



## Gestion Durable des Bioagresseurs Telluriques



### GEDUBAT

### 2015

---

Claire GOILLON, APREL  
Gedubat

---

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

### 1 – Thème de l'essai

Le projet GEDUBAT (GEstion Durable des BioAgressseurs Telluriques) coordonné par le Ctifl fait partie intégrante du programme ECOPHYTO 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

L'APREL prend part à ce projet en conduisant des expérimentations sur un site de production. La thématique de ce projet fait appel à des expérimentations « système ». Le but de l'essai est d'évaluer l'impact de différents systèmes de cultures étudiés sur l'exploitation, sur la gestion des populations de bioagresseurs telluriques avec un accent sur les nématodes. Chacun de ces systèmes 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 en culture de produits de biocontrôle.

### 3 – Facteurs et modalités étudiés

En 2012, la solarisation et l'utilisation de sorghos nématocides ont été mises en place en interculture. Ces techniques ont ensuite été renouvelées avec des variantes selon les 3 systèmes étudiés (cf. protocole expérimental, 4.3). En 2015, au vu des résultats précédents, la solarisation a été faite dans un seul des systèmes.

### 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)

## 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 en 2015 en été 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 2015
- 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.

### ➤ 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 *Meloidogyne* au stade larvaire dans le sol : un échantillonnage de sol est réalisé à la fin de chaque cycle cultural (melon, interculture, salade) avec 20 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 Rappel des stratégies étudiées

Le dispositif expérimental est mis en place sur 3 chapelles de 352 m<sup>2</sup> (6.40m x 55m) dans la serre. Chaque chapelle représente un système différent, caractérisé comme suit par les interventions en interculture :

- **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 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.

Tableau 1 Présentation des caractéristiques des 3 systèmes étudiés

Code	C3	C4	C5
<b>Système et contraintes</b>	Melon - salade		
<b>Pathogènes / Ravageurs</b>	Nématodes Champignons telluriques sur salade		
<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

#### 4.4 Successions culturales

	2012												2013												2014												2015																								
	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																		
C3	Melon	S	Sol°							Salade	Melon + biocontrôle	S									Salade + biocontrôle	Melon + biocontrôle	S	Sol°																	Salade	Melon + BC	S																		
C4	Melon	EV	Sol°							Salade	Melon + biocontrôle	EV									Salade + biocontrôle	Melon + biocontrôle	EV	Sol°																		Salade	Melon + BC	EV																	
C5	Melon		Sol°							Salade	Melon	Sol°									Salade	Melon	Sol°																			Salade	Melon	Sol°																	

Figure 1 : Représentation des systèmes étudiés de 2012 à 2015 (EV = Engrais Vert, S = sorgho)

Tableau 2 : Déroulement des cultures et itinéraires techniques pour chaque système étudié.

	Chapelle	C3	C4	C5
	Modalités	Sorgho nématocide	Engrais vert diversifié	Solarisation
ENGRAIS VERT	Préparation du sol	Griffon avant semis		-
	Fertilisation	aucune		-
	Semis	20/06/14 à la volée Pas de griffon mais arrosage pour enfouir les graines		-
	Variété	Sorgho fourrager N°270911 (Cerexagri)	Chlorofiltre Biocontrôle : Mélange radis fourrager (Terranova) + moutarde blanche (Abraham)	
	Dose de semis	30 kg/ha	20 kg/ha	-
	Arrosage	Aspersion : environ 30 min tous les 2 jours au début puis une fois par semaine		
	Broyage Enfouissement	Broyeur à marteaux le 25/07/14 Rotavator et sous soleuse		-
	Durée de culture	35 jours	35 jours	-
SOLARISATION	Préparation du sol	Sous soleuse		
	Plein en eau	7 h (70 mm)		
	Type de plastique	Non microperforé, Spécial solarisation		
	Date de pose	1/08/14		
	Retrait du plastique	24/09/14		
	Durée de solarisation	55 jours		
SALADE	Fumure de fond	Amendement organique : Orga3 (3T/ha) Engrais complet 4-6-10 (2.5 T/ha)		
	Plantation de salades	23/10/14		18/10/13

	Chapelle	C3	C4	C5
	Modalités	Sorgho nématocide	Engrais vert diversifié	Solarisation
	Variété	Batavia SOLASIE (RZ)		Batavia FUNSONG (SG)
	Récolte des salades	Du 24/01/15 au 4/02/15		Du 10 au 21/01/15
MELON*	Date de plantation	21/02/15		
	Densité	1 plant/m <sup>2</sup> 3 rangs simples par chapelle avec espacement de 0.5 m entre plants		
	Variété	Arapaho greffé, pépiniériste Centroseia		
	Fumure de fond	Amendement organique Orgasol Vegedor (3T/ha) Engrais organo-minéral 4-6-10 (1.5 T/ha)		
	Fertilisation en culture	Nitrate de Magnésie (50 kg/ha) + Nitrate de Potasse (50 kg/ha).		
	Début récolte	23/05/15		
	Fin de récolte	26/06/15		

\*en 2015, le producteur a intégré de nouvelles cultures d'été dans sa parcelle : courgette, poivron, aubergine, tomate, haricot... pour satisfaire la demande des marchés. Les parcelles d'essai ont reçu sur leurs lignes centrales des cultures autres que le melon : courgette dans C5 et poivron/courgette dans C4

## 5. Résultats

### 5.1 Suivi des intercultures

#### ➤ Engrais verts

Les semis ont été réalisés dans les chapelles C3 et C4 le 20/06/14, une semaine après la dernière récolte de melon et 5.5 semaines avant la solarisation (voir tableau 1). Le broyage s'est effectué le 25/07, soit 35 jours après le semis.

#### - Conditions climatiques

L'enregistrement de la température et de l'hygrométrie n'ont pu être réalisés sur les engrais verts. En juillet, le temps était mitigé avec de fréquents épisodes de pluies et des températures fraîches pour la saison.

#### - Développement des engrais verts

Faute de temps à consacrer sur les 3 chapelles de l'essai, il n'y a pas eu de passage d'enfouisseur de graines derrière le semis. Un gros arrosage a été effectué mais la germination des graines a été pénalisée, surtout pour les crucifères.

		
C3 = sorgho ; C4 = radis fourrager ; C5 = sol nu	Mélange Radis fourrager + moutardes (C4) envahis par le pourpier	Floraison des moutardes et du radis fourrager (C4)

Le mélange **Chlorofiltre Biocontrôle** proposé par la société Jouffray Drillaud est composé de radis fourrager variété Terranova, de moutarde blanche, variété Abraham et de moutarde brune. Il a été mis en place pour créer de la diversité sur l'interculture avec des espèces non hôtes des nématodes. Cependant les conditions d'implantation n'ont pas été optimales pour permettre une bonne germination : pas d'enfouissement des graines, besoins en eau plus important que le sorgho. Le pourpier est devenu dominant.

**Le sorgho nématicide** est destiné à une culture courte pour être enfouie à un stade où la libération d'acide cyanhydrique est plus importante. Il a été broyé au bout de 35 jours après semis, à une hauteur de 1m environ, ce qui est tardif pour un objectif de biofumigation.

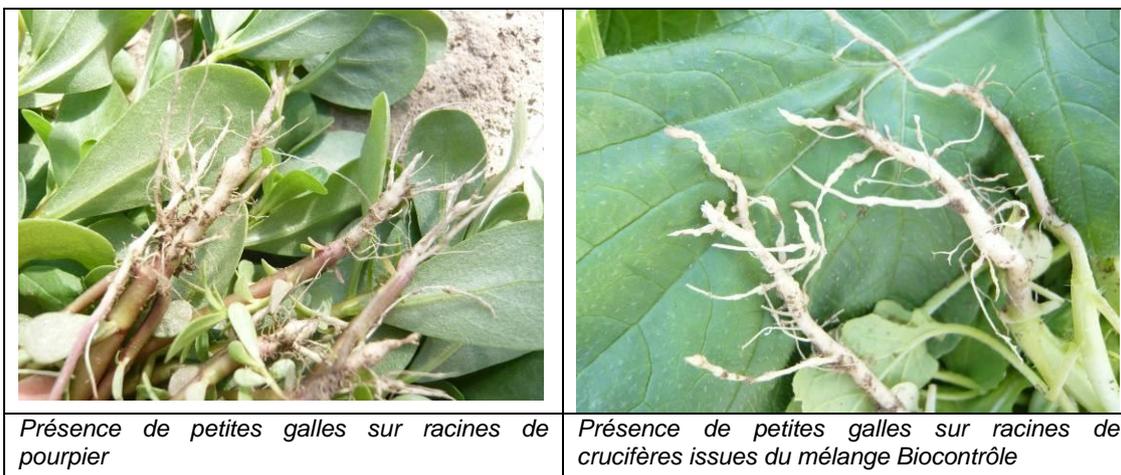
Au 16/07, le contrôle sur 3 placettes de 0.5 m<sup>2</sup> (0.5 x 1 m) donne les mesures suivantes :

	% de germination moyen	Hauteur	Matière fraîche EV	Matière fraîche adventices
C3 (Sorgho nématicide)	50 %	0.90 m	27.7 t/ha	9.7 t/ha (soit 26%)
C4 (Mélange Biocontrôle)	Non observé	0.42 m	19.3 t/ha	19.7 t/ha (soit 50 %)

- Adventices et observations sanitaires :

Cette année, le développement des engrais verts a été fortement concurrencé par le pourpier. Il représente 30 à 50% de la matière végétale présente sur la parcelle. La floraison du pourpier est observée à partir du 16/07, ce qui peut poser un problème de contamination du sol par les semences. Le sorgho a été moins pénalisé du fait de son port érigé et son meilleur développement sur la parcelle permettant de freiner le développement des adventices.

Des renflements sur les racines ont pu être observés sur le pourpier et les crucifères, laissant penser à la présence de nématodes sur ces plantes. Sur le sorgho, aucune galle n'est observée. Cependant, une observation rapide au laboratoire après coloration à l'éosine semble indiquer la présence de masse d'œufs de nématodes sur toutes les espèces prélevées dans ces parcelles.

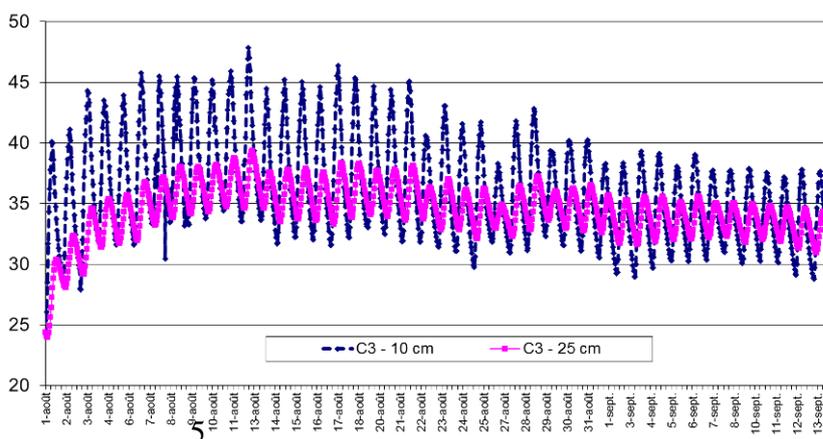


➤ **Solarisation**

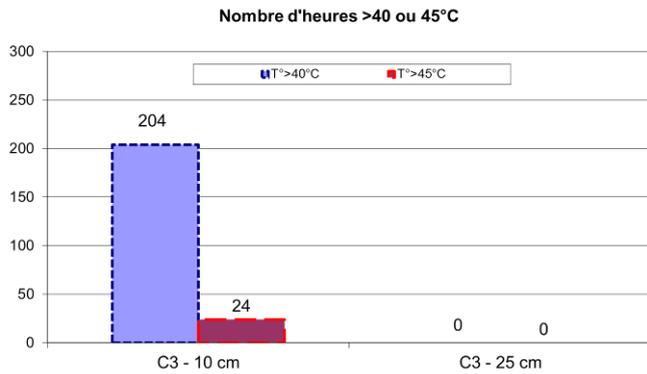
La solarisation a été mise en place le 1<sup>er</sup> août et prolongé jusqu'au 24 septembre (voir tableau 1) pour une durée effective de 55 jours. Suite aux mauvais résultats de l'an dernier, l'apport d'eau qui avait été réduit à 3.5 heures a été revu à la hausse. Cette année, 7h d'eau ont été apporté avant le bâchage soit près de 65% de la réserve utile.

Relevés de températures pendant la solarisation 2014 :

Evolution des T° du sol



Le contrôle des températures montre une augmentation rapide au cours des premiers jours de solarisation. Les températures atteignent rapidement 35°C à 25 cm mais ne dépassent 40°C qu'en surface. A partir du 15 août, le climat a été moins chaud.



Le cumul des heures supérieures à 40°C atteint environ 200h à 10 cm, ce qui est correct sur la période de fin d'été. Ces résultats sont proches de ceux obtenus en 2012.

Au vu de ces résultats, on peut supposer que la solarisation a eu un effet sur les pathogènes du sol, et les adventices en surface. Concernant les nématodes et les pathogène situés plus en profondeur, son efficacité a sûrement été insuffisante.

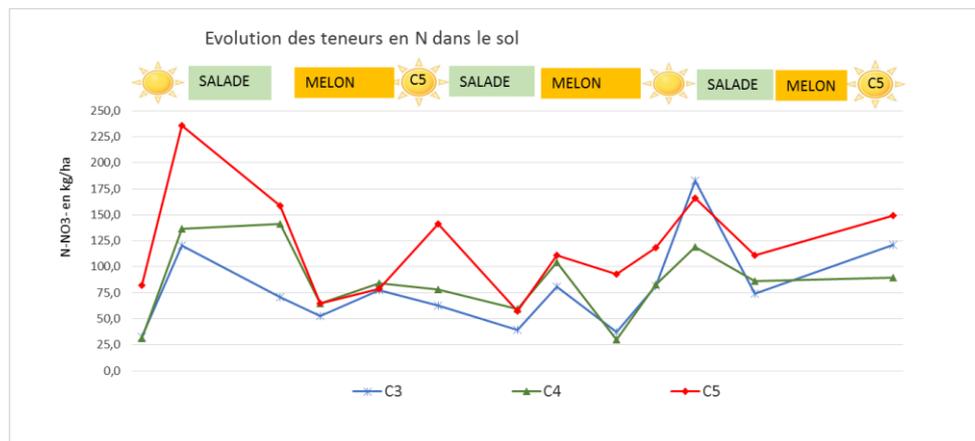
Adventices : Contrairement à l'an dernier, aucune adventice ne s'est développée sous le paillage de solarisation, témoignant d'une bonne efficacité en surface.

## 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 (1.8 %). 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.



Solarisation

Figure 2 : Evolution des teneurs en azote du sol dans les 3 systèmes de culture étudiés

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 avant la culture de salade. Toutefois, on peut remarquer que le gain d'azote nitrique apporté par la solarisation varie de 0 à plus de 100 unités. Les cultures bénéficient globalement d'un niveau d'azote confortable supérieur à 50 unités disponibles.

Les réserves en potasse disponibles avant les cultures sont faibles et se situent autour de 100 unités. En phosphore, elles sont stables et proches de 10 unités avant chaque culture. Par contre, le sol est très bien pourvu en magnésie avec environ 300 unités. Les niveaux de ces éléments sont globalement identiques entre les 3 systèmes et stables dans le temps.

### 5.2.2 Salade 2014-2015

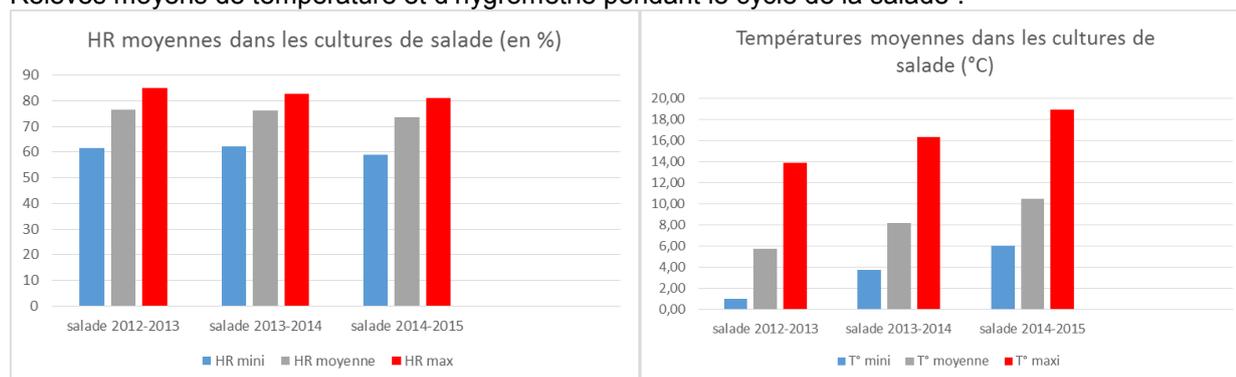
- Conditions climatiques

Les relevés climatiques figurent en annexe 1.

Les conditions climatiques de l'hiver ont été particulièrement risquées pour le développement de maladies fongiques comme le botrytis. Le climat hivernal a été exceptionnellement doux cette année. Aucune gelée n'a été observée sur le cycle cultural. Pendant toute la saison, les maximales atteignent souvent 20°C, voire 25°C même en janvier en fin de cycle. En moyenne, on observe 4°C de plus qu'en 2012-2013 et 2°C de plus qu'en 2013-2014 pour des créneaux de plantation identiques.

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

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



#### - Développement de la culture



La chapelle C5 est plantée 1 semaine avant les chapelles C3 et C4. Les variétés de batavia sont différentes. La reprise des salades est bien homogène, il ne semble pas y avoir d'impact précoce des nématodes contrairement à l'an dernier. Les salades bénéficient de conditions climatiques favorables à une croissance rapide (température moyenne °C), ce qui est pénalisant pour leur sensibilité vis-à-vis des champignons (tissus fragiles) mais moins vis-à-vis des nématodes.

Photo : Chapelle C4 vu du Nord le 25/11/14

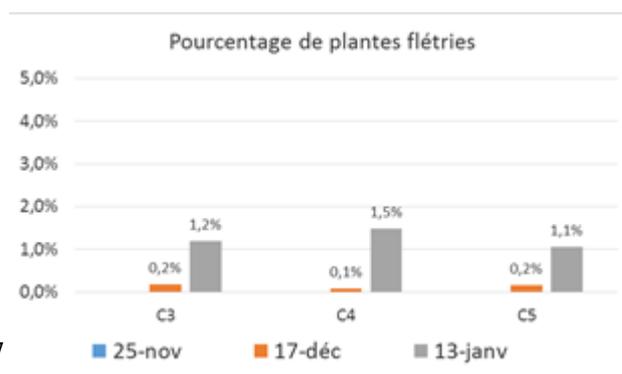
#### - Protection sanitaire :

Le traitement contre les noctuelles est effectué tardivement, le 24 novembre, après détection de quelques attaques dans les chapelles voisines. Des pucerons sont visibles sur la culture en paroi Sud de la serre mais de façon très ponctuelle et seulement à la récolte. Deux traitements préventifs ont été positionnés les 24 novembre et 11 décembre. La culture n'a pas été endommagée par ce ravageur.

La protection contre le *Bremia* a été effectuée avec 3 fongicides (10 et 24/11 puis 11/12) et il n'y a pas eu présence de cette maladie.

Le Botrytis a été traité 3 fois, sauf dans C5 qui n'a pas reçu le dernier traitement au vu du délai avant récolte insuffisant. Les conditions climatiques à risque et l'insuffisance des biostimulants essayés l'an dernier ont poussé le producteur à protéger la culture de façon préventive. Dans C3 et C4, le Prestop a été essayé en traitement du sol avant plantation de la même façon que le Contans. Les premiers cas de pourriture sont observés le 17/12 sur quelques salades dans les 3 chapelles. A la récolte, les pertes liées aux pourritures ne sont pas importantes.

La notation des salades flétries, touchées par des attaques fongiques (botrytis, rhizoctone, sclérotiniose) ne met pas en évidence de problème



particulier jusqu'au 13 janvier où environ 1% des salades sont touchées. Ces 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.

On constate en janvier des dégâts directs de rongeur assez graves localement dans la chapelle C3 au Sud (photos). Ils représentent 1.6% des salades dans C3 et 0.5% dans C4.

Du bordage est constaté sur la chapelle C5 (variété Funsong), expliqué par des salades fragiles qui ont poussé vite et un marché peu dynamique en fin de cycle.

Cette année, le big vein n'a pas été observé du fait sans doute de la solarisation au cours de l'été.

Illustration des problématiques sanitaires observées sur salade au cours de la culture 2014-2015 :



### 5.2.3 Melon 2015

#### - Conditions climatiques

Les relevés climatiques figurent en annexe 1. Avec une plantation plus précoce de 3 semaines environ par rapport à l'année dernière, les températures en début de culture sont plus fraîches. On note des températures inférieures à 10°C pendant le 1<sup>er</sup> mois de culture. Ensuite, le réchauffement est progressif et les chaleurs sont importantes dès le mois de mai. Les températures moyennes se situent autour de 25°C en mai-juin avec de nombreux épisodes à 40°C en journée, ce qui est très chaud.

#### - Développement de la culture

Avec une plantation précoce, les cultures se développent plus lentement. Un mois après plantation, les plantes sont au stade 4-5 feuilles, le pied est nettoyé, la protection P17 est retirée. Le stade 12 feuilles est atteint la 1<sup>ère</sup> semaine d'avril. Des contrôles de sucres pétiolaires début avril permettent de conforter l'idée que les plantes sont en confort azoté d'après la grille PILazo®. Aucune fertilisation n'est apportée.

Par contre fin avril, avec une baisse d'azote dans les plantes (3000 ppm d'azote en moyenne dans les 3 chapelles), deux apports de nitrate de magnésium et de nitrate de potasse sont effectués sur 2 semaines.



C3 vu du Sud le 23/04/15 : 3 lignes de melon

C4 vu du Sud, le 23/04/15 : 2 lignes de melon, poivron et courgette au centre

C5 vu du Sud le 23/04/15 : 2 lignes de melon, 1 ligne de courgette au centre

Les chapelles C3 et C4 ont reçu un biostimulant TAPIS VERS agissant 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 oligo-éléments et des extraits d'algue. L'application a été réalisée par goutte-à-goutte, de façon précoce pour constituer une protection des jeunes racines en émergence, puis renouvelée 1 fois par mois selon le planning ci-dessous.

TAPIS VERS (C3-C4)	Semaine	Dose pour les 2 chapelles	Equivalent /ha	Remarques
23/02	9	0.5 L	7 L/ha	Dose réduite car risque de phytotoxicité sur jeunes plants et peu d'activité des Meloidogynes dans le sol (T°=10°C). Pour une meilleure localisation du produit, les goutteurs sont déplacés au pied des melons puis retirés sur le côté.
23/03	13	1 L	14 L/ha	T°sol =15°C. GAG écarté
20/04	17	1.5 L	21 L/ha	
18/05	21	1.5 L	21 L/ha	
TOTAL			63 L/ha	= 1260 €

La chapelle C5 a reçu également un biostimulant KENDAL NEM agissant à la fois sur l'inoculum tellurique en bloquant leur attaque sur les racines, et sur les plantes en stimulant les défenses endogènes et en activant la synthèse de nouvelles racines.

KENDAL Nem (C5)	Semaine	Dose pour les 2 chapelles	Equivalent /ha	Remarques
10/03	11	1.4 L	20 L/ha	GAG écarté
23/03	13	0.350 L	5 L/ha	
30/03	14	0.350 L	5 L/ha	
7/04	15	0.350 L	5 L/ha	Stade 12 feuilles
Toutes les semaines	*7	0.350 L	5 L/ha	
TOTAL			70 L/ha	11 applications en tout

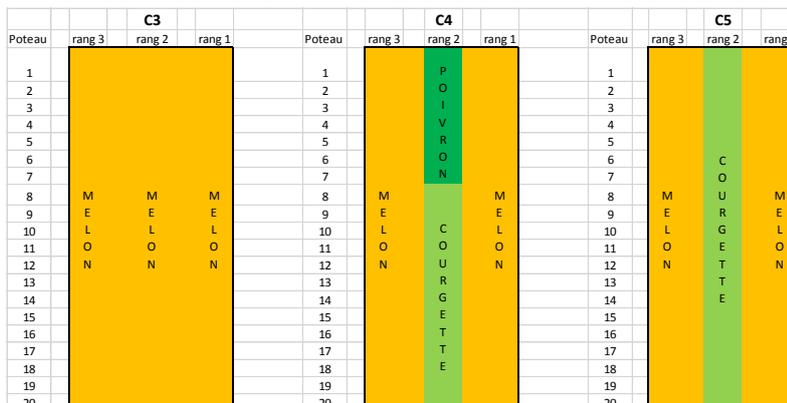


Fin mai, on constate un développement végétatif plus important dans C3 et C4. Les plantes sont plus vertes.

Chapelle C5 à gauche / C4 à droite vu du Sud le 26/05/15, début récolte

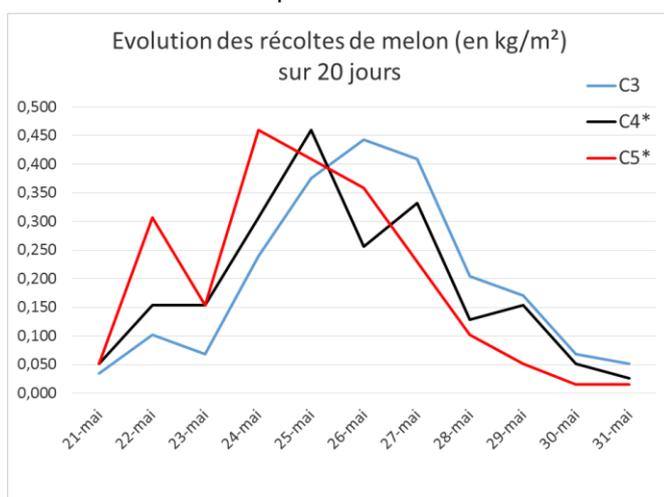
Remarques :

Pour ses besoins de commercialisation (marchés), le producteur a intégré dans ses productions des cultures autres que le melon. Sur la parcelle d'essai, les lignes centrales des systèmes C4 et C5 ne sont donc pas plantées avec du melon mais de la courgette et du poivron selon le schéma ci-dessous :



Cette donnée sera à prendre en compte dans les évaluations des systèmes.

Les rendements sont représentés ci-dessous :



	Rendement commercial au 26/06/15
C3	2.20 kg/m²
C4*	2.07 kg/m²
C5*	2.15 kg/m²

\*un calcul a été ajusté pour ces 2 chapelles afin de tenir compte des cultures autres que le melon sur la rangée centrale.

Figure 3 : Rendement des cultures de melon réalisées en 2015 sur les 3 systèmes étudiés

On observe encore cette année une évolution similaire des récoltes dans les 3 chapelles. Les pics de production sont décalés d'un jour dans mais les rendements finaux sont comparables.

- Protection sanitaire :



Cette année, l'oïdium n'a pas posé de problème. Deux traitements préventifs avec un biostimulant ALGO OM à base d'extraits de plantes ont été appliqués début mai ainsi qu'un traitement chimique fin mai.

Des foyers de pucerons sont identifiés dès le 8 avril. Des applications d'engrais foliaires avec extraits de plantes de la société Protecta, Lepidex 2 sont réalisés avant tout traitement insecticide. Des auxiliaires arrivent très tôt sur les foyers également : larves d'Aphidoletes, parasitisme d'Aphidius mais ne se maintiennent pas avec l'application de Lepidex. Le contrôle est satisfaisant pendant 2 mois mais nécessite une application d'insecticide fin mai avant les récoltes.

## 5.3 Etat sanitaire du sol

### 5.3.1 Cartographie des indices de galle

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 :

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

Figure 4 : Cartographie des indices de galle sur les racines de salade, effectuée le 21 janvier 2015

Sur la salade, près de 60 à 80 % des plantes observées présentent des galles avec des indices de galle racinaires (IGR) variant de 0 à 5. L'impact sur la production est peu visible et confirme un effet globalement satisfaisant de la solarisation, sur la production, dans les 3 systèmes. Les parcelles C4 et C5 présentent quelques plantes avec des IGR supérieurs à 3 contrairement à C3. Dans toutes les parcelles, les lignes de bordure sont les plus touchées.

Sur melon :

En 2015, les lignes centrales correspondent à des courgettes (C5) et courgettes/poivron (C4). Ces deux espèces sont également sensibles aux nématodes mais la pression étant plus faible dans les rangs centraux, les racines ne présentaient pas de galles à l'arrachage.

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

Figure 5 : Cartographie des indices de galle sur les racines de melon, effectuée le 26 Juin 2015

Sur la culture de melon, 55 à 65 % des plantes observées présentent des galles sur les racines avec des IGR de 1 à 9. On retrouve toujours, dans les 3 chapelles, les deux rangs de bordure majoritairement touchés. Pendant la culture, le développement est resté homogène et peu de pertes de plantes liées aux nématodes sont à déplorer. On constate une différence visible de végétation entre les chapelles C3-C4 et C5, sans doute lié à l'application des biostimulants. Mais le diagnostic racinaire en fin de culture de melon ne met pas en évidence de différence entre les 3 parcelles. Les IGR moyens sont équivalents de 1.45 à 1.7, ce qui est très réduit par rapport à 2014.

Les applications de TAPIS VERS dans C3 et C4 ont permis un bon développement des plantes mais l'effet sur les racines n'est pas démontré, comme sur le rendement. L'application de KENDAL NEM dans C5 n'a pas été valorisée par les plantes et n'a pas montré d'effet sur le développement des nématodes.

### 5.3.2 Evolution des nématodes :

On cherche à évaluer l'évolution sur 3 ans, de la pression des nématodes sur les cultures, en considérant d'une part l'évolution du nombre de plantes attaquées et de 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 8 à 10 montrent l'indice de galle moyen ainsi que la répartition des dégâts en fonction des grandes classes d'IGR pour chaque système.

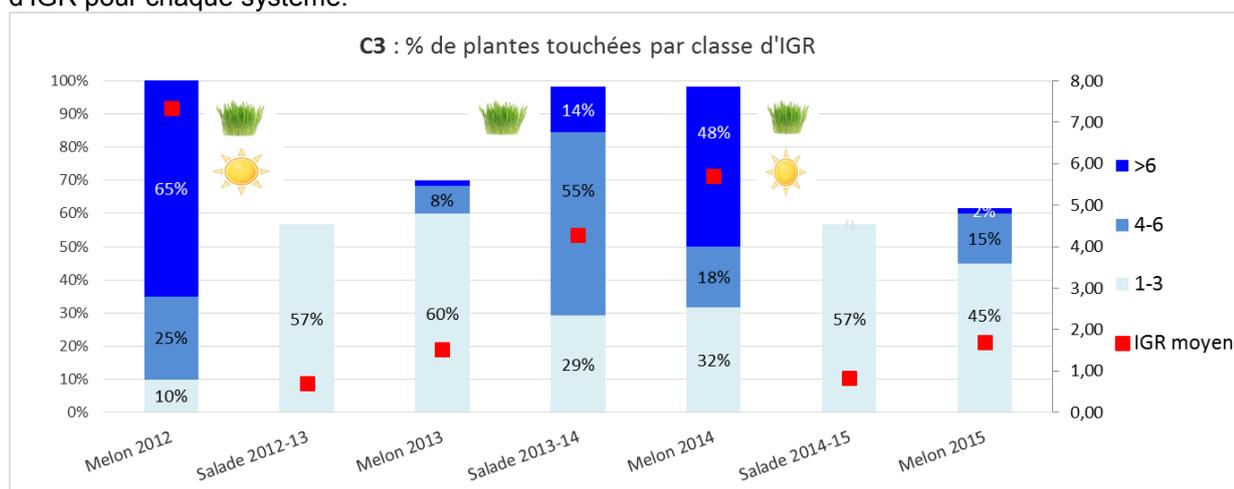


Figure 8 : Indices de galles moyens et répartition des plantes touchées par classe d'IGR dans le système C3

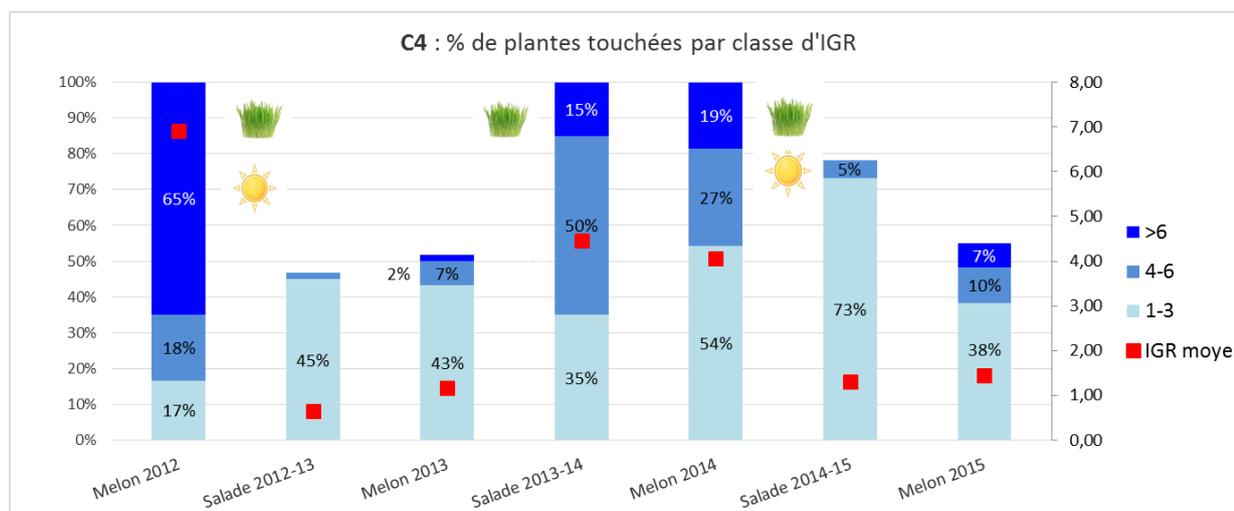


Figure 9 : Indices de galles moyens et répartition des plantes touchées par classe d'IGR dans le système C4

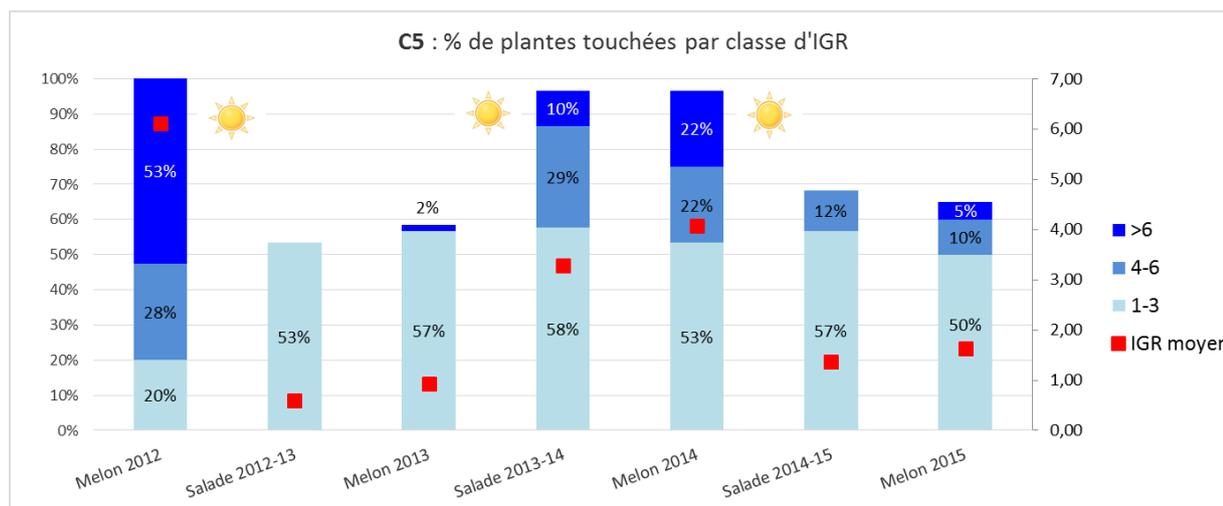


Figure 10 : Indices de galles moyens et répartition des plantes touchées par classe d'IGR dans le système C5



Engrais vert



Solarisation

#### Sur melon :

L'IGR de départ est très élevé dans les 3 tunnels (>6). On constate une forte réduction des IGR entre 2012 et 2013 dans les 3 systèmes suite à la solarisation effectuée en 2012, après la culture de melon. L'ajout d'engrais vert après la solarisation dans les systèmes C3 (IGR = 1.5) et C4 (IGR = 1.17) ne permet de réduire davantage l'IGR par rapport à la solarisation seule effectuée dans C5 (IGR = 0.92). En 2014, les IGR augmentent de nouveau fortement quelle que soit la modalité. Cette forte augmentation s'explique pour le système C5 par une solarisation peu efficace. Dans le cas des systèmes C4 et C5, l'impasse de la solarisation explique également ce résultat. Dans ces deux modalités, l'augmentation des attaques de nématodes met aussi en évidence l'absence d'effet des engrais verts dans le contrôle des bioagresseurs. En 2015, on retrouve une situation comparable à 2013 avec moins de plantes touchées et un IGR plus faible pour les 3 systèmes. Les intercultures réalisées en 2014 : solarisation seule (C5) ou engrais vert + solarisation (C3-C4) ont eu une bonne efficacité sur la réduction des nématodes, qui confirment les observations de 2013. Par contre, les observations racinaires ne mettent pas en évidence d'effet des applications de biostimulants ou produits de biocontrôle pendant la culture de melon en 2014 (Flocter) et 2015 (Tapis vers, Kendal Nem).

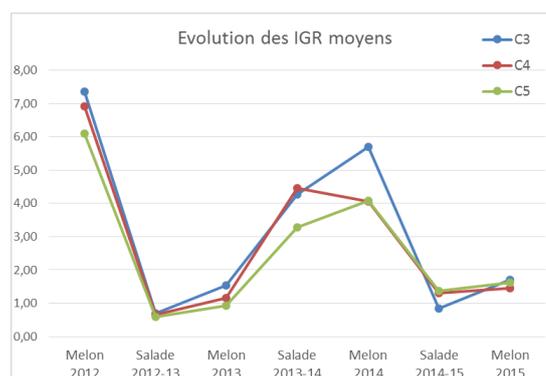
En 2015, les niveaux d'IGR mesurés sont inférieurs d'environ 5 points par rapport à la situation initiale, ce qui est encourageant. Cette réduction reste malgré tout insuffisante à ces niveaux élevés d'attaque. La modalité C3 est toujours la plus touchée depuis le début du suivi.

#### Sur salade

En hiver, les nématodes sont moins actifs et les IGR sont plus modérés que sur melon. Une solarisation efficace, combinée ou non avec des engrais verts permet une bonne réduction des attaques de nématodes (2012-2014) : les IGR moyens sont inférieurs à 1 et seulement la moitié des plantes sont touchées. Par contre, une solarisation peu efficace ou un engrais vert seul (2013) n'empêche pas la multiplication des nématodes sur les salades qui ont exprimé sur la saison 2013-2014 des IGR moyens de 4.

#### Comparaison des systèmes :

L'évolution des IGR moyens est comparable dans les 3 systèmes. Si la parcelle C3 paraît la plus contaminée depuis le début du suivi, il semble que l'interculture 2014 ait eu un effet plus important sur les nématodes que dans les autres systèmes. En 2015, les IGR moyens ne dépassent pas 2, quels que soient la culture et le système considérés.

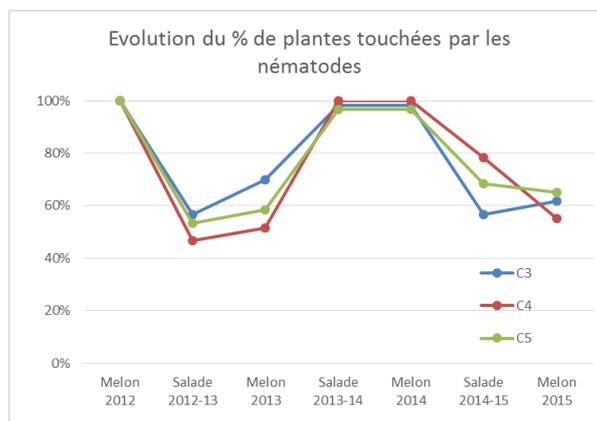


➤ Evolution du pourcentage de plantes touchées :

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. On observe une évolution assez similaire de la répartition des dégâts, dans les 3 systèmes, entre 2012 et 2015. On se rend compte que même si les techniques utilisées n'empêchent pas les attaques de nématodes, la réduction des plantes contaminées est significative, notamment pour les classes d'IGR>3.

Comparaison des systèmes :

Les 3 systèmes présentent globalement la même évolution. Les solarisations efficaces, avec ou sans engrais vert, permettent une bonne réduction des attaques dans les cultures sensibles mais cette réduction n'est pas durable si la solarisation est moins efficace (2013). En 2015, le pourcentage d'attaque baisse significativement pour les 3 systèmes. Le niveau d'attaque des nématodes dans la parcelle C3 paraît moindre en comparaison des deux autres systèmes et du niveau de contamination initial. Sur salade, on constate aussi que la parcelle C4 présente plus de plantes touchées, ce qui peut être mis en rapport avec un développement des nématodes sur le pourpier dominant dans cette parcelle.



➤ 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 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). Le dénombrement particulièrement élevé en juin 2014 reste surprenant et tient sans doute à un prélèvement dans une zone fortement contaminée. En 2015, la parcelle C5 présente le plus de jeunes larves de nématodes après le melon.

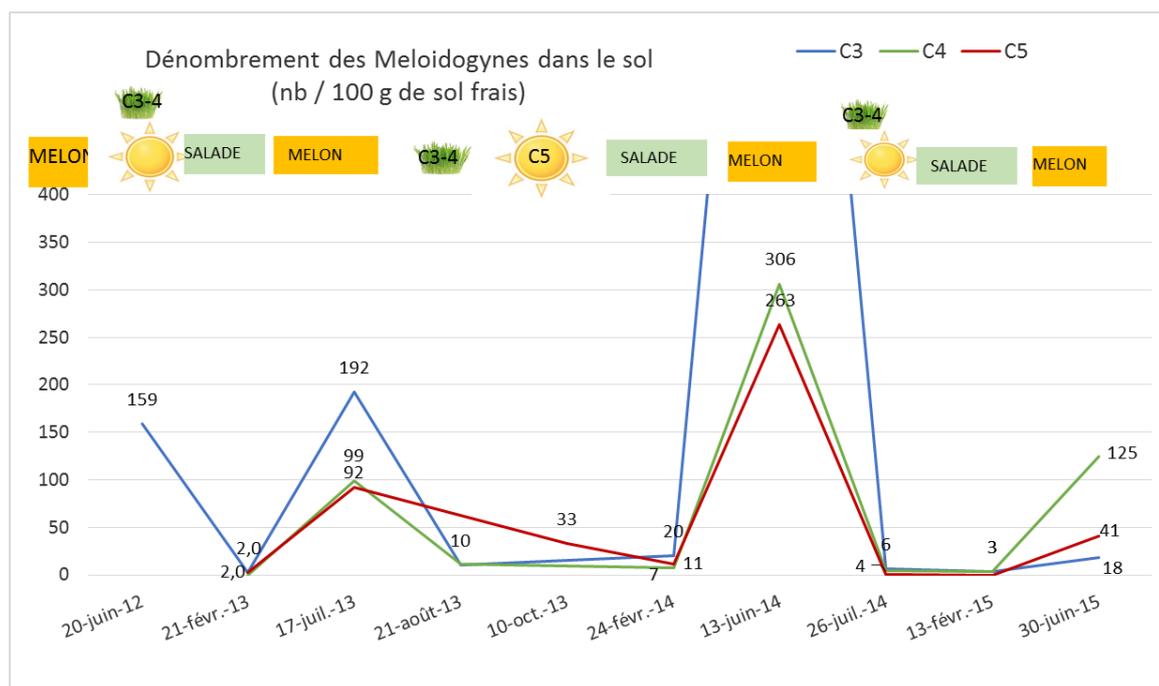
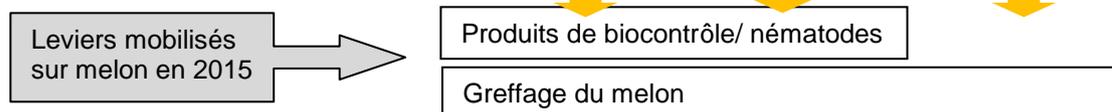


Figure 10 : Dénombrement des populations de nématodes *Meloidogyne* dans le sol (laboratoire ELISOL)

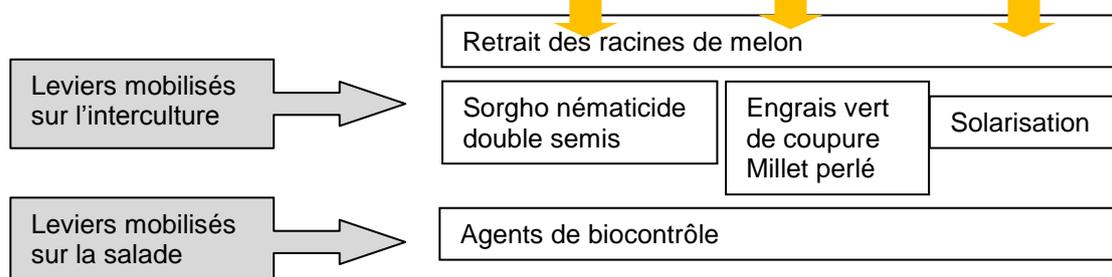
## 5.4 Règles de décision

Règles de décision utilisées sur la saison 2015

Salade 2014-2015	C3	C4	C5
Présence de plantes très touchées (IGR>6)	Non	Non	Non
% de plantes touchées	57 %	78 %	68 %
Evolution de l'IGR moyen / laitue 2013-2014	↘	↘	↘



Melon 2015	C3	C4	C5
Présence de plantes très touchées (IGR>6)	Oui	Oui	Oui
% de plantes touchées	62 %	55 %	65 %
Evolution de l'IGR moyen /melon 2014	↘	↘	↘



## 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

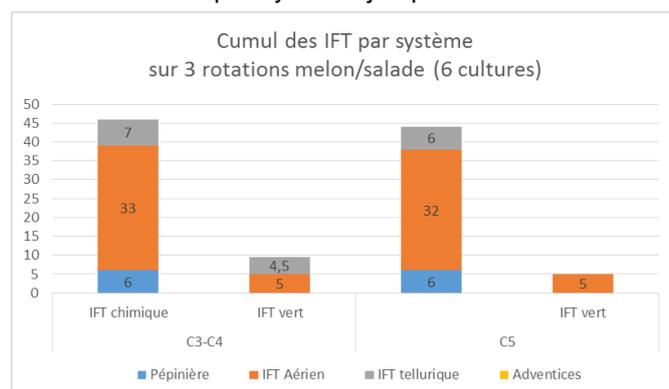
- en salade : les traitements contre le *Botrytis*, *Sclerotinia*, *Rhizoctonia*, noctuelles terricoles, nématodes
- en melon : les nématodes

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 2015 sont présentés ci-dessous :

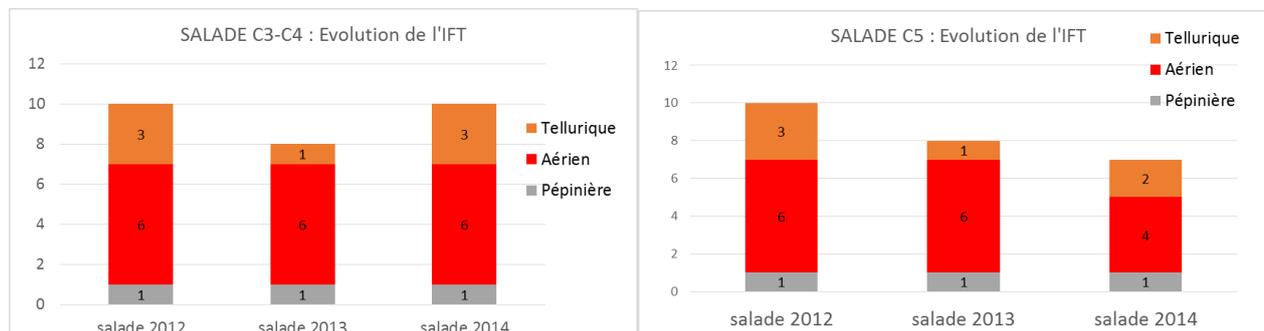


Les 3 systèmes étudiés se différencient peu sur les IFT dans la mesure où les rotations culturales sont identiques. L'essentiel des traitements concerne la protection contre les bioagresseurs aériens. La part plus importante d'IFT vert dans les systèmes C3-C4 avec l'application de produits de biocontrôle,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

plus haut niveau de risque vis-à-vis des pathogènes telluriques.

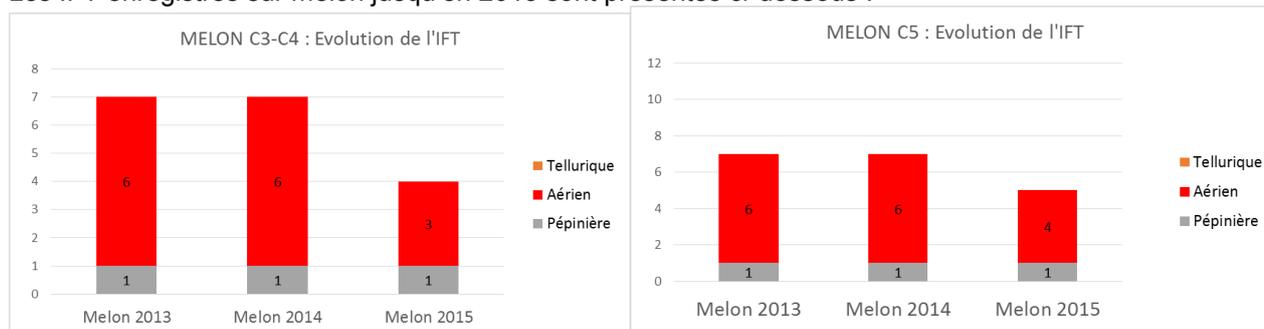
### Comparaison des IFT chimiques

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



Avec des conditions climatiques risquées, 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. Les traitements alternatifs (Contans, Prestop) contre les champignons du sol ont été introduits depuis 2014 dans C3 et C4.

Les IFT enregistrés sur melon jusqu'en 2015 sont présentés ci-dessous :



Pour le melon, il n'y a aucune application de traitement chimique contre les ravageurs et maladies telluriques.

## 6. CONCLUSION

### Efficacité des pratiques

Les intercultures effectuées en 2014 ont permis de réduire les attaques de nématodes observées en 2013. La solarisation seule (C5) ou associée à des engrais verts (sorgho en C3 et mélange chlorofiltre en C4) a joué son rôle de coupure dans le développement des populations de nématodes et les parcelles montrent une baisse de contamination que ce soit en salade ou en melon, en 2015. Les effectifs de plantes contaminées passent de 100% à 60% environ, avec des niveaux de contamination beaucoup plus faibles (IGR autour de 1.5). Les cultures de salade n'ont pas été pénalisées par les attaques de nématodes et les melons ont été très peu affectés.

Si on compare les résultats racinaires de 2015 avec ceux de 2013 faisant suite à des pratiques d'interculture identiques, l'application de biostimulants sur melon (TAPIS VERS dans C3-C4 et KENDAL NEM dans C5) réalisée en 2015 n'a pas apporté un gain d'efficacité dans la lutte contre les nématodes. Le rendement n'est pas non plus amélioré même si les plantes ont marqué une végétation plus verte et vigoureuse avec TAPIS VERS. On note toutefois un dénombrement des larves de nématodes dans le sol plus faible qu'en 2013.

Au vu de ces résultats, la solarisation est maintenue seulement dans C5. Pour C3 et C4, la solarisation n'est pas nécessaire et le travail de coupure se fera avec les engrais verts, puis entretenu avec des agents de biocontrôle sur salade et melon en 2016.

Efficacité à moyen et long terme des pratiques

**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 pour l'instant les mêmes résultats que la solarisation seule sur la réduction des nématodes. Le système C3 avec sorgho « nématocide » le plus contaminé jusqu'en 2014 semble évoluer positivement sur les indicateurs de contamination par les nématodes. Le système C4 avec diversification des engrais verts rencontre des difficultés de développement d'espèces moins rustiques que le sorgho.

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 mais son rôle dans la réduction des bioagresseurs telluriques reste encore à démontrer. 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.

Renseignements complémentaires auprès de :  
C. GOILLON, APREL, 13210 St-Rémy-de-Pce, tél 04 90 92 39 47, goillon@aprel.fr

Action A872

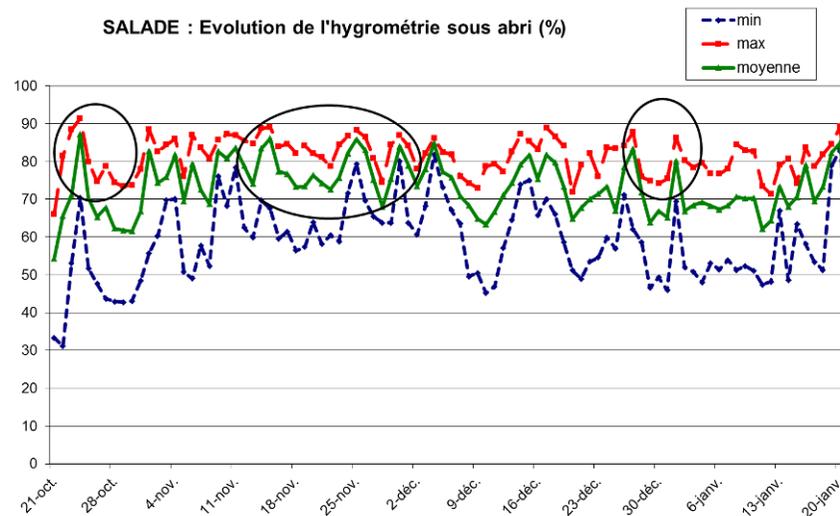
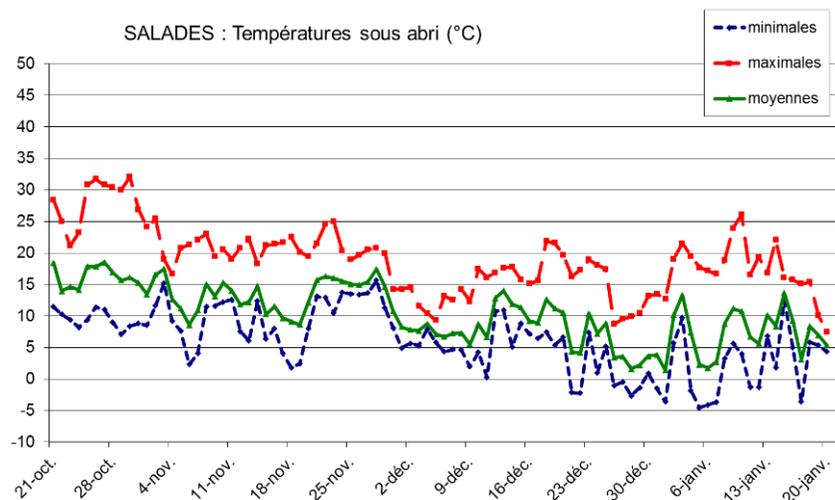


Projet labellisé PIClégi



**ANNEXE 1 : Relevés climatique sous abri**

Culture de laitue : du 21 octobre 2014 au 21 janvier 2015



Melon et engrais verts : du 20 février au 15 septembre 2015

