENCE FRANÇAISE  
POUR LA BIODIVERSITÉ  
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

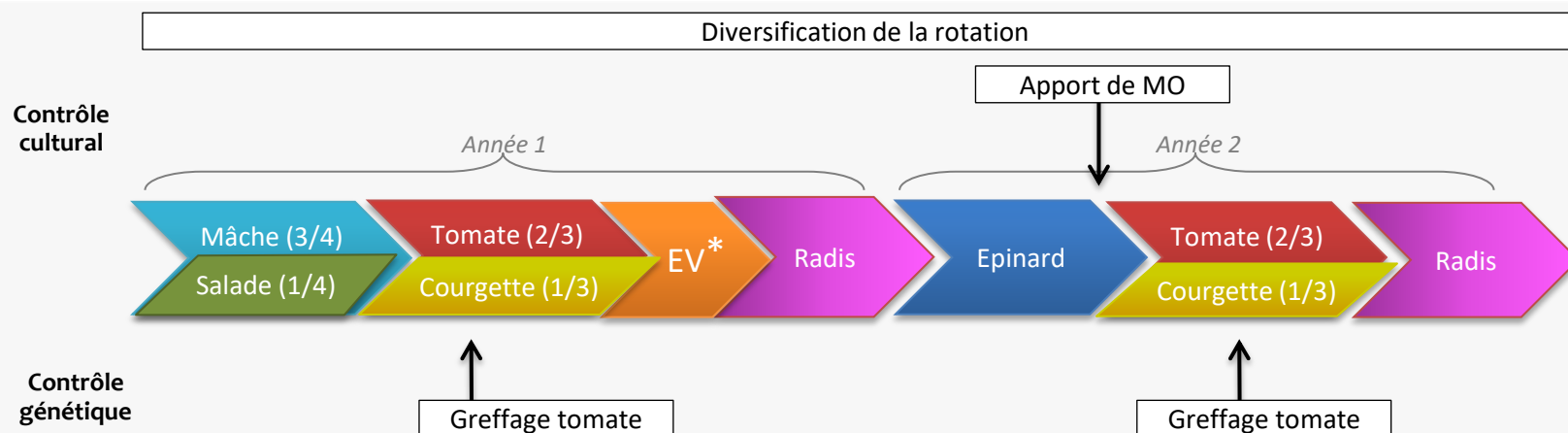




# Stratégie de gestion des bioagresseurs telluriques



Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de bioagresseurs telluriques.



**Bioagresseurs telluriques cibles**  
Botrytis, Sclerotinia, Rhizoctonia,  
Corky-root

## Objectifs :

- Limiter le maintien des spores de champignons pathogènes dans le sol
- Améliorer la fertilité du sol

## Leviers

## Principes d'action

## Enseignements

\* EV = Engrais Verts (Sorgho)

<b>Apport de MO</b>	Un apport de fumier a été réalisé annuellement pour augmenter l'activité biologique du sol. Cet apport se fait avant les cultures de cucurbitacées et de solanacées pour une meilleure utilisation. En effet les cycles des cucurbitacées et des solanacées en rotation sont plus long que celui du radis.	Le taux de matière organique du sol est passé de 1,1 à 1,8 % en six ans. L'apport de fumier a généré une augmentation du rendement en radis. Evolution possible : modification de la dose de fumier à apporter, mais tout en tenant compte de la réglementation.
<b>Greffage tomate</b>	Des tomates greffées ont été utilisées pour leur meilleure vigueur et leur résistance aux bioagresseurs. Le choix de la variété et du porte-greffe se fait de manière classique (porte greffe résistant au corky root : Pyrenochaeta lycopersici).	Malgré le coût des plants deux fois plus élevé, le greffage a permis de fortement diminuer l'incidence du corky-root sur les plants de tomates, sans engendrer de freins économiques.
<b>Diversification de la rotation</b>	La diversification a été expérimentée avec l'alternance de six cultures appartenant à six familles botaniques différentes. Trois cultures par an (de base salade(s) d'hiver / cucurbitacées ou solanacées de printemps-été) se sont succédées. L'engrais vert (sorgho) participe également à cette diversification. De plus, la salade, la mâche, l'épinard et le sorgho sont des plantes non hôtes	La rotation culturale contribue à rompre le cycle des organismes nuisibles aux cultures, notamment des champignons qui sont souvent très spécifiques. Grâce à l'alternance de six systèmes racinaires distincts et de leur microorganismes associés, un bon état sanitaire et biologique du sol a été conservé durant les six années de l'étude. Aucun recours à des techniques de type solarisation ou de biofumigation n'a été nécessaire.

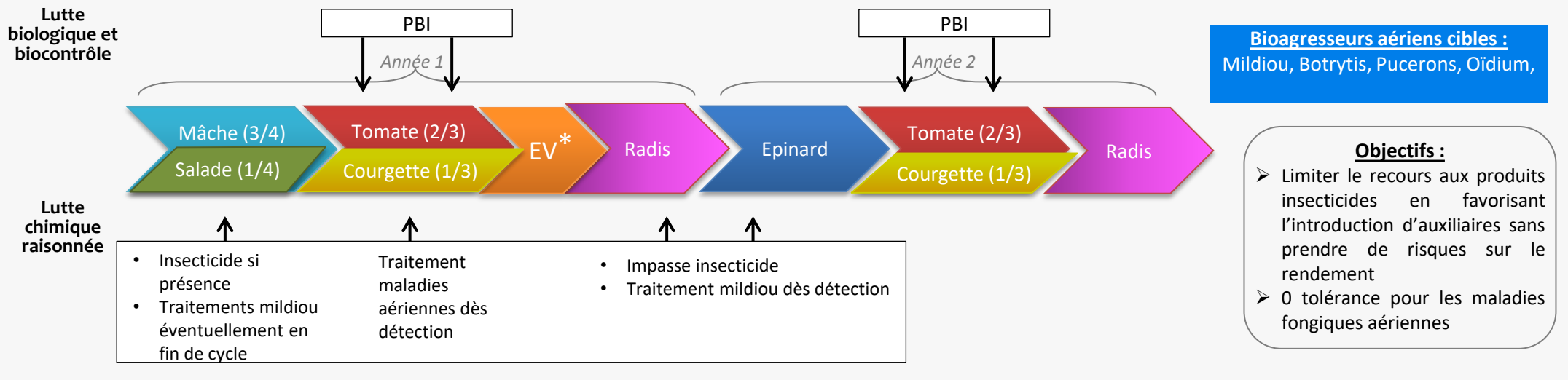


Greffage des tomates en multichapelle. Crédit photo : CTIFL



## Stratégie de gestion des bioagresseurs aériens

Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des bioagresseurs aériens.



### Leviers

### Principes d'action

### Enseignements

#### Protection Biologique Intégrée (PBI)

Ruche Biobest®: une ruche pour 2 multichapelles

Tomate et courgette : lâchers d'auxiliaires pour lutter contre :

- Les aleurodes (*Macrolophus pygmaeus* et *Encarsia formosa*)
- Les pucerons (*Aphimix* et *Aphidius matricariae*)
- *Tuta absoluta* (piège à phéromones)

Utilisation de Teppeki® contre les pucerons, d'Armicarb® /microthiol® contre l'oïdium et de Preferal® contre les aleurodes.

La présence de ruches de bourdons permet une bonne pollinisation des cultures.

Les techniques citées ci-contre n'ont pas toujours été suffisantes/précoces, ce qui a parfois nécessité la mise en place de traitements chimiques.

#### Lutte chimique raisonnée

Si dépassement passage en chimique sans prise de risque.

Une lutte raisonnée par traitements chimiques a été mise en place de manière non systématique et adaptée à chaque bioagresseurs.

Des observations visuelles plus récurrentes des plantes faciliteraient la lutte contre les bioagresseurs aériens, tandis qu'un meilleur suivi des conditions climatiques (e.g. humidité) permettrait de mieux contrôler les champignons tels que le mildiou ou l'oïdium.

- EV = Engrais Verts (Sorgho)
- PBI = Protection Biologique Intégrée



Introduction de ruches dans la culture de tomate  
Crédit photo : CTIFL



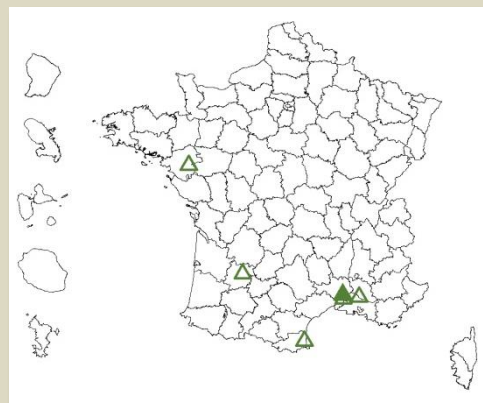


**Projet : GEDUBAT** – Innovations techniques et variétales pour une GEstion DURable des BioAgresseurs Telluriques dans les systèmes maraîchers sous abris

## Site : GRAB

Localisation : 30320 MARGUERITTES  
(43.863416, 4.436841)

Contact : **Hélène VEDIE** ([helene.vedie@grab.fr](mailto:helene.vedie@grab.fr))



Localisation du site

### Site producteur

#### GRAB

##### Légumes sous abris

Le Groupe de Recherche en Agriculture Biologique est une station régionale d'expérimentation créée en 1979 pour améliorer les techniques en Agriculture Biologique. Les essais sont conduits pour moitié environ sur la station expérimentale située à Avignon, les autres essais sont réalisés chez des producteurs en AB.

Le site expérimental se trouve à Marguerittes, près de Nîmes, dans une exploitation maraîchère cultivée en agriculture biologique depuis 2000. L'exploitation est composée de 3 ha de plein champ et 8000 m<sup>2</sup> de tunnels plastiques froids. Le système de production repose sur 4 cultures principales (courgette, salade, persil, blettes) en lien avec une commercialisation en circuit long, mais diversifie peu à peu ses productions (mâche, roquette, épinard, chou rave...).

### Historique et choix du site

L'exploitation rencontre des difficultés liées à la présence importante et généralisée de nématodes à galles (*Meloidogyne incognita* et *M. arenaria*). A partir de 2008, des expérimentations sont conduites par le GRAB sur ce site pour tenter de réguler les populations : solarisation, engrais verts, cultures non-hôtes, ...

2 tunnels sont suivis dans le cadre de projets nationaux sur la gestion des bioagresseurs telluriques à partir de 2009. C'est d'abord le projet CASDAR Prabiote (2009 à 2011) portant sur les pratiques améliorantes pour une meilleure maîtrise des bioagresseurs telluriques, puis le réseau DEPHY EXPE GEDUBAT animé par le CTIFL à partir de 2012. Le site bénéficie donc de plusieurs années de suivi et d'observations qui permettent de juger de l'évolution de l'état des parcelles en fonction des changements de pratiques. La motivation et l'intérêt du producteur sont des atouts importants pour tester et pouvoir faire évoluer les systèmes de cultures dans le cadre du projet.

### Interactions avec d'autres projets

Le GRAB est également partenaire du projet SMaCH Gedunem sur les Innovations techniques et variétales pour une gestion durable des nématodes à galles dans les systèmes maraîchers sous abris, en partenariat avec l'INRA. Les interactions entre les projets Gedubat et Gedunem sont nombreuses, avec des partenaires communs aux deux projets.

### Le mot du responsable de site

«L'implantation d'un essai chez un producteur est complémentaire des essais conduits en station car le maraîcher participe à la prise de décision avec son expérience et sa vision réaliste et pratique des techniques testées. Le dispositif DEPHY EXPE représente une surface de 960 m<sup>2</sup> sur l'exploitation. Nous avons la chance de participer à ce projet pour une durée de 6 ans ce qui permet vraiment de juger des évolutions des systèmes dans le temps, ce qui est fondamental lorsqu'on travaille sur le sol.»



## Systèmes DEPHY testés

Nous avons 2 systèmes de culture principaux qui correspondent à des leviers d'actions différents pour maîtriser les nématodes à galles, problématique principale sur cette exploitation. Le système 2 combine la culture de plantes moins sensibles, notamment en été, et la stimulation de l'activité biologique avec des apports de matière organique, des engrais verts et le recours limité à la solarisation (1 ans sur 3 maximum). Le système 1 est plus risqué au niveau de la rotation des cultures, avec une rupture sur l'automne mais des plantes assez sensibles au printemps, et la solarisation est employée plus fréquemment (2 ans sur 3 minimum). Le système 3 est un sous-système du système 1, avec la même succession de cultures mais les racines des cultures d'été sont arrachées en cas de présence de galles (prophylaxie).

Nom du système	Années début-fin	Agriculture Biologique	Surface de la parcelle	Espèces du système de culture	Circuit commercial
Système 2 (T2 Plantes sensibles limitées – MO)	2012-2017	Oui	0,048 ha	Roquette-Chou rave-Fenouil-Persil – Oignon - Mâche	Long
Système 1 (T3N Été sensible - automne régulé)	2012-2017		0,024 ha	Mâche-Persil-Courgette-Chou rave	Long
Système 3 (T3S Été sensible - automne régulé + arrachage)	2012-2017		0,024 ha		Long

## Dispositif expérimental et suivi

### > Dispositif expérimental

C'est un essai « système » à 3 modalités, sans répétition. Les modalités sont positionnées dans les tunnels en fonction de l'état d'infestation initial. Le système 2, qui est le moins risqué a été mis dans le Tunnel 2 qui était le plus infesté. Le système 1 où la prise de risque est plus grande, a été mis dans le Tunnel 3, moins infesté. Le système 3 (arrachage des racines) a été mis en place dans le demi-tunnel T3 Sud, plus infesté que le T3 Nord. Chaque tunnel fait 8 m de large sur 60 de long.

#### Système de référence :

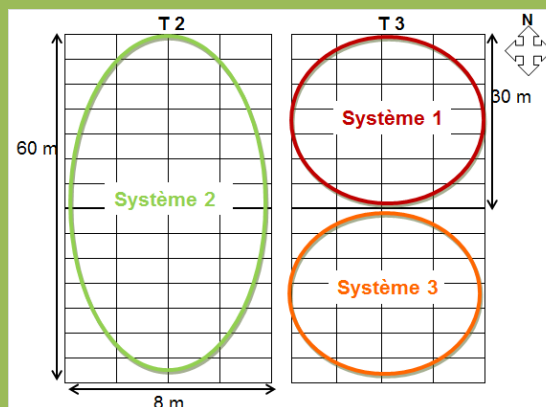
Il n'y a pas de véritable système de référence sur ce site, car les producteurs font généralement des successions de cultures sensibles, en utilisant d'autres leviers tels que le greffage pour les solanacées, qui ne sont pas cultivées sur cette exploitation. Le système 1 est celui qui s'en approche le plus. L'objectif de ce dispositif est de comparer des systèmes de gestion qui doivent tous réduire la présence des nématodes à galles.

#### Aménagements et éléments paysagers :

Les tunnels sont surtout entourés d'autres tunnels et de parcelles plein champ. Les tunnels sont bordés au nord par une haie de cyprès et on trouve à proximité des haies arbustives et quelques amandiers.

### > Suivi expérimental

Les cartographies des indices de galles à la fin de chaque culture ainsi que le dénombrement des larves de nématodes dans le sol sont réalisés pour suivre l'évolution des populations. Les populations de nématodes non phytophages et la biomasse microbienne du sol sont également mesurées dans les 3 systèmes en tant qu'indicateurs de l'effet des pratiques sur l'activité biologique du sol. Les résultats techniques et économiques sont analysés.



Plan du dispositif et photo du tunnel 3 (2014)

## Contexte de production

### > Pédoclimatique

Météorologie	Type de sol	Comportement du sol
Climat méditerranéen Les risques climatiques sont limités car les cultures sont sous abris, mais les températures sont élevées l'été.	Sol limono argilo-sableux (27% A ; 47% L, 26% S) calcaire (pH=8) bien pourvu en MO (3,5 à 4%)	Le sol est un bon sol maraîcher. La structure y est généralement très favorable.

### > Socio-économique

Le site est implanté au cœur de la zone de production du bassin méditerranéen.

La région Languedoc Roussillon représente 12.6% de la production nationale en maraîchage (melon, salade, concombre, chicorée, courgette, *Agreste 2014*). Le nombre d'exploitations touchées par les nématodes à galles est en forte croissance dans le Sud-Est de la France, notamment en agriculture conventionnelle où les possibilités de désinfection chimique sont dorénavant plus limitées, mais surtout en maraîchage biologique où les moyens de lutte sont peu nombreux. Les exploitations en AB de la région Languedoc Roussillon sont particulièrement touchées, on observe des chutes de rendement élevées, avec des conséquences financières importantes. L'enjeu régional économique en LR est de taille car la surface en maraîchage bio sous abris est de 100 ha et assure l'essentiel du chiffre d'affaire maraîchage régional en circuit long.

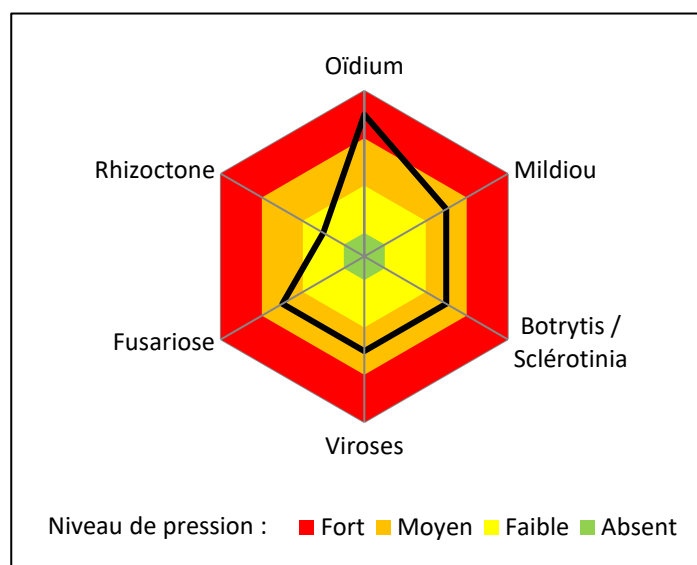
### > Environnemental

L'exploitation est située à 10 km de Nîmes dans un environnement agricole (arboriculture et viticulture). Le site est dans une zone vulnérable (pollution par les nitrates) ce qui limite les niveaux de fertilisation pour les apports d'azote sous forme minérale ou organique.

### > Maladies

Le risque maladie diffère énormément selon les cultures. Les **maladies aériennes** (oïdium notamment) sont difficilement gérées lors des cultures longues comme la courgette. Le mildiou peut être très présent sur le persil par exemple.

Concernant les **maladies telluriques**, les tunnels de l'essai présentent une densité d'inoculum dans le sol relativement faible. Les principaux champignons présents sont *Sclerotinia* et *Botrytis* qui peuvent provoquer des dégâts si les conditions climatiques sont favorables à leur développement, notamment sur courgette et salade. *Rhizoctonia solani*, champignon très polyphage, et des symptômes de fusariose, touchant le collet, sont parfois observés.

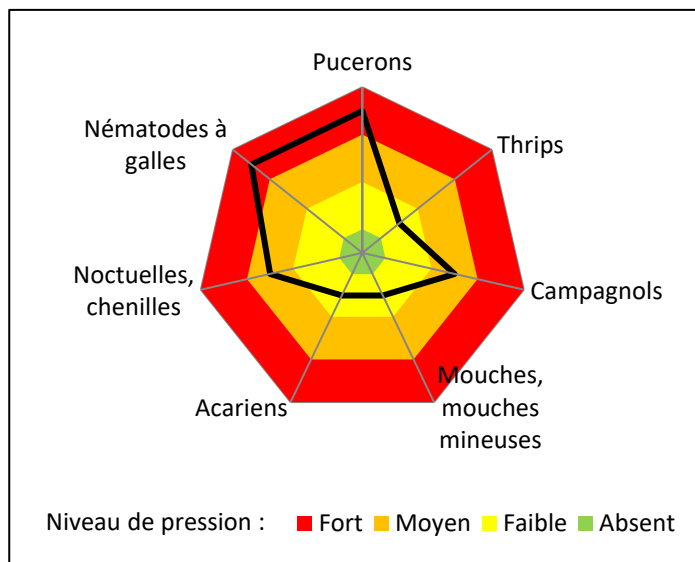


### > Ravageurs

La pression des nématodes à galles, du genre *Meloidogyne*, est importante sur toute l'exploitation.

Les dégâts de campagnols peuvent être importants, notamment sur les cultures d'hiver (chou rave, salade).

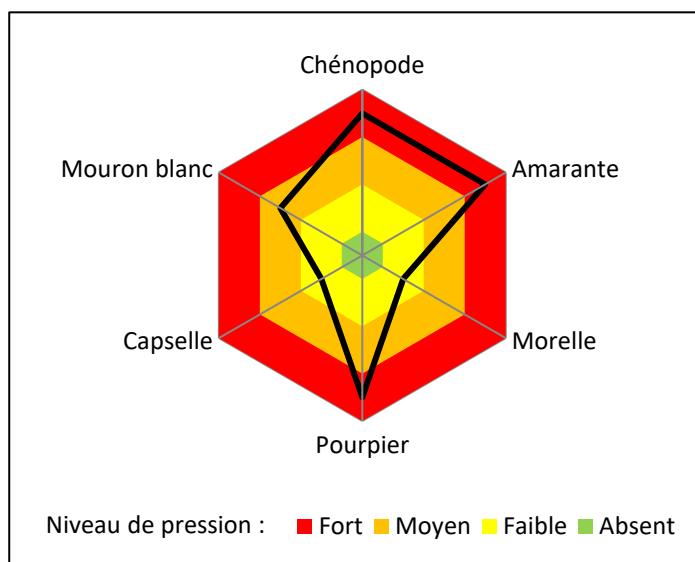
Les pucerons sont les ravageurs aériens qui constituent le risque majeur, avec très peu de moyens de lutte en AB. La protection intégrée permet en grande partie de gérer les ravageurs sur les cultures longues du printemps-été avec l'apport régulier d'auxiliaires adaptés selon les cultures (thrips...).



### > Adventices

Le paillage plastique noir est utilisé sur les lignes de plantation des cultures de Printemps-Eté (courgette) ou en paillage intégral pour les cultures d'hiver, ce qui permet de limiter le développement des adventices.

Les adventices se développent principalement dans les passe-pieds ou en bordure de tunnel et sont contrôlées par un désherbage manuel. Les chénopodes, amarantes et pourpier sont particulièrement présents l'été, et doivent être maîtrisés car ces plantes sont également hôtes des nématodes. La solarisation, pratiquée régulièrement sur l'exploitation, permet de nettement diminuer la pression des adventices.



Pour en savoir **+**, consultez les fiches **PROJET** et les fiches **SYSTEME**

Action pilotée par le Ministère chargé de l'agriculture et le Ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence Française pour la Biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan ECOPHYTO.



**Projet : GEDUBAT** - Innovations techniques et variétales pour une Gestion Durable des BioAgresseurs Telluriques dans les systèmes maraîchers sous abris

**Site : GRAB - Marguerittes**

Localisation : 30320 MARGUERITTES  
(43.863416, 4.436841)

## Système DEPHY : T2 Plantes sensibles limitées

Contact : **Hélène VEDIE** ([helene.vedie@grab.fr](mailto:helene.vedie@grab.fr))



Localisation du système (▲)  
(autres sites du projet △)

### Cultiver des espèces de légumes peu sensibles aux nématodes en période à risque

**Site :** producteur à Marguerittes (30)

**Durée de l'essai :** 2012 – 2017

**Situation de production :** culture en sol sous abri plastique

**Espèces :** légumes feuilles – Courgette

**Conduite :** Agriculture Biologique

**Circuit commercial :** long

**Dispositif expérimental :** 1 tunnel de 480 m<sup>2</sup>, sans répétition

**Système de référence :** pas de système de référence sur le site, mais un autre système GEDUBAT avec plus de cultures sensibles, qui permet la comparaison de l'évolution des indicateurs. Le système étant en AB, l'IFT est naturellement bas, et n'est pas comparé aux références de l'agriculture conventionnelle.

**Type de sol :** sol limono argilo sableux calcaire

### Origine du système

Le système s'inscrit dans la continuité du projet « PraBioTel », qui visait à proposer des pratiques améliorantes pour la **gestion des bioagresseurs telluriques en cultures légumières**. Des enquêtes et essais préliminaires conduits au GRAB ont permis de sélectionner des espèces commerciales peu sensibles aux nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.), à introduire dans les rotations pour diminuer la multiplication de ces bioagresseurs.

Le système étudié repose sur l'utilisation des **espèces peu sensibles** sur le créneau à risque vis-à-vis des nématodes, au printemps et en été, tout en gardant la possibilité de cultiver des espèces plus sensibles comme la salade sur le créneau automne-hiver, lorsque les nématodes sont moins actifs. Cette **stratégie « d'évitement »** permet de réduire le risque lié à la rotation de cultures, et de minimiser le recours à des solutions curatives telles que la **solarisation**.

L'apport annuel de **matière organique**, la pratique des **engrais verts** et la **réduction de l'utilisation de la solarisation** qui sont mis en œuvre dans le système ont pour objectif **l'amélioration de l'activité biologique globale du sol**, comme levier complémentaire de gestion durable des bioagresseurs telluriques.

### Stratégie globale

**Efficience**

☆☆☆☆☆

**Substitution**

☆☆☆☆☆

**Reconception**

★★★★★

### Mots clés

Diversification – Apport de matière organique – Engrais verts – Nématodes à galles – Solarisation

*Efficience : amélioration de l'efficacité des traitements*

*Substitution : remplacement d'un ou plusieurs traitements phytosanitaires par un levier de gestion alternatif*

*Reconception : la cohérence d'ensemble est repensée, mobilisation de plusieurs leviers de gestion complémentaires*



### Le mot du pilote de l'expérimentation

« Dans ce système, l'accent est mis sur la **stratégie d'évitement** visant à remplacer des cultures sensibles par des **cultures peu hôtes des nématodes à galles**, qui permettent d'avoir une production tout en **régulant** les populations de pathogènes. Il s'agit donc d'une modification majeure du système de culture qui ne pourra être utilisée que sur des exploitations **suffisamment diversifiées**, ce qui est le cas d'un grand nombre d'exploitations en **AB** » **H. VEDIE**



## Caractéristiques du système

### Succession culturale annuelle :



**Mode d'irrigation :** aspersion.

**Travail du sol :** décompaction à la sous-soleuse et préparation de sol à l'enfouisseur de pierres avant chaque culture.

**Gestion du sol :** entretien MO : apport de 5 t/ha d'amendement du commerce chaque automne ; fertilisation : engrais organique (tourteau de ricin ou 6-4-10) pour un équivalent de 50 à 100 unités d'azote/ha selon les cultures ; engrais vert (sorgho) l'été.

**Gestion des adventices :** paillage plastique intégral et désherbage manuel en cours de culture si besoin.

**Infrastructures agro-écologiques :** le tunnel est entouré par d'autres tunnels et des parcelles de maraîchage de plein champ. Les tunnels sont bordés au nord par une haie de cyprès ; des haies arbustives et quelques amandiers se trouvent à proximité.



Récolte de roquette en cours dans le T2 en 2013. Crédit photo : GRAB

## Objectifs du système

Les objectifs poursuivis par ce système sont de 4 ordres :

Agronomiques	Maîtrise des bioagresseurs	Environnementaux	Socio-économiques
<b>Rendement</b> Maintien de la production	<b>Maîtrise des bioagresseurs telluriques</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Limiter les populations de nématodes à galles, <i>Meloidogyne</i>, par des méthodes préventives</li> <li>- Limiter le développement d'autres bioagresseurs telluriques</li> </ul>	<b>IFT</b> Réduire l'emploi de produits tels que le soufre, souvent incontournable en cultures de cucurbitacées pour limiter l'oïdium	Maintien de la viabilité économique et technique avec une main d'œuvre à l'identique
<b>Commercialisable</b> Respecter les critères de commercialisation du circuit long	<b>Maîtrise des bioagresseurs aériens</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sur légumes feuilles : tolérance limitée pour l'oïdium et les pucerons</li> <li>- Sur courgette : tolérance oïdium en fin de culture</li> </ul>		
<b>Activité biologique des sols</b> Augmenter l'activité biologique des sols par la réduction de la solarisation, l'apport de MO et la pratique des engrais verts			

Au début du projet en 2012, la parcelle, avec une culture de courgette, était fortement contaminée par les **nématodes**. Une **solarisation** a donc été réalisée pour avoir un effet rapide sur la réduction de l'inoculum. Par la suite, le **suivi des indicateurs nématologiques et le comportement des cultures** dictent la décision de recourir à une nouvelle solarisation en cas de niveau d'attaque important, ou de réaliser un engrais vert. En pratique, la solarisation n'a pas été renouvelée, ce qui a permis d'atteindre l'objectif de stimulation de **l'activité biologique des sols**, grâce à la **diversification** des cultures, **l'emploi de MO** et **d'engrais verts**.

Un autre objectif de ce système est de **maintenir la marge brute** par rapport à un système plus classique : des indicateurs agronomiques (rendement) et économique (marge) sont donc mesurés pour l'évaluation multicritère.



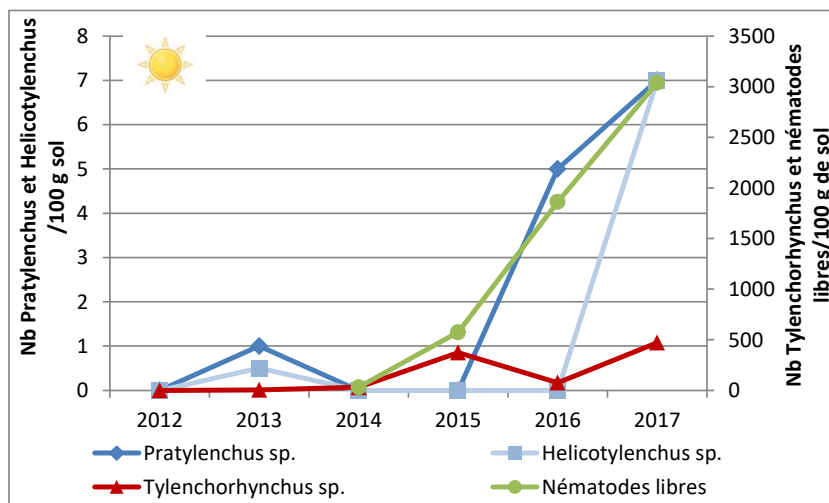


## Zoom sur les populations de nématodes présents dans le sol et l'activité biologique

Les **nématodes libres, non phytoparasites**, sont sensibles aux pratiques mises en place dans le système et peuvent être considérés comme un indicateur de la biodiversité du sol. Les **nématodes phytoparasites** sont quant à eux **sensibles à la succession culturale** et peuvent être en compétition les uns avec les autres.

Si en 2012, il n'y avait quasiment que des *Meloidogyne* spp. dans le sol, on assiste à une augmentation des autres genres de nématodes, notamment à partir de 2015. La **solarisation** permet donc de **réguler l'ensemble des nématodes phytophages**, qui réapparaissent à l'arrêt de cette pratique. Parmi les phytoparasites, *Pratylenchus* spp. et *Helicotylenchus* spp. restent limités à une dizaine de larves pour 100 grammes de sol, mais les populations de nématodes du genre *Tylenchorhynchus* sont beaucoup plus importantes. Ce genre de nématodes peut être favorisé par certaines cultures, et par le sorgho. L'arrêt de la solarisation, les apports d'amendements et les engrais verts pratiqués dans le système **favorisent les nématodes libres**, indicateurs positifs d'activité biologique. La **biomasse microbienne augmente** également.

Evolution des populations de nématodes libres et phytoparasites



## Transfert en exploitations agricoles



Si le **système de commercialisation** le permet, l'**introduction de plantes moins sensibles** aux nématodes à galles dans la rotation est une solution simple, qui permet de maintenir une production commerciale tout en limitant les populations de ce ravageur. La **diversification** permet d'améliorer la biodiversité de l'exploitation. Les autres leviers mis en œuvre dans le système, apports **d'amendements organiques** et pratique **d'engrais verts** sur l'interculture d'été, sont aisément transférables sur les exploitations sans modification du système de culture.

## Pistes d'améliorations du système et perspectives



Le principal objectif du système mis en place était de **maîtriser les populations de nématodes à galles** sur la parcelle. Il reste à mieux cerner le mode d'action de chaque culture moins sensible **sur la reproduction** des nématodes (plante non-hôte ? résistante ?), et à **étudier leur sensibilité** vis-à-vis des différentes espèces de *Meloidogyne*, pour proposer des espèces cultivées, voir des variétés, **adaptées à chaque situation**. L'identification **d'engrais verts qui ne favorisent pas la prolifération des nématodes** permettrait également d'améliorer le système.

La **durabilité du système** se pose aussi vis-à-vis de **l'ensemble des pathogènes du sol**, qu'il s'agisse des autres nématodes phytoparasites ou des champignons telluriques.



Des **connaissances** restent à développer sur les effets à long terme de la suppression de la solarisation et de la stimulation de l'activité biologique, notamment sur **l'évolution des communautés de nématodes** (phytoparasites et non phytoparasites) et des **communautés de champignons-bactéries**. Les moyens doivent donc être déployés pour mesurer plus d'indicateurs biologiques, et approfondir les mécanismes sous-jacents.

Pour en savoir **+**, consultez les fiches **PROJET** et les fiches **SITE**

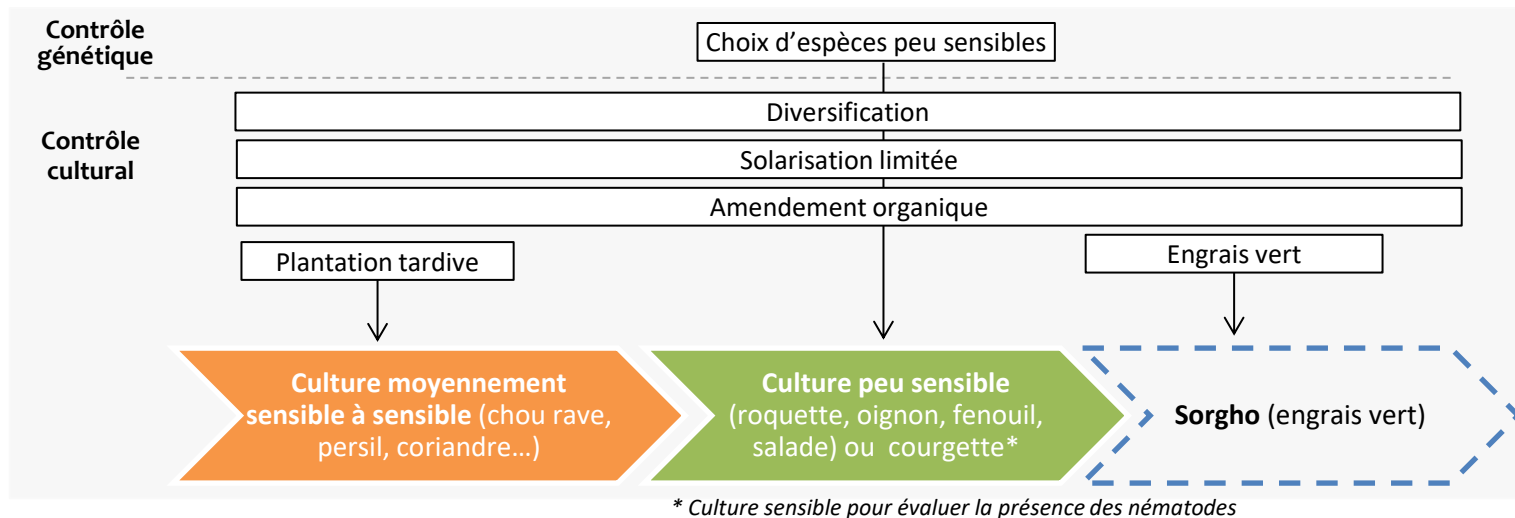
Action pilotée par le ministère chargé de l'agriculture et le ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence française pour la biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto.

Document réalisé par **Hélène VEDIE**, GRAB

# Stratégie de gestion des Bioagresseurs Telluriques



Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des maladies.



## Bioagresseurs telluriques cibles :

Nématodes (*Meloidogyne incognita*, *M. arenaria*), Botrytis, Sclerotinia, Rhizoctonia, Fusariose

## Objectifs :

- Limiter les populations de nématodes à galles
- Limiter le développement d'autres bioagresseurs telluriques

## Leviers

## Principes d'action

## Enseignements

<b>Semis tardif</b>	Décaler la date de plantation après le 15 octobre à l'automne pour éviter les conditions favorables aux nématodes à galles (sol chaud)	La présence de galles racinaires est réduite sur les plantations les plus tardives
<b>Choix d'espèces peu sensibles</b>	<b>Evitement</b> : les plantes peu sensibles aux nématodes sont positionnées sur le printemps pour limiter la multiplication des nématodes. Le sorgho en engrais vert est peu sensible également.	Confirmation de la faible sensibilité de la roquette, de la mâche et de l'oignon. Un sorgho long d'été peut multiplier les nématodes.
<b>Amendement organique</b>	<b>Stimulation de l'activité biologique du sol.</b>	
<b>Diversification</b>	Une plus grande diversité des êtres vivants du sol et l'augmentation des micro-organismes limitent l'expression des pathogènes telluriques (par effets directs et indirects)	La diminution de l'usage de la solarisation, l'apport de MO, la diversification culturale et la pratique des engrais verts sur ce système s'accompagnent d'une augmentation des populations de nématodes libres non phytophages et de la biomasse microbienne
<b>Engrais verts en interculture</b>		
<b>Solarisation limitée</b>		



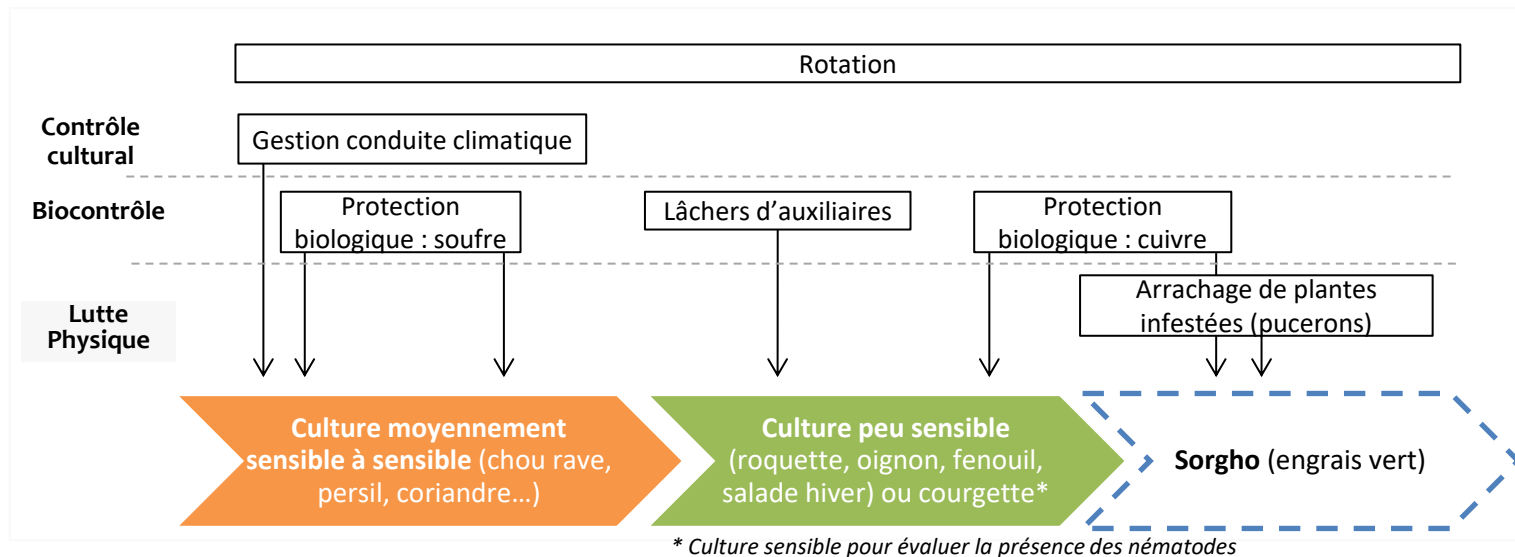
Culture de cébettes au printemps 2015.  
Crédit photo GRAB



# Stratégie de gestion des Bioagresseurs Aériens



Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des ravageurs.



**Bioagresseurs aériens cibles :**  
Pucerons, mildiou, oïdium

## Objectifs :

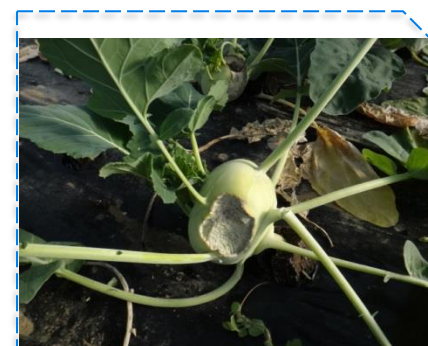
Limitier le développement des maladies et ravageurs aériens pour lesquels il existe peu de solution curative en AB

## Leviers

## Principes d'action

## Enseignements

<b>Gestion conduite climatique</b>	Le pilotage de l'irrigation, et de l'aération via l'ouverture des tunnels, est primordiale pour limiter le développement des champignons comme le mildiou.	<b>Prophylaxie dont l'efficacité est difficile à évaluer.</b> Le développement des champignons est également fortement dépendant de l'année climatique.
<b>Rotation</b>	La diversité des espèces cultivées dans la rotation permet de casser le cycle de certains bioagresseurs.	Peu d'impact de la diversification sur les ravageurs tels que les pucerons et les campagnols.
<b>Arrachage de plantes infestées (pucerons)</b>	L'élimination des premiers foyers de pucerons permet de limiter la propagation de ce ravageur au sein de la culture.	Etre très vigilant sur l'apparition des premiers foyers. Cette pratique retarde la multiplication mais ne permet pas de maîtriser les pucerons si la pression est importante.
<b>Protection biologique</b>	Traitement au soufre afin de lutter contre l'oïdium et au cuivre contre le mildiou.	Le soufre en préventif permet de retarder le développement de l'oïdium
<b>Lâchers d'auxiliaires</b>	Les auxiliaires (Aphidius spp.) permettent de réguler les populations de pucerons sur courgette .	Permet une bonne maîtrise des pucerons sur courgette

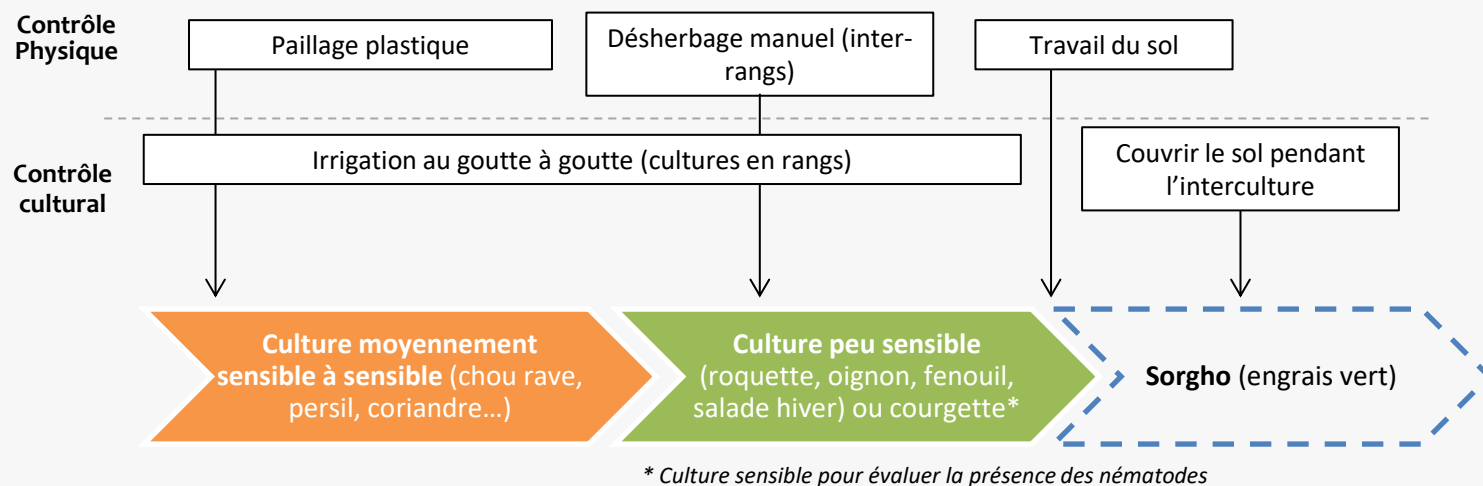


Dégâts de campagnols sur chou rave.  
Crédit photo GRAB





Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des adventices.



**Adventices cibles :**  
Pourpier, Amarantes et Chénopodes

**Objectifs :**  
Limitier le développement des adventices pour limiter les opérations d'entretien

## Leviers

## Principes d'action

## Enseignements

<b>Paillage plastique et goutte à goutte</b>	Evitement. Pratiques de prophylaxie générale mises en œuvre par les maraîchers,	Limite le développement des adventices.
<b>Désherbage manuel</b>	Curatif.	Leviers qui limitent le développement des adventices. Il n'y a pas eu de seuils d'intervention particuliers définis. A posteriori, il aurait pu y en avoir car la plupart des adventices permettent la multiplication des nématodes à galles, cible principale du système expérimenté. Une mauvaise gestion des adventices peut donc avoir un impact (non évalué dans le projet GEDUBAT).
<b>Travail du sol</b>	Curatif.	
<b>Couvrir le sol pendant l'interculture</b>	Couvrir le sol pour éviter que les adventices ne se développent (et ne se multiplient).	Le sorgho fourrager est très compétitif face aux adventices très poussantes d'été : pourpier, amarantes et chénopodes.



Engrais vert de roquette avec multicoupes.  
Crédit photo : GRAB

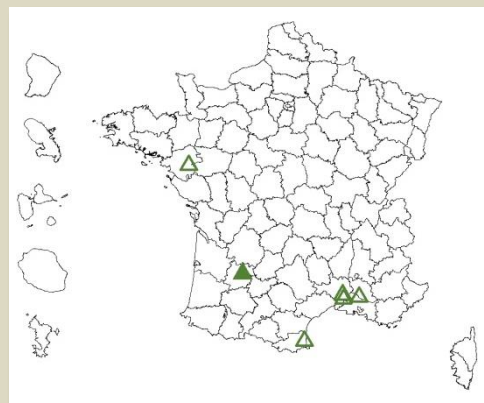


**Projet : GEDUBAT** – Innovations techniques et variétales pour une GEstion DURable des BioAgressors Telluriques dans les systèmes maraîchers sous abris

## Site : INVENIO - Lycée agricole Ste Livrade

Localisation : Route de Casseneuil - 47110 STE-LIVRADE-SUR-LOT  
(44.422320, 0.606700)

Contact : **Henri CLERC** ([h.clerc@invenio-fl.fr](mailto:h.clerc@invenio-fl.fr))



Localisation du site

### Site en établissement d'enseignement agricole

#### Lycée agricole Ste Livrade Légumes sous abris

Sur les 100 ha de SAU en terres d'alluvions de la vallée du Lot, l'exploitation déploie 4 orientations principales :

- 1.75 ha de cultures sous abris avec 0.5 ha de serre en verre, 0.25 ha de tunnels plastiques et 0.96 ha de serre photovoltaïque
- 75 ha de céréales et légumes industrie (maïs doux)
- 22 ha d'arboriculture
- Un atelier de fabrication de jus de fruits et de légumes

### Historique et choix du site

Le site est engagé dans les démarches Ecophyto depuis 2009 et dans DEPHY EXPE depuis 2012. Il s'engage en 2016 dans un réseau DEPHY FERME.

Le lycée est à proximité de la station expérimentale d'Invenio.

Ceci justifie le choix de ce site et de cette collaboration entre Invenio et l'exploitation du lycée E. Restat de Ste Livrade/Lot.

Au sein du projet, des espèces identiques aux autres sites du réseau (ex : salade) sont travaillées, ainsi que des cultures différentes avec des problématiques proches (aubergine - solanacées). La pression des champignons et ravageurs telluriques est similaire à ce qui est rencontré dans les abris des maraîchers de la région.

### Interactions avec d'autres projets

Ces tunnels ont été utilisés auparavant dans le cadre du projet PraBioTel, travaillant sur les pratiques améliorantes vis-à-vis des bio-agresseurs telluriques.

### Le mot du responsable de site

«Outre l'histoire des sols et la proximité géographique entre le lycée et Invenio, la collaboration entre les deux organismes permet de rapprocher l'enseignement et l'expérimentation, d'avoir une participation des élèves et apprentis à la mise en place et au suivi de ces essais et d'améliorer la transmission des acquis de ce dispositif et des autres dispositifs du réseau DEPHY Gédubat»



## Systèmes DEPHY testés

Les systèmes testés veulent refléter l'évolution que l'on voit apparaître dans la région d'une spécialisation des abris soit sur la salade en hiver avec des tunnels vides en été soit sur l'aubergine en culture d'été et des tunnels vides en hiver.

Nom du système	Années début-fin	Agriculture Biologique	Surface de la parcelle	Espèces du système de culture	Circuit commercial
T3 Aubergine Diversification hiver	2012-2018	Non	0.043 ha	Aubergine	Long
T4 Salade Rupture été	2012-2018		0.043 ha	Salade	Long

## Dispositif expérimental et suivi

### > Dispositif expérimental

Il y a un seul tunnel par système et les notations sont réparties sur l'ensemble de chaque tunnel. Une seule culture de la rotation est présente à un instant t dans le système.

#### Répétition :

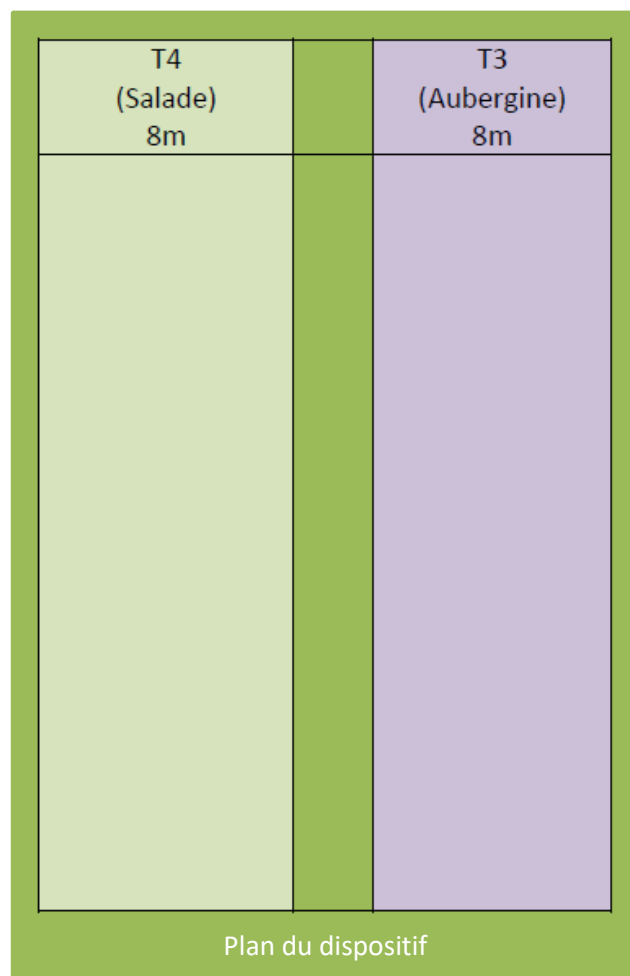
Il n'y a pas de répétition.

#### Système de référence :

Il n'y a pas de système de référence. Au niveau des IFT, ceux obtenus dans le système seront comparés à un système identique de référence.

#### Aménagements et éléments paysagers :

Les tunnels sont mitoyens et sont séparés par une bande enherbée. Ils sont entourés par 3 tunnels conduits en AB, de zones enherbées, de 2 serres maraîchères en verre appartenant au lycée et sont proches du parc qui entoure les bâtiments du lycée.



### > Suivi expérimental

- Suivi des interventions sur les cultures ;
- Données de rendement, coûts et produits bruts ;
- Evaluations de la fréquence et de l'intensité d'attaque par les maladies et ravageurs aériens, par les champignons et ravageurs telluriques (en particulier les nématodes). Ces évaluations sont réalisées soit sur un échantillon de plantes repérées, soit sur un certain pourcentage de plantes (ex : 25% des plants d'aubergine sont arrachés et leurs racines notées) ;
- Interventions phytosanitaires décidées en fonction de Règles De Décisions (RDD) élaborées en réseau.

## Contexte de production

### > Pédoclimatique

Météorologie	Type de sol	Comportement du sol
Climat océanique	Sablo-limoneux	Sol assez facile à travailler A tendance battante

### > Socio-économique

La région Aquitaine produisait en 2015 environ 4000T d'aubergines soit près de 25% de la production française. Sa place en salades sous abris a tendance à se restreindre ces dernières années mais nous observons néanmoins une spécialisation des producteurs sur cette espèce avec des productions sur toute l'année (abris et plein champ).

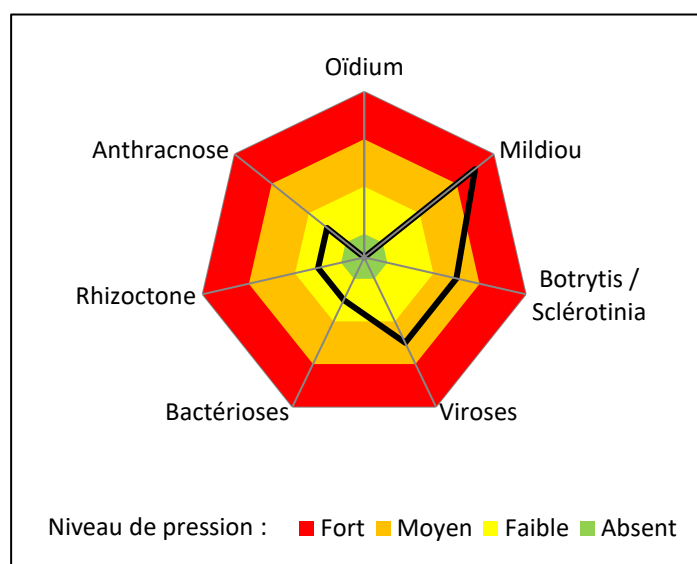
### > Environnemental

Le site se situe à 4km du village de Ste Livrade/Lot dans un environnement arboricole, maraîcher et céréalier de cette vallée du Lot classée en zones vulnérables. L'eau provient d'un réseau collectif alimenté à partir des eaux du Lot.

### > Maladies

En salade, la problématique principale reste le mildiou (*Bremia lactucae*), mais aussi le contrôle du botrytis et rhizoctone. Le sclérotinia est encore peu présent, mais il reste sous surveillance.

Pour les aubergines, à part le Botrytis, et certains mildious sur des cultures d'hiver de diversification, nous avons peu de problématiques maladies.

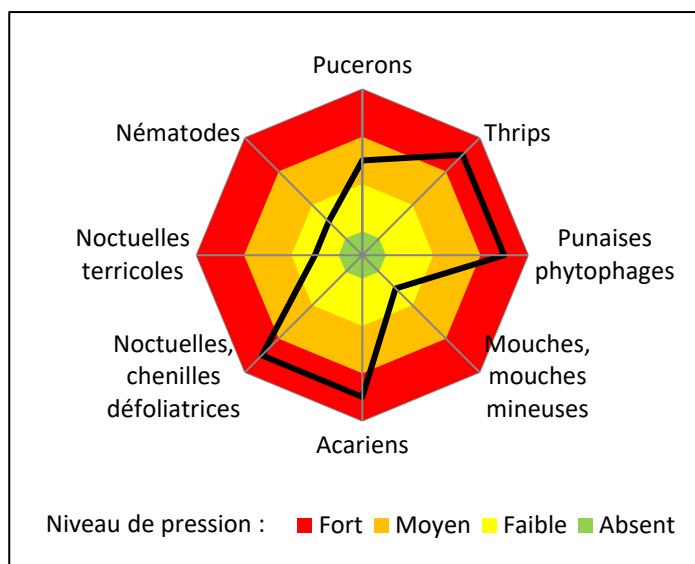


## > Ravageurs

En salade, ce sont surtout les pucerons et les noctuelles terricoles ou défoliatrices qui sont à surveiller.

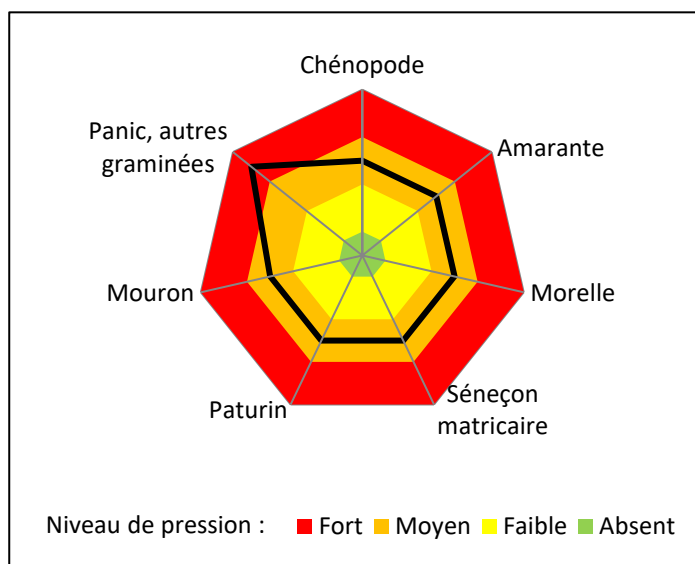
A contrario, en aubergine beaucoup de ravageurs sont présents sur la culture et certains sont vraiment difficiles à contrôler en protection biologique intégrée : pucerons, punaises et acariens.

La pression nématodes de type *Meloidogyne sp.*, est faible mais reste un des points particulièrement surveillé dans les 2 systèmes.



## > Adventices

Dans ces systèmes sous abris, le contrôle des adventices n'est pas le problème majeur de la protection des cultures, même si les interventions sont nécessaires pour limiter la prolifération des adventices.



Pour en savoir +, consultez les fiches **PROJET** et les fiches **SYSTEME**

Action pilotée par le Ministère chargé de l'agriculture et le Ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence Française pour la Biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan ECOPHYTO.





# SYSTEME de CULTURE EXPE

à la recherche de systèmes très économes en phytosanitaires

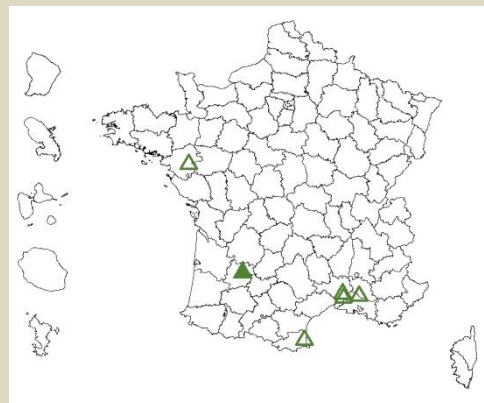
**Projet : GEDUBAT** - Innovations techniques et variétales pour une Gestion Durable des BioAgresseurs Telluriques dans les systèmes maraîchers sous abris

**Site : INVENIO – Lycée agricole Ste Livrade**

## Système DEPHY : T3 Aubergine

Localisation : Route de Casseneuil – 47110 STE-LIVRADE-SUR-LOT  
(44.422320, 0.606700)

Contact : **Henri CLERC** ([h.clerc@invenio-fl.fr](mailto:h.clerc@invenio-fl.fr))



Localisation du système

### Système aubergine avec cultures de rupture en hiver

**Site** : établissement d'enseignement agricole

**Durée de l'essai** : 2012 – 2018

**Situation de production** : culture en sol sous tunnel non chauffé

**Espèces** : aubergine ; cultures d'hiver de diversification : radis, épinard, navet ; engrais verts

**Conduite** : conventionnelle

**Circuit commercial** : long

**Dispositif expérimental** : 1 tunnel de 430 m<sup>2</sup>. Il n'y a pas de répétition. La succession aubergine – culture d'hiver a lieu tous les ans.

**Système de référence** : le système d'un producteur de la région, correspondant aux pratiques mises en œuvre dans la région et faisant partie du réseau DEPHY FERME a été retenu comme référence extérieure pour l'indicateur IFT pour l'aubergine.

**Type de sol** : sablo-limoneux

### Origine du système

Ce tunnel utilisé auparavant dans le projet à financement CasDar « PraBioTel » pour tester la bio-désinfection, présentait un niveau moyen d'infestation par les bioagresseurs telluriques. L'assolement pratiqué reproduit l'assolement rencontré dans les exploitations de la région avec une succession aubergine-salade.

Dans ce système intensif, nous incluons différents leviers pour maintenir ces bioagresseurs à des niveaux faibles : apport de matière organique, alternance de porte-greffe, enlèvement des systèmes racinaires en fin de culture d'aubergine et surtout mise en place de **cultures dites de rupture en hiver** : soit des **engrais verts**, soit des **cultures de diversification**.

### Objectif de réduction d'IFT

**50 %**

Par rapport à la référence

### Mots clés

Ruptures dans l'assolement en hiver – Alternance de porte-greffe – Apport de matière organique (fumier) – Bioagresseurs telluriques

### Stratégie globale

**Efficiences** ☆☆☆☆☆  
**Substitution** ★★☆☆☆  
**Reconception** ★★★★★

*Efficiences : amélioration de l'efficacité des traitements*

*Substitution : remplacement d'un ou plusieurs traitements phytosanitaires par un levier de gestion alternatif*

*Reconception : la cohérence d'ensemble est repensée, mobilisation de plusieurs leviers de gestion complémentaires*

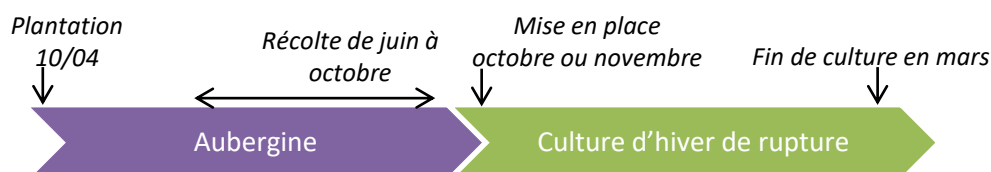


### Le mot du pilote de l'expérimentation

« Dans ce système, l'accent est mis en particulier sur les ruptures d'assolement en hiver (remplacement de la salade par d'autres cultures ou engrais verts non hôtes) et sur l'apport annuel de fumier. Les premiers résultats montrent un état satisfaisant des systèmes racinaires des cultures d'aubergine en fin d'essai et l'intérêt de cette modification d'assolement dans notre contexte d'essai. Cependant la commercialisation des cultures d'hiver (épinards, navets...) n'est pas évidente en conventionnel à l'échelle de l'essai. » *H. CLERC*

## Caractéristiques du système

### Succession culturale :



**Système d'irrigation :** aspersion pour les cultures d'hiver et goutte à goutte pour l'aubergine.

**Travail du sol :** utilisation de chisel, rotobèche, rotalabour ou herse rotative pour réaliser les travaux du sol.

**Apports de matière organique :** apports annuels de fumier de cheval non composté (40 t/ha/an).

**Greffage :** greffage des cultures en alternant les types de porte-greffe (PG) KNVFFr (Beaufort) ou *Solanum torvum* (STT3).

**Culture d'hiver de rupture :** éliminer la salade d'hiver de la rotation pour la remplacer soit par des engrais verts soit par des cultures de vente permettant des ruptures au niveau des bioagresseurs telluriques.



Photo du tunnel, culture d'aubergines –  
Crédit photo : Invenio

## Objectifs du système

Les objectifs poursuivis par ce système sont de quatre ordres :

Agronomiques	Maîtrise des bioagresseurs	Environnementaux	Economiques
<b>Rendement</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de perte de rendement</li> </ul>	<b>Maîtrise des bioagresseurs telluriques</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduire l'inoculum tellurique</li> <li>- Maintenir l'état sanitaire des racines par rapport aux nématodes et aux champignons</li> <li>- Favoriser la biodiversité du sol</li> </ul>	<b>IFT Tellurique aubergine</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 50 % de réduction / référence</li> </ul>	<b>Marge brute</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conserver la rentabilité globale de l'abri</li> </ul>
<b>Activité biologique des sols</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Augmenter la fertilité des sols, favoriser la flore et la microfaune non pathogène</li> </ul>	<b>Maîtrise des bioagresseurs aériens</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conduire les cultures en Protection Biologique Intégrée (PBI) quand cela est possible</li> </ul>	<b>IFT Total aubergine</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 50 % de réduction / référence</li> </ul>	<b>Commercialisable</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Produire de l'aubergine tous les ans et étudier un élargissement de la gamme commerciale en hiver</li> </ul>
	<b>Maîtrise des adventices</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Limiter les interventions chimiques de désherbage des passe-pieds</li> <li>- Garder les tunnels propres</li> </ul>	<b>Toxicité des produits</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Absence de désinfection chimique (si possible)</li> </ul>	

Dans la région, pour des systèmes avec des successions annuelles aubergine – salade, il est observé des situations préoccupantes : montée des attaques de nématodes (*Méloïdogyne sp*) et champignons (*C. coccodes*) sur les systèmes racinaires et fortes attaques de *Verticillium dahliae* sur plantes.

Dans cet essai (où le sol est encore peu impacté par la verticilliose), nous souhaitons démontrer la possibilité de **limiter l'évolution des agents pathogènes** en **modifiant radicalement les assolements en hiver**, tout en maintenant une production intensive d'aubergine en été afin de conserver la rentabilité économique globale de l'abri.

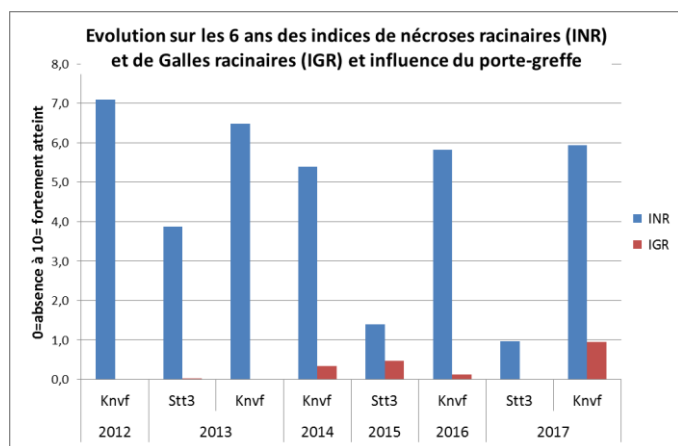
## Résultats sur les campagnes de 2012 à 2017

### > Maîtrise des bioagresseurs

Le code couleur traduit le niveau de satisfaction des résultats obtenus vis-à-vis des objectifs initialement fixés : vert = résultats satisfaisants et bonne maîtrise des bioagresseurs, orange clair = résultats moyennement satisfaisants et bioagresseurs en partie maîtrisés, marron = résultats insatisfaisants et bioagresseurs non maîtrisés, gris = non concerné.

		2012	2013		2014		2015		2016		2017		Satisfaction
		Aub	EV	Aub	R	Aub	E	Aub	N	Aub	EV	Aub	globale
Telluriques	Nématodes												
	Champignons							Stt3					
Aériens	Pucerons												
	Thrips												
	/aleurodes												
	Acariens												
	Punaises												

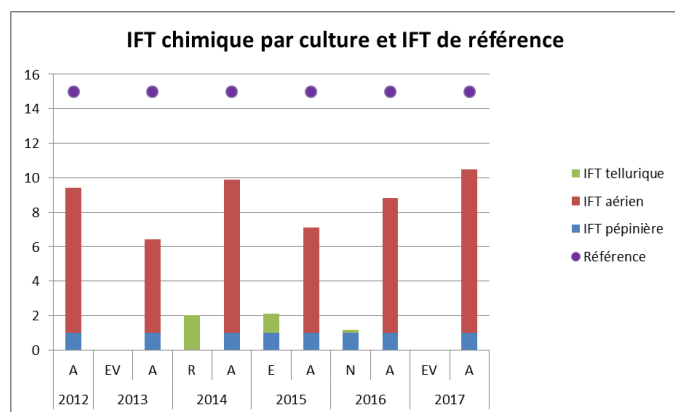
Aub = aubergine, EV = engrais vert, R = radis, E = épinard, N = navet, Stt3 = porte-greffe Solanum torvum, Knvf = porte-greffe KNVFFr (Beaufort)



**Au niveau tellurique**, les leviers utilisés (apports annuels de matière organique, enlèvements de racines, greffage, ruptures rotationnelles en hiver) ont permis de contenir l'évolution des indices de nécroses racinaires mais sans permettre de les faire notablement baisser sur porte-greffe KNVF. Les porte-greffes de type Solanum présentent un comportement intéressant vis-à-vis des champignons et des nématodes. Au niveau des nématodes, la pression de départ est très faible et évolue peu sauf sur le dernier contrôle sur KNVF.

**Au niveau aérien**, la PBI fonctionne bien sur thrips et aleurodes ; acariens et pucerons sont plus difficiles à contrôler et les punaises restent le ravageur le plus impactant au niveau des rendements.

### > Performances



A = aubergine, R = radis, E = épinard 2 coupes, N = navet, EV = engrais vert. IFT calculé sans distinction des cibles. L'IFT de référence en aubergine correspond à l'IFT de l'année 2017 pour l'aubergine dans une exploitation du réseau DEPHY FERME Maraîchage en Nouvelle-Aquitaine.

**Rendement par culture (en kg/m<sup>2</sup>) et niveau de satisfaction pour l'aubergine : orange = rendement moyen, vert = satisfaisant**

	2012	2013	2014		2015		2016		2017
	A	A	R	A	E	A	N	A	A
Rdt	10	12,8	4,9	9,8	2,7	11,5	4,2	12,2	9,1

Pour le rendement, le niveau de satisfaction est donné à dire d'expert en référence aux rendements moyens réalisés sur la région en aubergine.

En **aubergine**, l'IFT chimique comprend principalement des traitements aériens contre les nombreux ravageurs aériens. La conduite en PBI permet de limiter les applications chimiques. L'**IFT tellurique** est nul, de par l'absence de désinfection et l'absence de traitement sur les bioagresseurs telluriques. De plus, il n'y a eu aucun désherbage chimique en aubergine du fait du bâchage des passe-pieds.

Pour les **cultures d'hiver** les IFT sont très bas. L'introduction d'engrais verts à base de seigle forestier et vesce permet, si ils sont implantés assez tôt, de faire reposer le sol et de booster la vie microbienne du sol au moment de l'enfouissement.

Les **rendements en aubergine** sont moyens, amputés par les attaques de punaises et une date de plantation un peu tardive (début avril).

Pour les **cultures d'hiver**, il manque des données régionales pour juger des rendements obtenus. Les cultures ont été belles mais la conduite (densité, variété, fertilisation...) doit être optimisée pour améliorer ces résultats. Pour les cultures d'engrais verts en hiver, ils représentent un coût économique (semence et mise en place) sans produit financier direct.



## Zoom sur les nécroses racinaires

Les **suis racinaires** effectués en fin de culture sur 1 plante/4 permettent de suivre assez précisément ce qui se passe au niveau des racines des cultures et d'en suivre l'évolution. Sur aubergine, les bioagresseurs les plus souvent observés sont *Colletotrichum coccodes* et *Rhizoctonia solani*. Ils induisent des nécroses importantes qui sont exprimées en indice allant de 0 signifiant un système sain (racines blanches) à 10 équivalant à des racines complètement nécrosées (noires ou détruites).

Sur **aubergine**, nous sommes arrivés à stabiliser les INR à un niveau moyen sur les porte-greffe de type KNVFFr. On peut penser que la **conjugaison des leviers utilisés** a été efficace. Nous avons pu noter aussi que les cultures d'hiver présentent des systèmes racinaires sains.

De la même façon, nous démontrons l'intérêt d'**introduire d'autres types de porte-greffe** (type *Solanum torvum*) qui ont un comportement totalement différent vis-à-vis de ces bioagresseurs.



Racines nécrosées de KNVF,  
Crédit photo : Invenio

## Transfert en exploitations agricoles



Dans ce type d'essai, il est difficile de discerner quel est le levier utilisé qui est le plus efficace pour limiter les bioagresseurs telluriques.

- Les **ruptures d'hiver** avec soit des engrais verts, soit des cultures commerciales autres que la salade, avec des plantes non hôtes ou faibles hôtes, ont permis de **rompre les cycles des bioagresseurs** mais leur commercialisation reste délicate en conventionnel à l'échelle de l'essai (manque de quantité et de suivi client).
- L'**alternance de porte-greffe** avec des *Solanum torvum* semble intéressante mais le comportement de STT3 en plantation précoce reste à travailler pour préciser son adaptation à ces créneaux de production.
- L'**apport de fumure organique** de type **fumier de cheval pailleux**, a réellement permis d'améliorer la structure du sol et donc la **vie du sol** mais les faibles disponibilités de ce type d'amendement ne le rendent pas accessible à tout le monde.
- Le **retrait des racines**, pratiqué par certains producteurs, est certes contraignant mais permet de **limiter l'inoculum restitué au sol** en fin de culture.

Cependant nous pensons qu'il est nécessaire d'**associer ces différents leviers** pour cumuler leurs efficacités.

Il semble important pour un producteur de **suivre l'évolution de la pression tellurique** dans chacune de ses parcelles pour pouvoir mettre en place les conduites et des leviers d'action adaptés.

## Pistes d'améliorations du système et perspectives

Notre système, basé sur des systèmes existants en Nouvelle-Aquitaine, est construit dès le départ avec l'obligation de réaliser une culture d'aubergine tous les ans pour satisfaire le circuit commercial et assurer le revenu de l'exploitation. Nous démontrons l'intérêt de modifier les assolements d'hiver et les pratiques.

D'autres leviers pourraient être introduits dans le dispositif pour le rendre encore plus durable :

- **Solariser le sol** de l'abri en été **tous les 5 à 6 ans**.
- Trouver d'**autres porte-greffes**, d'**autres espèces** à introduire dans le système et qui seraient économiquement et agronomiquement intéressants pour le producteur.

Sur ce sujet, des travaux restent à mener. Des connaissances restent à compléter sur les **effets sur le long terme** des leviers utilisés dans ce système, ainsi que sur l'efficacité vis-à-vis des bioagresseurs telluriques des **produits de biocontrôle** actuellement en développement, en précisant leurs modes d'action et leurs conditions optimales d'utilisation.

Pour en savoir **+**, consultez les fiches **PROJET** et les fiches **SITE**

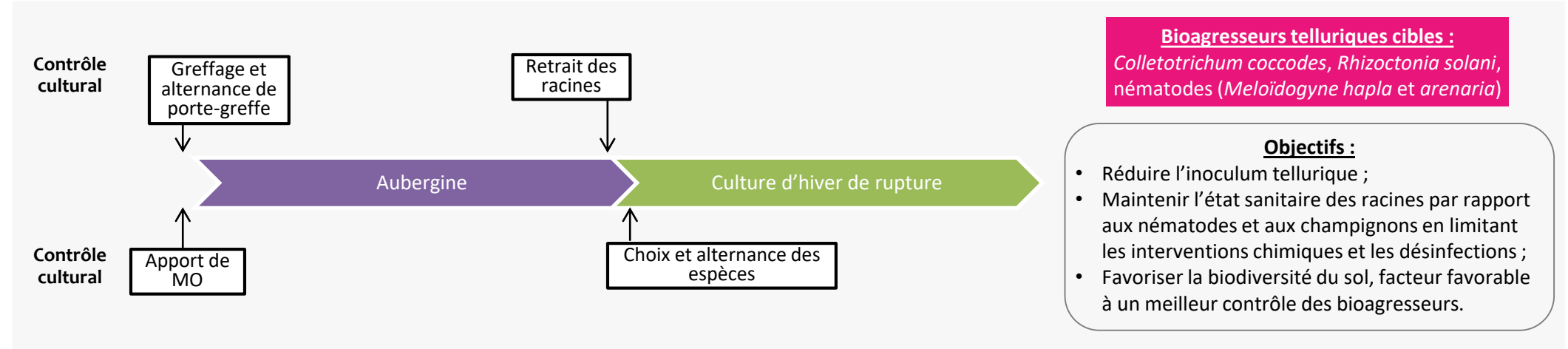
Action pilotée par le ministère chargé de l'agriculture et le ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence française pour la biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto.

Document réalisé par **Henri Clerc**,  
Invenio



# Stratégie de gestion des bioagresseurs telluriques

Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des bioagresseurs telluriques.



## Leviers

## Principes d'action

## Enseignements

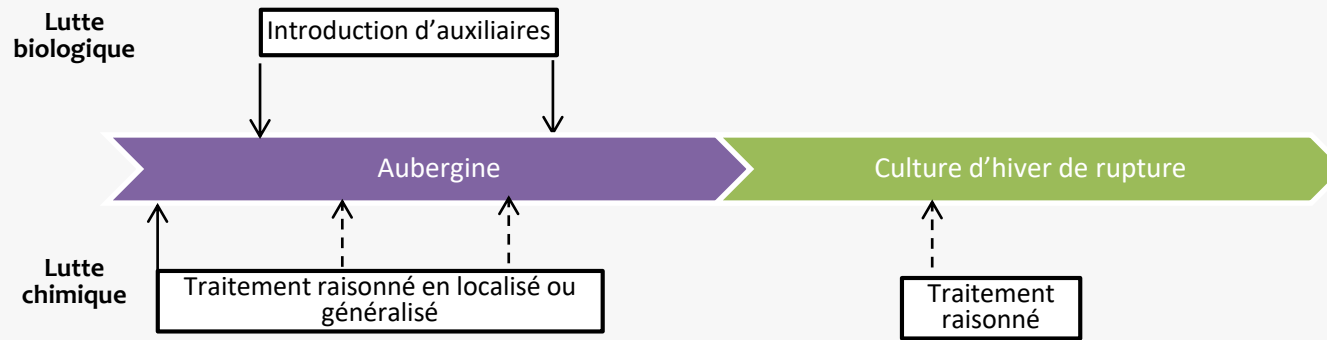
Greffage et alternance de porte-greffe	Les cultures d'aubergine ont toutes été greffées sur porte-greffe KNVF, sauf quelques essais d'introduction d'un nouveau type de porte-greffe <i>Solanum torvum</i> .	Les porte-greffes KNVF arrivent aux limites de leurs résistances avec une culture d'aubergine tous les ans. Alternier avec d'autres porte-greffes avec des profils de résistance différents doit permettre de baisser la pression de sélection exercée sur les anciens comme les nouveaux porte-greffes introduits.
Apport de MO	Apports importants de fumier de cheval (40 t/ha/an) disponibles sur le site. Cet apport se fait avant l'aubergine ou avant l'engrais vert en fonction des disponibilités en main d'œuvre.	La structure s'améliore dans ces sols d'alluvions sensibles à la battance. Les analyses devraient nous confirmer l'amélioration du taux de matière organique.
Retrait des racines	L'enlèvement des racines permet de limiter l'inoculum que l'on laisse dans le sol.	Ce levier est couramment utilisé par les producteurs et ne doit pas être négligé dans une stratégie globale.
Choix et alternance des espèces	Le principe est de provoquer des ruptures d'espèces en hiver, ruptures supposées efficaces pour baisser la pression de bioagresseurs telluriques. La rupture est réalisée soit avec des engrais verts à base de graminées et de légumineuses soit avec des cultures non hôtes : radis, navet, épinard.	Les systèmes racinaires de ces cultures d'hiver ne présentent pas de symptômes de nécroses ou de galles. La mise en place d'un engrais vert nécessite un travail spécifique dans un temps assez court après la fin de la culture d'aubergine pour assurer une installation des plantes avant les froids. Cela permet de faire reposer le sol, d'améliorer la structure et d'amener de la matière fraîche qui va booster la vie du sol.





## Stratégie de gestion des bioagresseurs aériens

Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des bioagresseurs aériens.



--> Réalisation en fonction des observations

**Bioagresseurs aériens cibles :**  
Aleurodes, thrips, pucerons, acariens, punaises

### Objectifs :

- Valider des stratégies de protection à base de PBI efficaces et acceptables économiquement pour réduire les IFT aériens ;
- Sans perte de récolte.

### Leviers

### Principes d'action

### Enseignements

#### Introduction d'auxiliaires

Vis-à-vis des aleurodes et des thrips, des *Amblyseius swirskii* ont été introduits tous les ans à raison d'un sachet pour 4 plantes mi-mai puis un faible apport (1 pour 10 plantes) fin juillet pour renforcer les populations d'auxiliaires mises à mal par les traitements.

Cette stratégie permet un très bon contrôle des aleurodes et des thrips. Mais les ravageurs actuellement les plus contraignants pour réussir une PBI sur aubergine sont les punaises, pour lesquelles nous recherchons des solutions biologiques.

#### Traitement raisonné en localisé ou généralisé

Les autres ravageurs ou les maladies sont contrôlés avec des produits chimiques compatibles, soit en localisé soit en généralisé sur la culture, en fonction des observations. Des interventions spécifiques vis-à-vis des punaises sont nécessaires en début de culture pour nettoyer l'abri et pendant l'été quand les populations de ravageurs deviennent trop importantes.

Nos interventions sur pucerons, acariens et punaises sont encore importantes et impactent l'IFT. Nous sommes intervenus en préventif sur mildiou de certaines cultures d'hiver. Les produits de biocontrôle qui arrivent sur le marché seront à tester et à introduire dans ces systèmes pour arriver à baisser l'IFT chimique.

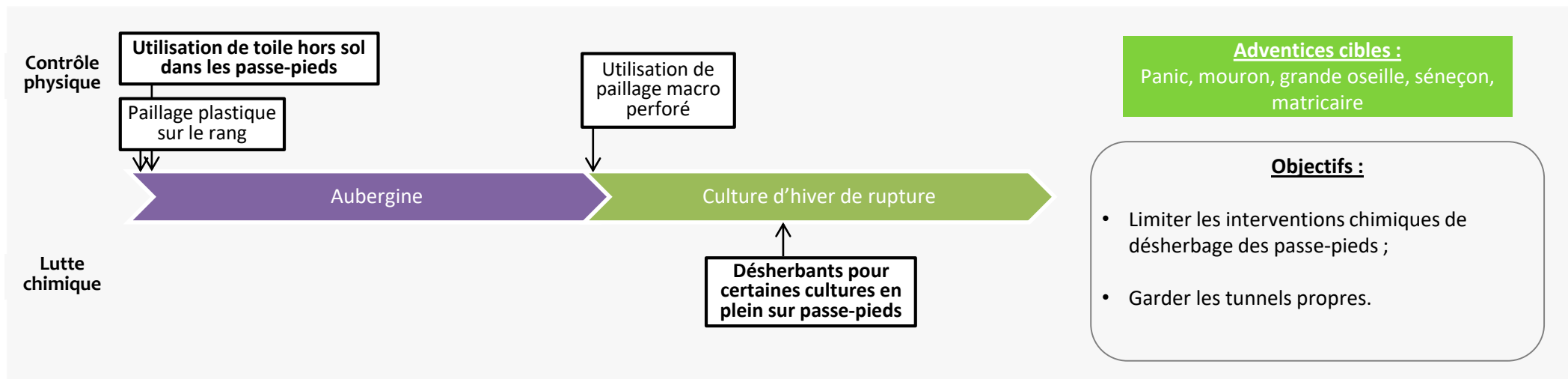


Punaises *Nezara viridula*,  
Crédit photo : Invenio

## Stratégie de gestion des adventices



**Avertissement :** seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des adventices. Seuls les leviers en gras sur le schéma sont détaillés ensuite dans le tableau.



### Leviers

### Principes d'action

### Enseignements

Utilisation de toile hors sol dans les passe-pieds

La toile horticole tissée est posée entre les rangs de culture sur les passe-pieds après plantation. Elle est récupérée en fin de culture pour être réutilisée l'année suivante.

La toile permet de bien contrôler le développement des adventices dans les passe-pieds, même si quelques plantes arrivent parfois à traverser la toile. Elle est récupérable pour amortir le coût d'achat. Des expériences d'utilisation et de récupération sur de grandes surfaces en serre hors sol existent en France.

Dés herbants pour certaines cultures en plein ou passe-pieds

Pour les cultures d'hiver, les faibles surfaces consacrées aux passe-pieds ont été désherbées chimiquement.

Les IFT induits par cette pratique sont faibles. La disparition du Basta en 2018 implique une réflexion pour gérer autrement ces enherbements : gestion mécanique, utilisation d'un produit de biocontrôle ?



Toile hors sol dans les passe-pieds,  
Crédit photo : Invenio

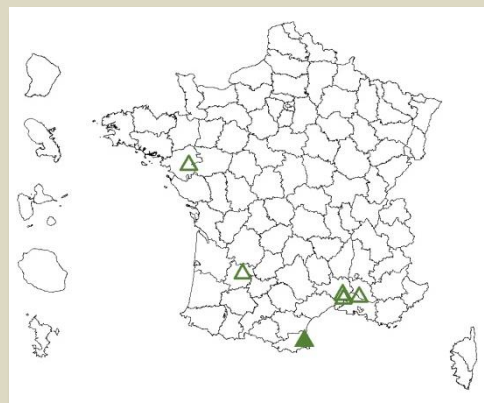


**Projet : GEDUBAT** – Innovations techniques et variétales pour une GEstion DURable des BioAgresseurs Telluriques dans les systèmes maraîchers sous abris

## Site : INRA Domaine Expérimental Alénia-Roussillon

Localisation : Mas Blanc - 66200 ALENYA (42.638821, 2.966542)

Contact : **Amélie LEFEVRE** ([amelie.lefevre@inra.fr](mailto:amelie.lefevre@inra.fr))



Localisation du site

### Site en station expérimentale

#### INRA – Domaine Expérimental Alénia-Roussillon Légumes sous abris

L'unité d'Alénia - spécialisée dans l'étude des systèmes maraîchers sous abris en climat méditerranéen - est située dans le bassin de production horticole du Roussillon et au cœur d'un complexe logistique et commercial local (nombreux circuits courts), national et international (marché de gros, St Charles international). En partenariat avec les chercheurs et les acteurs de l'expérimentation, du développement et de l'aval de la filière, l'unité a pour mission de concevoir, caractériser, expérimenter et évaluer des systèmes maraîchers agroécologiques. Une attention particulière est portée à la santé des cultures et à l'adéquation des systèmes de culture aux caractéristiques des systèmes alimentaires associés. L'équipe de 20 permanents conduit des enquêtes et suivis en exploitations et expérimente sur 5500 m<sup>2</sup> de tunnels maraîchers en sol.

### Historique et choix du site

Les programmes de l'unité contribuent à la conception-évaluation de systèmes de culture permettant de maîtriser la pression des bioagresseurs telluriques et de réduire leur incidence agronomique et commerciale sur les productions. Début des années 2000, une expérimentation système sur l'évolution de la fertilité des sols de 3 tunnels en rotation intensive a souligné l'importance de suivre les pathogènes du sol. Dès 2004, des dispositifs sont développés pour suivre leur dynamique spatiale et temporelle. La gestion de ces bioagresseurs dans ces parcelles est devenue l'objet d'étude central dès 2008 via les projets PRABIOTEL (Casdar 2009-11) et Sysbiotel (ANR 2009-12). Pour étudier la pertinence de combinaisons de pratiques alternatives sur le cortège de bioagresseurs cibles, les approches systémiques sont privilégiées : GEDUBAT prolonge et approfondit PRABIOTEL dans ces mêmes tunnels, désormais très bien décrits. Plusieurs expérimentations Ecophyto (DEPHY EXPE, PSPE) sont mises en œuvre à l'INRA d'Alénia depuis 2012.

### Interactions avec d'autres projets

Sur le site d'Alénia, 2 tunnels sont dédiés à la mise en œuvre et l'évaluation de systèmes de culture innovants visant à gérer durablement les nématodes à galles (projet GEDUNEM, financements INRA). GEDUBAT est développé en forte complémentarité avec 4SYSLEG démarré en 2013 (DEPHY EXPE).

### Le mot du responsable de site

«L'unité expérimentale INRA d'Alénia combine différents dispositifs de recherche alliant expérimentations, enquêtes en exploitations ou encore ateliers participatifs de conception-évaluation des systèmes candidats. Les bioagresseurs telluriques peuvent générer des dégâts puis des pertes considérables. Pour proposer et mettre en discussion avec les acteurs de la filière des pistes alternatives de gestion à l'échelle de la parcelle et de l'exploitation, il manque encore de nombreuses connaissances sur le fonctionnement de ces pathosystèmes en parcelle et sur l'effet de combinaison de pratiques sur leur développement et leur nuisibilité dans différents contextes de production.»



## Systèmes DEPHY testés

En intégrant les potentialités agronomiques et commerciales du bassin maraîcher Sud France, et en cohérence avec les systèmes antérieurs de ces parcelles, trois stratégies agronomiques contrastées sont définies. T7 et T5 visent les objectifs majeurs de production en plaine du Roussillon pour le marché de frais pour expédition : place centrale de la salade, nombre modéré d'espèces cultivées en été, désinfection alternative systématique mais triennale. T5 se différencie de T7 par un recours plus systématique aux produits de biocontrôle disponibles et des conditions d'intervention plus « à risque ». T6 s'appuie sur la stimulation potentielle de l'activité biologique du sol et vise un marché de proximité et diversifié : 1 seule salade par an, cultures de diversification l'hiver et l'été, retour d'une espèce tous les quatre ans, pas de solarisation, apports organiques uniquement.

Nom du système	Années début-fin	Agriculture Biologique	Surface de la parcelle	Espèces du système de culture	Circuit commercial
T7 Techniques validées	2012-2018	Non	0,32 ha	Laitue-Tomate-Concombre	Long
T5 Plus de risque	2012-2018		0,32 ha		Long
T6 Stimuler la vie du sol	2012-2018		0,32 ha	Laitue-Fenouil-Epinard-Oignon botte-Chou rave-Aubergine-Tomate-Concombre-Poivron	Court (long)

## Dispositif expérimental et suivi

### > Dispositif expérimental

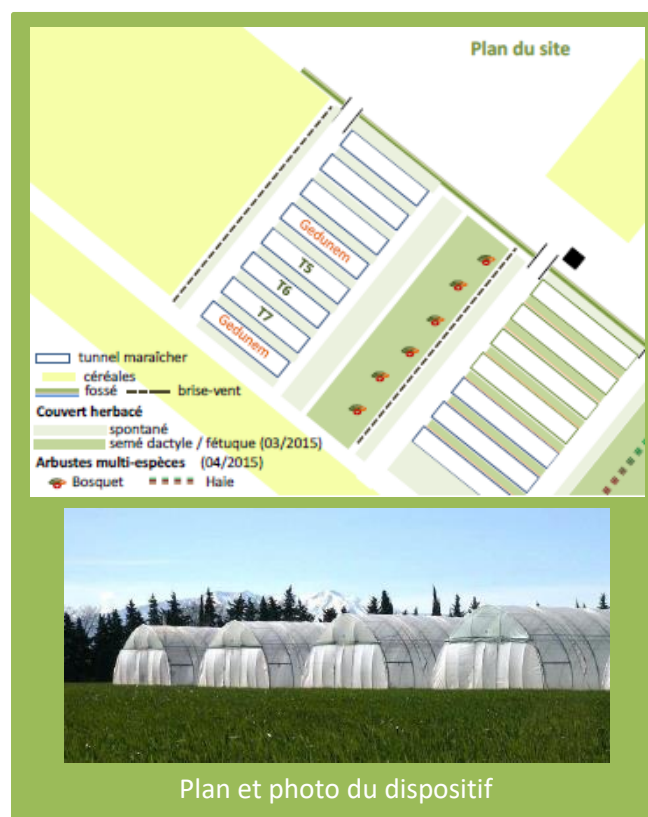
Chacun des trois systèmes de culture est mis en œuvre dans un seul tunnel maraîcher de 320 m<sup>2</sup>. Les tunnels de 8 m de large en forme d'ogive, sont aérés par automate au faîtage ou manuellement en latéral. Ils sont orientés NW-SE, protégés par un brise vent artificiel limitant les effets de la tramontane. La surface étudiée est en adéquation avec ce qui peut être en place chez des maraîchers. Les systèmes de culture ne font pas l'objet de répétition dans l'espace (faute de moyens suffisants). Tous les termes de la succession ne sont pas présents à chaque saison. Entre 2012 et 2018, une rotation triennale semblable sera répétée en T5 et T7, alors qu'en T6 la rotation sur 4 ans sera répétée à partir de 2016. Il n'y a pas de système de référence.

### Aménagements et éléments paysagers :

Les abords immédiats des tunnels sont des bandes enherbées entretenues mécaniquement. Les parcelles environnantes hors abris sont entretenues en céréales ou en végétation herbacée spontanée ou semée.

### > Suivi expérimental

Chaque culture (2 à 3 par an) fait l'objet de procédures explicites de pilotage pour la gestion des bioagresseurs, la fertilisation, l'irrigation et la conduite des plantes. L'évaluation agronomique et des performances reposent sur de multiples protocoles de mesures et observations sur place ou en laboratoire des communautés biologiques, des états de plantes, des systèmes racinaires, des rendements bruts et commercialisables et des états de sol (fertilité chimique, physique et biologique). La température dans le sol en solarisation est évaluée en continu à 15 et 25 cm de profondeur. En 2018, une culture et variété « repère » sera installée comme en 2012 dans les trois systèmes pour révéler et comparer certains processus ou performances entre les systèmes.



## Contexte de production

### > Pédoclimatique

Météorologie	Type de sol	Comportement du sol
Climat méditerranéen. Zone littorale, influence maritime. Tramontane. Fortes températures estivales sous abris.	Sol limono sableux pH = 7.3 MO = 1.6 %	Sol non caillouteux. Risque de battance.

### > Socio-économique

Au sein du bassin de production du Languedoc-Roussillon, les Pyrénées-Orientales porte une dynamique logistique et commerciale importante en termes de metteurs en marché et d'expédition de fruits et légumes ; cet outil soutient la valorisation d'importants volumes de légumes en circuits longs AB ou conventionnels. Le Roussillon est un bassin de production historique de salades et chicorées, confronté aux interrogations récurrentes du marché. Ce contexte incite les acteurs locaux à développer des alternatives (segmentation, diversification des marchés et des produits), y compris sous abris. Par ailleurs, la production nationale maraîchère sous serre et abris est très concernée par les circuits courts (65% des exploitations, Agreste RGA 2010). Ces exploitations souvent petites ou moyennes, ont structuré leurs productions pour diversifier les espèces et variétés de légumes proposés.

### > Environnemental

La station INRA d'Alénia se trouve dans la plaine horticole du Roussillon, sous influence climatique du littoral à 15km. Elle se trouve à 25 km de la frontière espagnole. Le climat se prête très bien à la mise en place de la technique de solarisation pour la désinfection des sols. Le domaine est irrigué par le réseau d'irrigation de la société BRL et dispose d'un puits de secours. La station expérimentale de 19 ha est réunie sur un seul site clos, à proximité du bourg d'Alénia et d'exploitations en agriculture conventionnelle de taille importante avec de nombreuses serres hors-sol chauffées ; ceci induit régulièrement une forte pression d'aleurodes lors des arrachages de fin de culture de ces serres. La commune d'Alénia est en zone vulnérable de la directive nitrates de juillet 2014.

### > Autres risques

La proximité de l'Espagne et la grande circulation de plants et de fruits en provenance des pays tiers (UE ou hors UE) sur la zone de Perpignan augmente le risque d'infestation de la région et donc du site, par des bioagresseurs émergents : virus, ravageurs, maladies...

Pour en savoir , consultez les fiches *PROJET* et les fiches *SYSTEME*

Action pilotée par le Ministère chargé de l'agriculture et le Ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence Française pour la Biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan ECOPHYTO.





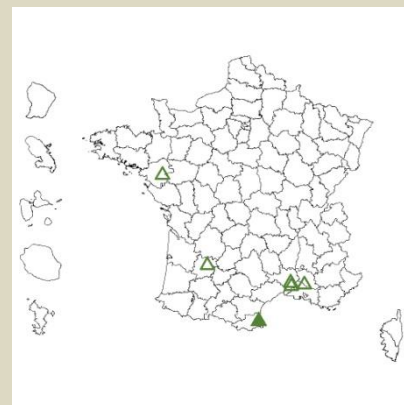
**Projet : GEDUBAT** - Innovations techniques et variétales pour une GEstion DURable des BioAgressors Telluriques dans les systèmes maraîchers sous abris

**Site : INRA Alénia**

Localisation : Mas Blanc 66200 ALENIA  
(42.638608, 2.967014)

## Système DEPHY : Plus de risques

Contact : Amélie LEFEVRE ([amelie.lefevre@inra.fr](mailto:amelie.lefevre@inra.fr))



Localisation du système (▲)  
(autres sites du projet △)

**Gestion des bioagresseurs telluriques dans un système centré sur la salade ayant recours aux produits de biocontrôle et à la solarisation un été sur trois**

**Site :** station expérimentale

**Durée de l'essai :** 2012-2017

**Situation de production :** cultures en sol sous abri plastique à froid

**Espèces :** laitue – tomate – concombre

**Conduite :** conventionnelle

**Circuit commercial :** circuit long d'expédition

**Dispositif expérimental :** un tunnel de 320 m<sup>2</sup>, sans répétition temporelle ou spatiale

**Système de référence :** aucun, des références extérieures ainsi que l'expertise du pilote du système sont mobilisées

**Type de sol :** limono sableux, 19 % d'argile, Matière Organique (MO) : 1,5 %. Sol non caillouteux. Risque de battance.

## Origine du système

Ce système est relativement peu diversifié et accorde une place centrale à la production de salade avec deux cultures en automne-hiver. Il alterne des solanacées et des cucurbitacées en printemps-été. La solarisation contribue à maîtriser les bioagresseurs telluriques. Ce système a été conçu dans la continuité du projet Prabioteel : le délai de retour de la solarisation a ainsi été allongé de 1 été sur 2 à 1 sur 3 depuis 2012. Cela permet de consacrer une place plus importante aux cultures commercialisées d'été.

Ce système vise comme débouchés la commercialisation de légumes vendus frais et non transformés en circuit long.

La protection des cultures privilégie les produits de biocontrôle disponibles sur le marché et réduit le recours à certains fongicides sur salade. Le même calendrier cultural est expérimenté dans le système « Techniques validées » (décrit dans une autre fiche).

## Objectif de réduction d'IFT

### IFT le plus bas possible

*Il n'y a pas de références régionales sur les espèces travaillées*

## Mots clés

Maraîchage – Tunnel –  
Bioagresseurs telluriques –  
Solarisation – Biocontrôle

## Stratégie globale

**Efficience** ☆☆☆☆☆

**Substitution** ★★★★★

**Reconception** ☆☆☆☆☆

*Efficience : amélioration de l'efficacité des traitements*

*Substitution : remplacement d'un ou plusieurs traitements phytosanitaires par un levier de gestion alternatif*

*Reconception : la cohérence d'ensemble est repensée, mobilisation de plusieurs leviers de gestion complémentaires*

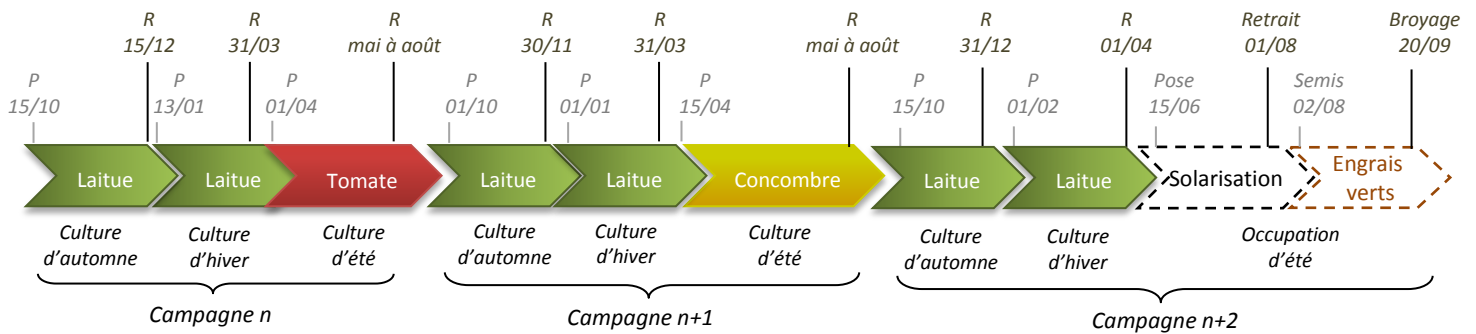


## Le mot du pilote de l'expérimentation

« Ce système fait la part belle à la salade. Les maladies qui lui sont associées pèsent sur la qualité de la production. La désinfection par la solarisation tous les 3 ans permet de contenir les bioagresseurs telluriques. Suite aux enseignements de « Prabioteel », nous ne réalisons pas de traitement fongicide contre *Botrytis* et *Sclerotinia* sur la salade d'automne (1<sup>ère</sup> culture). La salade avant la solarisation doit être particulièrement protégée. » L. PARÈS

## Caractéristiques du système

**Succession culturale** : elle s'organise sur 3 ans. Deux cultures de laitue sont présentes tous les hivers. Deux étés sont consacrés aux cultures de vente avec solanacée ou cucurbitacée alternées. Le troisième été est réservé à la désinfection solaire du sol à partir de mi juin pour une durée 45 jours avec comme objectif de température à atteindre : 40°C à -10 cm de profondeur dans le sol. Elle est suivie d'un engrais vert en août pour 45 jours qui aura un rôle de piège à nitrates.



P = Plantation, R = Récolte, les dates informant sur une période

**Mode d'irrigation** : alternance d'irrigation en plein avec l'aspersion en hiver et d'apports localisés par le goutte à goutte en été. L'irrigation des laitues est raisonnée grâce aux tensiomètres couplés à un outil d'aide au pilotage.

**Travail du sol** : travail en profondeur avec canadien, rotochêche. Préparation du lit de plantation pour les cultures d'hiver avec la herse rotative associée à un rouleau pour les cultures d'hiver.

**Fertilité du sol** : apport de compost de déchet vert à l'automne pour maintenir la MO proche de 2 %.

**Fertilisation** : basée sur les besoins théoriques des cultures. Pour l'azote les apports sont ajustés grâce à des mesures de reliquats avant chaque culture. Une analyse chimique est réalisée tous les 3 ans.

**Gestion des adventices** : paillage plastique sur les 2 planches de salade ou sur les rangs de culture pour les cultures de printemps-été. La solarisation contribue aussi à minimiser le stock semencier. Désherbage chimique selon le taux d'enherbement en plein ou localisé sur les allées et les bordures depuis 2014.

**Infrastructures agro-écologiques** : végétation spontanée en inter-tunnel.



Laitue 2015 – Crédit photo : L. Parès INRA



Tomate 2015 – Crédit photo : L. Parès INRA

## Objectifs du système

Agronomiques			Maîtrise des bioagresseurs			Environnementaux		
<b>Fertilité du sol</b>			<b>Maîtrise des adventices</b>			<b>IFT</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maintenir le taux de MO <math>\approx</math> 2 %</li> <li>- Ne pas dégrader globalement la structure de sol ou générer trop d'hétérogénéité</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ne pas augmenter l'incidence des adventices sur les cultures</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produire avec un IFT le plus bas possible</li> <li>- Préserver l'entomofaune utile</li> </ul>		
<b>Rendement</b>			<b>Maîtrise des bioagresseurs telluriques</b>			<b>Socio-économiques</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Commercialiser 75 % des plantes</li> <li>- Minimiser les pertes de rendements liées aux bioagresseurs telluriques</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limiter la présence de pourritures basales sur salade dues à <i>Botrytis</i>, <i>Rhizoctonia</i> à moins de 30 %*, <i>big vein</i> à moins de 7 %*, <i>Sclerotinia</i> à moins de 5 %* [observation de mycélium ou de nécroses sur légume]</li> <li>- Limiter les dégâts des mollusques préjudiciables à la commercialisation sur les cultures d'hiver à moins de 10 %*</li> <li>- Maintenir l'état sanitaire des systèmes racinaires (INR &lt; 2*) (plants en franc)</li> </ul>			<b>Marge brute</b>		
<b>Qualité des produits</b>			<b>Maîtrise des bioagresseurs aériens</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maîtriser le nombre de passage de récolte pour les cultures d'hiver</li> <li>- Maintenir la marge brute</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Critères de commercialisation du circuit long d'expédition pour le marché du frais</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sur salades, aucune tolérance vis-à-vis du mildiou et tolérance de quelques pucerons et traces de noctuelles</li> <li>- Sur les cultures d'été maîtriser les populations de ravageurs (aleurodes, acariens..)</li> </ul>					

\* Les valeurs et % ne sont pas des seuils de nuisibilité ou d'intervention. Ils sont des indicateurs révélant l'état de la parcelle.

## Résultats sur les campagnes de 2012 à 2017

### > Maîtrise des bioagresseurs telluriques

Le code couleur traduit le niveau de satisfaction des résultats vis-à-vis des objectifs initialement fixés : vert = résultat satisfaisant, orange = résultat moyennement satisfaisant, rouge = résultat insatisfaisant, gris = non concerné. Le code pour les cultures est le suivant : T = Tomate ; C = Concombre ; L = Laitue

Les résultats ci-dessous traduisent la présence des bioagresseurs. Les dégâts causés n'induisent pas toujours de dommages et de pertes commerciales. Le code couleur traduit le niveau de satisfaction des résultats vis-à-vis des objectifs initialement fixés.

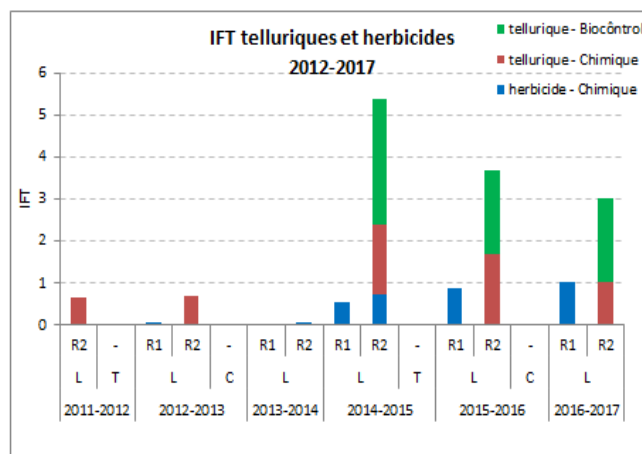
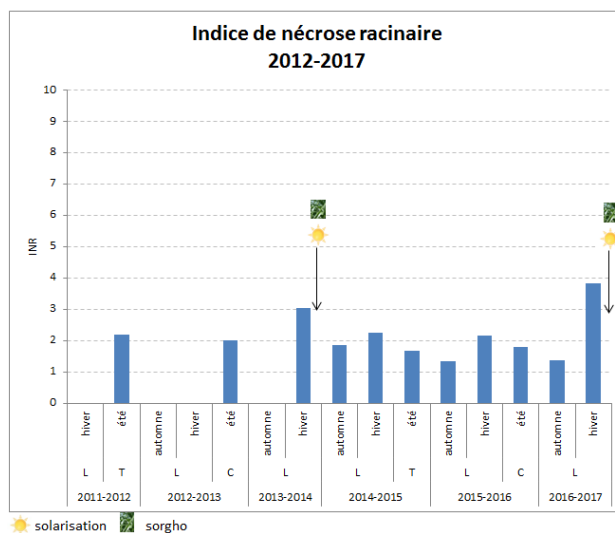
Niveau de satisfaction du pilote de l'expérimentation sur la maîtrise des bioagresseurs telluriques

	2012		2013			2014		2015			2016			2017		Satisfaction globale sur les 6 années
	L	T	L	L	C	L	L	L	L	T	L	L	C	L	L	
Botrytis	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Sclerotinia	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Rhizoctonia	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Mollusques	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Big vein	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊

Sur l'ensemble des cultures de laitue les **maladies cryptogamiques** sont maîtrisées. Il y a eu plus de dégâts (présence) sur les laitues du 2<sup>nd</sup> tour en 2014 et en 2017 juste avant la solarisation. **Botrytis cinerea** est le principal bioagresseur.

Le big vein, maladie des grosses nervures, virus transmis par *Olpidium virulentus*, un champignon tellurique est présent sur cette parcelle depuis 2004. Il est maintenu au même niveau qu'au démarrage du dispositif (au maximum 9 % des plantes touchées en 2013).

L'**indice de nécrose racinaire** (INR) qui traduit la pression du pool des bioagresseurs telluriques sur le système racinaire est mesuré aussi sur laitue à partir de 2014 ; période à partir de laquelle des hétérogénéités de croissance deviennent importantes. Les INR moyens sont faible (2,1) sur une échelle de 0 à 10, sauf sur les laitues les plus éloignées de la solarisation. Les dégâts liés aux **mollusques** sont en très forte augmentation et touchent les deux cultures depuis 2014. Les principaux bioagresseurs sont *Pyrenochaeta lycopersici*, *Rhizoctonia solani* et *Colletotrichum coccodes*.



R1 : 1<sup>er</sup> tour, R2 : 2<sup>ème</sup> tour

### > Performances environnementales

La **protection** contre les **bioagresseurs telluriques** représente 27 % des applications effectuées. 67 % sont réalisées avec des produits de biocontrôle. Le reste des traitements vise les bioagresseurs aériens.

Les **adventices** pérennes (liseron et chardon) se sont installées sur la parcelle au fil des cultures. Elles apparaissent en bords de tunnel, zones limite de positionnement de la bâche de solarisation. Des interventions chimiques ont été faites en localisées en 2014, 2015, 2016 et en plein en 2017 avant la solarisation. Au total 3,2 IFT chimiques y ont été consacrés.

### > Performances agronomiques

Les **rendements commercialisables** des cultures d'été sont corrects. Les critères de déclenchement d'une récolte de laitues en un chantier unique est l'atteinte du poids minimum de 320 gr. Les rendements commercialisables obtenus sous ces contraintes sont faibles. Cette parcelle mise en culture en 1999 présente au fil des ans des problèmes d'hétérogénéité de croissance des plantes. Cette situation induit une hétérogénéité des plantes à la récolte et ainsi un pourcentage élevé de « petites » (dernière ligne du tableau ci-dessous). Depuis 2014 les attaques des mollusques viennent aussi pénaliser ces résultats.

Valeur et niveau de satisfaction des rendements bruts, commercialisables et taux de déchets par culture

Espèce	2012		2013			2014		2015			2016			2017		satisfaction globale sur les 6 ans
	L	T	L	L	C	L	L	L	L	T	L	L	C	L	L	
Rdt brut	13,3	13,6	13,8	13,6	17,5	13,8	13,5	13,6	13,8	14,8	13,9	13,8	14,1	13,2	12,2	😊
Rdt commercialisable	11,4	11,1	0,8	7,8	12,8	5,5	9,6	6,3	10,4	13,3	8,8	10,2	11,8	5,3	6,5	😊
% déchets	14%	18%	94%	43%	27%	60%	29%	54%	25%	10%	37%	26%	17%	60%	47%	😊
dont plantes <320gr	10%		91%	40%		58%	16%	50%	22%		36%	9%		53%	10%	😊

L : Laitue, T : Tomate, C : Concombre, p/m² = pièce par m²



## Zoom sur la protection phytosanitaire des laitues

La problématique des bioagresseurs telluriques est gérée : à l'échelle du système de culture par l'introduction d'une solarisation tous les 3 ans et à l'échelle de chaque culture par la protection phytosanitaire, en combinant produits phytopharmaceutiques et de biocontrôle au fur et à mesure de leurs disponibilités.

Les **règles de décisions** qui régissent leurs usages **ont évolué** au cours du dispositif en fonction des résultats observés. Ainsi, en 2014 le 2<sup>nd</sup> tour a présenté des dégâts importants : 86 % de plantes touchées par *Botrytis*, 15 % par *Sclerotinia* et 7 % par big vein. Il a été choisi de prendre moins de risques sur les laitues du 2<sup>nd</sup> tour en stimulant les défenses naturelles des plantes en début de culture avec *Bacillus subtilis* et de renforcer la protection chimique en jouant sur l'alternance des familles de molécules jusqu'à mi cycle de culture. Le tableau ci-contre illustre cette évolution.

Evolution de la protection phytosanitaire contre *Botrytis* et *Sclerotinia* pour la laitue de 2<sup>nd</sup> tour

	Produit de biocontrôle	Produit chimique fongicide
Version 1 avant 2015	/	1 application 28 à 34 jsap avant atteinte 18 feuilles.
Version 2 depuis 2015	1 <sup>ere</sup> application 7 jsap 2 <sup>ème</sup> application 14 jsap	3 <sup>ème</sup> application 21 à 24 jsap 4 <sup>ème</sup> application 28 à 23 jsap

jsap : nombre de jours après plantation

## Transfert en exploitations agricoles



Ce dispositif ne prétend pas proposer des solutions clé en main et applicables à tous. Ce système de culture est une illustration d'un système maraîcher produisant une gamme restreinte de légumes frais sur une parcelle en maraîchage depuis 1999 et mobilisant des leviers alternatifs tels que la solarisation et les produits dits de biocontrôle. De cet essai, nous retenons plusieurs points à l'échelle pluriannuelle ainsi qu'à l'échelle d'une culture.

### A l'échelle du système et de la succession culturale :

- il remplit ses objectifs agronomiques (contrôle des bioagresseurs, notamment maladies cryptogamiques et maîtrise de l'usage des produits phytopharmaceutiques) mais il faut adapter les modalités de gestion des maladies en fonction du positionnement de la salade : 1<sup>er</sup> tour ou 2<sup>nd</sup> tour ;
- compte tenu des exigences économiques sur la production de salades, il comporte une faiblesse pour produire de manière stable selon les standards de commercialisation (homogénéité, poids minimal, volumes, absence garantie de traces de ravageurs). Ceci peut être lié à l'hétérogénéité intrinsèque de la parcelle et aux calendriers culturaux que nous nous sommes imposés en salade (contraintes organisationnelles et expérimentales) ;
- le système ne semble pas contrôler à long terme le stock semencier d'adventices et présente des faiblesses vis-à-vis d'une forte pression mollusques ;
- les produits de biocontrôle sont à appliquer dans des conditions d'humidité, de température spécifiques à chacun, il est nécessaire de se rapprocher de firmes qui les commercialise pour les connaître.

### A l'échelle d'une espèce et/ou d'une culture :

- il est possible d'adapter les niveaux de protection des laitues contre les maladies cryptogamiques telluriques en fonction du tour. La culture d'automne bénéficie de conditions défavorables pour les champignons (hygrométrie et humidité de sol) et d'un cycle plus rapide. La protection phytosanitaire peut-être allégée.

## Pistes d'améliorations du système et perspectives



Le système T5 « Plus de risques » a été conçu et expérimenté en mobilisant les produits de biocontrôle disponibles et ses règles de gestion des maladies en salades ont évolué sur la base des observations fines faites culture après culture par les expérimentateurs. Pour mieux apprécier le risque et guider les itinéraires techniques en fonction du positionnement (1<sup>er</sup> ou 2<sup>nd</sup> tour, éloignement de la solarisation) et de la pression sanitaire effective, il serait nécessaire de travailler à des **outils aidant à la détection précoce de bioagresseurs** pour ajuster les stratégies, ainsi que des **outils** qui permettent de **vérifier au champ que les mécanismes attendus par les produits de biocontrôle sont à l'œuvre** (exemples : stimulation des défenses, réduction des sclérotés ...).

Pour en savoir **+**, consultez les fiches **PROJET** et les fiches **SITE**

Action pilotée par le ministère chargé de l'agriculture et le ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence française pour la biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto.

Document réalisé par **Laure PARES**,  
INRA Domaine expérimental Alénia  
Roussillon





Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des bioagresseurs telluriques.

La stratégie de gestion des bioagresseurs telluriques est présentée sur deux feuilles. Cette feuille reprend le **schéma décisionnel**. Sur la feuille suivante, un tableau détaille les **principes d'action** et les **enseignements** des différents leviers.

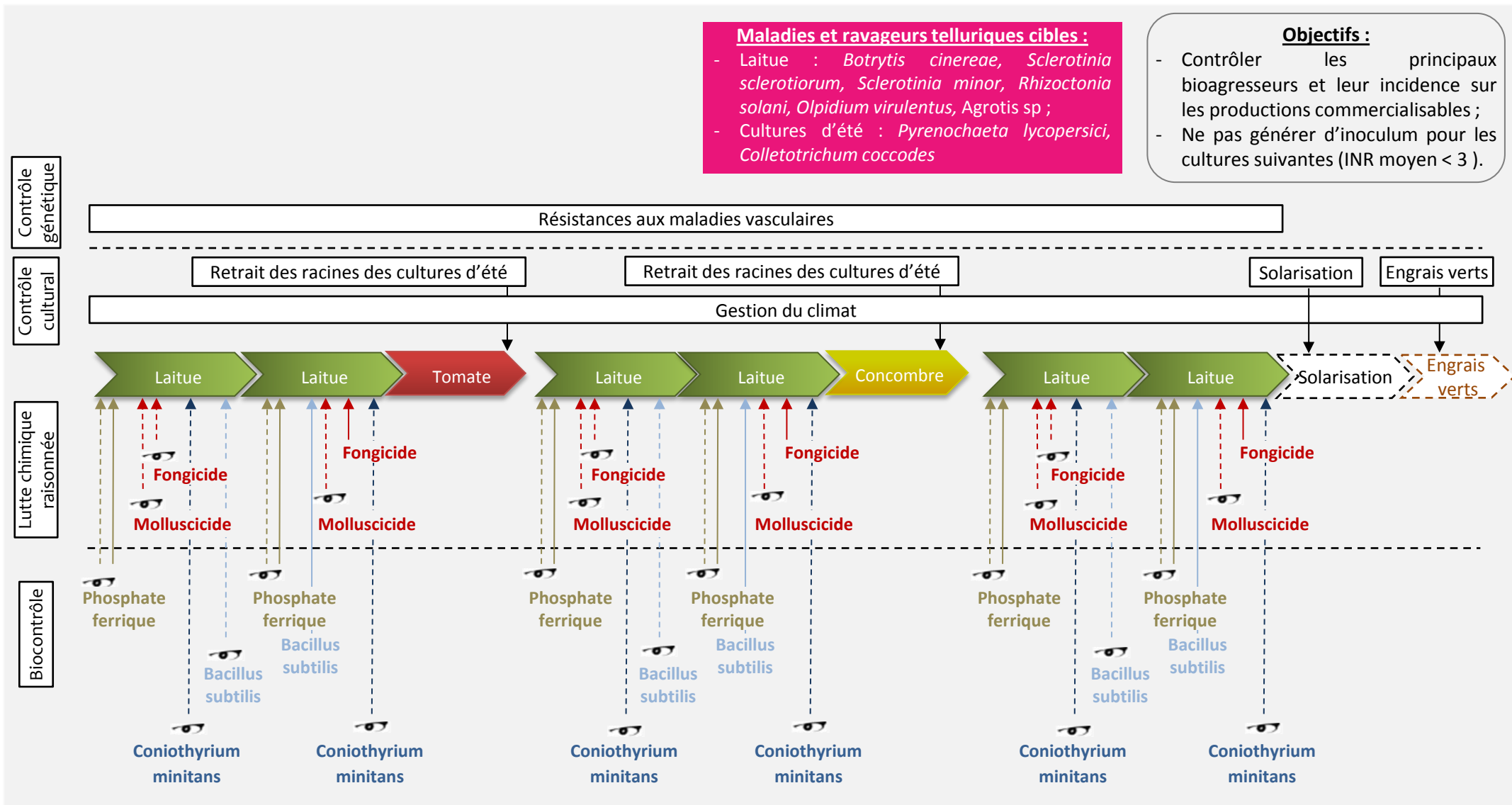




Tableau synthétisant les **principes d'action** et les **enseignements** des différents leviers :

Leviers	Principes d'action	Enseignements
Résistances aux maladies vasculaires	Utiliser des portes greffes résistants à <i>Pyrenochaeta lycopersici</i> pour la tomate.	Les INR ne sont pas plus élevés qu'au début du dispositif, levier non mobilisé afin de maintenir la durabilité des résistances.
Retrait des racines des cultures d'été	Sur les cultures d'été les systèmes racinaires sont enlevés pour ne pas laisser dans le sol des sources de contamination.	Pratique faisable lors de l'arrachage de la culture.
Solarisation	Désinfection thermique solaire non sélective qui permet d'éliminer tous les microorganismes sensibles à la gamme de température atteinte. Durée minimale sous abri : 45 jours.	Il est important d'avoir une montée en température très rapide pendant les 3 premiers jours pour une efficacité maximale sur le pourpier. Les deux étés de mise en place de la solarisation, l'enchaînement des cultures et les conditions climatiques ont permis d'atteindre à -10 cm plus de 500 heures à 40°C.
Engrais verts	Le couvert végétal de sorgho (à 50 kg/ha) vient piéger les nitrates du sol que l'on retrouve en concentration élevée (150 à 200 kg/ha/N-NO3) après la solarisation. Les laitues pousseront dans de meilleures conditions et seront moins sensibles aux pathogènes.	L'organisation du calendrier de culture laisse de la place pour enchaîner la solarisation et le sorgho. L'intérêt sur les maladies cryptogamiques telluriques des laitues n'a été vu qu'en 2015, seule année de testée. L'effet année climatique était peut-être plus important.
Gestion du climat	Maintenir des conditions défavorables aux maladies cryptogamiques, éviter l'eau libre et l'hygrométrie élevée.	L'aération est maximale après la reprise des plantes pour l'ensemble des cultures. Les ouvrants latéraux restent alors toujours ouverts, les faitages se ferment en cas de gel l'hiver. En automne et été les portillons sont ouverts en journée.
Lutte chimique raisonnée	Les règles de décisions prévoient l'utilisation de fongicides à action systémique sur les bioagresseurs telluriques après observation de symptômes au 1 <sup>er</sup> tour de laitue, cycle le moins risqué (résultat Prabiotel) et en systématique 2 <sup>nd</sup> tour.	Il n'y a pas eu de traitement chimique sur les 1 <sup>er</sup> tour de laitue car aucun symptôme de maladie tellurique a été observé. L'utilisation en systématique de fongicides chimiques a été réalisée sur tous les 2 <sup>nd</sup> tours de laitue.
	Molluscicide en granulés	L'efficacité n'est pas suffisante en une application en cas de forte pression.
Biocontrôle	<i>Coniothyrium minitans</i> champignon antagoniste de <i>sclerotinia sclerotiorum</i> et <i>sclerotinia minor</i> dont il va détruire les formes de conservation : les sclérotés.	En cas de forte attaque, application avant enfouissement des résidus de culture ou avant le travail du sol de la salade suivante. L'humidité du sol en fin de culture de salade peut limiter cette application.
	<i>Bacillus subtilis</i> stimulateur des défenses naturelles des plantes.	Levier qui a été utilisé en 2 <sup>nd</sup> tour, la pression de <i>Botrytis</i> et <i>Sclerotinia</i> lors des 1 <sup>ers</sup> tours n'a pas nécessité son utilisation.
	Phosphate ferrique, destruction des limaces et escargots.	La protection qu'il assure n'est pas suffisante en cas de forte pression.



Systèmes racinaires de concombre.  
Le central est nécrosé.  
2016 – Crédit photo :  
L.Parès INRA



Parcelle solarisée  
2017 – Crédit  
photo : L.Parès  
INRA



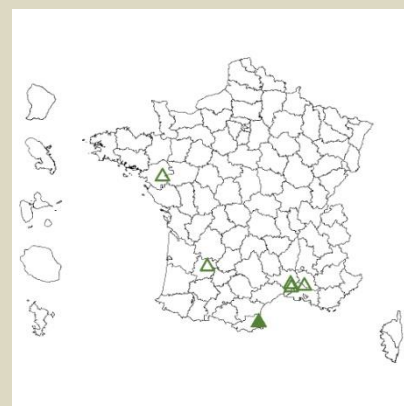
**Projet : GEDUBAT** - Innovations techniques et variétales pour une GEstion DURable des BioAgresseurs Telluriques dans les systèmes maraîchers sous abris

**Site : INRA Alénia**

Localisation : Mas Blanc 66200 ALENIA  
 (42.638608, 2.967014)

## Système DEPHY : Stimuler la vie du sol

Contact : Amélie LEFEVRE ([amelie.lefevre@inra.fr](mailto:amelie.lefevre@inra.fr))



Localisation du système (▲)  
 (autres sites du projet △)

### Gestion des bioagresseurs tellurique dans un système très diversifié

**Site :** station expérimentale

**Durée de l'essai :** 2012-2017

**Situation de production :** cultures en sol sous abri plastique non chauffé

**Espèces :** laitue – épinard – fenouil – chou rave – oignon – tomate – poivron – aubergine – concombre

**Conduite :** conventionnelle

**Circuit commercial :** circuit d'expédition ou circuit avec un intermédiaire, écoulant des volumes importants d'espèces majeures et de diversification

**Dispositif expérimental :** un tunnel de 320 m<sup>2</sup> sans répétition temporelle ou spatiale

**Système de référence :** aucun, des références extérieures ainsi que l'expertise du pilote du système sont mobilisées

**Type de sol :** limono sableux, 17 % d'argile, Matière Organique (MO) : 1,8 %. Sol non caillouteux. Risque de battance.

### Origine du système

Historiquement, les exploitations maraîchères du Roussillon sont fortement spécialisées dans la production sous abris plastiques de laitue en hiver et de tomate ou concombre en printemps-été à destination des circuits longs. Cette spécialisation des parcelles a abouti au fil des années à une dégradation des états sanitaires des sols conduisant au recours aux techniques de désinfection.

En 2009, la stratégie alternative retenue pour ce système de culture lors du projet PRABIOTEL est de **diversifier la succession de cultures** plutôt que de désinfecter (même par solarisation). Cette diversification été et hiver vise à perturber les cycles des bioagresseurs telluriques voire à éviter leur concentration.

### Objectif de réduction d'IFT

**IFT le plus bas possible**

### Mots clés

Maraichage – Tunnel plastique –  
 Diversification des cultures –  
 Fertilité du sol – Bioagresseurs telluriques – Apports organiques – Biocontrôle

### Stratégie globale

**Efficiences** ☆☆☆☆☆

**Substitution** ★★★★★

**Reconception** ★★★★★

*Efficiences : amélioration de l'efficacité des traitements*

*Substitution : remplacement d'un ou plusieurs traitements phytosanitaires par un levier de gestion alternatif*

*Reconception : la cohérence d'ensemble est repensée, mobilisation de plusieurs leviers de gestion complémentaires*

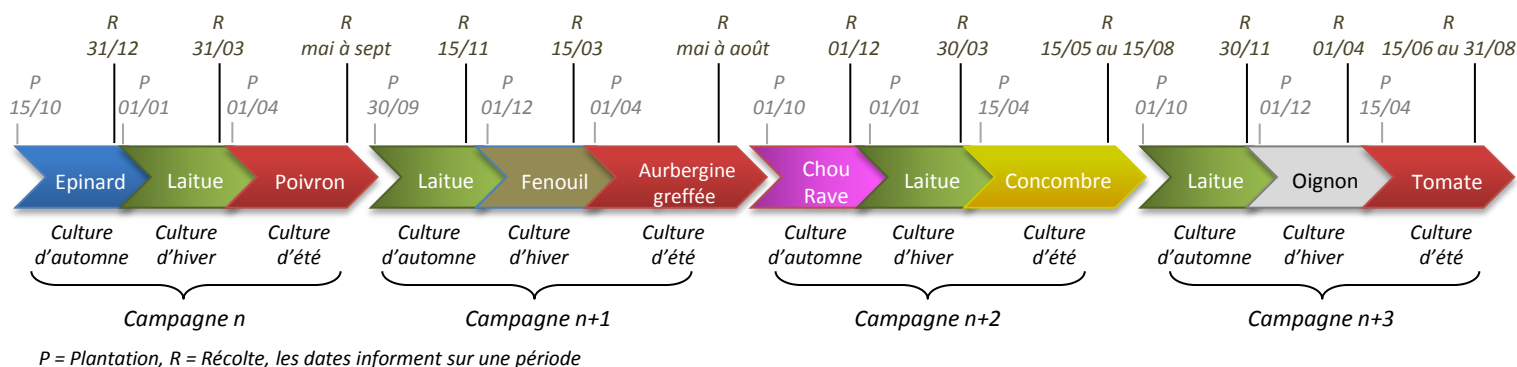


### Le mot du pilote de l'expérimentation

« Pour maîtriser les maladies et les ravageurs associés à la salade, on a désintensifié sa mise en culture en remplaçant chaque hiver, un des deux tours de salade par une espèce de diversification. Celles-ci sont peu sensibles aux mêmes bioagresseurs telluriques. On a maintenu la qualité de la production de la salade. De plus, en cherchant à remplacer les applications de produits chimiques par du biocontrôle on a baissé l'IFT. Les processus à l'œuvre pour stimuler la vie du sol sont longs à se mettre en place mais les résultats sont encourageants. Ce dispositif produit aussi des références utiles aux maraîchers qui souhaitent diversifier leur gamme en conventionnel. » **L. PARÈS**

## Caractéristiques du système

**Rotation culturale :** la succession s'organise sur 4 ans. Les espèces de diversification les plus courtes sont positionnées à l'automne (campagne n et n+2) et en hiver (campagne n+1 et n+3) pour les plus longues, les cucurbitacées sont présentes un été sur 4 en rotation avec des solanacées pour lesquelles on alterne aussi les espèces.



**Mode d'irrigation :** alternance d'apports en plein avec l'aspersion en hiver et d'apports localisés par le goutte à goutte en été

**Travail du sol :** de 2012 à avril 2016 travail en profondeur avec canadien, rotobèche. Préparation du lit de plantation pour les cultures d'hiver avec la herse rotative associée à un rouleau. Depuis le printemps 2016 les outils animés ne sont plus utilisés pour préserver les agrégats de surface et minimiser la perturbation des communautés biologiques des sols. Les interventions de profondeur sont depuis effectuées avec le canadien, celles de surface avec le vibroculteur.

**Fertilité du sol :** maintenir la MO au minimum à 2 %, apport de compost de déchet vert à l'automne. Fertilisation organique basée sur les besoins théoriques des cultures. Les apports d'azote sont ajustés en fonction des reliquats d'avant culture. Analyse chimique tous les 3 ans.

**Gestion des adventices :** paillage plastique sur les 2 planches de salade, d'épinard, de chou-rave, de fenouil et d'oignon. Paillage sur les rangs pour les cultures de printemps-été. Désherbage manuel des allées et des bordures. Le travail du sol contribue aussi à la gestion des adventices.

**Infrastructures agro-écologiques :** végétation spontanée en inter-tunnel



Épinard 2014 – Crédit photo : L.Parès INRA



Fenouil 2014 – Crédit photo : L.Parès INRA

## Objectifs du système

Agronomiques		Maîtrise des bioagresseurs		Environnementaux	
Fertilité du sol		Maîtrise des adventices		IFT	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Maintenir le taux de MO <math>\approx 2\%</math></li><li>- Améliorer l'activité microbiologique du sol</li><li>- Contribuer à optimiser la diversité fonctionnelle en terme de communautés en particulier pour les nématodes</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>- Ne pas augmenter le stock semencier et son incidence en culture</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>- Produire avec un IFT le plus bas possible</li><li>- Préserver l'entomofaune utile</li></ul>	
Rendement		Maîtrise des bioagresseurs telluriques		Socio-économiques	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Commercialiser 75 % des plantes</li><li>- Minimiser les pertes de rendements liées aux bioagresseurs telluriques</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>- Limiter la présence de pourritures basales sur salade dues à <i>Botrytis</i>, <i>Rhizoctonia</i> à moins de 30 %*, <i>big vein</i> à moins de 7 %*, <i>Sclerotinia</i> à moins de 5 % * [observation de mycélium ou de nécroses sur légume]</li><li>- Limiter les dégâts des mollusques préjudiciables à la commercialisation sur les cultures d'hiver à moins de 10 %*</li><li>- Maintenir l'état sanitaire des systèmes racinaires (INR &lt; 5 * ) (plants en franc)</li></ul>			
Qualité des produits		Maîtrise des bioagresseurs aériens		Marge brute	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Critères de commercialisation du marché du frais pour l'expédition ou les circuits avec un intermédiaire, écoulant des espèces diversifiées en volumes conséquents</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>- Sur salades, aucune tolérance vis-à-vis du mildiou et tolérance de quelques pucerons et traces de noctuelles</li><li>- Sur les cultures d'été maîtriser les populations de ravageurs (aleurodes, acariens..)</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>- Maîtriser le nombre de passage de récolte pour les cultures d'hiver</li><li>- Maintenir la marge brute</li></ul>	

\* Les valeurs et % ne sont pas des seuils de nuisibilité ou d'intervention. Ils sont des indicateurs révélant l'état de la parcelle.

## Résultats sur les campagnes de 2012 à 2017

Le code couleur traduit le niveau de satisfaction des résultats vis-à-vis des objectifs initialement fixés : vert = résultat satisfaisant, orange = résultat moyennement satisfaisant, rouge = résultat insatisfaisant, gris = non concerné.

Dans les figures qui sont présentées en suivant : L = Laitue, T = Tomate, E = Epinard, P = Poivron, F = Fenouil, Ag = Aubergine greffée, CR = Chou rave, C = Concombre, O = Oignon.

### > Maîtrise des bioagresseurs telluriques

Les résultats ci-dessous traduisent la présence des bioagresseurs. Les dégâts causés n'induisent pas toujours de dommages et pertes sur les rendements.

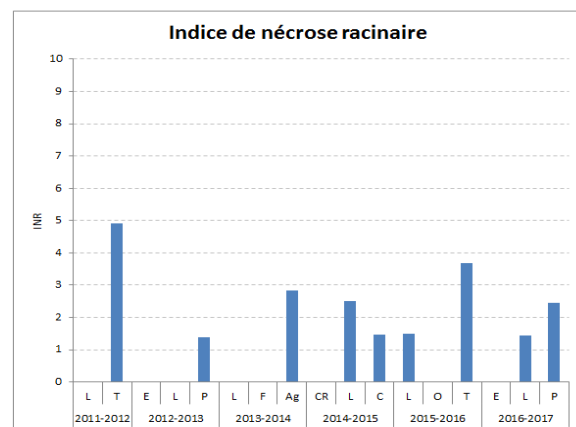
Niveau de satisfaction du pilote de l'expérimentation sur la maîtrise des bioagresseurs telluriques

	2012		2013			2014			2015			2016			2017			Satisfaction globale sur les 6 années
	L	T	E	L	P	L	F	Ag	CR	L	C	L	O	T	E	L	P	
Botrytis	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Sclerotinia	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Rhizoctonia	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Mollusques	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Big vein	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊

Sur laitue, les **bioagresseurs telluriques** sont maîtrisés hormis en 2013 une pression *sclerotinia* sur la culture d'hiver. Cette observation n'est pas faite sur les deux autres systèmes testés sur ce site ( « Plus de risques » et « Techniques validées », présentés dans d'autres fiches). Le big vein, maladie des grosses nervures, est un virus qui est transmis par *Olpidium virulentus* un champignon tellurique. Cette maladie est présente sur cette parcelle depuis 2004. Elle a été maintenue à un niveau faible au cours de l'essai : 3,4 % de plants touchés au maximum en 2013 ; aucun en 2013 et 2015 alors qu'elle a été observée dans le systèmes « Plus de risques » testés sur ce site. Au fil des **cultures d'hiver**, les dégâts liés aux **mollusques** sont en augmentation. Les cultures de diversification ne sont pas épargnées.

L'**indice de nécrose racinaire** dont l'échelle va de 0 à 10 (0 : absence de nécrose, 10 : fortement atteint) traduit la pression du pool des bioagresseurs telluriques sur le système racinaire. Il est satisfaisant car il reste inférieur à 5 (5 = niveau relevé lors du 1<sup>er</sup> relevé, dit « point zéro » sur tomate). Les principaux bioagresseurs sont *Pyrenochaeta lycopersici*, *Rhizoctonia solani* et *Colletotrichum coccodes*.

A noter, des nématodes à galles ont été observés en 2016, probablement liés à une contamination extérieure ponctuelle. L'indice de galle moyen est faible, inférieur à 0,5 %.

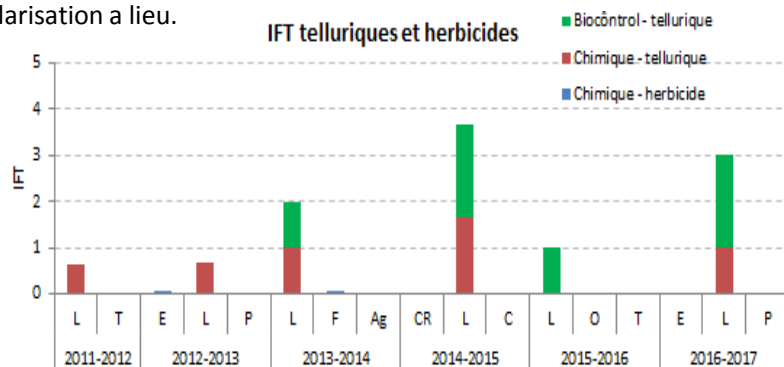


### > Maîtrise des adventices

Les **adventices** sont en augmentation sur la parcelle. Elles apparaissent en bords de tunnel, en limite de positionnement des paillages plastiques et gagnent le centre du tunnel. Deux espèces pérennes (liseron et chardon) sont dominantes. Elles sont aussi présentes dans les deux autres systèmes ( « Plus de risques » et « Techniques validées ») pour lesquels de la solarisation a lieu.

### > Performances environnementales

La protection contre les **bioagresseurs telluriques** est nécessaire que sur les cultures de laitues. Elle a été réalisée avec 55 % de produits de biocontrôle. Les cultures de diversification n'ont pas nécessité de traitements contre les bioagresseurs telluriques. Elles avaient été choisies aussi pour leur non sensibilité aux pathogènes identifiés au début du dispositif.



### > Performances agronomiques p/m² = pièce par m²

Valeur et niveau de satisfaction des rendements bruts, commercialisables et taux de déchets par culture

Espèce	2012		2013			2014			2015			2016			2017			satisfaction globale sur 6 ans
	L	T	E	L	P	L	F	Ag	CR	L	C	L	O	T	E	L	P	
Rdt brut	13,9	13,1	2,2	13,5	7,2	13,8	5,7	6,5	2,9	13,9	19,0	13,7	8,7	6,3	2,1	12,2	8,7	😊
Rdt commercialisable	12,9	10,0	2,0	10,9	5,9	10,8	5,4	6,4	2,2	12,8	14,5	10,0	5,0	4,1	1,7	4,4	6,3	😊
% déchet	7%	24%	12%	19%	18%	22%	4%	2%	23%	8%	23%	27%	42%	35%	18%	64%	27%	😊

Les **rendements bruts** sont faibles pour l'aubergine greffée conduite sur 3 bras taille sévère (12 semaines de récolte) et la deuxième tomate est fortement pénalisée par l'aleurode (forte pression en 2016 sur le site et plantation tardive à cause de l'allongement d'un mois de la culture de l'oignon). Les deux épinards obtiennent des résultats moyens (2 récoltes sur 2 semaines). Les pourcentages de déchets sont élevés.





## Zoom sur les mollusques

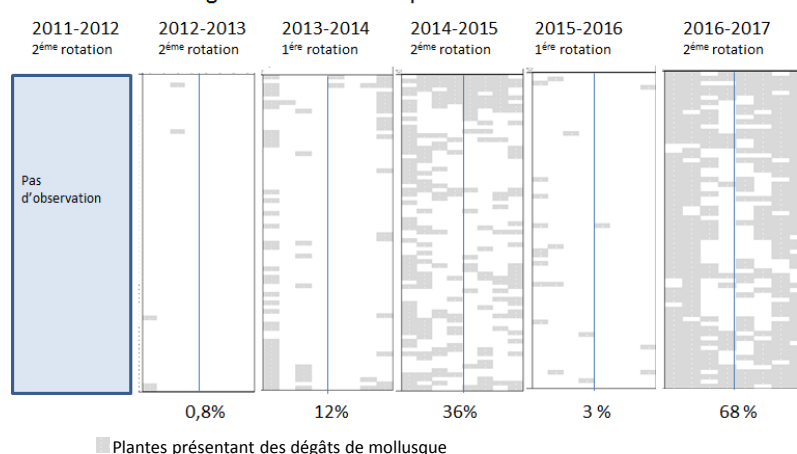
Les **mollusques** sont en augmentation sur les cultures d'hiver particulièrement sur les laitues du 2<sup>nd</sup> tour (cycle de 70 jours).

Les populations de mollusques suivies dans les inter-tunnels montrent une très forte pression (80 limaces/m<sup>2</sup> au maximum piégées en 7 jours). Les inter-tunnels sont travaillés lors des bâchages (dernier en 2012) et sont enherbés par une flore spontanée. Broyés 2 fois par an (printemps, automne) ce couvert offre un abri aux mollusques.

La protection des cultures avec du phosphate ferrique avant ou à la plantation montre ses limites. Un apport en cours de culture (avant le stade rosette) est compliqué car les appâts peuvent rester dans le cœur de la laitue et induire un refus d'agrégage.

Les **cultures de diversification** ne sont pas épargnées : l'épinard 2016 a fortement été impacté avec 48 % des déchets liés à ces ravageurs. La situation est identique dans les 2 autres systèmes testés (« *Plus de risques* » et « *Techniques validées* »).

Dégâts liés aux mollusques sur laitue



## Transfert en exploitations agricoles



Ce dispositif ne prétend pas proposer des solutions clé en main et applicables à tous. Ce système de culture est une illustration d'un système maraîcher diversifié produisant des légumes frais de haute qualité commerciale, sans écartier totalement la culture de laitue. De cet essai, nous retenons plusieurs points à l'échelle pluriannuelle ou à l'échelle d'une culture.

### A l'échelle du système et de la succession culturale :

- le système remplit ses objectifs de compromis entre objectifs agronomiques (contrôle des bioagresseurs et maîtrise de l'usage des produits phytopharmaceutiques) et attendus commerciaux (gamme, qualité, volumes) ;
- certaines précédents culturaux nécessitent une adaptation : par exemple derrière un cycle long d'oignon, il faudra adapter la conduite et la valorisation d'une culture d'été mise en place tardivement (fin avril) ;
- le système ne semble pas contrôler à long terme le stock semencier d'adventices et présente des faiblesses vis-à-vis d'une forte pression mollusques.

### A l'échelle d'une espèce et/ou d'une culture :

- ce système diversifié permet de maintenir la qualité de la production de laitue avec un poids moyen de 420 gr (*données non présentées*) et 77 % de plantes commercialisées en moyenne ;
- de nouvelles connaissances sur les espèces de diversification ont été produites par rapport à l'importance de l'adéquation entre le choix variétal et les calendriers, et par rapport à la conduite des cultures et la gestion des intrants notamment ;
- pour certaines cultures de diversification, une attention particulière est à apporter concernant :
  - les modalités de récolte et de conditionnement requises ;
  - l'anticipation du débouché commercial en fonction des volumes proposés.

## Pistes d'améliorations du système et perspectives



Plusieurs perspectives sont envisagées : l'évolution des pratiques de travail du sol, de gestion du paillage et de gestion de la fertilisation/des amendements afin d'améliorer les performances à moyen et long termes vis-à-vis des adventices, mollusques et afin de stimuler davantage l'activité microbienne des sols.

Enfin, l'occupation du sol dans le temps peut être optimisée en intégrant un engrais vert derrière une culture d'été arrachée tôt (ou plus tôt que prévu).

Pour en savoir + , consultez les fiches **PROJET** et les fiches **SITE**

Action pilotée par le ministère chargé de l'agriculture et le ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence française pour la biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto.

Document réalisé par Laure PARES  
INRA Domaine expérimental Alénia  
Roussillon





Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des bioagresseurs telluriques.

La stratégie de gestion des bioagresseurs telluriques est présentée sur deux feuilles. Cette feuille reprend le **schéma décisionnel**. Sur la feuille suivante, un tableau détaille les **principes d'action** et les **enseignements** des différents leviers.

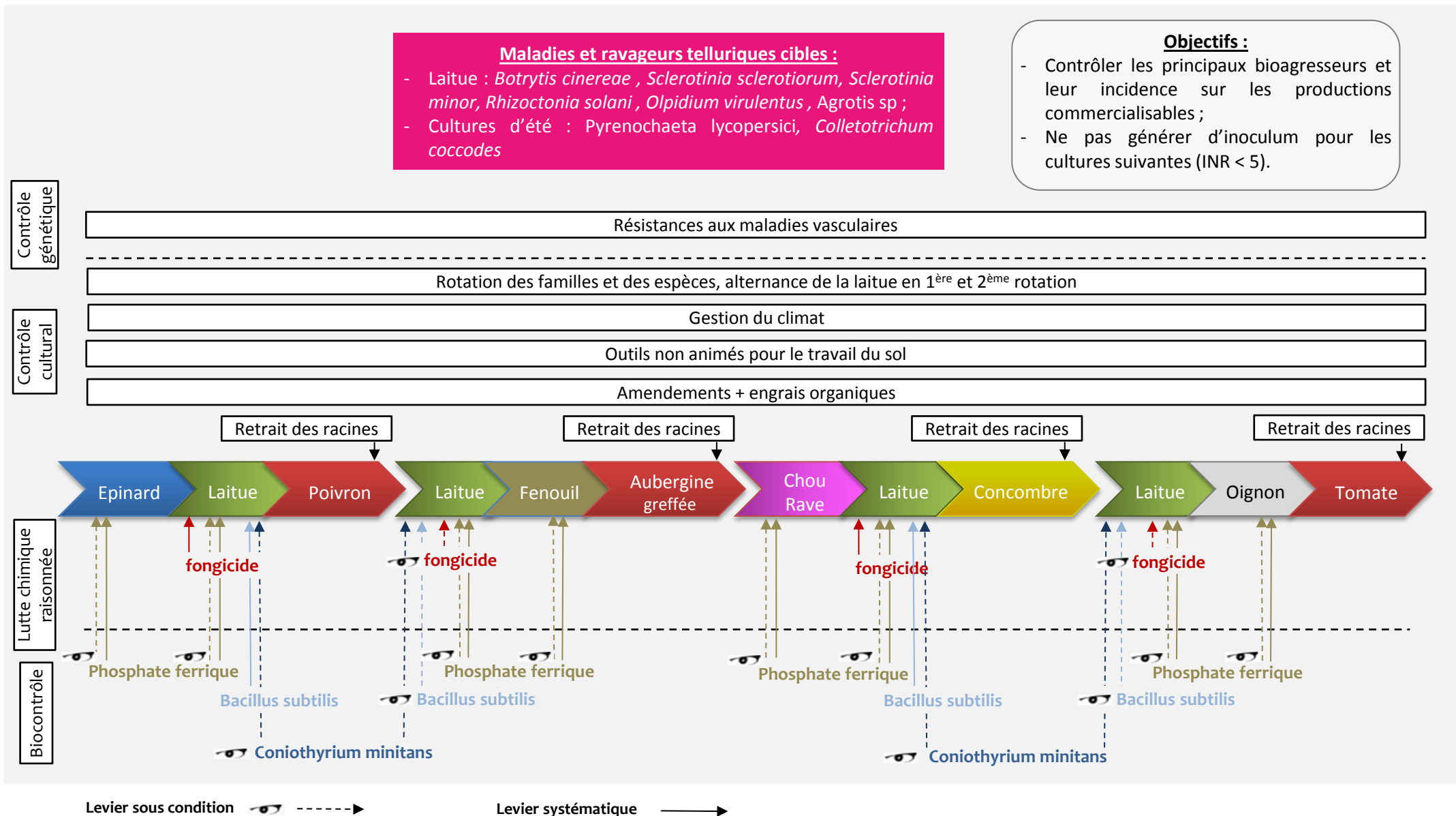


Tableau synthétisant les **principes d'action** et les **enseignements** des différents leviers :

Leviers	Principes d'action	Enseignements
Résistances aux maladies vasculaires	Utiliser des portes greffes résistants à <i>pyrenochaeta lycopersici</i> pour la tomate.	Les INR ne sont pas plus élevés qu'au début du dispositif, leviers non mobilisés afin de maintenir la durabilité des résistances.
Rotation des familles et des espèces – Alternance de la laitue 1 <sup>er</sup> / 2 <sup>nd</sup> tour	Introduction de familles autres que les astéracées l'hiver et d'espèces de solanacées autres que la tomate l'été afin de favoriser la diversité des organismes du sol. Alternier le tour des laitues en fonction de la durée du cycle de l'espèce de diversification. Favoriser les espèces moins sensibles aux bioagresseurs présents au début de l'essai. Retour des espèces tous les 4 ans hors laitue.	Les cultures de diversification se comportent bien par rapport au cortège de maladies de la laitue. Les cycles culturaux sont proches sauf l'oignon qui est plus long d'un mois sur le plein hiver. La tomate suivante mise en place tardivement aurait nécessité une protection renforcée contre les ravageurs aériens.
Gestion du climat	Maintenir des conditions défavorables aux maladies cryptogamiques, éviter l'eau libre et l'hygrométrie élevée.	L'hiver après la reprises des plantes les ouvrants latéraux restent toujours ouverts. Les faitages se ferment en cas de gel. L'automne ouverture des portillons en journée.
Outils non animés pour le travail du sol	Utiliser des outils de travail du sol tractés afin de maintenir le réseau de champignons mycorhiziens à arbuscules indigènes qui a pu se mettre en place pendant l'oignon, culture fortement mycorhizotrophe.	Après les cultures d'hiver le sol est moins pris en masse. Le vibroculteur + rouleau donne un sol motteux, la plantation en mottes posées et la reprise sont plus difficiles.
Amendements + engrais organiques	Apport d'engrais organique avant chaque culture et de compost de déchet vert tous les 2 ans à l'automne à la dose de 30 T/ha pour alimenter les cultures, favoriser l'activité des microorganisme du sol et maintenir la fertilité chimique.	L'apport de déchet vert composté permet d'augmenter le taux de matière organique mais augmente aussi la magnésie qui s'accumule dans le sol (car peu consommée par les cultures). Evolution possible : diversifier les sources et les formes de de matière organique.
Retrait des racines	Sur les cultures d'été les systèmes racinaires sont enlevés pour ne pas laisser dans le sol des sources de contamination.	Pratique faisable lors de l'arrachage de la culture.
Lutte chimique raisonnée	Les règles de décisions prévoient l'utilisation de fongicides à action systémique sur les bioagresseurs telluriques après observation de symptômes au 1 <sup>er</sup> tour de laitue, cycle le moins risqué (résultats Prabiotel) et en systématique 2 <sup>nd</sup> tour.	Il n'y a pas eu de traitement chimique sur les 1 <sup>er</sup> tour de laitue car aucun symptôme de maladie tellurique a été observé. L'utilisation en systématique de fongicides chimiques a été réalisée sur tous les 2 <sup>nd</sup> tours de laitue.
Biocontrôle	<i>Coniothyrium minitans</i> , champignon antagoniste de sclérotinia sclerotiorum et sclérotinia minor dont il va détruire les formes de conservation : les sclérotés. Bacillus subtilis, stimulateur des défenses naturelles des plantes. Phosphate ferrique, destruction des limaces et escargots.	En cas de forte attaque, application avant enfouissement des résidus de culture ou avant le travail du sol de la salade suivante. L'humidité du sol en fin de culture de salade peu limiter cette application. Levier qui n'a été utilisé qu'en 2 <sup>nde</sup> rotation de laitue, la pression de Botrytis et Sclérotinia lors des 1 <sup>ères</sup> rotations n'a pas nécessité son utilisation. La protection qu'il assure n'est pas suffisante en cas de forte pression.



Poivron,  
2017 – Crédit photo :  
L.Parès Inra



Systèmes racinaires de tomate,  
sain à gauche, avec des  
manchons de corky root à droite  
2015 – Crédit photo : L.Parès  
Inra



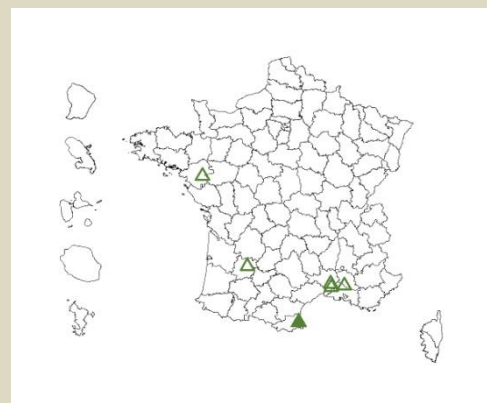
**Projet : GEDUBAT** - Innovations techniques et variétales pour une GEstion DURable des BioAgressors Telluriques dans les systèmes maraîchers sous abris

**Site : INRA Alénia**

Localisation : Mas Blanc 66200 ALENIA  
(42.638608, 2.967014)

## Système DEPHY : Techniques validées

Contact : Amélie LEFEVRE ([amelie.lefevre@inra.fr](mailto:amelie.lefevre@inra.fr))



Localisation du système (▲)  
(autres sites du projet △)

**Gestion des bioagresseurs telluriques dans un système centré sur la salade avec recours à la protection raisonnée et à la solarisation un été sur trois**

**Site :** station expérimentale

**Durée de l'essai :** 2012-2017

**Situation de production :** cultures en sol sous abri plastique à froid

**Espèces :** laitue – tomate – concombre

**Conduite :** conventionnelle

**Circuit commercial :** circuit long d'expédition

**Dispositif expérimental :** un tunnel de 320 m<sup>2</sup>, sans répétition temporelle ou spatiale

**Système de référence :** aucun, des références extérieures ainsi que l'expertise du pilote du système sont mobilisées

**Type de sol :** limono sableux, 16 % d'argile, Matière Organique (MO) : 1,3 %. Sol non caillouteux. Risque de battance.

## Origine du système

Ce système vise à commercialiser les productions de légumes vendus frais et non transformés en **circuit long**. Il est relativement peu diversifié et accorde une **place centrale à la production salade** avec deux rotations en automne-hiver. Il alterne des solanacées et des cucurbitacées en printemps-été.

Ce système a été conçu dans la continuité du projet Prabiotele : le délai de retour de la solarisation a ainsi été allongé de 1 été sur 2 à 1 sur 3 depuis 2012. Cela permet de consacrer une place plus importante aux cultures commercialisées d'été. La protection est essentiellement assurée par des produits phytopharmaceutiques dans une approche raisonnée. Le même calendrier cultural est expérimenté dans le système « *Plus de risques* » (décrit dans une autre fiche).

## Objectif de réduction d'IFT

**IFT le plus bas possible**

*Il n'y a pas de références régionales sur les espèces travaillées*

## Mots clés

Maraichage – Tunnel – Salade –  
Bioagresseurs telluriques –  
Solarisation

## Stratégie globale

**Efficience** ☆☆☆☆☆  
**Substitution** ★☆☆☆☆  
**Reconception** ☆☆☆☆☆

*Efficience : amélioration de l'efficacité des traitements*

*Substitution : remplacement d'un ou plusieurs traitements phytosanitaires par un levier de gestion alternatif*

*Reconception : la cohérence d'ensemble est repensée, mobilisation de plusieurs leviers de gestion complémentaires*

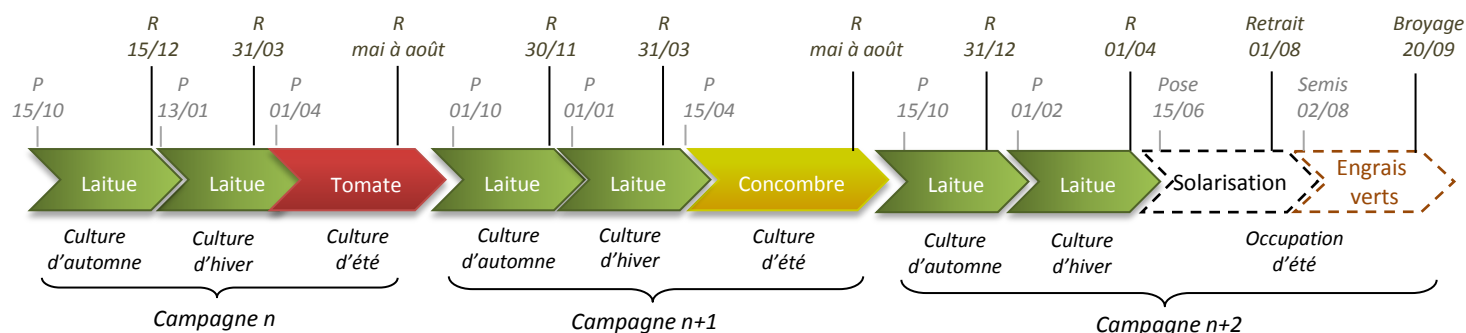


## Le mot du pilote de l'expérimentation

« Ce système fait une part belle à la salade. Au fil des ans les maladies qui lui sont associées pèsent sur la qualité de la production. La désinfection par la solarisation tous les 3 ans et la protection phytosanitaire permettent de contenir les bioagresseurs telluriques. Suite aux enseignements du projet Prabiotele la salade d'automne n'est pas protégée contre *Botrytis* et *Sclerotinia*. La capacité de production de cette parcelle conduite en système intensif depuis 1999 tend à diminuer. » L. PARÈS

## Caractéristiques du système

**Succession culturale :** elle s'organise sur 3 ans. Deux cultures de laitue sont présentes tous les hivers. Deux étés sont consacrés aux cultures de vente avec solanacée ou cucurbitacée alternées. Le 3<sup>ème</sup> été est réservé à la désinfection solaire du sol à partir de mi juin pour une durée 45 jours avec comme objectif de température à atteindre : 40°C à -10 cm. Elle est suivie d'un engrais vert en août pour 45 jours qui aura un rôle piège à nitrates.



P = Plantation, R = Récolte, les dates informent sur une période

**Mode d'irrigation :** alternance d'irrigation en plein avec l'aspersion en hiver et d'apports localisés avec le goutte à goutte en été. L'irrigation des laitues est raisonnée grâce aux tensiomètres couplés à un outil d'aide au pilotage.

**Travail du sol :** travail en profondeur avec canadien, rotochèche. Préparation du lit de plantation pour les cultures d'hiver avec la herse rotative associée à un rouleau.

**Fertilité du sol :** apport de compost de déchet vert à l'automne pour maintenir la MO proche de 2 %.

**Fertilisation :** basée sur les besoins théoriques des cultures. Pour l'azote les apports sont ajustés grâce à des analyses de reliquats avant chaque culture. Une analyse chimique est réalisée tous les 3 ans.

**Gestion des adventices :** paillage plastique sur les 2 planches de salade ou sur les rangs de culture pour les cultures de printemps-été. La solarisation contribue aussi à minimiser le stock semencier. Désherbage chimique selon le taux d'enherbement en plein ou localisé sur les allées et les bordures depuis 2014.

**Infrastructures agro-écologiques :** végétation spontanée en inter-tunnel.



Laitue batavia 2013 – Crédit photo : L.Parès Inra



Concombre 2016 – Crédit photo : L.Parès Inra

## Objectifs du système

Les objectifs poursuivis par ce système sont de quatre ordres :

Agronomiques		Maîtrise des bioagresseurs		Environnementaux	
Fertilité du sol		Maîtrise des adventices		IFT	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Maintenir le taux de MO <math>\approx</math> 2 %</li><li>- Ne pas dégrader globalement la structure de sol ou générer trop d'hétérogénéité</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>- Ne pas augmenter l'incidence des adventices sur les cultures</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>- Produire avec un IFT le plus bas possible</li><li>- Préserver l'entomofaune utile</li></ul>	
Rendement		Maîtrise des bioagresseurs telluriques		Socio-économiques	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Commercialiser 80 % des plantes</li><li>- Minimiser les pertes de rendements liés aux bioagresseurs telluriques</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>- Limiter la présence de pourritures basales sur salade dues à <i>Botrytis</i>, <i>Rhizoctonia</i> à moins de 30 %* , <i>big vein</i> à moins de 7 %* , <i>Sclerotinia</i> à 5 %* [observation de mycélium ou de nécroses sur légume]</li><li>- Limiter les dégâts des mollusques préjudiciables à la commercialisation sur les cultures d'hiver à moins de 10 %*</li><li>- Maintenir l'état sanitaire des systèmes racinaires (INR &lt; 2 * ) (plants en franc)</li></ul>			
Qualité des produits		Maîtrise des bioagresseurs aériens		Marge brute	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Critères de commercialisation du circuit long d'expédition pour le marché du frais</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>- Sur salades, aucune tolérance vis-à-vis du mildiou et tolérance de quelques pucerons et traces de noctuelles</li><li>- Sur culture d'été maîtriser les populations de ravageurs (aleurodes, acariens..)</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>- Maîtriser le nombre de passages de récolte pour les cultures d'hiver</li><li>- Maintenir la marge brute</li></ul>	

\* Les valeurs et % ne sont pas des seuils de nuisibilité ou d'intervention. Ils sont des indicateurs révélant l'état de la parcelle.

## Résultats sur les campagnes de 2012 à 2017

Le code couleur traduit le niveau de satisfaction des résultats vis-à-vis des objectifs initialement fixés : vert = résultat satisfaisant, orange = résultat moyennement satisfaisant, rouge = résultat insatisfaisant, gris = non concerné. Le code pour les cultures est le suivant :

T = Tomate ; C = Concombre ; L = Laitue.

### > Maîtrise des bioagresseurs telluriques

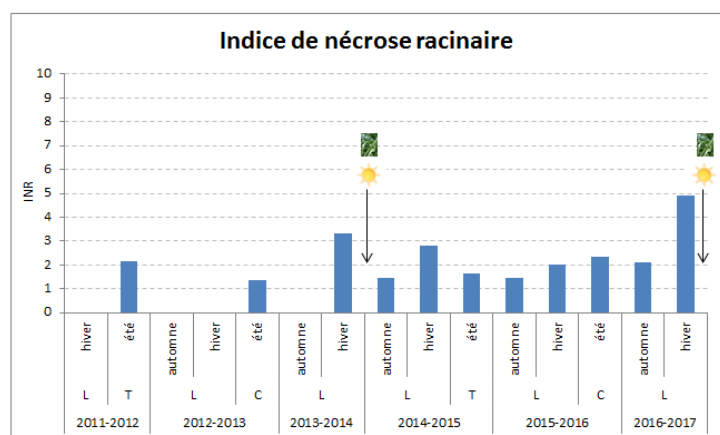
Les résultats ci-dessous traduisent la présence des bioagresseurs. Les dégâts causés n'induisent pas toujours de dommages et pertes sur les rendements.

Niveau de satisfaction du pilote de l'expérimentation sur la maîtrise des bioagresseurs telluriques

	2012		2013			2014		2015			2016			2017		Satisfaction globale sur les 6 années
	L	T	L	L	C	L	L	L	L	T	L	L	C	L	L	
Botrytis	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Sclerotinia	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Rhizoctonia	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Mollusques	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Big vein	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊

Sur l'ensemble des cultures de laitue, les **maladies cryptogamiques** sont maîtrisées. Il y a eu plus dégâts (présence) sur les laitues de la 2<sup>de</sup> rotation en 2014 et 2015 sur la 1<sup>ère</sup> rotation. Cette parcelle ne présente pas de problème de **big vein**. Les dégâts liés aux **mollusques** sont en très forte augmentation et touchent les deux rotations depuis 2013 malgré une protection réalisée.

### Indice de nécrose racinaire

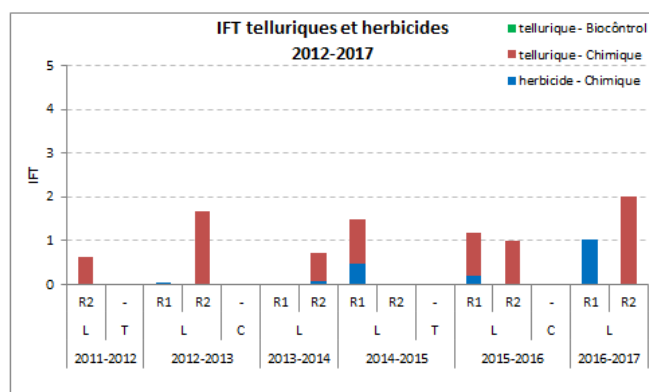


L'échelle de l'INR va de 0 à 10, 0 = absence de nécrose, 10 = fortement atteint.

L'indice de nécrose racinaire qui traduit la pression du pool des bioagresseurs telluriques sur le système racinaire est mesuré aussi sur laitue à partir de 2014, période à laquelle des hétérogénéités de croissance deviennent importantes. Les INR moyens sont **faibles**, 2,3 sur une échelle de 1 à 10, sauf pour les laitues les plus éloignées de la solarisation qui montent jusqu'à 5. Les principaux bioagresseurs sont **Pyrenochaeta lycopersici**, **Rhizoctonia solani** et **Colletotrichum coccodes**.

### > Maîtrise des adventices

Des adventices pérennes (liseron et chardon) se sont installées sur la parcelle au fil des cultures. Elles apparaissent en bords de tunnel, zones limite de positionnement de la bâche de solarisation et d'efficacité. Des interventions chimiques localisées ont été faites en 2015 et 2016 et en plein en 2017 avant la solarisation pour coupler les effets. Ces adventices vivaces sont aussi présentes dans le système non solarisé « *Stimuler la vie du sol* » testé sur ce site.



R1 : 1<sup>er</sup> tour, R2 : 2<sup>ème</sup> tour

### > Performances environnementales

La protection contre les **bioagresseurs telluriques** est réalisée essentiellement sur les **laitues**, espèce la plus sensible. Sur les 15 cultures de laitues 8 IFT chimiques ont été appliqués. Les désherbages chimiques sont effectués entre la culture d'été et le 1<sup>er</sup> tour de laitue, fenêtre de temps la plus large, 1,7 IFT herbicides chimiques y ont été consacrés.

### > Performances agronomiques

Valeur et niveau de satisfaction des rendements bruts, commercialisables et taux de déchets par culture

Espèce	2012		2013			2014		2015			2016			2017		satisfaction globale sur les 6 ans
	L	T	L	L	C	L	L	L	L	T	L	L	C	L	L	
Rdt brut	14,0	15,7	13,9	13,9	21,1	13,4	13,4	13,7	13,8	15,2	14,0	13,8	11,9	13,5	12,2	😊
Rdt commercialisable	12,8	13,5	1,7	7,4	16,2	5,3	8,7	7,2	10,1	11,5	9,3	10,9	9,8	4,5	6,4	😊
% déchets	9%	14%	88%	47%	23%	60%	35%	48%	27%	25%	33%	21%	18%	66%	48%	😊
dont plantes <320gr	10%		87%	46%		52%	28%	44%	25%		33%	9%		63%	15%	😊

p/m² = pièce par m²

Les rendements commercialisables des cultures d'été sont corrects. Les critères de déclenchement d'une récolte de laitues en un chantier unique est l'atteinte du poids minimum de 320 gr. Les rendements commercialisables obtenus en laitues sous ces contraintes sont faibles. Cette parcelle mise en culture en 1999 présente au fil des ans des problèmes d'hétérogénéité de croissance des plantes. Cette situation induit une hétérogénéité des plantes à la récolte et ainsi un pourcentage élevé de « petites » (dernière ligne du tableau ci-dessous). Depuis 2014 les attaques des mollusques viennent aussi pénaliser ces résultats.





## Zoom sur ... faire suivre la solarisation par un sorgho en engrais vert pour capter l'azote minéralisée

La **solarisation**, désinfection thermique solaire non sélective permet d'éliminer les microorganismes telluriques sensibles à la gamme de température atteinte. Le seuil létal étant de quelques heures au dessus de 45°C, quelques jours à 40°C ou quelques semaines à 35°C en fonction des organismes. Il en résulte aussi une **augmentation de la richesse en nitrates** liée à la décomposition des organismes détruits et à l'activation de la minéralisation sous l'effet de la chaleur et de l'humidité. Sous abri, la durée minimale de solarisation est de 45 jours. Les concentrations de nitrates atteintes sont d'au moins 150 à 200 kg/ha. Elles induisent sur la laitue d'automne suivante un développement rapide des plantes alors plus sensibles vis à vis des maladies cryptogamiques.

Le **sorgho** semé (à 50 kg/ha) juste après l'enlèvement de la bâche de solarisation permet, si l'on ne fait pas de coupe intermédiaire, de **baissier la concentration en nitrates** du sol avant plantation. Ceci **facilite la conduite et la qualité de la culture suivante**. Ce sorgho doit rester en place au moins 45 jours pour obtenir une biomasse suffisamment ligneuse qui ne minéralisera pas immédiatement après enfouissement mais progressivement au fil du temps. Un délai de 15 jours doit être respecter entre l'enfouissement du sorgho et la plantation de la salade suivante pour permettre une bonne reprise sans subir les effets liés aux composés associés émis lors des 1<sup>ères</sup> phases de dégradation du sorgho.



Sorgho piège à nitrates – Crédit photo : L.Parès Inra

## Transfert en exploitations agricoles



Ce dispositif ne prétend pas proposer des solutions clé en main et applicables à tous. Ce système de culture est une illustration d'un système maraîcher produisant une gamme restreinte de légumes frais sur une parcelle en maraîchage depuis 1999 et mobilisant comme levier alternatif central la solarisation. De cet essai, nous retenons plusieurs points à l'échelle pluriannuelle ou à l'échelle d'une culture.

### A l'échelle du système et de la succession culturale :

- il remplit ses objectifs agronomiques (contrôle des bioagresseurs notamment maladies cryptogamiques et maîtrise de l'usage des produits phytopharmaceutiques) ;
- compte tenu des exigences économiques sur la production de salades, il comporte une faiblesse pour produire de manière stable selon les standards de commercialisation (homogénéité, poids minimal, volumes, absence garantie de traces de ravageurs). Ceci peut être lié à l'hétérogénéité intrinsèque de la parcelle et aux calendriers culturaux que nous nous sommes imposés en salade (contraintes organisationnelles et expérimentales) ;
- le système ne semble pas contrôler à long terme le stock semencier d'adventices et présente des faiblesses vis-à-vis d'une forte pression mollusques.

### A l'échelle d'une espèce et/ou d'une culture :

- il permet de diminuer le nombre de traitements chimiques contre les champignons telluriques essentiellement sur la 1<sup>ère</sup> rotation de laitue. Cette rotation bénéficie à l'automne de conditions climatiques et d'humidité de sol moins favorables pour les champignons (hygrométrie et d'humidité de sol) et un cycle plus rapide ;
- il est important que la solarisation ait une efficacité maximale, sa mise en œuvre doit être soignée (travail du sol, plein en eau, pose de la bâche) et la montée en température du sol doit être rapide.

## Pistes d'améliorations du système et perspectives



Ce système T7 Techniques validées a été conçu et expérimenté en utilisant contre les bioagresseurs telluriques une solarisation triennale et des produits phytopharmaceutiques. Pour mieux apprécier le risque et guider les itinéraires techniques en fonction de la place dans la succession (1<sup>er</sup> ou 2<sup>nd</sup> tour, éloignement de la solarisation) et de la pression sanitaire effective, il serait important pour ajuster les stratégies sur le positionnement des traitements pendant la culture et de la prise de risque qu'il en découle. Ceci permettrait d'aller plus loin dans la diminution des IFT.

Pour en savoir **+**, consultez les fiches **PROJET** et les fiches **SITE**

Action pilotée par le ministère chargé de l'agriculture et le ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence française pour la biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto.

Document réalisé par **Parès Laure**  
INRA Domaine expérimental Alénia  
Roussillon

Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des bioagresseurs telluriques.

La stratégie de gestion des bioagresseurs telluriques est présentée sur deux feuilles. Cette feuille reprend le **schéma décisionnel**. Sur la feuille suivante, un tableau détaille les **principes d'action** et les **enseignements** des différents leviers.

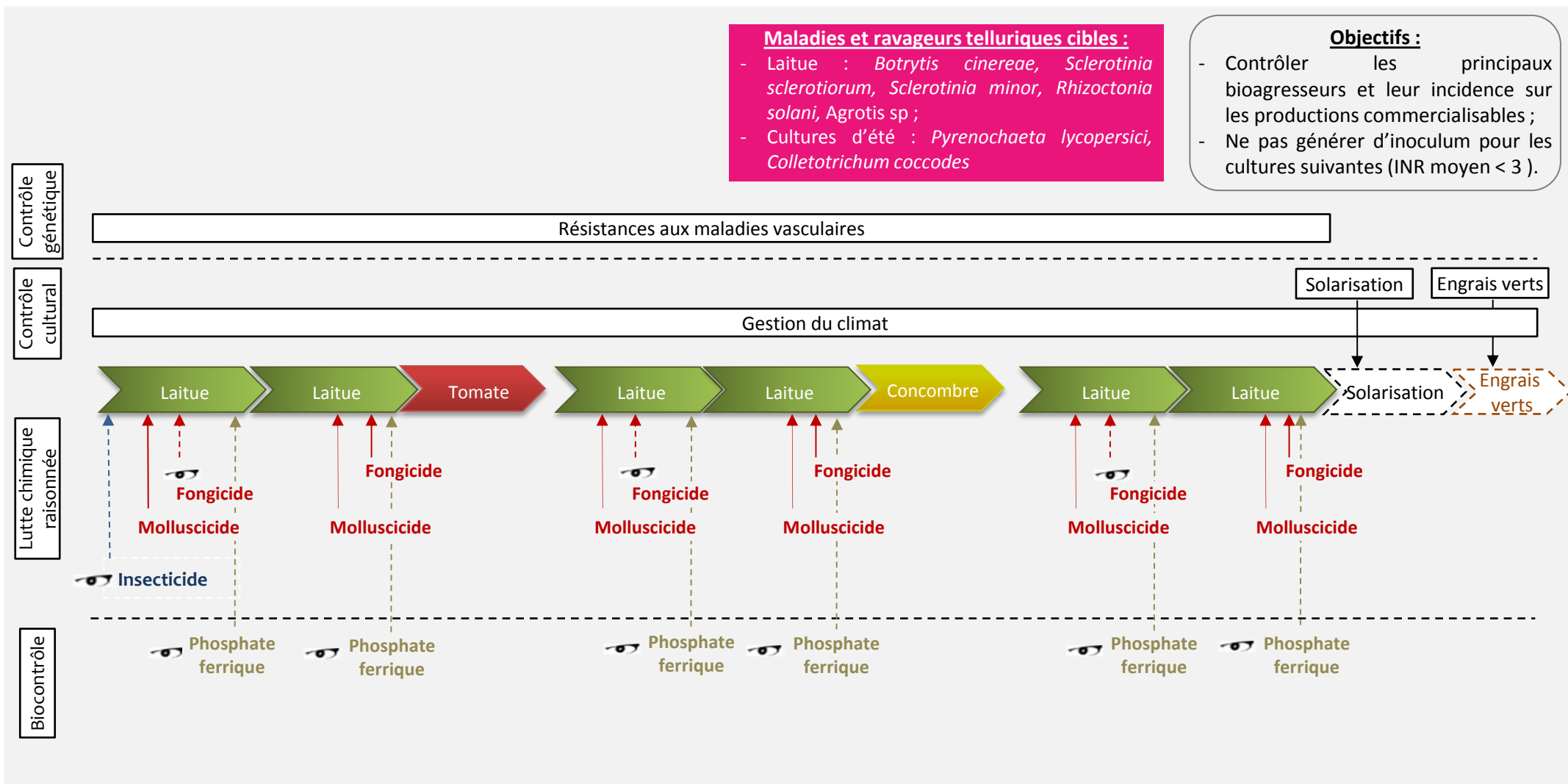


Tableau synthétisant les **principes d'action** et les **enseignements** des différents leviers :

Leviers	Principes d'action	Enseignements
Résistances aux maladies vasculaires	Utiliser des portes greffes résistants à <i>Pyrenochaeta lycopersici</i> sur tomate	Les INR ne sont pas plus élevés qu'au début du dispositif, leviers non mobilisés afin de maintenir la durabilité des résistances.
Solarisation	Désinfection thermique solaire non sélective qui permet d'éliminer tous les microorganismes sensibles à la gamme de température atteinte. Durée minimale sous abri : 45 jours.	Il est important d'avoir une montée en température très rapide pendant les 3 1 <sup>ers</sup> jours pour une efficacité maximale sur le pourpier. L'enchaînement des cultures et les conditions climatiques ont permis d'atteindre les deux étés de mise en place de la solarisation à -10 cm plus de 500 heures à 40°C.
Engrais verts	Ce couvert végétal de sorgho vient piéger les nitrates du sol que l'on retrouve en concentration élevée (150 à 200 kg/ha/N-NO3) après la solarisation. L'objectif de ce piégeage est que les laitues puissent ensuite pousser dans de meilleures conditions (sans excès d'azote) afin qu'elles ne soient pas sensibles aux maladies cryptogamiques.	L'organisation du calendrier de culture laisse de la place pour enchaîner solarisation et sorgho. L'intérêt sur les maladies cryptogamiques telluriques des laitues n'a été vu qu'en 2015, seule année de testée. L'effet année climatique était peut-être plus important.
Gestion du climat	Maintenir des conditions défavorables aux maladies cryptogamiques, éviter l'eau libre et l'hygrométrie élevée.	L'aération est toujours maximale après la reprise des plantes pour l'ensemble des cultures. Les ouvrants latéraux restent alors toujours ouverts, les faitages se ferment en cas de gel l'hiver. En automne et en été on ouvre aussi les portillons en journée.
Lutte chimique raisonnée	Les règles de décisions prévoient l'utilisation de fongicides à action systémique sur les bioagresseurs telluriques après observation de symptômes au 1 <sup>er</sup> tour de laitue, cycle le moins risqué (résultat Prabiote) et en systématique 2 <sup>nd</sup> tour. Molluscicide en granulés.	Il n'y a pas eu de traitement chimique sur les 1 <sup>er</sup> tours de laitue car aucun symptôme de maladie tellurique n'a été observé. L'utilisation en systématique de fongicides chimiques a été réalisée sur tous les 2 <sup>nd</sup> tours de laitue. L'efficacité des molluscides n'est pas suffisante en une application en cas de forte pression.
Biocontrôle	Phosphate ferrique sous forme d'appât pour la destruction des limaces et des escargots.	La protection qu'il assure n'est pas suffisante en forte pression.



Parcelle solarisée,  
2017 – Crédit photo :  
L.Parès Inra



Enfouissement du sorgho  
au cultivateur rotatif, 2017  
– Crédit photo : L.Parès Inra