



# SYSTEME de CULTURE EXPE

à la recherche de systèmes très économies en phytosanitaires

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

**Site : APREL – Cheval Blanc**

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



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

## Système DEPHY : Sorgho nématicide et solarisation

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

**Rotation salade-melon avec interculture de sorgho nématicide 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



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 culturelle :



**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
<b>Rendement</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Maintien du rendement*</li></ul>	<b>Maîtrise des bioagresseurs telluriques</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Réduire les populations de nématodes à galle dans le sol</li><li>- Maintenir un niveau inférieur au seuil de nuisibilité sur salade et melon**</li><li>- Limiter le développement des champignons du sol (<i>Botrytis, Sclerotinia, Rhizoctonia</i>) sur salade</li></ul>	<b>IFT</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>IFT tellurique</b> : substitution complète de la désinfection chimique des sols</li><li>- <b>IFT aérien</b> : introduction de produits de biocontrôle avant toute solution chimique ou en substitution</li><li>- <b>IFT chimique</b> : réduction de 30 % par rapport aux IFT de référence du réseau DEPHY FERME Maraîchage PACA 2012</li></ul>
<b>Qualité des sols</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Augmenter l'activité biologique des sols</li><li>- Améliorer la structure du sol</li></ul>	<b>Maîtrise des bioagresseurs aériens</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Sur salade : absence de mildiou et de pucerons</li><li>- Sur melon : tolérance d'oïdium, de pucerons et d'acariens tant que cela n'impacte pas le rendement</li></ul>	<b>Durabilité des sols</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Préserver la diversité biologique des sols en réduisant la fréquence de solarisation et en utilisant les engrains verts</li></ul>
<b>Socio-économique</b> <b>Viabilité</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Maintien de la viabilité socio-économique et technique avec une main d'œuvre réduite</li></ul>		

\*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

A 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 culturelle réalisée dans le système

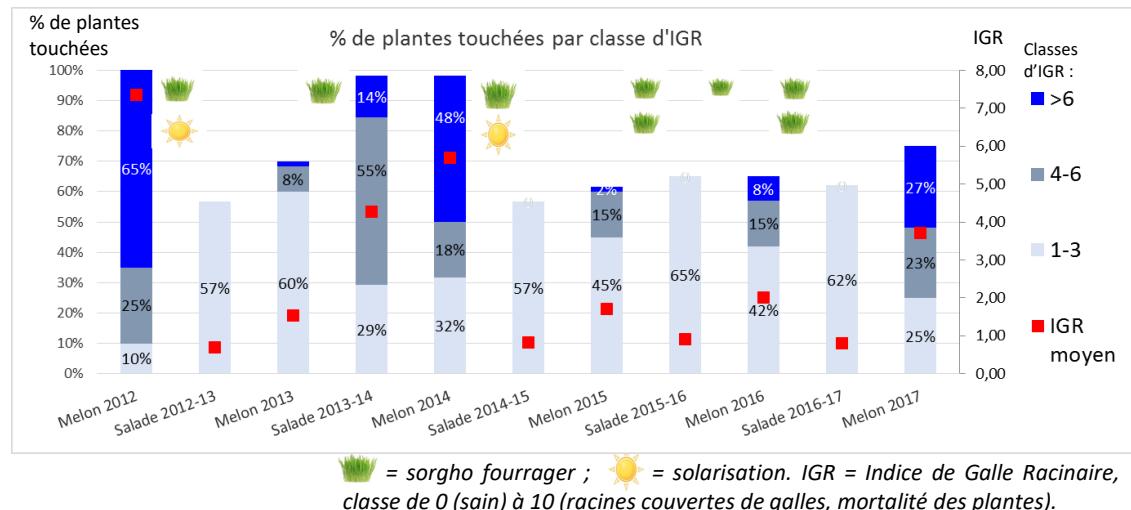
2012			2013			2014			2015			2016			2017																		
A	M	J	J	F	M	A	M	J	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	M	J	J	J	J	J
Melon	S	Sol°	Salade	Melon	S	Salade	Melon	S	Sol°	Salade	Melon	SS	Salade	S	Melon	SS	Salade	S	Melon	SS	Salade	S	Melon	SS	Salade	S	Melon	SS	Salade	S	Melon		

S : sorgho fourrager, SS : 2 sorghos fourrages 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.



= sorgho fourrager ; ☀ = solarisation. IGR = Indice de Galle Racinaire, classe de 0 (sain) à 10 (racines couvertes de galles, mortalité des plantes).

#### Autres bioagresseurs telluriques :

Les nématodes ne sont pas les seuls agents responsables des dépréisements observés dans cette parcelle. Des analyses des racines de melon ont permis d'identifier la présence d'*Agrobacterium tumefaciens*, *Monosporascus canonballus*, *Phomopsis sclerotioïdes*, *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.

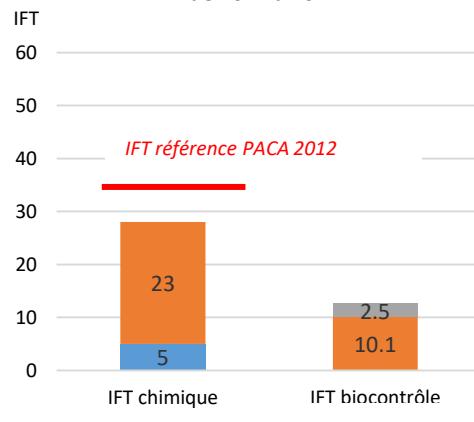
#### Niveau de satisfaction du rendement pour melon et du taux de récolte pour salade pour les différentes campagnes, à dire d'experts (producteurs et expérimentateurs)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Melon (kg/m <sup>2</sup> )	2,6	2,08	2,2	0	2,81	
Salade	-					

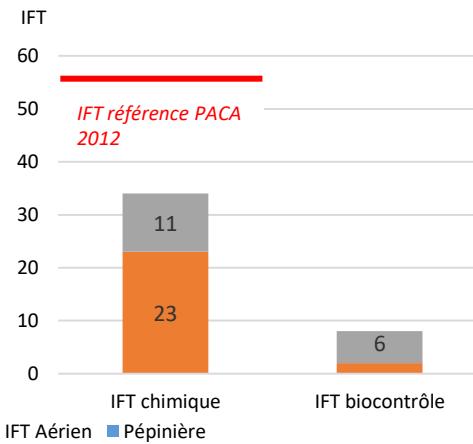
vert = satisfaisant, orange = moyennement satisfaisant, rouge = pertes importantes. En salade, le rendement n'a pas été mesuré mais l'appréciation tient compte du taux de récolte.

### > Performances environnementales

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



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



IFT référence PACA 2012

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.

#### 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毒ique 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 nématicide et adapter au mieux l'itinéraire cultural. La faible durée d'immobilisation des parcelles par le sorgho nématicide (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 nématicide** 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 nématicide 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.

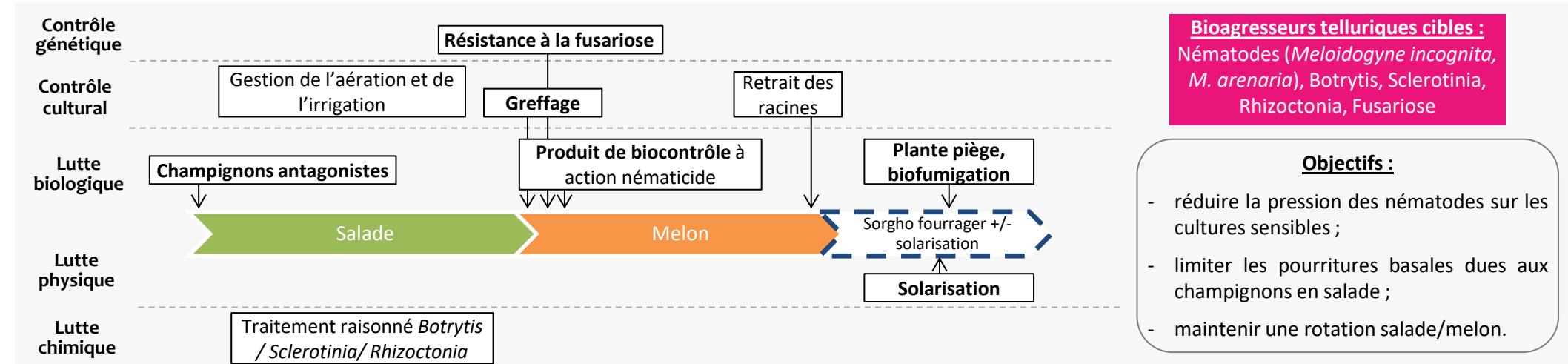
Pour en savoir +, consultez les fiches **PROJET** et les fiches **SITE**

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

### Greffage et Résistance à la fusariose

Le greffage est utilisé systématiquement sur melon pour apporter de la vigueur aux plantes qui tolèrent mieux l'attaque des nématodes. La résistance au *Fusarium sp.* est un plus.

### Champignons antagonistes

A la plantation de salade, l'application de champignons de type *Trichoderma* et *Coniothyrium* participent à la concurrence et au parasitisme de *Sclerotinia* et *Rhizoctonia*.

### Produits de biocontrôle

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.

### Plante piège, biofumigation

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.

### Solarisation

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).

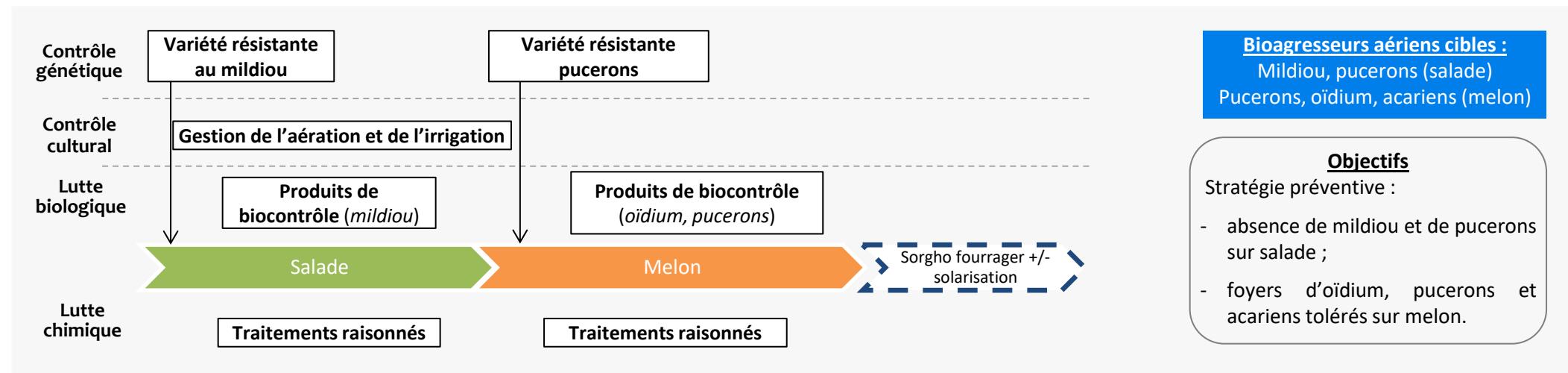
## Principes d'action

## Enseignements



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

# Stratégie de gestion des bioagresseurs aériens



## Leviers

## Principes d'action

## Enseignements

**Variétés résistantes**

En salade, 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.

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.

**Gestion de l'aération et de l'irrigation**

En melon, les variétés tolérantes au puceron *Aphis Gossypii* sont choisies prioritairement.

La résistance aux pucerons n'est pas totale. Elle permet de retarder et minimiser les attaques.

**Produits de biocontrôle**

La salade 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.

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.

**Traitements raisonnés**

Des stimulateurs de défense des plantes et des substances minérales ont été essayés en préventif contre pucerons, oïdium et mildiou.

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.

En melon, intervention seulement si présence des bioagresseurs. Nécessité de réaliser les observations régulièrement et de Traiter d'abord localisé puis généralisé si progression.

En salade, les traitements sont préventifs et raisonnés en fonction des conditions à risques (conditions douces et humides).



Dégâts de pucerons sur melon en 2016.

Credit photo : APREL