



## Gestion Durable des Bioagresseurs Telluriques

GEDUBAT

2016



---

Claire GOILLON, APREL.

---

### Compte rendu des observations réalisées dans le cadre de la cinquième année du projet d'Expérimentation DEPHY ÉCOPHYTO « Gestion Durable Des Bioagresseurs Telluriques »

#### 1 – Thème de l'essai

Le projet GEDUBAT (Gestion Durable des BioAgresseurs Telluriques) coordonné par le Ctifl fait partie intégrante du programme ÉCOPHYTO DEPHY Expé financé par l'Onema. Il vise à tester, sur 6 ans, des techniques alternatives permettant la réduction des pathogènes sur les cultures tout en réduisant l'utilisation de produits phytopharmaceutiques. La lutte contre les nématodes fait l'objet d'une priorité dans ce projet compte tenu de l'importance de ce problème en cultures maraîchères et du manque de solutions efficaces (chimiques et alternatives).

#### 2 – But de l'essai

Pour répondre à la thématique du projet, l'APREL conduit des expérimentations « système » sur un site de production. Le but de l'essai sur l'exploitation pendant 6 ans est d'évaluer l'impact de différents systèmes de cultures sur les populations de bioagresseurs telluriques avec une priorité donnée aux problèmes de nématodes. Chacun des systèmes étudiés fait appel à plusieurs méthodes alternatives à la désinfection de sol qui peuvent permettre de réduire la pression en nématodes sur les principales cultures produites. L'exploitation se caractérise par une spécialisation des cultures : melon en été, salade en hiver. Les techniques alternatives qui sont mises en œuvre dans cette exploitation sont centrées sur l'interculture (solarisation, engrais vert...) ou sur des applications de produits de biocontrôle en culture.

#### 3 – Facteurs et modalités étudiés

Trois systèmes sont étudiés depuis 2012 sur une exploitation spécialisée en melon et salade. Ils se différencient essentiellement par la conduite de l'interculture entre le melon et la salade.

- **C3 « sorgho nématocide »** : ce système mise sur l'utilisation d'un sorgho nématocide en interculture après le melon. Le sorgho utilisé est le N° 270911 proposé par la société Cerexagri qui a des teneurs élevées en dhurrine, composé qui se dégrade en HCN lorsque le sorgho est broyé. Cette molécule biocide doit permettre de réduire les populations de nématodes dans le sol après incorporation du sorgho. Outre l'effet de biofumigation, le sorgho est utilisé pour ses propriétés d'engrais vert et d'entretien du sol. En culture, des agents de biocontrôle sont également utilisés pour compléter l'action des intercultures. Dans ce système, la solarisation est pratiquée comme moyen fort pour baisser le niveau de population des nématodes, seulement si nécessaire.
- **C4 « engrais vert diversifié »** : ce système est très proche de C3. La nuance se fait au niveau du choix de l'engrais vert : l'entretien du sol se fait sur la base d'une diversification des espèces d'engrais vert, biofumigant ou non. Le principe étant de jouer sur les différents intérêts de chaque engrais vert : structure du sol, production de biomasse, rupture de cycles des bioagresseurs, capacités biofumigantes, intérêt nutritionnel... La solarisation est un outil utilisé seulement en cas de forte progression de nématodes.
- **C5 « solarisation »** : ce système privilégie la solarisation comme moyen d'éradication des nématodes. Cette technique est pratiquée systématiquement après le melon du 1<sup>er</sup> août jusqu'à fin septembre.

## 4 – Matériel et méthodes

### 4.1 Parcelle

Lieu : Cheval blanc (84)  
 Abri : Serre verre de 4500 m<sup>2</sup> orientée N/S  
 Rotations : Eté melon / Hiver salade  
 Type de sol : Limon argilo sableux (Argile 19.8%, Limon 57.2 %, sable 23 %) - 2% de MO

Problématique : Nématodes *Meloidogyne arenaria* + *Meloidogyne incognita* (analyses ANSES du 20/06/12 ; 21/02/13 ; 24/02/14 ; 30/06/15 ; 23/06/16)

Le dispositif expérimental est mis en place sur 3 chapelles de 400 m<sup>2</sup> (6.40 m x 62.5 m) dans la serre. Chaque chapelle représente un système différent, caractérisé comme suit par les interventions en interculture :

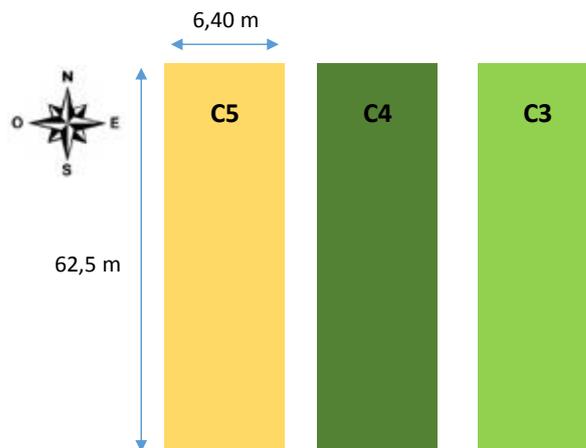


Figure 1 : Plan de l'essai

Tableau 1 : Présentation des caractéristiques des 3 systèmes étudiés

		C3	C4	C5
<b>Intitulé du système</b>		<b>Sorgho nématocide</b>	<b>Engrais vert diversifié</b>	<b>Solarisation</b>
<b>Système et contraintes</b>		Melon – salade (forte spécialisation)		
<b>Pathogènes / Ravageurs</b>		Nématodes Champignons telluriques sur salade		
<b>Leviers utilisés</b>	<b>Augmenter l'activité biologique du sol</b>	Biofumigation avec sorgho nématocide	Engrais verts diversifiés	
	<b>Freiner le développement de l'inoculum tellurique</b>	Retrait des racines Agents de biocontrôle Solarisation si besoin	Retrait des racines Agent de biocontrôle Solarisation si besoin	Retrait des racines Solarisation chaque année
	<b>Stimuler le développement de la plante cultivée</b>	Greffage SDP	Greffage SDP	Greffage
<b>Prise de risque</b>		risqué	risqué	sécurisante

### 4.2 Observations réalisées

#### ➤ Analyses de sol

- Des extraits à l'eau sont réalisés avant chaque culture (salade et melon) par le laboratoire LARB (13), puis des contrôles d'azote par nitrates sont effectués ponctuellement à différents stades.
- Une analyse de biomasse microbienne est effectuée depuis l'été 2015 dans chaque système pour caractériser les systèmes du point de vue biologique.

#### ➤ Suivi des engrais verts

- % de germination : 10 à 15 jours après semis, le nombre de plantes levées est observé sur 3 placettes de 0.25 m<sup>2</sup> (0.5 x 0.5) puis lors de la mesure de biomasse.
- Biomasse : mesure de la matière fraîche produite sur 3 ou 4 placettes de 0.5 m<sup>2</sup> (1x0.5) juste avant le broyage. Des contrôles de biomasse sèche ont été effectués en 2016
- Observations sanitaires : les ravageurs et maladies présents dans les parcelles d'engrais verts sont notés ainsi que la présence et l'espèce d'adventices. Une observation des racines est effectuée pour détecter éventuellement la présence de galles de nématodes sur les engrais verts

#### ➤ Suivi des cultures

- Observations sanitaires : les ravageurs et maladies présents dans les parcelles sont notés.

- Enregistrement des interventions de protection phytosanitaire : un cahier de traitements est tenu par le producteur.
  - Rendement : le rendement est estimé sur l'ensemble de chaque chapelle (système). En melon, le producteur comptabilise à chaque récolte le nombre de caisses qui sont récoltées par chapelle. En salade, un comptage des salades flétries permet de déduire le pourcentage de salades commercialisées.
- **Solarisation**
- Les pratiques de mise en œuvre de la solarisation sont notées : volume d'eau apporté, type de plastique, durée de solarisation, présence d'adventices sous le paillage...
  - Un enregistreur climatique Hobo avec des sondes externes est utilisé pour mesurer les températures effectives dans le sol à 10 et 25 cm de profondeur.
- **Suivi des nématodes**
- Cartographie : Une cartographie des indices de galles racinaires (IGR) de nématodes est réalisée au moment de l'arrachage de chaque culture. L'échelle de Zeck est prise comme référence.
  - Analyses nématologiques : Quantification des *Meloidogynes* au stade larvaire dans le sol : un échantillonnage de sol est réalisé à la fin de chaque cycle cultural (melon, interculture, salade) avec 28 prélèvements à 25 cm de profondeur à la tarière. Les analyses sont effectuées par le laboratoire ELISOL de Montpellier.
- **Enregistrement climatique**
- Pour chaque épisode cultural, un enregistrement automatique des températures (air et sol à 15 cm) et de l'hygrométrie sous abri est réalisé avec des enregistreurs hobos.

### 4.3 Successions culturales

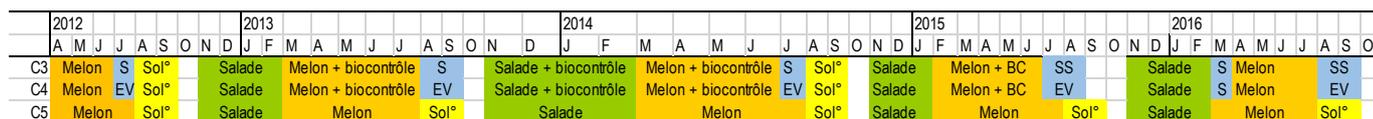


Figure 2 : Représentation des systèmes étudiés de 2012 à 2016 (EV = Engrais Vert, S = sorgho)

Tableau 2 : Déroulement des cultures et itinéraires techniques pour chaque système étudié sur la saison 2016.

	Chapelle	C3		C4	C5
	Modalités	Sorgho nématocide		Engrais vert diversifié	Solarisation
ENGRAIS VERT	Préparation du sol	Griffon avant semis			-
	Fertilisation	aucune			-
	Semis	1r sorgho : 3/07/15	2 <sup>e</sup> sorgho 24/07/15	3/07/15	-
		Passage de l'enfouisseur puis gros arrosage			
	Variété	Sorgho fourrager N°270911 (Cerexagri)		Millet perlé Nutrifeed	
	Dose de semis	50 kg/ha		28 kg/ha	-
	Arrosage	Aspersion : environ 30 min tous les 2 jours au début puis une fois par semaine			
	Broyage Enfouissement	23/07/15	13/08/15	13/08/15	-
	Broyeur à marteaux + 2 passages au rotavator	Broyeur à marteaux, rotavator et sous soleuse			
Durée de culture	20 jours	20 jours	42 jours	-	
SOLARISATION	Préparation du sol	Sous soleuse			
	Plein en eau	7 h (70 mm)			
	Type de plastique	Non microperforé, Spécial solarisation			
	Date de pose	1/08/15			
	Retrait du plastique	20/09/15			

	Chapelle	C3	C4	C5
	Modalités	Sorgho nématicide	Engrais vert diversifié	Solarisation
	Durée de solarisation	51 jours		
SALADE	Fumure de fond	Amendement organique : Humiflor Biomazor (3T/ha) Engrais complet 4-6-10 (1.5 T/ha)		
	Plantation de salades	30/10/15		
	Variété	Feuille de Chêne blonde ONNICE	¾ Feuille de chêne blonde ONNICE + ¼ Laitue TRISKELL	¾ Batavia CURTIS + ¼ Laitue TRISKELL
	Récolte des salades	Du 27/01/16 au 10/02/16		
SORGHO	Semis	27/03/16		-
	Variété	Sorgho fourrager, variété 2700911	Sorgho fourrager, variété Jumbo star	-
	Dose	50 kg/ha		-
	Broyage, enfouissement	8/04/16		-
	Durée de culture	17 jours		-
MELON	Date de plantation	14/04/16		22/03/16
	Densité	1 plant/m <sup>2</sup> 3 rangs simples par chapelle avec espacement de 0.5 m entre plants		
	Variété	Hugo greffé		
	Fumure de fond	Amendement organique Orgasol Vegedor (3T/ha) Engrais organo-minéral 4-6-10 (1.5 T/ha)		
	Fertilisation en culture	aucune		
	Début récolte	-		1/06/16
	Fin de récolte			17/06/16

## 5. Résultats

### 5.1 Suivi des intercultures

#### ➤ Engrais verts

Les différents essais réalisés à l'APREL, au GRAB, au Ctifl et à l'INRA de Sophia Antipolis depuis 2012 sur le sorgho nématicide ont permis d'acquérir des données utiles pour adapter les techniques de culture du sorgho lorsqu'on recherche un effet assainissant. Il faut privilégier des cultures de sorgho courtes afin d'optimiser le potentiel de biofumigation plus important à un stade jeune, et de piéger les nématodes qui pénètrent dans les racines en détruisant la culture avant la libération des pontes. Le cycle du nématode *Meloidogyne incognita* étant accompli au bout de 350 °jour (références INRA), cela correspond dans notre parcelle et notre créneau de culture à 3 semaines. Ainsi, il est convenu de broyer le sorgho et de l'enfourir au bout de 3 semaines après semis. La disponibilité de la parcelle après le melon 2015 a permis de renouveler cette opération et de cumuler 2 cultures courtes de sorgho pour apporter un effet piégeage et biofumigation plus important. Le sorgho a été broyé au bout de 20 jours après semis, à une hauteur de 70 cm environ.

Le millet perlé Nutrifeed a été testé par le passé comme engrais vert à l'Aprel et a donné de bons résultats de production de biomasse et de développement en été. De la même famille que le sorgho fourrager (graminées), il présente une bonne adaptation pour le créneau d'utilisation visé et présente l'avantage d'avoir un tallage plus important et d'être moins haut que le sorgho. Il n'a par contre jamais été testé vis-à-vis des nématodes. La parcelle C4 ayant reçu des crucifères en 2015, l'alternance avec une graminée a été choisie pour entretenir la diversité d'espèces dans la parcelle.

#### - Conditions climatiques

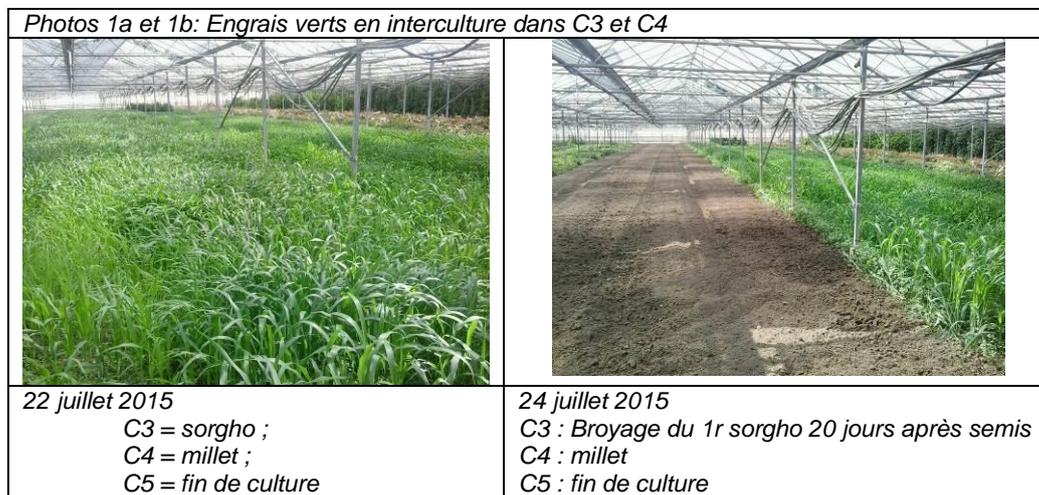
L'enregistrement de la température et de l'hygrométrie n'a pas pu être récupéré car le hobo a été broyé par inadvertance mi-août lors de la destruction des engrais verts. Des données moyennes relevées dans les

abris de la région indiquent des températures moyennes assez chaudes (25°C) dès le 10 juillet qui se maintiennent tout le mois d'août excepté un épisode plus frais fin juillet-début août.

- Développement des engrais verts

Les premiers semis (sorgho et millet) ont été réalisés dans les chapelles C3 et C4 le 3/07/15, une semaine après la dernière récolte de melon et 1 mois avant la solarisation de C5 (voir tableau 1).

Le passage d'enfouisseur derrière le semis puis un arrosage abondant ont permis une très bonne germination du sorgho et du millet cette année.



Au 22/07, le contrôle sur 3 placettes de 0.25 m<sup>2</sup> (0.5 x 0.5 m) donne les mesures suivantes :

*Tableau 3 : Données agronomiques relevées sur les cultures d'engrais vert le 22 juillet 2015*

	% de germination moyen	Hauteur	Matière fraîche EV			% Matière sèche	Matière fraîche adventices
			racines	Parties aériennes	Totale		
C3 (Sorgho nématocide)	100%	0.73 m	1.5 t/ha	17 t/ha	<b>18.5 t/ha</b>	12%	0.5 t/ha (soit 2%)
C4 (Millet perlé)	83%	0.70 m	1.3 t/ha	15.7 t/ha	<b>17 t/ha</b>	11%	1.9 t/ha (soit 11 %)

Il manque les données de biomasse du 2<sup>e</sup> sorgho ainsi que du millet car les cultures ont été broyées le 13/08 avant les observations prévues. On peut estimer cependant que les intercultures ont produit une biomasse entre **35 et 40 t/ha** au total.

- Adventices et observations sanitaires :

Cette année, les engrais verts sorgho et millet ont permis un bon contrôle des adventices. Il subsiste des zones de développement moins denses où le pourpier est plus présent mais la proportion ne dépasse pas 10% d'adventices.

Le 22 juillet, des racines de sorgho et de millet ont été observées mais aucune galle n'a été détectée.

➤ **Solarisation**

La solarisation a été mise en place le 1<sup>er</sup> août et prolongé jusqu'au 20 septembre (voir tableau 1) pour une durée effective de 51 jours. L'apport d'eau est réalisé avant le bâchage sur une durée de 7h, soit près de 65% de la réserve utile.

Le contrôle des températures est manquant cette année suite à un dysfonctionnement du hobo positionné dans la parcelle. La présence d'adventices sous le paillage par endroits laisse à penser que la solarisation a été moyennement efficace cette année. Au moment de la mise en place de la solarisation le 1<sup>er</sup> août il y a eu une période de rafraîchissement qui a pu limiter la montée en température recommandée au début de la solarisation.

## 5.2 Suivi des cultures

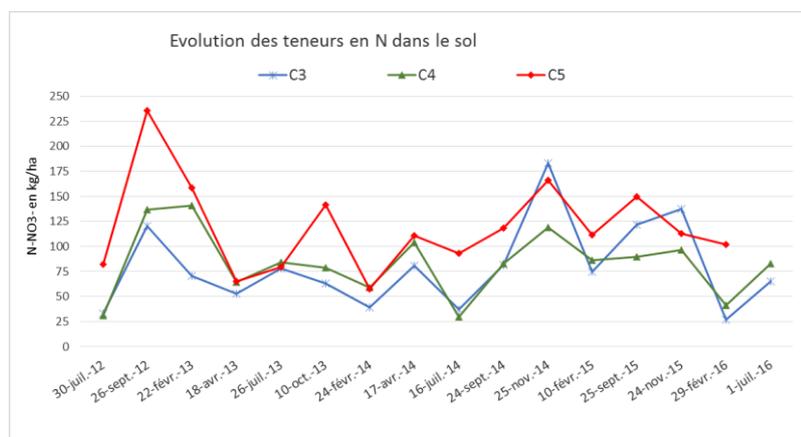
### 5.2.1 Eléments nutritifs du sol

Les analyses de sol effectuées dans les 3 chapelles montrent un pH stable depuis 2012 (7.3) et un taux de matière organique équivalent entre les 3 chapelles (2 %). Le sol a toujours des niveaux élevés en magnésie, soufre et chlore. Les trois systèmes sont fertilisés de la même manière.

Au niveau des éléments nutritifs, les résultats des analyses d'azote sont représentés sur les graphiques ci-dessous en tenant compte de l'évolution depuis le début du suivi de la parcelle.

#### - Azote

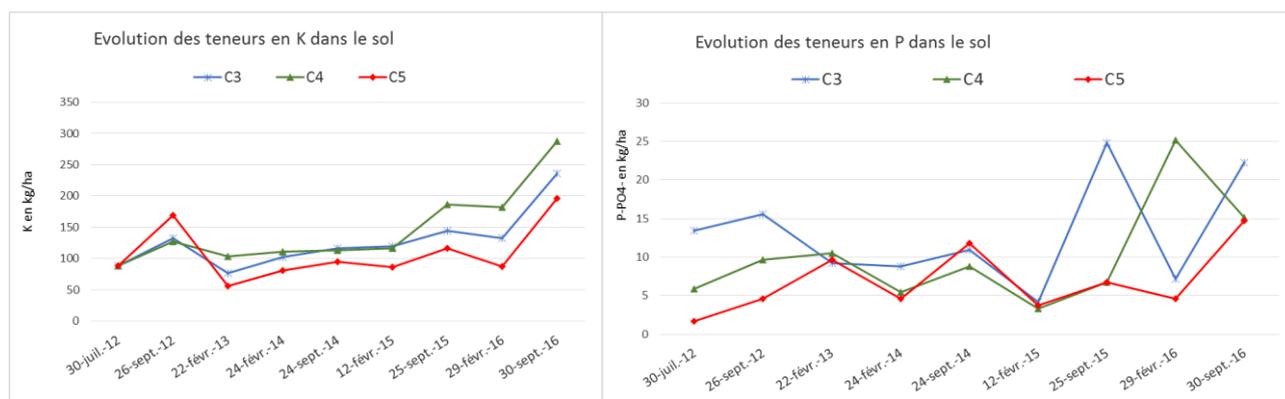
L'évolution de l'azote dans le sol (fig. 2) montre surtout l'effet des solarisations successives dans le système



C5. En effet, la solarisation provoque une minéralisation accélérée de la matière organique et on observe chaque année une augmentation des teneurs en azote plus ou moins importante, avant la culture de salade. On peut remarquer que le gain d'azote nitrique apporté par la solarisation par rapport aux systèmes C3 et C4, varie de 0 à plus de 100 unités, ce qui dépend sans doute de l'efficacité de la solarisation, variable selon les années. Les cultures bénéficient globalement d'un niveau d'azote confortable supérieur à 50 unités disponibles.

Figure 3 : Evolution des teneurs en azote du sol dans les 3 systèmes de culture étudiés

#### - Phosphore et potasse



Figures 4 et 5 : Evolution des teneurs en potasse et phosphore dans la solution du sol pour les 3 systèmes étudiés

Les réserves en potasse disponibles dans la solution du sol avant les cultures sont faibles et se situent autour de 100 unités. Depuis l'automne 2015, on note une augmentation de ces valeurs avec un gradient entre les différents systèmes, la solarisée en C5 étant la moins pourvue.

En phosphore, les valeurs mesurées dans la solution du sol évoluent aussi à l'automne 2015 mais de façon très irrégulière. Elles sont comprises entre 5 et 25 unités de phosphore. Le lien avec les pratiques est difficile à définir pour l'instant. Les parcelles C3 et C4 ont reçu depuis l'hiver 2014-2015 des applications de champignons antagonistes comme le *Coniothyrium minitans* (Contans) sur salade et des *Trichoderma* (Trisoil, Bactiva) sur salades et melon. Ces parcelles ont aussi des cycles d'engrais verts en interculture.

#### - Magnésie

La solution du sol est très bien pourvue en magnésie avec environ 300 unités et n'est pas différenciée dans les 3 systèmes. Cette valeur tend à augmenter sur les dernières analyses.

### 5.2.2 Salade 2015-2016

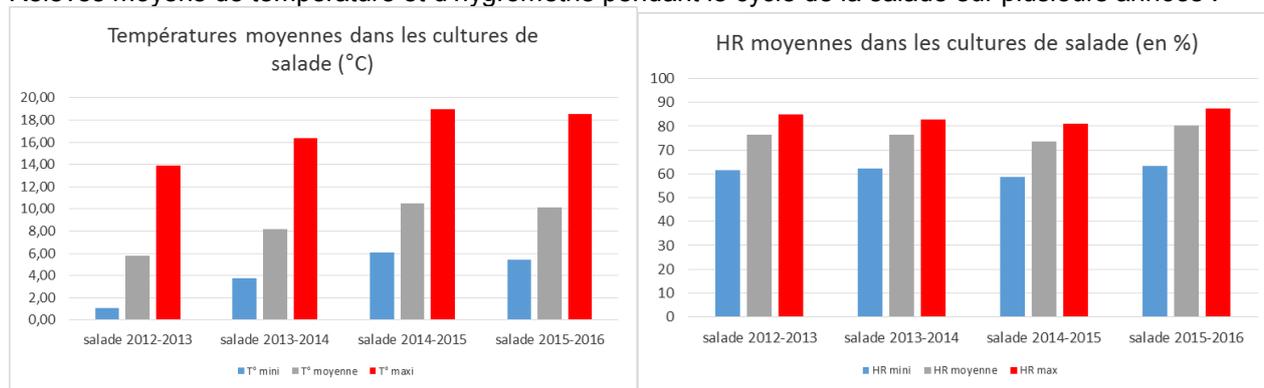
#### - Conditions climatiques

Les relevés climatiques figurent en annexe 1.

Les conditions climatiques de l'hiver ont été assez similaires aux conditions de la dernière saison 2014-2015 : températures très douces, pas de gelée, temps couvert qui créent une situation particulièrement risquée pour le développement de maladies fongiques comme le botrytis et le sclérotinia. Pendant toute la saison, les maximales se trouvent toujours entre 15 et 20°C, voire 25°C en février en fin de cycle. Les minimales ne descendent que 7 fois en-dessous de 0°C

Des épisodes avec de fortes hygrométries, liés à une importante pluviométrie, sont à noter au cours de la culture, notamment pendant le mois de Décembre. Cependant, les moyennes observées sont comparables aux autres années.

Relevés moyens de température et d'hygrométrie pendant le cycle de la salade sur plusieurs années :



Figures 6 et 7 : Evolution des températures et hygrométries moyennes en culture de salade

#### - Stratégie de protection et techniques alternatives testées :

Le producteur est resté sur une stratégie préventive compte tenu des risques climatiques. La protection contre le *Bremia* a été effectuée avec 3 fongicides (17 et 30/11 puis 15/12). Le Botrytis et le Sclerotinia ont été traités préventivement 3 fois aux mêmes dates. Les pucerons et noctuelles ont aussi été traités préventivement avec une application pour chacun de ces ravageurs.

Les parcelles C3 et C4 ont intégré en plus à la plantation les produits de biocontrôle CONTANS et TRISOIL pour renforcer la protection contre les maladies fongiques du sol. CONTANS WG (Bayer) est une préparation phytosanitaire de nature biologique contenant des spores de *Coniothyrium minitans*, champignon parasite des sclérotites de *Sclerotinia sclerotiorum* et *Sclerotinia minor*, pathogènes sur salade. TRISOIL est un biofongicide composé de *Trichoderma atroviride* souche I-1237 développé contre les champignons pathogènes sur salade. L'application de micro-organismes dans le sol a pour objectif de développer un antagonisme vis-à-vis des champignons telluriques.

Tableau 4 : Applications de produits de biocontrôle sur la salade dans C3 et C4

Produits de biocontrôle sur salade (C3-C4)	Date d'application	Dose pour les 2 chapelles	Equivalent /ha	Remarques
CONTANS	4 Novembre 2015	320 g	4 kg/ha	Traitement de sol à l'aspersion après plantation
TRISOIL	4 Novembre 2015	400 g	5 kg/ha	

#### - Observations sur la culture

La croissance des salades a été particulièrement rapide avec le temps doux en Novembre, ce qui est pénalisant pour leur sensibilité vis-à-vis des champignons (tissus fragiles).

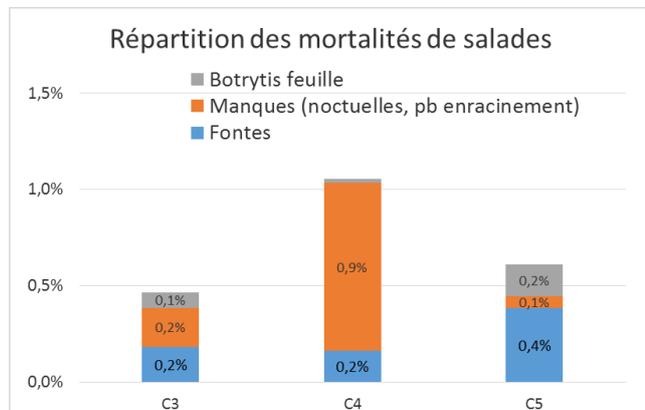
Photo 2 : Chapelle C3 vu du Nord le 27/01/16



Les noctuelles terricoles sont observées rapidement après la plantation, dans C3 et C4 mais plus particulièrement dans C4. La parcelle C5 solarisée semble être moins affectée. Les pucerons n'ont pas été observés cette année.

Au bout de 3 semaines, la présence de nématodes est identifiée sur des petites zones dans C4 et C5.

Les premiers cas de pourriture sont observés le 11/01 sur quelques salades en C5 puis dans toutes les chapelles mais restent peu nombreuses.



A la récolte, les pertes liées aux pourritures ne sont pas importantes (voir graphique). Les notations ne prennent pas en compte les salades qui peuvent être touchées par-dessous mais ne marquent pas de symptômes de flétrissement au moment de la notation.

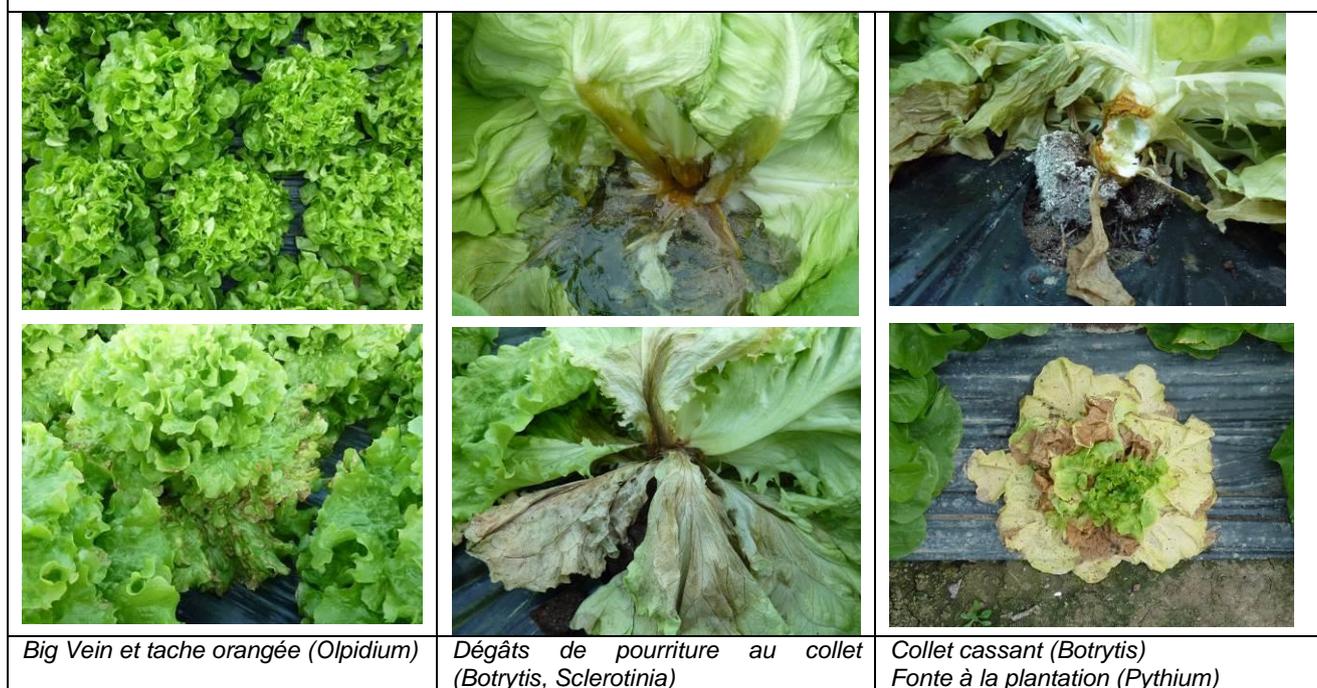
Au final, la parcelle C4 est la plus affectée par des pertes de salade mais essentiellement liées aux problèmes après plantation (noctuelles, pythium ou problème d'enracinement)

Figure 8 : répartition des mortalités de salades observées dans les 3 systèmes

La variété de batavia Curtis (BL 16-28, 30-32), sensible à certaines races de *Bremia* a été touchée dans la chapelle C5 à partir de fin janvier.

Cette année, le big vein est de nouveau observé de façon significative. Les chapelles C3 et C5 sont moyennement touchées alors que C4 est fortement touchée, surtout au Nord de la parcelle. L'impasse de solarisation dans C3 et C4, et le moindre niveau de température obtenu sur la solarisation de l'été 2015 a sans doute laissé la place à cette maladie.

Photos 3 : problématiques sanitaires observées sur salade au cours de la culture 2015-2016



### 5.2.3 Melon 2016

La plantation s'est fait tardivement cette année (fin mars, début avril). La parcelle C5 est plantée 3 semaines plus tôt que C3 et C4. La plantation des melons se fait avec une inondation à la raie, complétée par des gouttes à goutte rigides à 30 cm de chaque côté de la ligne. Aucune fertilisation n'est apportée en cours de culture.

#### - Conditions climatiques

Les relevés climatiques moyens observés sous abri dans la région figurent en annexe 1. En juillet, les températures étaient confortables pour le melon, autour de 25°C sans atteindre des températures trop élevées comme l'an dernier. Les maximum sont restées à 30°C environ.

#### - Stratégie de protection et techniques alternatives testées

En melon, la protection est essentiellement curative. Les principaux problèmes rencontrés sur la parcelle sont les pucerons (généralement contrôlé par 1 à 2 traitements chimiques), les acariens (1 à 2 traitements acaricides) et l'oïdium traité avec du soufre.

Les chapelles C3 et C4 ont intégré deux produits alternatifs pour agir sur la vitalité des plantes et freiner les bioagresseurs telluriques. Il s'agit du biostimulant TAPIS VERS de la société Biophytec déjà testé en 2015 et de BACTIVA de la société Traitagri Centre. Les applications se sont faites au goutte à goutte en culture selon les tableaux ci-dessous. Dans les mêmes chapelles, des essais de plantes associées (Tagetes) à action répulsive pour les nématodes et les pucerons sont réalisés sur une des 3 rangées de melon.

**BACTIVA** est un biostimulant microbien qui stimule la croissance du système racinaire. Il s'agit d'un engrais enrichi avec un complexe de microorganismes antagonistes du sol. Il soutient la plante au niveau nutritif et enrichit la rhizosphère avec des micro-organismes favorables à la nutrition de la plante et à la compétition vis-à-vis des pathogènes.

Tableau 7 : Composition du biostimulant Bactiva utilisé dans C3 et C4

Composition de Bactiva	NFU 42-001/A10
Oxyde de potassium (K2O)	11%
Azote (N) total	3%
dont azote organique	1%
azote nitrique	2%
Extraits solubles d'algues ( <i>Ascophyllum nodosum</i> )	5%
Acides humiques Leonardite	35%
Kaolin	42%
<b>Bactéries bénéfiques :</b> <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Rhizobactéries (PGPR)</i> , <i>B.megaterium</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i>	10 <sup>8</sup> UFC/g
<b>Champignons bénéfiques :</b> <i>Trichoderma harzianum</i> , <i>T.reesei</i> , <i>Gliocladium virens</i>	10 <sup>8</sup> UFC/g

Ce produit a été appliqué dans les deux systèmes qui ne sont pas solarisés (C3 et C4). La première application se fait à la plantation à 500 g/ha et doit être suivie d'un renouvellement tous les 15 jours. Une application intermédiaire début mai n'a pas pu être réalisée.

Tableau 8 : Applications du biostimulant Bactiva sur la salade dans C3 et C4

BACTIVA (C3 + C4)	Semaine	Dose pour les 2 chapelles	Equivalent /ha	Remarques
14/04	15	40 g	500 g/ha	A la plantation
29/04	17	20 g	250 g/ha	2 semaines après plantation
24/05	21	20 g	250 g/ha	4 semaines plus tard
7/06	23	20 g	250 g/ha	2 semaines plus tard
<b>TOTAL</b>		<b>100 g</b>	<b>1.25 kg/ha</b>	<b>4 applications en tout au lieu de 6 prévues</b>

**TAPIS VERS** agit à la fois sur la réduction de l'inoculum tellurique des nématodes avec des extraits de piment et moutarde et sur la vitalité de la plante avec des apports d'oligo-éléments.

Tableau 5 : Composition du biostimulant Tapis vers utilisé dans C4

Composition de Tapis vers	NFU 42-002-2
Moutarde noire d'inde	4%
Piments de Cayenne	0.3%
Jus d'algues (laminarine)	1%
Oxyde de magnésie (MgO)	2%
Fer (Fe) chélaté EDTA	0.1%
Manganèse (Mn) chélaté EDTA	0.1%
Zinc (Zn)	0.1%
Tensioactifs biologiques	0.1%

Des applications répétées en 2015 avaient permis de maintenir une bonne vigueur de plante mais n'avaient pas eu d'effet sur les populations de nématodes. Cette année, ce produit est appliqué seulement dans la parcelle C4 qui présente une situation sanitaire moins avantageuse que les autres parcelles : contamination en nématodes plus élevée et bilan sanitaire en salade moins bon. Il est choisi de réaliser 2 applications à forte dose (20 L/ha) pour soutenir la plante au moment de la nouaison et pendant le grossissement. Une seule application a pu être faite finalement compte tenu de l'arrêt précoce de la culture.

Tableau 6 : Applications du biostimulant Tapis vers sur la salade dans C4 en 2016

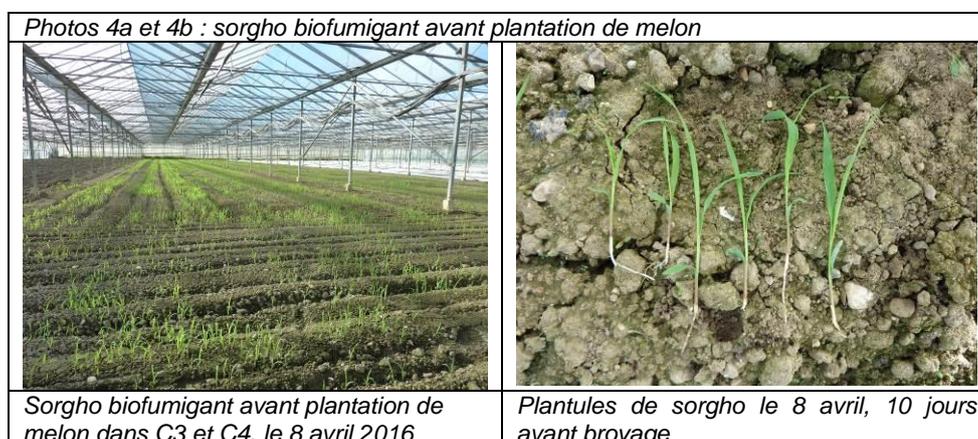
TAPIS VERS C4	Semaine	Dose pour 1 chapelle	Equivalent /ha	Remarques
10/05/16	19	750 mL	20 L/ha	3.5 semaines après plantation.
<b>TOTAL</b>			<b>20 L/ha</b>	<b>1 seule application au lieu de 2 prévues</b>

### Biofumigation avant plantation

L'utilisation du sorgho nématicide a également été essayée juste avant la plantation du melon dans les parcelles C3 et C4 qui ont été plantées 3 semaines après C5. La température minimale de germination pour le sorgho est d'environ 12°C, ce qui est généralement atteint dans la parcelle en mars. Le sorgho a donc été semé le 27 mars 2016 mais a dû être broyé au bout de 17 jours pour préparer la plantation de melon. A cette période, la croissance, plus lente qu'en été n'a permis qu'une pousse d'environ 15 cm de haut.

Tableau 9 : Relevés agronomiques sur le sorgho biofumigant avant plantation de melon le 8 avril 2016

Observations le 8 avril, 10 jours avant broyage	% de germination moyen	Hauteur moyenne	Matière fraîche moyenne mesurée sur 3 placettes de 1m <sup>2</sup>
C3 (Sorgho 270911)	100%	9.7 cm	0.42 t/ha
C4 (Sorgho Jumbo star)	80%	11.7 cm	0.28 t/ha



**Plantes associées.**

La Tagete est une famille de plantes reconnue dans la bibliographie pour être une ressource biologique de protection contre les pathogènes des plantes. Parmi les espèces *Tagetes minuta*, *T.patula* et *T.erecta*, plusieurs variétés possèdent des résistances à *Meloidogyne incognita* et *M.arenaria* et leurs exsudats racinaires ont été identifiés comme toxiques vis-à-vis des nématodes, champignons et autres pathogènes du sol. Des travaux de couverts végétaux ou de plantes associées ont déjà été réalisés avec parfois des résultats intéressants. Dans notre essai, nous avons mis en place un dispositif pour tester les Tagetes comme plantes associées au melon pour limiter les attaques des nématodes et des pucerons. Cependant, il n'a pas été possible de se procurer des graines des variétés les plus intéressantes issues de la bibliographie. Nous avons choisi de tester cependant des Tagetes (œillet d'inde) disponibles chez un pépiniériste au moment de la plantation. Un plant de Tagetes a été positionné à environ 25 cm de chaque pied de melon.

Photos 5a, 5b, 5c : Tagetes, plantes associées dans le melon en 2016 dans les systèmes C3 et C4, essai sur un rang		
		
Plant de Tagetes à proximité du melon, 15j après plantation (26/04)	Ligne de plantes associées (Tagetes) dans C3 et C4, 15j après plantation (26/04)	Développement du melon et des Tagetes dans C3-C4, 1 mois après plantation (11/05)

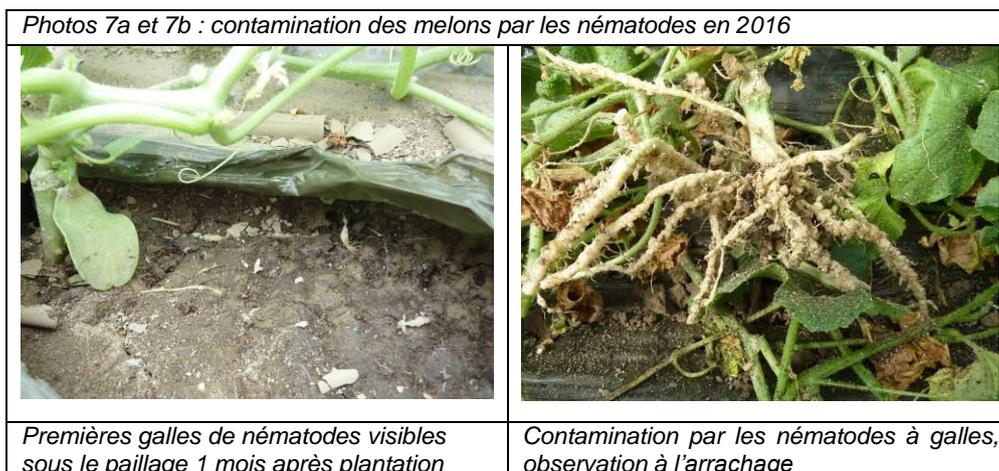
- Observations sur la culture

Cette année, l'oïdium n'a pas posé de problème (variété avec résistance génétique partielle). Par contre la pression pucerons a été importante dès le début de la culture. A la plantation, les chapelles voisines plantées plus précoces hébergeaient déjà du puceron. Ils ont colonisé les parcelles d'essai rapidement et début mai, 1 mois après la plantation, elles sont toutes contaminées par le puceron, aucun auxiliaire n'est observé.

Une application d'insecticide est réalisée mais ne permet pas d'enrayer le développement des foyers. La progression est rapide et les attaques pénalisent fortement les plantes (rabougrissement, miellat, fumagine...). Les fruits ont du mal à grossir et commencent à jaunir avant la récolte. Le taux de sucre est considérablement affecté, ce qui condamne la parcelle à l'arrachage le 17 juin avant toute récolte.

Photos 6a, 6b, 6c : Contamination du melon par les pucerons en 2016		
		
Foyers de pucerons développés sur le melon le 10/05. Sur la photo, plant à proximité des	Contamination par les pucerons le 17/06	Contamination par les pucerons dans C4 à la

Les nématodes sont identifiés 1 mois après plantation par la présence de petites galles sur les radicelles visibles en surface sous le paillage. Cette observation est faite quelle que soit la parcelle, dans les rangs de bordure.



En fin de culture, certaines zones marquent des affaissements de plantes dans chaque parcelle, plus ou moins prononcé indépendamment de l'attaque de pucerons. En C5, une zone importante de dépérissement est observée sur un rang de bordure. L'estimation du nombre de plantes mortes est présentée ci-dessous. Elle ne prend pas en compte les plantes faibles.

Tableau 10 : Relevés des dépérissements de plantes de melon dans les 3 systèmes en fin de culture, le 17/06/16

Comptage du nb de plantes mortes au 17/06	Rang Ouest	Rang central	Rang Est	Total	%
C3	0	0	6	6	1.7%
C4	7	2	2	11	3%
C5	0	0	10	10	2.8%

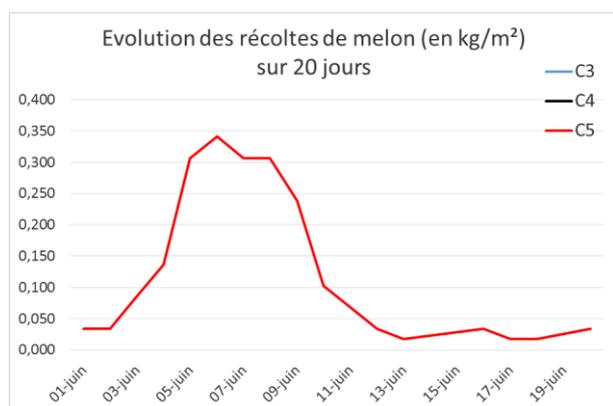


A l'arrachage de la culture des analyses complémentaires ont été réalisées par le laboratoire de l'INRA de Bordeaux et le LDA33 sur des plantes saines et des plantes dégradées. Tous les systèmes racinaires présentaient du mycelium de *Rhizoctonia solani*, champignon pathogène observé couramment en fin de culture mais qui n'est pas responsable des dépérissements de plantes.

Par contre, sur les rangs de bordure, la présence de périthèces de *Monosporascus cannonballus* et de masses stromatiques de *Phomopsis sclerotioides* ont été identifiés et peuvent être responsables associés aux nématodes du dépérissement observé dans les parcelles. Le champignon *Monosporascus cannonballus* avait aussi été identifié en 2015 sur des racines de courgette au centre des chapelles.

- Rendements de la culture de melon

Les parcelles C3 et C4 ayant subi une dégradation importante liée aux pucerons, elles n'ont pas pu être récoltées. Seule la parcelle C5 a permis une production qui est représentée ci-dessous :



	Rendement commercial cumulé au 20/06/16
C3	-
C4	-
C5	2.11 kg/m <sup>2</sup>

Figure 9 : Rendement des cultures de melon réalisées en 2016.

Le rendement est identique aux autres années pour C5.

## 5.3 Etat sanitaire du sol

### 5.3.1 Cartographie des indices de galles

Les cartographies sont basées sur l'échelle de Zeck. Un code couleur a été attribué à chaque indice pour donner un résultat visuel de la parcelle, les indices les plus forts étant représentés en couleur foncée.

➤ **Sur salade :**

C5				C4				C3			
Poteau	rang 3	rang 2	rang 1	Poteau	rang 3	rang 2	rang 1	Poteau	rang 3	rang 2	rang 1
1	1	0	0	1	2	1	1	1	1	0	0
2	1	0	1	2	4	1	3	2	1	0	0
3	1	0	2	3	7	1	2	3	1	0	0
4	0	0	2	4	6	1	2	4	1	0	2
5	1	1	3	5	5	1	2	5	1	0	1
6	1	1	2	6	6	1	3	6	1	1	1
7	1	0	3	7	7	1	2	7	2	0	1
8	1	0	3	8	5	1	2	8	1	0	1
9	2	0	2	9	6	1	3	9	1	0	2
10	1	0	2	10	2	0	2	10	1	0	1
11	1	0	1	11	4	1	1	11	1	0	0
12	1	0	2	12	5	2	2	12	1	0	1
13	1	0	2	13	6	3	4	13	2	0	1
14	1	0	2	14	5	2	4	14	3	0	1
15	1	1	2	15	5	2	5	15	0	0	1
16	2	0	2	16	3	2	4	16	2	1	3
17	1	0	3	17	4	1	4	17	1	1	2
18	1	1	3	18	3	3	1	18	1	0	2
19	1	0	2	19	3	4	1	19	2	1	1
20	1	0	1	20	2	1	1	20	1	0	1



Figure 10 : Cartographie des indices de galle sur les racines de salade, effectuée le 15 février 2016

On constate comme les années précédentes une contamination par les nématodes plus importante sur les rangs de bordure.

Dans les parcelles C3 et C5, 65 et 70% des plantes observées présentent des galles avec des indices de galles racinaires (IGR) variant de 0 à 3 : la contamination est faible et l'impact sur la production n'est pas

visible. Dans la parcelle C4, la situation est différente avec 98 % des plantes contaminées et des IGR qui atteignent 7, localisés notamment dans le rang de bordure Ouest.

### Etude de l'impact du niveau de contamination des nématodes sur le poids des salades.

Afin d'évaluer l'impact des galls de nématodes sur la croissance des salades, la mesure du poids de chaque salade a été réalisée en même temps que les notations d'IGR sur Feuille de Chêne (variété Onnice) des parcelles C3 et C4. Au total, les poids et l'IGR ont pu être mis en relation pour 86 salades et sont représentés graphiquement ci-dessous :

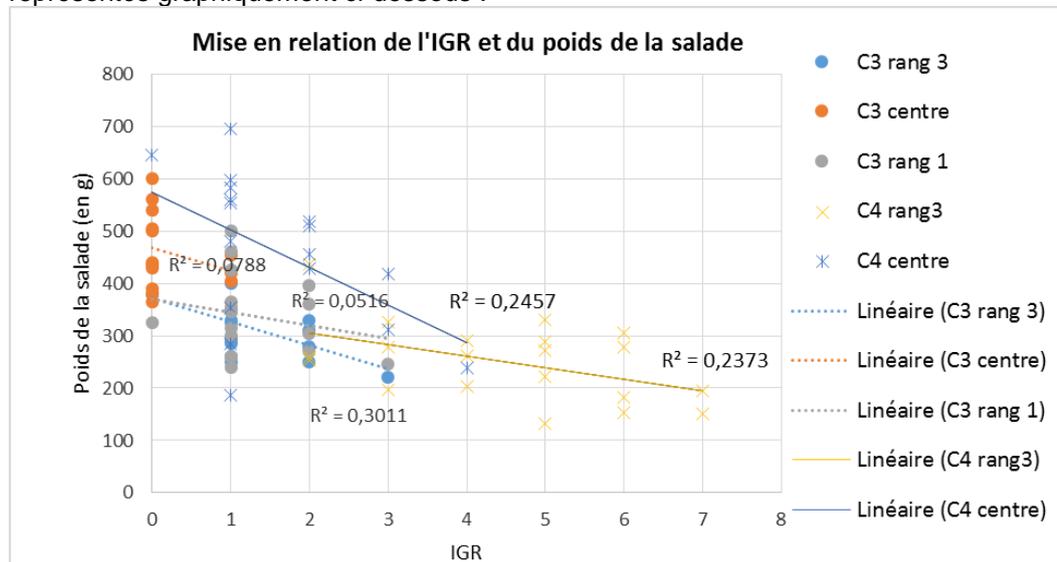


Figure 11 : Relation entre les poids des salades et l'IGR des racines de salade par zone de récolte

Le poids des salades pouvant être aussi lié à d'autres facteurs que les nématodes (hétérogénéité d'enracinement, profil du sol variable...), on observe une grande variabilité. Une grande partie des salades présentaient des IGR<2, ce qui n'occasionne logiquement peu d'impact sur la croissance. Dans la partie la plus touchée au niveau du rang 3 de C4, les poids sont distinctement plus faibles que les autres salades.

Un graphique identique est réalisé en considérant l'ensemble des mesures comme un seul lot

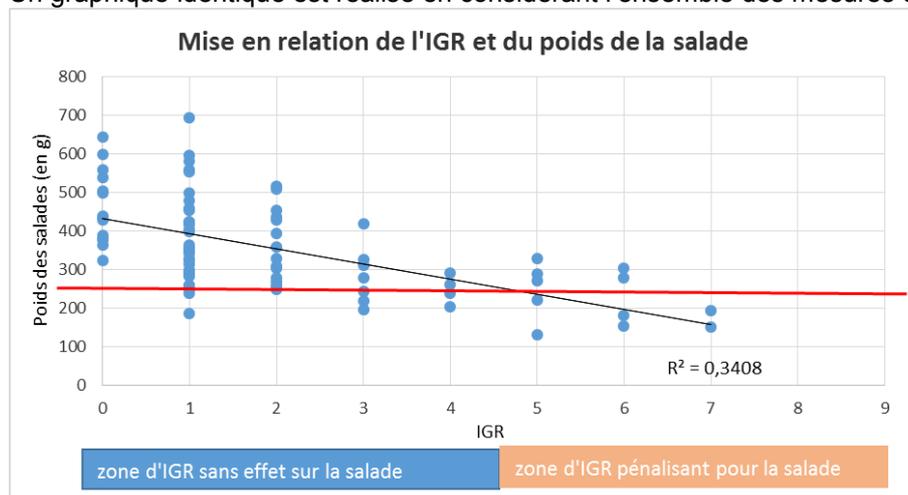


Figure 12 : Relation entre les poids des salades et l'IGR des racines de salade pour l'ensemble des systèmes C3 et C4

La droite de régression linéaire ne montre qu'un lien partiel du poids de la salade avec l'IGR. Avec un coefficient de détermination de 0.34, seulement 34% de la variabilité observée sur le poids ne peut être expliquée par l'IGR. D'autres facteurs de croissance participent à la variabilité du poids de la salade.

Néanmoins, si on considère 250 g le poids mini des salades commercialisables (tracé rouge), on peut penser qu'avec un IGR inférieur à 5, il n'y a pas d'effet des nématodes sur le poids de la salade. Si IGR>5, avec un autre facteur abiotique pénalisant, le poids de la salade risque d'être affecté.

➤ **Sur melon :**

Poteau	C5			Poteau	C4			Poteau	C3		
	rang 3	rang 2	rang 1		rang 3	rang 2	rang 1		rang 3	rang 2	rang 1
1	1	0	1	1	3	0	1	1	2	0	0
2	3	0	4	2	8	0	1	2	0	0	0
3	1	0	6	3	7	0	1	3	1	0	1
4	4	0	7	4	5	0	2	4	0	0	1
5	2	0	7	5	6	0	3	5	1	0	2
6	2	0	3	6	9	0	5	6	7	0	1
7	1	0	2	7	7	0	3	7	6	0	2
8	3	1	5	8	6	0	2	8	7	0	2
9	2	1	2	9	3	0	5	9	4	0	1
10	3	0	2	10	4	0	2	10	4	0	2
11	2	1	3	11	5	0	3	11	2	0	2
12	1	0	5	12	7	1	2	12	2	0	2
13	1	1	8	13	7	0	4	13	6	0	1
14	2	0	6	14	8	2	6	14	7	0	3
15	3	0	6	15	7	1	6	15	4	0	3
16	2	0	5	16	8	2	8	16	4	1	3
17	1	0	4	17	7	5	4	17	7	1	4
18	2	0	4	18	7	4	4	18	6	1	6
19	0	0	4	19	4	5	3	19	7	1	1
20	2	1	7	20	3	0	2	20	0	0	3



Figure 13 : Cartographie des indices de galle sur les racines de melon, effectuée le 17 Juin 2016

Sur la culture de melon, 65 à 80 % des plantes observées présentent des galles sur les racines avec des IGR de 1 à 8. On retrouve toujours, dans les 3 chapelles, les deux rangs de bordure majoritairement touchés. Comme pour la salade, la parcelle C4 est la plus contaminée avec un IGR moyen de 3.5, contre 2 et 2.2 pour C3 et C5. Le niveau de contamination est légèrement plus élevé qu'en 2015.

On remarque un développement des nématodes assez marqué sur une des rangées de bordure de la parcelle solarisée (C5). La différence avec l'autre rangée de bordure nous paraît surprenante et plusieurs hypothèses sont émises :

- une interférence avec la chapelle C4 : en effet, le maintien d'humidité pour le millet par aspersion pendant l'été a pu rafraîchir localement la zone voisine de C5 et faire diminuer localement les températures de solarisation.
- Le sens de passage du tracteur lors du travail de sol est classiquement une source de contamination des parcelles. Cependant, la parcelle C5 a été travaillée 3 semaines avant C3 et C4. Les passages de tracteur n'ont pas été fait simultanément.
- La ligne de haricot plantée au niveau des poteaux séparant C4 et C5 est peut-être un lien de transmission des nématodes de façon transversale. Mais la ligne de melon est toutefois distante de plus d'1 m de part et d'autre de la ligne de haricot et les nématodes n'ont pas un déplacement transversal aisé.

Effet des techniques alternatives testées en 2016 sur melon :

Les IGR observés sur melon ne mettent pas en évidence d'effet de Tapis Vers appliqué dans C4 si l'on compare avec C3. Bactiva appliqué dans les deux parcelles ne peut pas être évalué individuellement sur la base des IGR.

Les tagetes en plantes associées sur le rang 3 de C3 et le rang 1 de C4 ne permettent pas non plus de réduire les indices de galle sur racines de melon.

**5.3.2 Evolution des nématodes :**

On cherche à évaluer l'évolution de la pression des nématodes sur les cultures depuis le début du projet, en considérant d'une part l'évolution du nombre de plantes attaquées et l'IGR pour chaque culture et d'autre part, en quantifiant, par analyse en laboratoire, la présence des nématodes dans les parcelles.

➤ Evolution des indices de galles racinaires (IGR) :

Une moyenne globale des IGR est calculée pour chaque chapelle. La comparaison la plus juste doit se faire sur les mêmes cultures pour tenir compte des conditions de développement des nématodes. Les figures 14

à 16 montrent l'indice de galle moyen ainsi que la répartition des dégâts en fonction des grandes classes d'IGR pour chaque système.

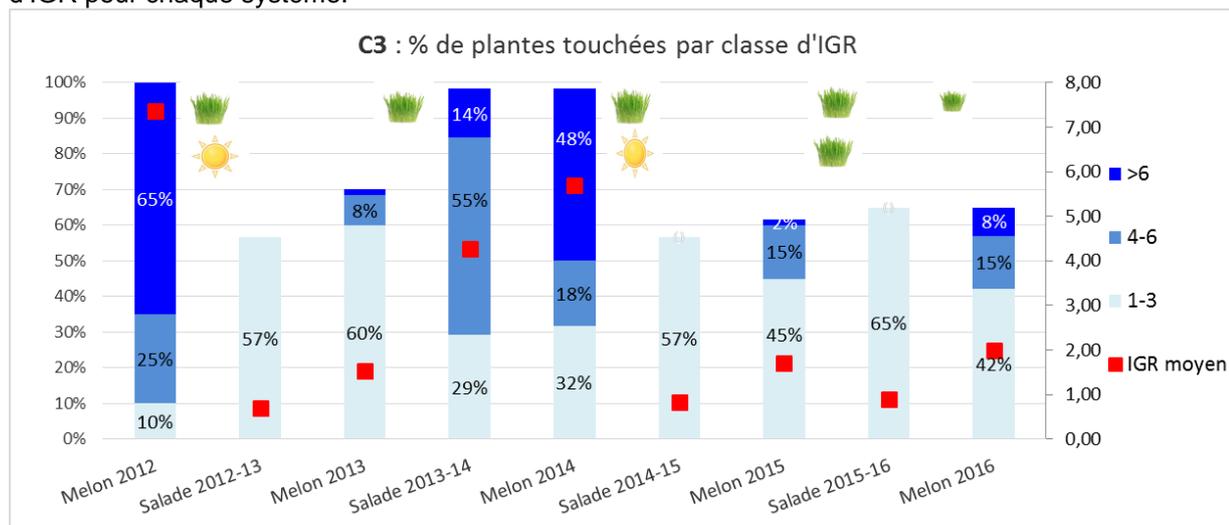


Figure 14 : Indices de galles moyens et répartition des plantes touchées par classe d'IGR dans le système C3

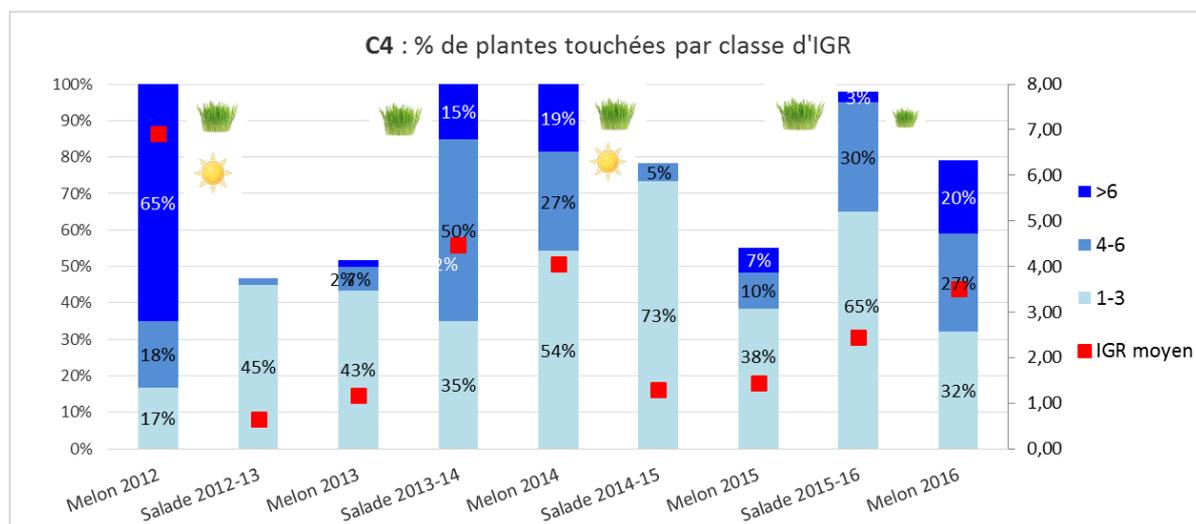


Figure 15 : Indices de galles moyens et répartition des plantes touchées par classe d'IGR dans le système C4

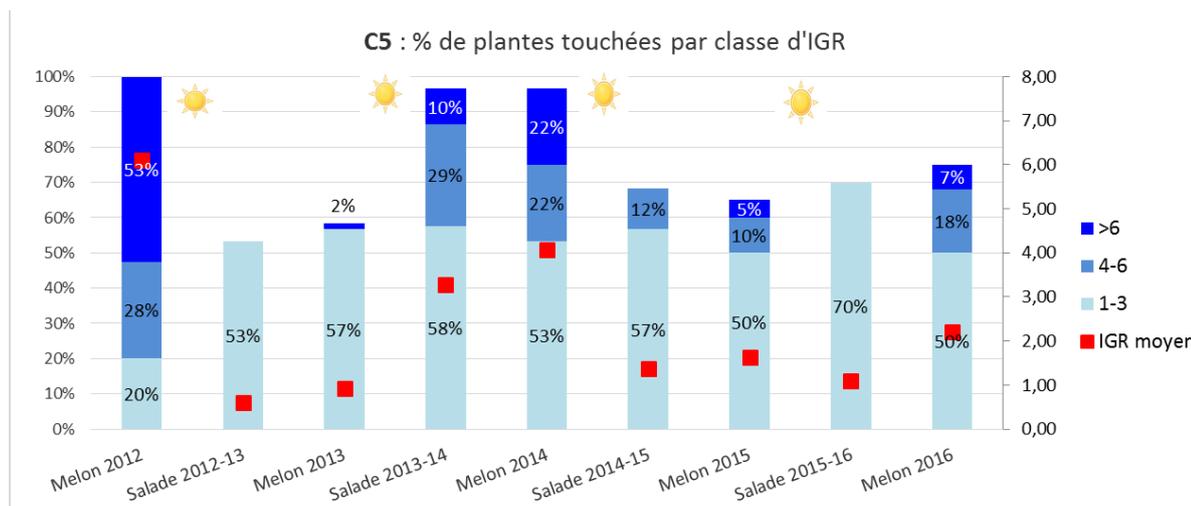


Figure 16 : Indices de galles moyens et répartition des plantes touchées par classe d'IGR dans le système C5



Engrais vert



Solarisation

Jusqu'en 2015, les 3 systèmes évoluent de façon comparable. La solarisation, associée ou non à un engrais vert apporte de bons résultats lorsque les conditions sont favorables en août (2012). Des solarisations peu efficaces ou un engrais vert seul cultivé pendant 1 mois (2013) ne permettent pas de réduire la contamination des nématodes sur les cultures suivantes.

Les résultats de 2016 montrent un maintien du niveau de contamination dans les parcelles C5 et C3 indiquant d'une part une bonne efficacité de la solarisation en C5 et d'autre part un effet intéressant du cumul de 2 cultures de sorgho de 3 semaines. Les résultats sur C3 sont encourageants dans la mesure où il s'agissait initialement de la parcelle la plus touchée.

La parcelle C4 se distingue des deux autres car le niveau de contamination augmente par rapport à 2015. L'interculture longue de Millet perlé associé au biostimulant Tapis Vers n'a pas permis la réduction ni le maintien des nématodes à un niveau acceptable.

L'évolution des IGR moyens se différencie après l'interculture 2015. Il semble que la succession de 2 sorghos biofumigants ait eu un effet comparable à la solarisation sur les nématodes. Les IGR moyens se maintiennent en-dessous de 2. Par contre, le millet perlé cultivé pendant 42 jours dans C4 a augmenté la pression en nématodes que ce soit en salade ou en melon. L'IGR moyen progresse de 1.5 à 3 en melon. Et de 1 à 2 en salade.

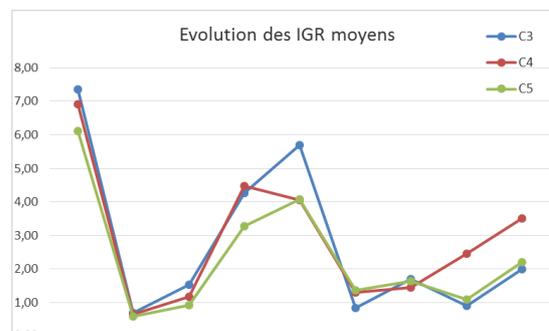


Figure 17 : Comparaison des évolutions d'indices de galles moyennes dans les 3 systèmes

➤ Evolution du pourcentage de plantes touchées :

Il est également intéressant de juger plus précisément de la situation de chaque système, vis-à-vis des nématodes, en considérant l'importance des attaques

Si les 3 systèmes présentent globalement la même évolution. On note un pic de plantes contaminées (100%) par les nématodes dans C4 sur salades après le millet perlé. Les salades du rang central notamment sont touchées alors qu'elles ne présentent pas de galles d'habitude (fig 10 et 15). Le millet aurait favorisé le développement des nématodes alors que dans C3 et C5, depuis 2015, une stabilisation des effectifs de contamination à 60% semble être observée.

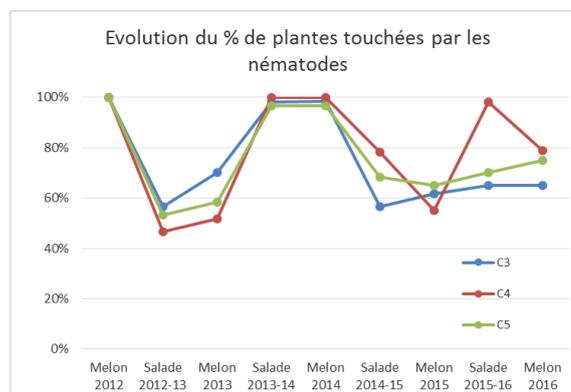


Figure 18 : Comparaison des évolutions de plantes touchées dans les 3 systèmes

➤ Quantification des Meloidogyne (analyses du laboratoire ELISOL)

Les IGR et le pourcentage de plantes touchées sont des indicateurs sur plante des attaques de nématodes. La quantification des populations de *Meloidogyne* (juvéniles et adultes) sur des échantillons de sol permet d'aider à la compréhension des évolutions de populations en fonction des pratiques. Les analyses en période hivernale sont considérées comme moins représentatives dans la mesure où une partie des nématodes peut se trouver sous forme d'œufs ou plus profondément dans le sol et ne sont pas détectés.

Quelle que soit la modalité, on constate une augmentation des effectifs de nématodes dans le sol après chaque culture de melon (espèce sensible et période estivale). Le pic observé en juin 2014 paraît démesuré et peut être lié à un prélèvement dans une zone fortement contaminée. Nous avons veillé par la suite à prélever en fin de culture sur un sol retourné et avec un nombre précis de prélèvements toujours positionnés aux mêmes endroits. Néanmoins ces mesures élevées font suite à une solarisation peu efficace dans C4 et un sorgho de 1 mois dans C3. A partir de 2015, on observe une légère différenciation des trois systèmes : les effectifs les plus faibles sont obtenus dans la parcelle solarisée chaque année (C5). La parcelle C3 subit des variations moins importantes que les années précédentes et maintien des effectifs de jeunes larves plus faibles que dans la parcelle C4.

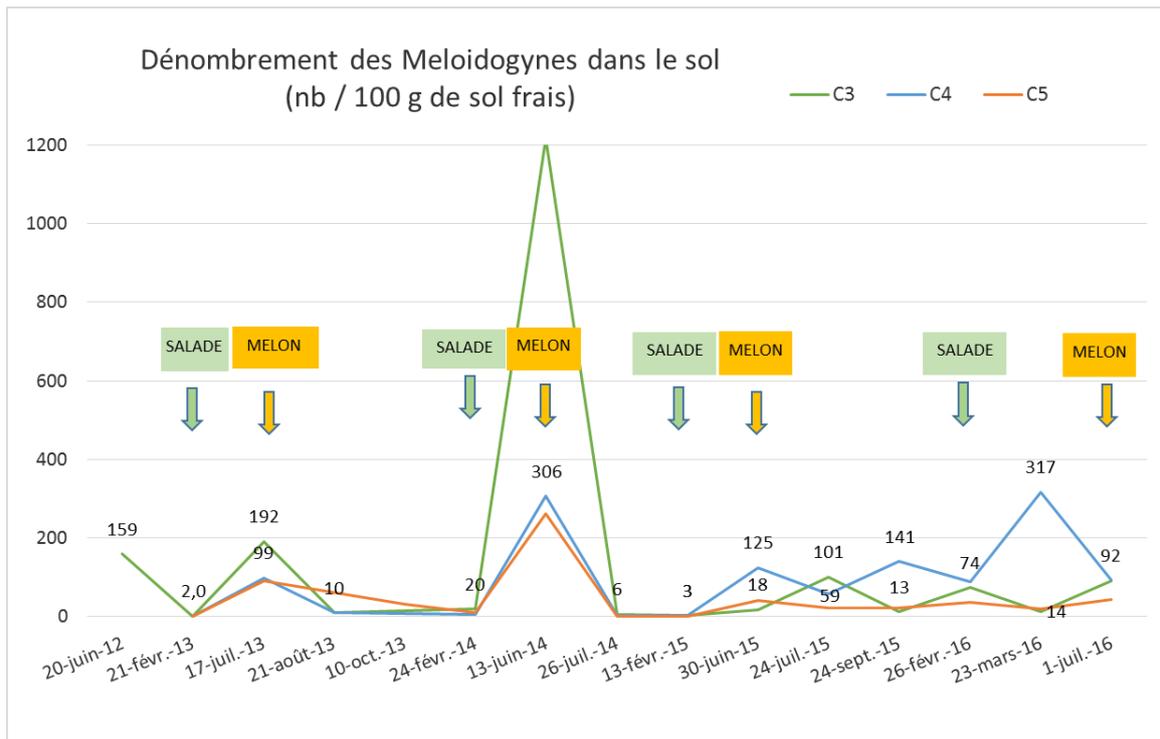


Figure 19 : Dénombrement des populations de nématodes *Meloidogyne* dans le sol (laboratoire ELISOL)

Un focus sur l'évolution des courbes à partir de 2015 montre de façon plus précise le comportement dans les parcelles C3 et C4 non solarisées sur cette période. L'interculture positionnée après le melon 2015 est composée de 2 cultures courtes de sorgho nématicide (C3) et d'une culture de millet perlé dans (C4) du juillet au 13 août 2015. Après le 1<sup>er</sup> sorgho, les situations sont équivalentes dans les deux parcelles : on dénombre environ 100 larves de nématodes/100g de sol frais. Les deux graminées ont maintenu ou développé les nématodes dans la parcelle en 20 jours. L'effet biofumigation pour le sorgho n'est pas mesuré ici puisque le prélèvement a eu lieu au moment du broyage. Par contre, la baisse significative de nématodes après les 2 sorghos en septembre met sans doute en évidence un effet de la double biofumigation. La parcelle ayant reçu du millet maintient toujours un niveau élevé de nématodes (pas d'effet de biofumigation). Ce niveau continue d'augmenter sur la culture de salade suivante car plus sensible aux nématodes, alors que dans C3, les faibles niveaux ne permettent pas aux nématodes d'affecter la salade en conditions froides. Après la dernière culture de melon, les niveaux de nématodes redeviennent identiques dans le sol. Il est possible que l'application de Tapis vers dans C4 en mai ait pu affecter les larves de nématodes dans le sol. Ces observations sont cohérentes avec l'évolution du pourcentage de plantes touchées (fig 18)

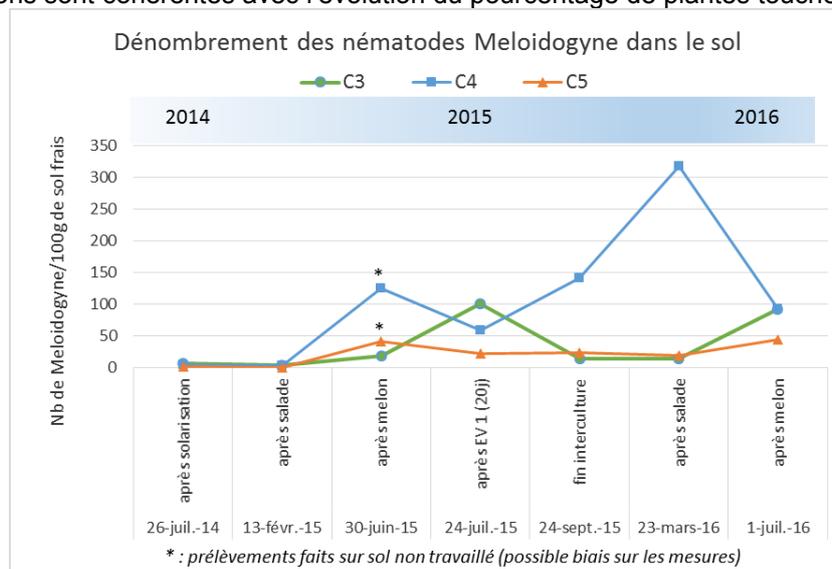
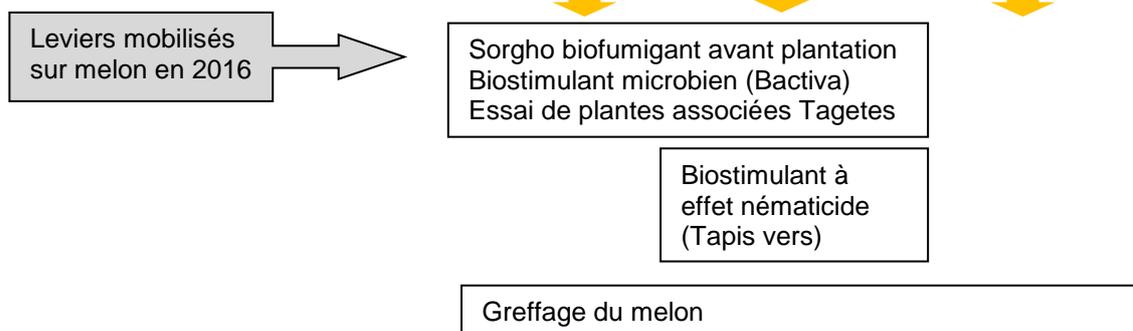


Figure 20 : Dénombrement des populations de nématodes *Meloidogyne* dans le sol (laboratoire ELISOL) à partir de 2015

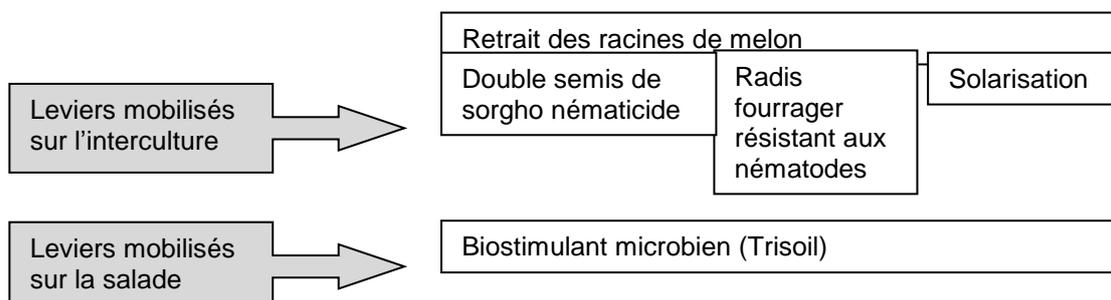
## 5.4 Règles de décision

Règles de décision utilisées sur la saison 2016

Salade 2015-2016	C3	C4	C5
Présence de plantes très touchées (IGR>6)	Non	Oui	Non
% de plantes touchées	65 %	98 %	70 %
Evolution de l'IGR moyen / laitue 2014-2015	=	↗	↘



Melon 2016	C3	C4	C5
Présence de plantes très touchées (IGR>6)	Oui	Oui	Oui
% de plantes touchées	65 %	79 %	75 %
Evolution de l'IGR moyen /melon 2015	↘	↘	↘



## 5.5 Analyse des IFT

Classement des IFT dans le cadre du projet GEDUBAT

Un IFT (Indice de fréquence de traitement) correspond à une application d'un traitement sur la culture à la dose homologuée. On distingue les « IFT vert » qui sont des applications de produits autres que les produits chimiques et identifiés dans la liste NODU vert. Les biostimulants et engrais foliaires n'apparaissent pas dans les IFT. Les traitements réalisés en pépinière étant difficile à connaître, il a été choisi de considérer l'IFT pépinière = 1.

Le projet GEDUBAT travaille particulièrement sur le contrôle des bioagresseurs telluriques. Nous distinguons donc les IFT aériens et telluriques dans chaque culture.

Les IFT telluriques concernent

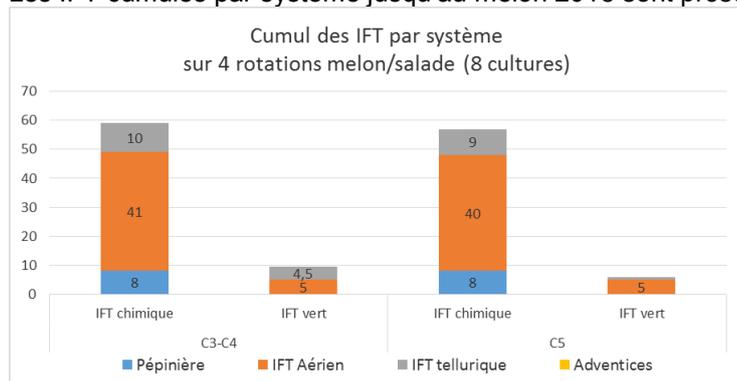
- en salade : les traitements contre le *Botrytis*, *Sclerotinia*, *Rhizoctonia*, noctuelles terricoles, nématodes
- en melon : les nématodes

Les IFT aériens concernent

- en salade : les traitements contre les pucerons, le *Bremia*, noctuelles défoliatrices et pucerons
- en melon : les traitements contre l'oïdium, les pucerons, les acariens

Comparaison des IFT totaux

Les IFT cumulés par système jusqu'au melon 2016 sont présentés ci-dessous :



Les 3 systèmes étudiés se différencient peu sur les IFT dans la mesure où les rotations culturales sont identiques. L'essentiel des traitements concerne la protection contre les bioagresseurs aériens. La part plus importante d'IFT vert dans les systèmes C3-C4 avec l'application de produits de biocontrôle, ne permet pas, pour l'instant, de réduire les IFT chimiques.

Figure 21 : Représentation des IFT cumulés par système depuis le début du suivi dans la parcelle (2012)

### Comparaison des IFT chimiques

Les IFT chimiques enregistrés sur salade jusqu'à la campagne 2015-2016 sont présentés ci-dessous :

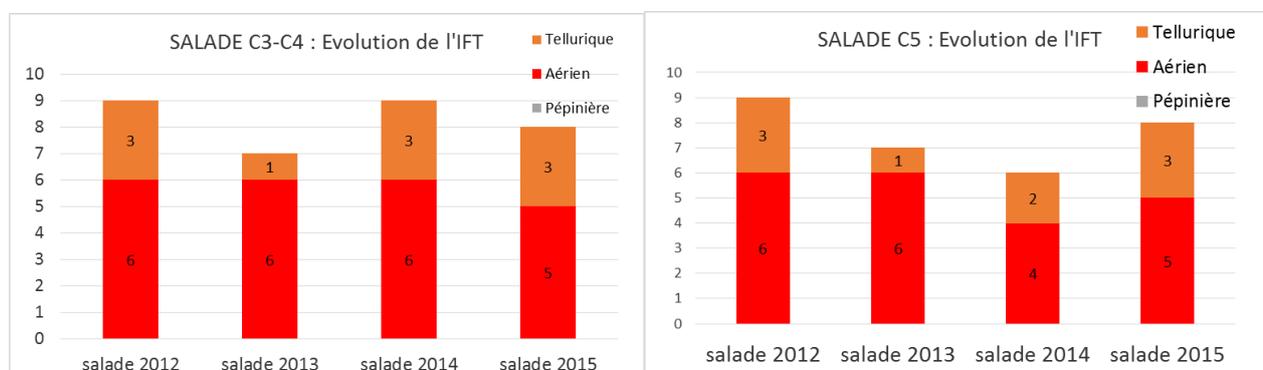


Figure 22a et 22b : Représentation des IFT sur salade depuis le début du suivi dans la parcelle (2012) sur C3 et C4 (Fig 22a) et sur C5 (fig 22b)

Avec des conditions climatiques risquées jusqu'à l'hiver 2015-2016, la protection sur salade a été maintenue de façon préventive. Les IFT n'évoluent pas d'une année sur l'autre. En 2014, sur C5, une récolte plus précoce a évité de faire la dernière série de traitements et l'IFT est donc plus faible mais cette baisse n'est pas liée aux stratégies du système. Le traitement alternatif Contans contre le Sclerotinia a été introduit depuis 2014 dans C3 et C4. Par rapport au début du suivi, on note une réduction de 1 traitement chimique aérien.

Les IFT enregistrés sur melon jusqu'en 2016 sont présentés ci-dessous :

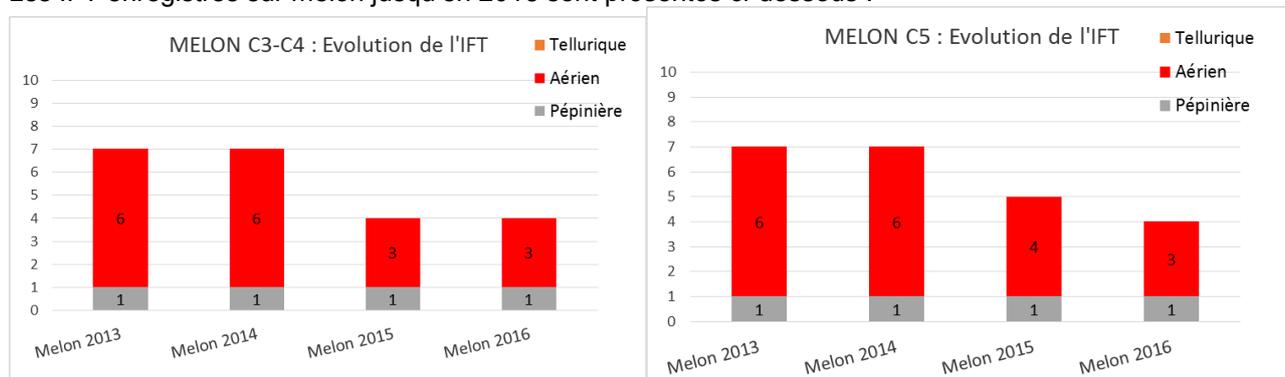


Figure 23a et 23b : Représentation des IFT sur melon depuis le début du suivi dans la parcelle (2012) sur C3 et C4 (Fig 22a) et sur C5 (fig 22b)

Pour le melon, il n'y a aucune application de traitement chimique contre les ravageurs et maladies telluriques. Les traitements chimiques aériens concernent les pucerons, acariens et l'oïdium. On constate ces deux dernières années un maintien de la protection à 3 traitements sur la culture au lieu de 6 au début

du projet. Néanmoins cette année, cette stratégie n'a pas été suffisante pour protéger la culture contre les pucerons.

## 6. Conclusion

### Efficacité des pratiques testées en 2016 sur les nématodes

Dans deux systèmes C3 et C5, les intercultures effectuées en 2015 ont permis de stabiliser les attaques de nématodes. La biofumigation avec deux sorghos successifs de 3 semaines (C3) ou la solarisation seule (C5) a maintenu les niveaux d'IGR moyens sur les cultures de salade et melon, ainsi que le pourcentage de plantes touchées et les niveaux de population larvaire présents dans le sol. Il s'agit pour C3 de la 1<sup>re</sup> année sans solarisation qui donne des résultats positifs.

Au contraire, le millet perlé pratiqué sur 1 mois et demi dans C4 a entretenu les nématodes pendant l'interculture et provoque une contamination plus élevée sur la salade et le melon qui suivent. L'IGR moyen est en nette augmentation sur ces cultures. Le pourcentage de plantes touchées par les nématodes et les quantifications dans le sol rejoignent un niveau semblable aux autres parcelles après le melon. Les biostimulants appliqués pendant la culture de melon (Tapis vers, Bactiva) ont peut-être permis de freiner les jeunes larves infestantes sur cette parcelle. Pourtant, l'effet des biostimulants n'est pas aussi visible dans la parcelle C3 qui en a également reçu depuis 2015.

### Effet sur les cultures

Sur salade, le niveau d'IGR moyen de 1 et 65% des plantes touchées avec IGR<3 n'affecte pas la culture. Sur melon, le niveau d'IGR moyen de 2 avec 70% des plantes touchées dont moins de 10% avec IGR>6 affecte peu la culture.

L'amélioration du rendement n'est pas vraiment visible avec ce niveau de contamination. Cependant, d'autres facteurs influencent la production comme le choix variétal, le créneau de culture, la conduite culturale, les accidents climatiques ou d'autres accidents sanitaires (pucerons, oïdium...).

### Efficacité à moyen et long terme des pratiques d'interculture

**La solarisation** mise en place à partir du 1<sup>er</sup> août offre des résultats aléatoires du fait de la période tardive de mise en place. Elle peut être très efficace comme en 2012 et 2014 ou moins efficace comme en 2013. Dans un tel système, il doit être envisagé d'accompagner des mauvaises solarisations par des techniques complémentaires sur les cultures suivantes pour la protection contre les bioagresseurs telluriques. Il est donc indispensable de juger de la bonne efficacité de la solarisation : contrôle de températures en surface et en profondeur, observation des adventices...

**Les engrais verts** associés à la solarisation, apportent les mêmes résultats que la solarisation seule sur la réduction des nématodes. Par contre le sorgho « nématocide » semble prometteur pour réduire la fréquence de solarisation. Son efficacité sur les nématodes est par contre dépendant d'une adaptation des techniques vers une durée de culture courte (3 semaines en été). L'utilisation d'autres engrais verts est encore restreinte par le faible nombre d'espèces adaptées à ces conditions de culture et surtout par leur sensibilité aux nématodes à galle. Des plantes hôtes ne permettront pas de réaliser la coupure escomptée du cycle des nématodes et feront prendre un risque de contamination plus important pour la salade.

### Intérêt environnemental et socio-économique

Les systèmes étudiés ne modifient pas les revenus potentiels de l'exploitation dans la mesure où les deux cultures principales sont maintenues.

Par contre, les intercultures pratiquées (solarisation et engrais verts) demandent un investissement pour leur mise en place. Cet investissement est justifié dans le cas d'une solarisation efficace qui permet de gagner en homogénéité de culture et en rendement (salade notamment) mais une solarisation qui n'est pas optimale revient à des pertes économiques qui cumulent la charge de mise en œuvre et les pertes de production sur les cultures suivantes. Une partie de l'efficacité de la solarisation dépend de la technique et de sa mise en place par le producteur mais elle est surtout dépendante du climat de l'année qui n'est pas maîtrisable. Du point de vue environnemental, la solarisation génère des déchets plastiques qui doivent être recyclés et son effet sur la qualité du sol est encore peu connu : dans quelle mesure perturbe-t-elle l'équilibre microbiologique du sol, la structure, le pH... ?

L'utilisation d'engrais verts est plus à même de montrer un intérêt environnemental sur le fonctionnement du sol. Les propriétés biofumigantes du sorgho commencent à s'enrichir des premiers résultats sur la gestion des nématodes, lorsque le sorgho est broyé au bout de 3 semaines. La succession de 2 ou 3 sorghos peut alors être envisagée en interculture pour un assainissement du sol mais représente une contrainte de travail supplémentaire qu'il faut mesurer économiquement. Enfin, des difficultés comme le contrôle des adventices

sont à prendre en compte avec cette technique. Si le développement du pourpier, sensible aux nématodes, est plus important que l'engrais vert, l'intérêt dans la gestion des nématodes disparaît.

#### Perspectives pour l'expérimentation 2017

Au vu de ces résultats, la solarisation est toujours maintenue dans C5. Pour C3 et C4, les systèmes peuvent se passer de solarisation pour la 2<sup>e</sup> année mais il faudra être vigilant sur le choix de l'engrais vert dans C4. Le millet perlé n'est pas retenu comme plante de coupure et sera remplacé par un radis fourrager résistant aux nématodes (crucifère). Les agents de biocontrôle et biostimulant sont maintenus dans les systèmes C3 et C4 car ils semblent avoir un effet complémentaire sur la vitalité des plantes et sur la réduction des larves infestantes

---

Renseignements complémentaires auprès de : Action A973  
Claire GOILLON, APREL, 13210 St-Rémy-de-Pce, tel 04 90 92 39 47, goillon@aprel.fr

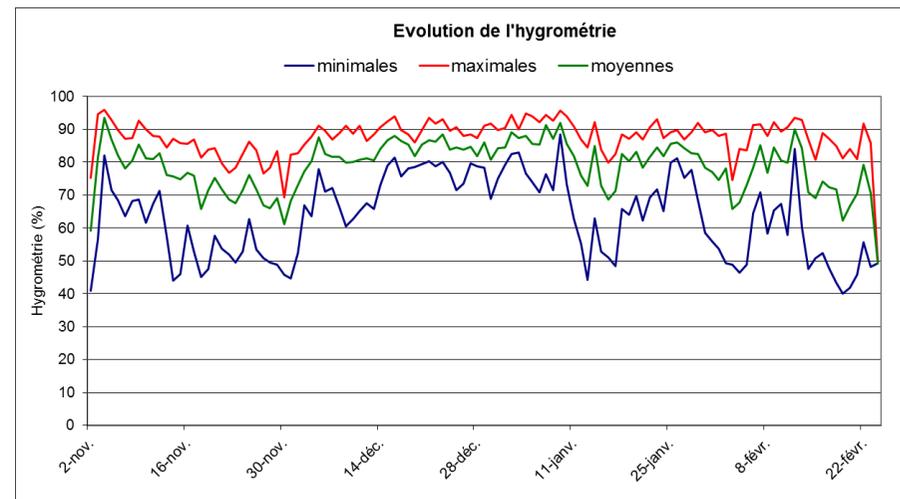
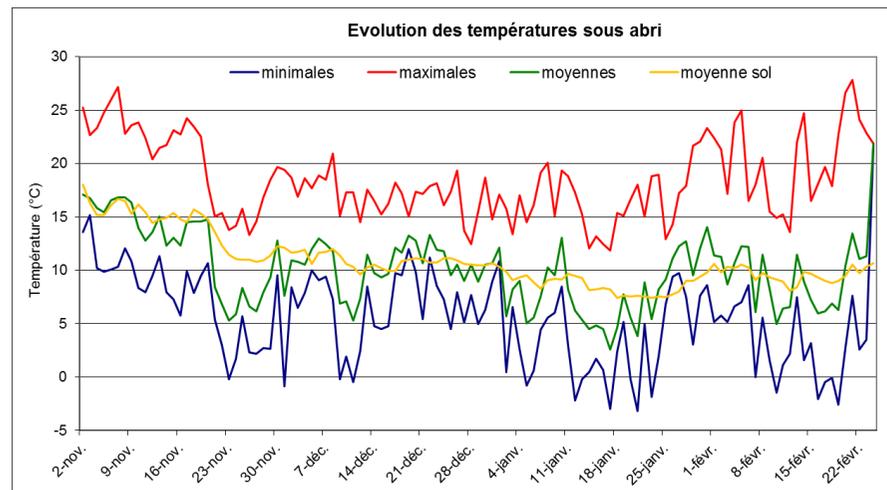


Projet labellisé PIClég



## ANNEXE 1 : Relevés climatique sous abri

Culture de laitue : du 30 octobre 2015 au 10 février 2016



Relevés moyens sur les parcelles de culture dans la région du 1<sup>er</sup> janvier au 30 août 2016

