



Gestion Durable des Bioagresseurs Telluriques

GEDUBAT

2014



Claire GOILLON, APREL.

Essai rattaché à l'action n° 04.2009.01 : Maîtrise des bioagresseurs telluriques par la gestion des systèmes de culture

Compte rendu des observations réalisées dans le cadre de la deuxième année du projet DEPHY EXPE ECOPHYTO « 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 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 d'agents biologiques.

3 – Facteurs et modalités étudiés

En 2012, la solarisation et l'utilisation de sorghos nématicides ont été essayés. En 2013, ces techniques ont été renouvelées sur l'interculture avec des variantes selon les 3 systèmes étudiés (cf. protocole expérimental, 4.3). Un agent biologique a également été testé sur culture de melon. En 2014, une solarisation dans tous les systèmes a été nécessaire au vu des résultats de 2013.

4 – Matériel et méthodes

4.1 Parcelle

Lieu : Cheval blanc (84)

Abri : Serre verre de 4500 m² 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)

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.
- **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 m² (0.5 x 0.5) puis lors de la mesure de biomasse.
 - Biomasse fraîche : mesure de la matière fraîche produite sur 3 ou 4 placettes de 0.5 m² (1x0.5) juste avant le broyage. Seules les parties aériennes sont prises en compte.
 - 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, une estimation des salades non récoltées permet d'extrapoler 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 m² (6.40m x 55m) dans la serre. Chaque chapelle représentant 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 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
Système et contraintes	Melon - salade		
Pathogènes / Ravageurs	Nématodes Champignons telluriques sur salade		
Augmenter l'activité biologique du sol	Biofumigation avec sorgho nématocide	Engrais verts diversifiés	
Freiner le développement de l'inoculum tellurique	Retrait des racines Agents de biocontrôle Solarisation si besoin	Retrait des racines Agent de biocontrôle Solarisation si besoin	Retrait des racines Solarisation chaque année
Stimuler le développement de la plante cultivée	Greffage SDP	Greffage SDP	Greffage
Prise de risque	risqué	risqué	sécurisante

4.4 Successions culturales

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

Figure 1 : Représentation des systèmes étudiés de 2012 à 2014 (EV = Engrais Vert)

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	26/07/13 à la volée Griffon léger pour enfouir les graines		-
	Variété	Sorgho fourrager N°270911 (Cerexagri)	Radis fourrager variété Contra	
	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	Broyeur à marteaux le 23/08/13 Rotavator et sous soleuse		-
	Durée de culture	28 jours	28 jours	-
SOLARISATION	Préparation du sol	-		Sous soleuse
	Plein en eau	-		3.5 h (35 mm)
	Type de plastique	-		Non microperforé Spécial solarisation
	Date de pose	-		1/08/13
	Retrait du plastique	-		10/10/13
	Durée de solarisation	-		70 jours
SALADE	Fumure de fond	Amendement organique : Humiflor Biomazor (3T/ha) Engrais complet 4-6-10 (2.5 T/ha)		
	Plantation de salades	25/10/13		18/10/13
	Variété	Feuille de chêne blonde KIBER (RZ)		Batavia FUNSONG (SG) + Laitue ARMONICA (RZ)
	Récolte des salades	24 février		10 février

	Chapelle	C3	C4	C5
	Modalités	Sorgho nématocide	Engrais vert diversifié	Solarisation
MELON	Date de plantation	16/03/13		
	Densité	1 plant/m ² 3 rangs simples par chapelle avec espacement de 0.5 m entre plants		
	Variété	Hugo greffé, pépiniériste Centroseia		
	Fumure de fond	Amendement organique Humiflor Biomazor (3 T/ha) Engrais organo-minéral 4-6-10 (1.5 T/ha)		
	Fertilisation en culture	Aucune		
	Début récolte	24/05/14		
	Fin de récolte	13/06/14		

5. Résultats

5.1 Suivi des intercultures

➤ Engrais verts

Les semis ont été réalisés dans les chapelles C3 (sorgho fourrager) et C4 (radis fourrager) le 26/07/13 (voir tableau 2).

- Conditions climatiques

Les relevés climatiques figurent dans l'annexe 1.

Les engrais verts ont eu des conditions particulièrement chaudes sous abri en août. Les températures maximales atteignent plus de 35°C. Le sol se maintient en moyenne à 25 °C et les hygrométries entre 60 et 80 %.

- Développement des engrais verts



Photo 1 : Interculture 2013. C3 = sorgho ;
C4 = radis fourrager ; C5 = solarisation



Photo 2 : Radis fourrager (C4) envahi par
les adventices

Le radis fourrager a été mis en place pour créer de la diversité sur l'interculture avec des espèces résistantes aux nématodes. Il s'est très mal développé dans C4 : mauvaise germination, croissance faible et adventices prédominantes (melon, pourpier, amarante). A cela plusieurs raisons : des exigences en eau plus importantes que le sorgho et la proximité avec la chapelle solarisée C5 créant une chaleur particulièrement forte aux abords. Au vu de ce résultat, il n'y a pas eu de mesures réalisées sur cet engrais vert qui est détruit en même temps que le sorgho, 28 jours après semis.

Le sorgho nématocide 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 28 jours après semis, au stade 9 feuilles. Il atteignait une hauteur de 80 cm. Les étapes de broyage et d'enfouissement ont été les plus rapprochées possibles pour essayer d'obtenir l'effet de biofumigation attendu.

Au 20/08, le contrôle sur 3 placettes de 0.5 m² (0.5 x 1 m) donne :

- Une densité de levée de 82% en moyenne
- Une matière fraîche produite de 19.2 T/ha
- Une estimation de la matière sèche de 15% soit 2.9 T/ha

L'analyse de dhurrine au laboratoire VEGEPOLYS donne pour cet échantillon une teneur de 7.23 mg/g de matière sèche soit un potentiel d'apport au sol de 2.08 g/m² après incorporation compte tenu de la biomasse produite. Ces résultats sont du même ordre de grandeur qu'en 2012 pour la même variété de sorgho et des conditions de culture similaires.

- Adventices et observations sanitaires :

Le sorgho a bien contrôlé les adventices. Dans certaines zones moins denses, on a pu constater la présence de pourpier et des repousses de melon. Aucune maladie et ravageur ont été observés. Par contre, le radis fourrager a laissé les adventices se développer dans la parcelle de façon importante du fait de son mauvais développement.

➤ **Solarisation**

La solarisation a été mise en place tardivement le 1^{er} août et prolongé jusqu'au 10 octobre juste avant les salades (voir tableau 2). La durée effective est de 70 jours.

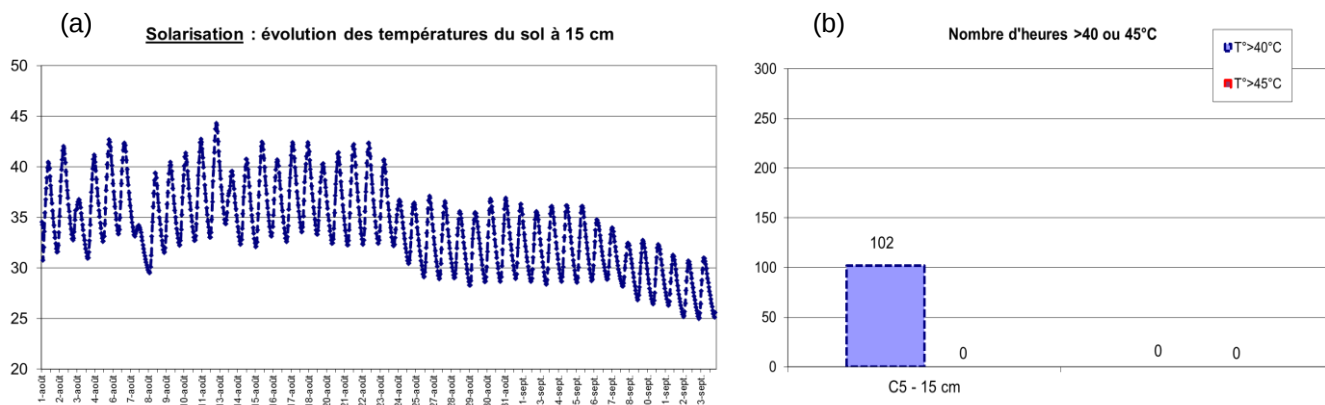


Figure 2 : Relevés de températures (a) et cumul à 15cm de profondeur (b) pendant la solarisation réalisée en 2013

Le contrôle des températures n'a pu se faire qu'à 15 cm de profondeur au lieu de 10 et 25 cm. Mais le résultat montre qu'à cette profondeur, les températures n'ont pas réussi à monter au-dessus de 45°C. Le cumul des heures supérieures à 40°C n'atteint qu'une centaine d'heures, ce qui est très faible comparativement à l'an dernier.

Au vu de ces résultats, on peut supposer que la solarisation a été peu efficace sur les pathogènes du sol, et en particulier les nématodes. Cela est dû essentiellement à un mois d'août 2013 au climat peu favorable à la solarisation, ce qui est un risque avec la mise en place tardive. Par ailleurs, l'apport d'eau effectué avant solarisation a été réduit de moitié par rapport à l'an dernier. Afin de faciliter la pose du plastique, le producteur a choisi de moins arroser : il a apporté l'équivalent de 35 mm d'eau (3.5 heures d'aspersion) sur un sol dont la réserve utile est de 110 mm sur 50 cm de profondeur (type limon argilo-sableux).

Adventices : A plusieurs endroits, du pourpier est observé sous le paillage de solarisation, témoignant de la moindre efficacité.



Photo 3 : Pourpier développé sous la bâche de 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 (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 N et P sont représentés sur les graphiques ci-dessous en tenant compte de l'évolution depuis le début du suivi de la parcelle.

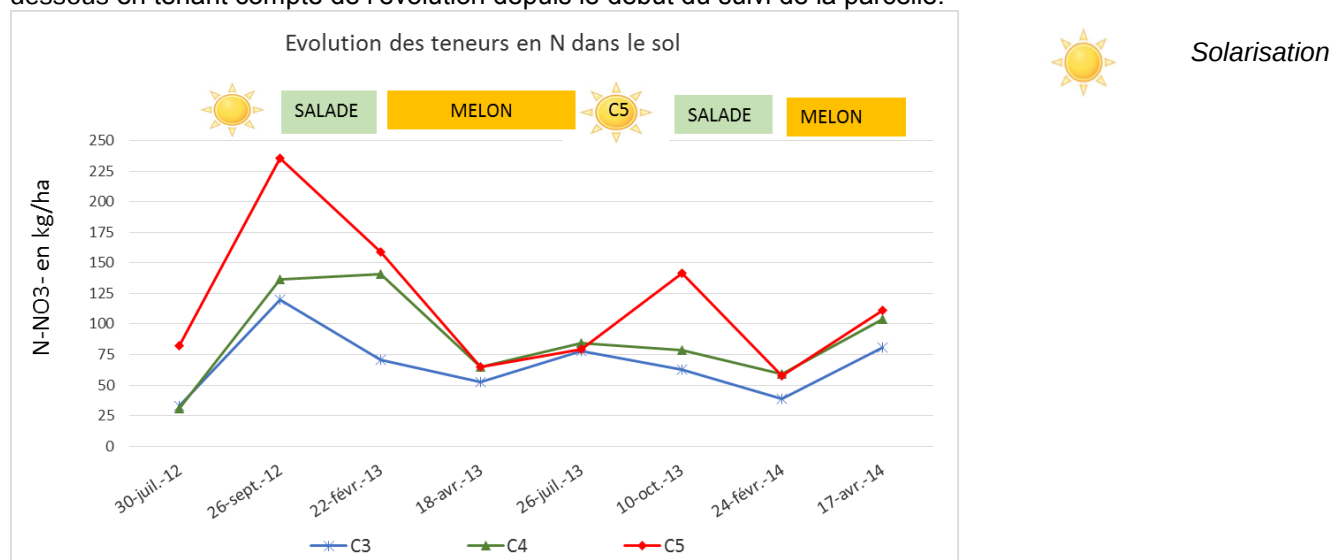


Figure 3 : Evolution des teneurs en azote du sol dans les 3 systèmes de culture étudiés

L'évolution de l'azote dans le sol (fig. 3) montre surtout l'effet des solarisations successives dans le système C5 qui augmentent les teneurs avant la salade grâce à une minéralisation accélérée. Selon les années, on peut toutefois remarquer que le gain d'azote nitrique apporté par la solarisation varie de 0 à plus de 100 unités. Dans C3 et C4, les teneurs sont toujours plus basses du fait des prélèvements liés à la culture d'engrais vert. 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 2013-2014

- Conditions climatiques

Les relevés climatiques figurent en annexe 1. Le climat hivernal a été relativement doux cette année. Seul un épisode de froid est à signaler en décembre avec quelques gelées dans les serres le matin (-5°C). Pendant toute la saison, les maximales atteignent 15-20°C, voire 25°C en février au moment de la récolte. Trois épisodes avec de fortes hygrométries sont à noter au cours de la culture, notamment mi-décembre et début février, qui ont pu créer des conditions favorables au développement de maladies comme le *Botrytis*. Le sol se trouve à 15°C au moment de la plantation et ne descend guère en dessous de 10°C, ce qui permet aux nématodes de se maintenir.

- Développement de la culture

Rapidement après la plantation, des zones d'hétérogénéité sont visibles dans presque toutes les chapelles. Les nématodes sont présents sur les racines dès le début de la culture et se sont développés.

A la récolte, la culture a été fortement pénalisée cette année du fait de l'hétérogénéité de croissance et des attaques de *Botrytis*.

- Protection sanitaire :

Un traitement contre noctuelles est effectué en début de culture le 7 novembre.



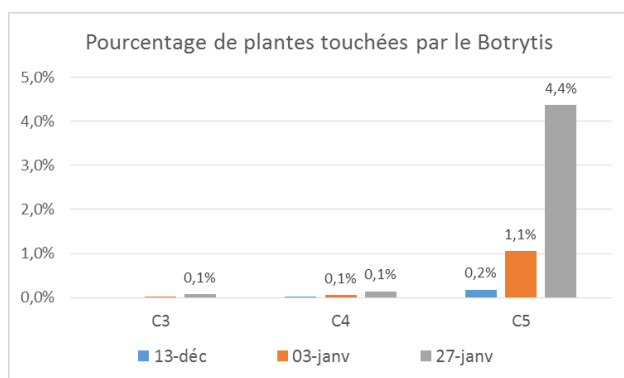
Photo 4 : Culture de salade le 29/11/13 (C5 Sud)

Des pucerons sont visibles sur la culture en paroi Sud de la serre à partir du 13 Novembre, au stade 10 feuilles. Deux traitements sont positionnés les 19 novembre et 12 décembre. La culture n'a pas été endommagée par ce ravageur.

La protection contre *Bremia* a été effectuée avec 3 fongicides (7 et 19/11 puis 12/12) et il n'y a pas eu de présence de cette maladie.

Du big vein a été observé sur les feuilles de chêne dans la partie Nord de la serre. La chapelle C3 est plus touchée que C5.

Les champignons *Botrytis* et *Sclerotinia* ont été traités une fois le 7/11. Les salades ont reçu ensuite des biostimulants proposés par la société Samabiol (Kendal et Megafol) à raison d'une application le 12 décembre. La présence de pourriture basale a été observée début décembre sur batavia dans la chapelle C5. Elle n'a cessé d'augmenter dans cette chapelle, causant des pertes directes. Les pourritures sont observées de façon importante à la récolte (fin février), dans les chapelles C3 et C4, sur les feuilles basses des feuilles de chêne blonde. Le parage était nécessaire mais les feuilles de chêne n'ont pas dépéri aussi rapidement que les batavias. La sensibilité variétale semble donc prédominante dans cette observation. La protection s'avère insuffisante, surtout pour la batavia Funsong qui aurait nécessité des traitements supplémentaires pour contrôler la maladie.



La notation des salades fondues, touchées par le botrytis, montre une évolution rapide des pertes sur batavia dans la chapelle C5 à un stade proche de la récolte. Ces pertes sont de l'ordre de 5% fin janvier. Elles ne prennent pas en compte les salades qui sont touchées mais ne sont pas mortes au moment de la notation, notamment les feuilles de chêne dans C3 et C4. Ce pourcentage est donc sous-estimé.

Figure 4 : Evolution des attaques par *Botrytis* sur laitue dans chaque système étudié



Photos 5 a et 5b : Pourritures basales dans C5

Deux fongicides ont pu être supprimés sur la culture de salade cette année, amenant à une réduction des IFT de 2 par rapport à l'an passé. Cependant, les conditions climatiques de l'hiver 2013-2014 n'étaient pas favorables à la suppression de traitements fongiques et le risque est important sur certaines variétés de salade particulièrement sensibles.

5.2.3 Melon 2014

- Conditions climatiques

Les relevés climatiques figurent en annexe 1. Cette année, les températures sous abri ont augmenté progressivement à partir de la plantation. Même si les températures minimales sont inférieures à 10°C les 2 premières semaines, la moyenne sous abri atteint rapidement 20°C, ce qui est confortable pour le melon. On note un pic d'hygrométrie, le 20 avril, après le retrait du voile de protection, lié au bridage des ouvrants pour permettre une transition climatique favorable aux plantes.

- Développement de la culture

Les plantes se sont bien développées. Un mois après plantation, les plantes sont au stade 12 feuilles, les 1^{ers} époinçages sont effectués et l'arrosage est augmenté. Des contrôles de sucs pétioles fin avril permettent de conforter l'idée que les plantes sont en confort azoté (3730 ppm d'azote en moyenne dans les 3 chapelles) d'après la grille PILazo®. Aucune fertilisation n'est apportée.

On constate rapidement une hétérogénéité de développement de plantes entre les rangs de bordure et le rang central. Des prélèvements distinctifs de sol mettent en évidence un écart d'environ 50 unités d'azote avec un rang central plus chargé. Mais on note aussi la présence de très petites galles sur les racines superficielles visibles sur des zones où les plantes paraissent bloquées, notamment dans C5. Les nématodes ont donc rapidement colonisé les racines dans les zones sensibles. La culture maintient difficilement sa vigueur au cours des récoltes et des mortalités sont constatées. Pendant la récolte au mois de juin, le dépérissement des plantes s'accélère et au 13 juin, l'état de la culture ne permet pas de poursuivre les récoltes.



Photo 6 : Culture de melon le 17/04/14 (C3 Nord)



Photo 7 : Culture de melon le 17/04/14 (C5)



Photo 8 : Culture de melon le 6/06/14 (C5)

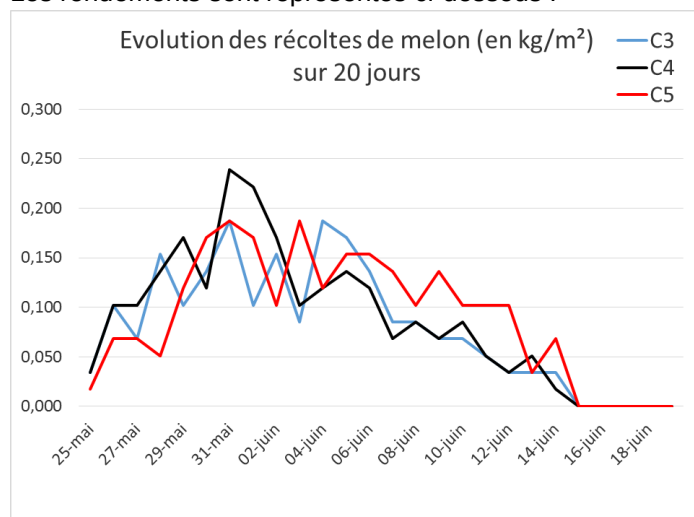


Photo 9 : Culture de melon le 17/06/14 (C5)



Photo 10 : Plant de melon dépéri le 17/04/14 (C5)

Les rendements sont représentés ci-dessous :



	Rendement commercial au 13/06/14
C3	2.08 kg/m ²
C4	2.23 kg/m ²
C5	2.35 kg/m ²

On observe une évolution similaire des récoltes dans les 3 chapelles. La parcelle C5 est plus productive en 2^e partie de culture que C3 et C4. Le rendement final est comparable aux autres mais plus faible que l'an dernier (culture plus affaiblie).

Figure 5 : Rendement des cultures de melon réalisées en 2014 sur les 3 systèmes étudiés

- Protection sanitaire :

Cette année, l'oïdium n'a pas posé de problème. Deux traitements préventifs à base de soufre ont été appliqués ainsi que l'utilisation d'un biostimulant OSPO Vi55 à base d'acides aminés d'origine végétale. Des insecticides sont également appliqués sur la culture contre pucerons (11 mai) et contre acariens (30 avril, 9 et 11 mai). Ils sont suffisants pour contrôler les ravageurs qui n'ont pas causé de dégâts importants sur la culture. Plus aucun traitement n'est effectué à partir de la récolte.

Les chapelles C3 et C4 ont reçu un traitement (FLOCTER) avec le même agent biologique qu'en 2013 (*Bacillus firmus*) contre nématodes avant plantation. Contrairement à 2013, l'application a été réalisée de façon précoce pour optimiser l'effet du *Bacillus firmus* qui agit principalement sur les œufs et les jeunes larves de nématodes.

Pour les 2 chapelles, 5.6 kg de FLOCTER (soit 80 kg/ha) ont été apportés au goutte-à-goutte dans la raie de plantation. Puis les goutte-à-goutte sont retirés sur les côtés pour une plantation avec arrosage à la raie.

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.

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	4	1	0	1	4	3	2	1	1		
2		1		2	5	3	7	2	2	0	2
3	5	1	6	3	6	5	6	3	1	2	6
4	3	2	4	4	4	4	8	4	5	1	3
5	5	1	5	5	4	5	3	5	5	1	6
6	6	5	5	6	5	4	5	6	3	2	5
7	7	4	5	7	2	5	5	7	6	1	6
8	7	1	5	8	5	6	3	8	4	1	3
9	5	1	7	9	6	4	6	9	7	1	6
10	5	2	5	10	8	3	6	10	1	1	3
11	5	3	4	11	5	5	7	11	3	5	3
12	6	2	6	12	7	5	4	12	1	0	4
13	8	3	4	13	6	3	2	13	2	3	3
14	7	3	5	14	8	2	3	14	2	2	5
15	4	2	4	15	1	2	3	15	4	4	3
16	5	4	3	16	4	3	6	16	7	3	4
17	5	4	7	17	7	3	2	17	7	1	1
18	6	4	5	18	7	4	4	18	8	2	2
19	4	3	7	19	6	3	3	19	6	1	6
20	8	1	6	20	7	3	1	20	7	1	7
	5.5	#	2.4		5.35	3.75	4.3		3.73	1.60	4.50

Figure 6 : Cartographie des indices de galle, sur les racines de salade, effectuée le 24 Février

Sur la salade, près de 100% des plantes observées présentent des galles avec des IGR variant de 0 à 8. A ce niveau d'attaque, l'impact sur la production est bien visible (photos 11 et 12). Les lignes de bordure sont toujours plus touchées que la ligne centrale. La parcelle C5 ayant subi une 2^e solarisation est globalement moins touchée que les deux autres mais l'effet des intercultures pratiquées est faible quel que soit le système.



Photo 11 : Chapelle C4 vue du Nord le 24/02/14



Photo 12 : Galles observées sur racines de salade

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	2	0	1	1	5	6	2	1	2	1	2
2	1	1	2	2	8	3	3	2	5	0	5
3	3	5	8	3	7	1	3	3	2	1	7
4	2	2	6	4	8	2	2	4	6	1	6
5	3	1	6	5	7	3	2	5	9	1	10
6	8	4	5	6	3	3	3	6	4	1	10
7	10	7	3	7	7	6	4	7	7	1	10
8		3	10	8	2	4	5	8	3	1	9
9	10	4	9	9	3	3	6	9	9	1	9
10	9	3	9	10	4	1	7	10	2	1	4
11	9	3	9	11	3	1	4	11	6	1	3
12	8	4	10	12	3	2	4	12	2	0	1
13	8	3	7	13	2	5	3	13	2	3	4
14	7	3	7	14	3	7	5	14	3	1	1
15	10	4	8	15	2	4	6	15	6	1	5
16	6	7	7	16	5	3	7	16	7	1	1
17	7	5	3	17	3	5	3	17	7	2	1
18	4	3	7	18	10		2	18	6	1	4
19	9	7	10	19	9	2	8	19	7	2	5
20	9	3	9	20	1	3	2	20	2	1	10
	6,7	3,6	6,8		4,75	3,3684	4,05		5,09	1,07	6,08
	5,7				4,06				4,08		

Figure 7 : Cartographie des indices de galle, sur les racines de melon, effectuée le 13 juin 2014

Sur la culture de melon, 97 à 100% des plantes observées présentent des galles sur les racines avec des IGR de 1 à 10. On retrouve toujours dans les 3 chapelles les deux rangs de bordure majoritairement touchés. Ce diagnostic racinaire en fin de culture de melon est cohérent avec le comportement de la culture observé en 2014 : attaques précoces, pertes de plants et affaiblissement de la culture en récolte.

On remarque que la chapelle C3 est cette année plus touchée avec un indice de galle moyen de 5.7 contre 4 pour C4 et C5 : le sorgho nématicide testé depuis 2012 dans C3 ne semble pas apporter d'amélioration. Les applications de FLOCTER (*Bacillus firmus*) dans C3 et C4 n'ont pas non plus permis la réduction des indices de galle. Il est difficile de savoir si les bactéries se sont bien installées dans le sol et ont joué leur rôle dans la lutte contre nématodes. On peut remettre en question l'arrosage à la raie qui, avec un gros volume d'eau, a pu entraîner une partie des *B. firmus* hors de la zone racinaire.



Photo 13 : Melonnière C4 le 13/06/14

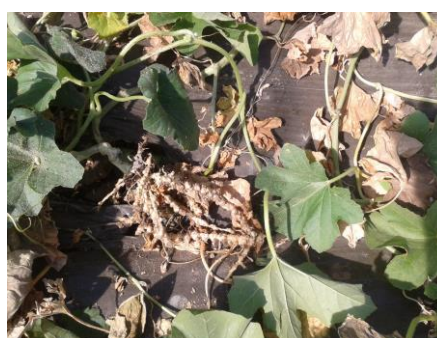


Photo 14 : Galles observées sur racines de melon

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 plante attaquée et de l'indices de galle racinaire 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 indices de galles est calculée sur 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.

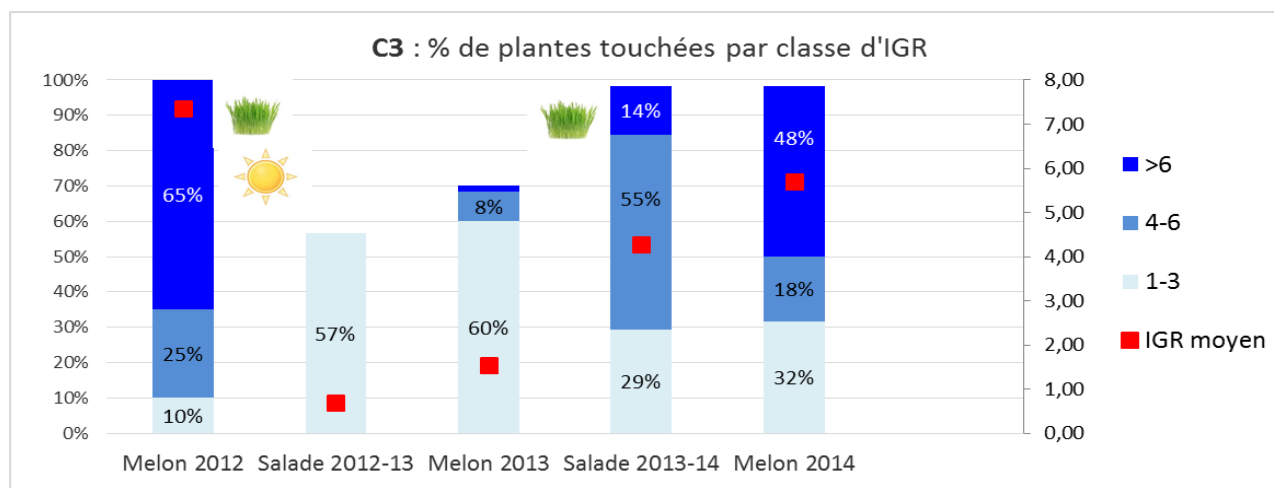


Figure 8 : Indice de galle moyen et répartition des plantes touchées par classe d'IGR dans le système C3

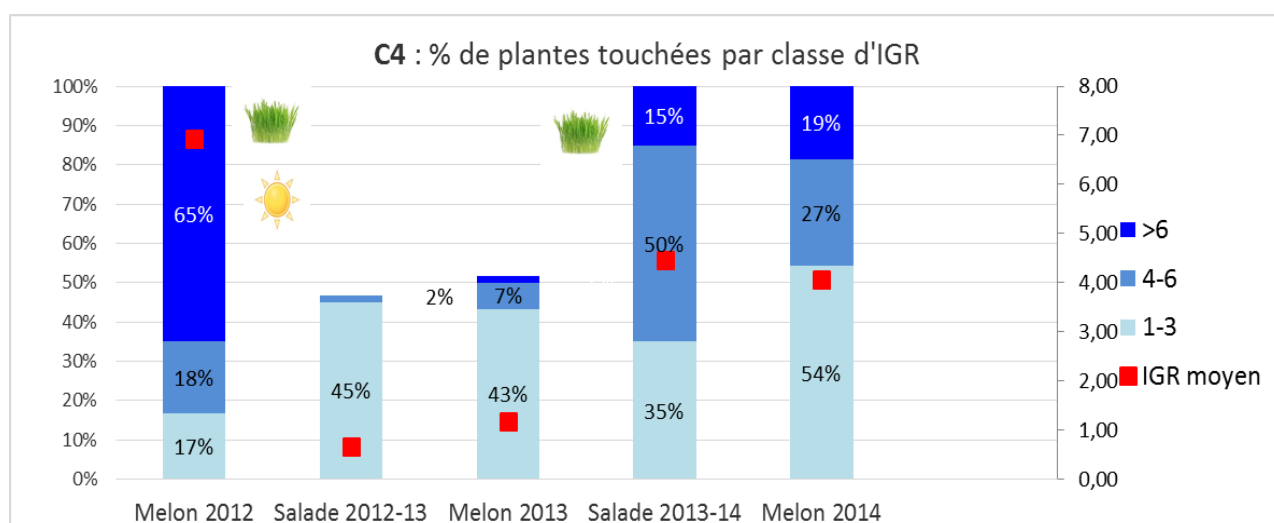


Figure 8 : Indice de galle moyen et répartition des plantes touchées par classe d'IGR dans le système C4

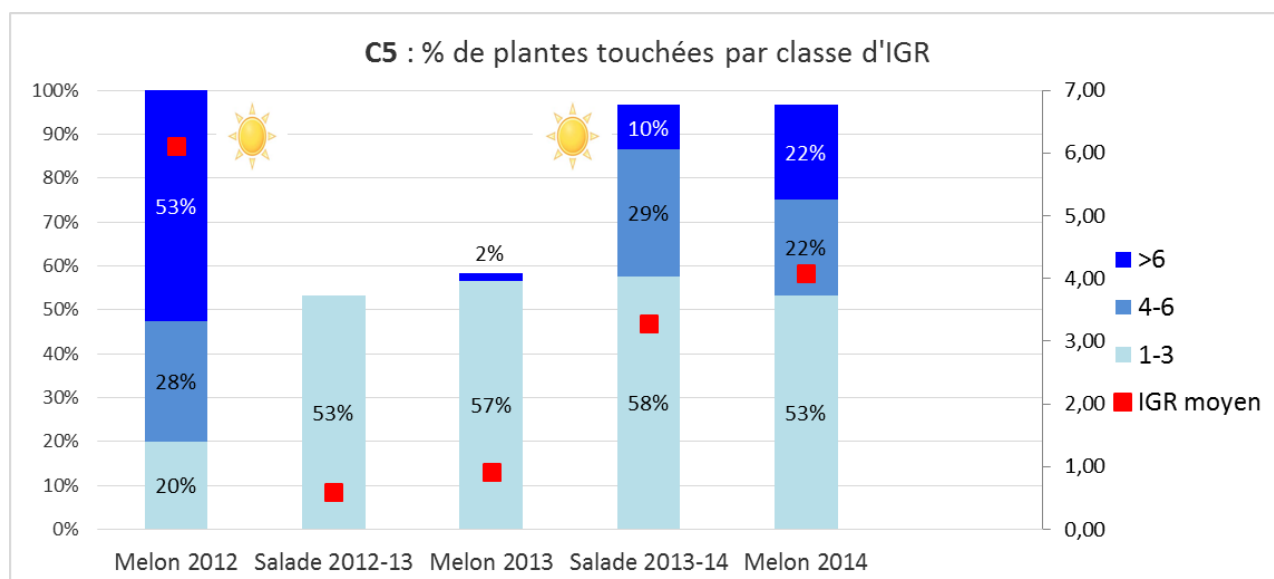


Figure 9 : Indice de galle moyen et répartition des plantes touchées par classe d'IGR dans le système C5



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 de bioagresseur.

Les niveaux d'IGR mesurés sont toutefois inférieurs d'environ 2 points à la situation initiale. 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. On constate tout de même une forte augmentation des IGR de 2012 à 2013 dans les 3 systèmes. Dans les 3 systèmes, les salades suivant la solarisation de 2012 n'étaient que très peu touchées par les nématodes (IGR <1). Par contre, l'interculture réalisée en 2013 n'a pas permis de maintenir ce niveau de contrôle des nématodes. Comme sur le melon, les engrais verts implantés dans C3 et C4 n'ont pas eu d'effet sur les populations de nématodes et la solarisation dans C5 n'a été suffisante pour contrôler les nématodes. Il y a eu multiplication des nématodes dans le sol malgré l'interculture en 2013.

➤ 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 2014. On se rend compte que même si 100% des plantes sont de nouveau touchées en 2014, les indices de galles moyens sur melon sont plus faibles d'environ 2 points par rapport au début du suivi. Il reste néanmoins environ 20% des plantes avec des IGR>6 dans C4 et C5 et 48% dans C3.

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. Comme on peut le voir sur la saison 2014, les attaques de nématodes augmentent de nouveau rapidement dans les parcelles. La totalité des plantes en salade et en melon présente des galles, comme c'était le cas au début du suivi en 2012.

➤ 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). Toutefois, le dénombrement réalisé en juin 2014 montre des effectifs plus élevés que précédemment et particulièrement dans la chapelle C3, la plus contaminée par rapport aux notations d'IGR. Un tel écart est particulièrement surprenant puisque les valeurs précédentes après la culture de salade ne montraient pas de différence particulière. La variabilité de répartition des nématodes dans le sol ainsi qu'une modification de prise d'échantillons dans le protocole peuvent être mis en cause.

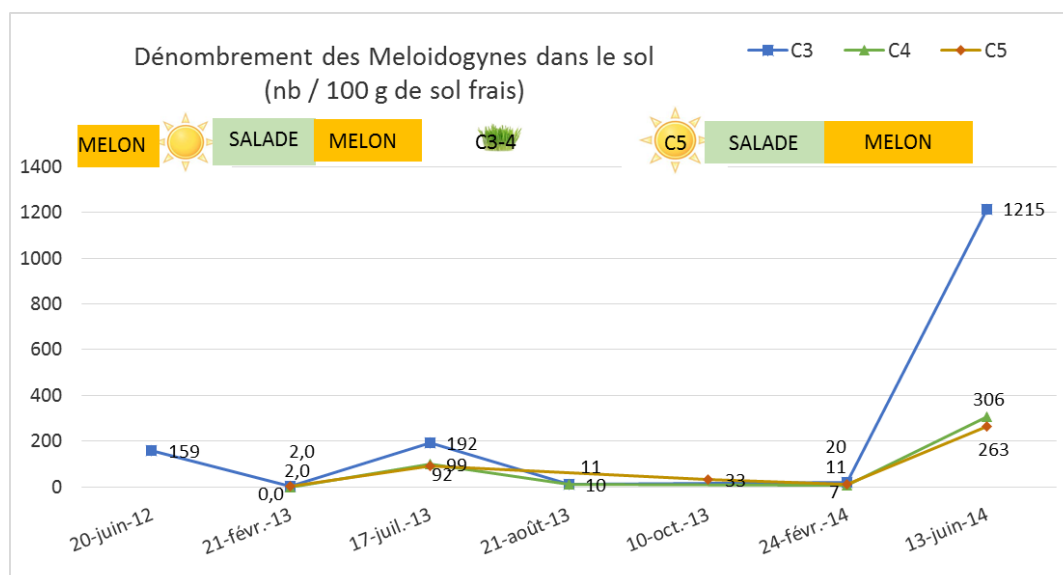


Figure 11 : Dénombrement des populations de nématodes Meloidogyne dans le sol

5.4 Règles de décision

Salade 2013-2014	C3	C4	C5
Présence de plantes très touchées (IGR>6)	Oui	Oui	Oui
% de plantes touchées	98 %	100 %	97 %
Evolution de l'IGR moyen	↗	↗	↗

Produits de biocontrôle/ nématodes

Greffage du melon

Melon 2014	C3	C4	C5
Présence de plantes très touchées (IGR>6)	Oui	Oui	Oui
% de plantes touchées	98 %	100 %	97 %
Evolution de l'IGR moyen	↗	↗	↗

Retrait des racines

Sorgho biofumigant

Engrais vert
biofumigant

Solarisation

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 : NODU vert, SDP, engrais foliaires....

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

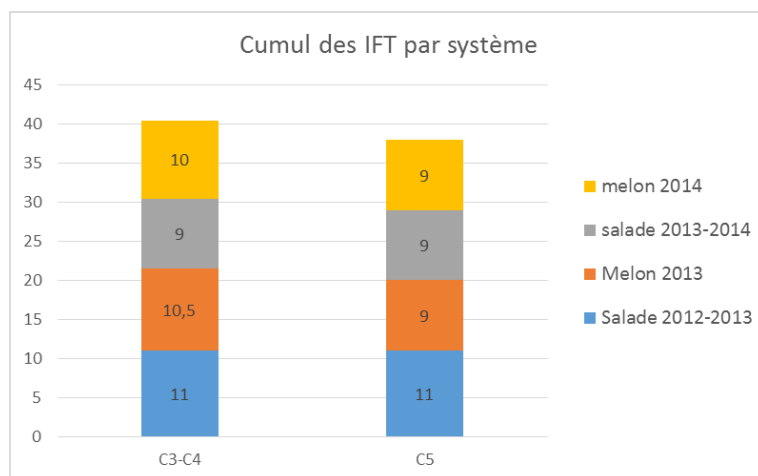
Les IFT telluriques concernent

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

Les IFT aériens concernent

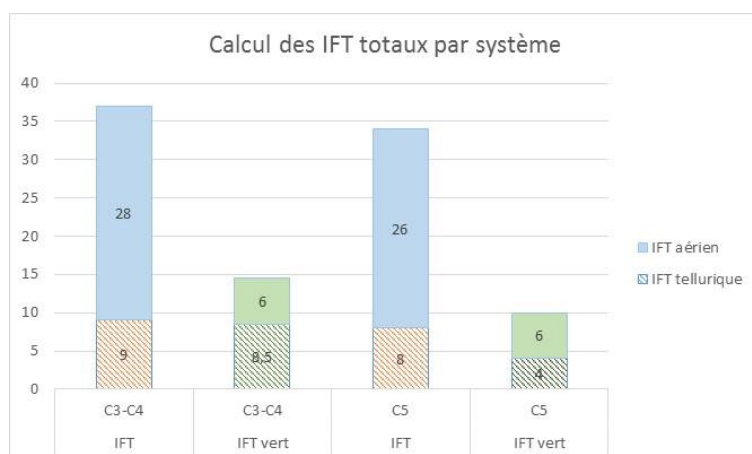
- en salade : les traitements contre les pucerons, le *Bremia* et les noctuelles défoliatrices
- en melon : les traitements contre l'oïdium, les pucerons, les acariens

Comparaison des IFT



Les 3 systèmes étudiés se différencient peu sur les IFT dans la mesure où les rotations culturales sont identiques. Les écarts observés en melon sont liés à l'introduction du produit de biocontrôle Flocter contre les nématodes.

Figure 12 : Calcul des IFT pour chaque système entre 2012 et 2014



Dans le système melon-salade, la part d'IFT aérien est trois fois plus importante que l'IFT tellurique. L'essentiel des traitements telluriques concerne la salade (champignons du sol).

Les systèmes C3 et C4 mettent en évidence un nombre plus important d'IFT vert en relation avec l'application de produits de biocontrôle. Cependant, on peut constater qu'ils n'ont pour l'instant pas permis de réduire l'IFT général.

Figure 10 : Cumul des IFT dans les 3 systèmes de 2012 à 2014 et Répartition par classes (aérien vs. tellurique ; IFT vs. IFT vert)

6 – Conclusion

Efficacité des pratiques

Les intercultures effectuées en 2013 n'ont pas permis de maintenir la réduction des nématodes observée en 2012. Les engrais verts seuls (sorgho en C3 et radis fourrager en C4) ou une solarisation peu efficace (C5), n'ont pas joué leur rôle de rupture dans le développement des populations de nématodes et les parcelles sont de nouveau contaminées à 100% que ce soit en salade ou en melon en 2014.

L'application d'un produit de biocontrôle à base de *Bacillus firmus* (FLOCTER) sur melon n'a pas montré de résultat intéressant sur la réduction des attaques, après des observations racinaires, malgré une application précoce avant plantation pour favoriser l'effet sur les œufs et larves jeunes de nématodes. Il n'est cependant pas possible de vérifier si ce manque d'efficacité est lié à une mauvaise installation de *Bacillus firmus* (arrosage à la raie) ou à une action insuffisante de la bactérie sur les nématodes.

Au vu des indices de galls racinaires et des conséquences sur les cultures, le renouvellement de la solarisation s'impose pour les 3 chapelles. Il faudra veiller à ce que celle-ci soit rendue la plus efficace possible. Les engrais verts positionnés avant solarisation en C3 et C4 doivent également avoir un développement optimal pour éviter le développement des adventices qui permettent aux nématodes de se maintenir.

Efficacité à moyen et long terme

Pour le 2^e cycle cultural suivi, la réduction des attaques de nématodes observées en culture n'a été montrée qu'après une solarisation efficace (cumul sur 45 jours de T°>40°C à 10 cm et 157h à 25 cm). L'effet de cette solarisation n'a pas été prolongé sur le cycle cultural suivant et peut être considéré comme limité à court terme. L'intérêt des engrais verts ne peut être mis en évidence dans les systèmes étudiés car leur introduction dans les rotations, seuls ou associés à la solarisation, n'apporte pas d'amélioration sur la réduction des nématodes. Le système avec sorgho « nématocide » est encore celui le plus contaminé.

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'intérêt des 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.

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

Action A761

Réalisé avec le soutien
financier de :

Région



Provence-Alpes-Côte d'Azur

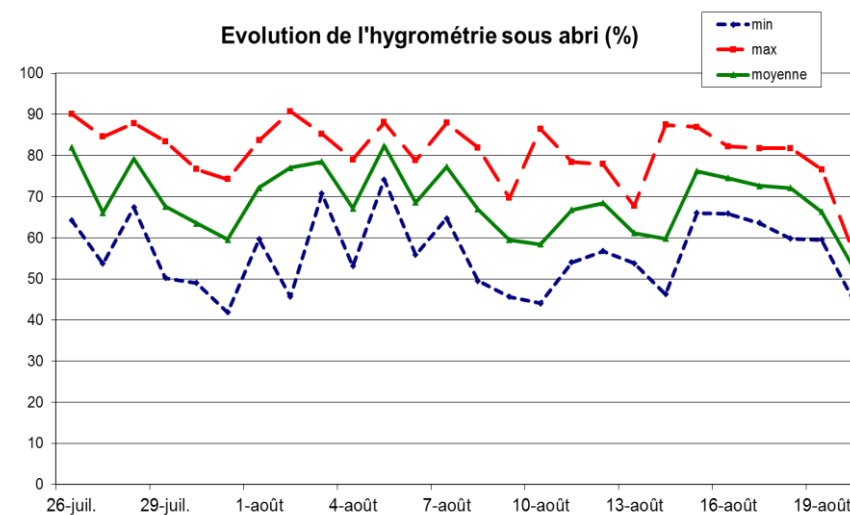
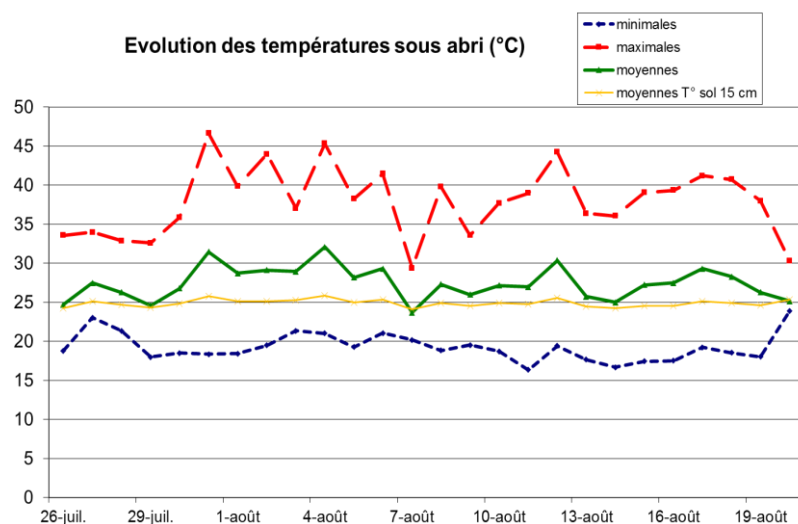


MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
DE L'AGROALIMENTAIRE
ET DE LA FORÊT

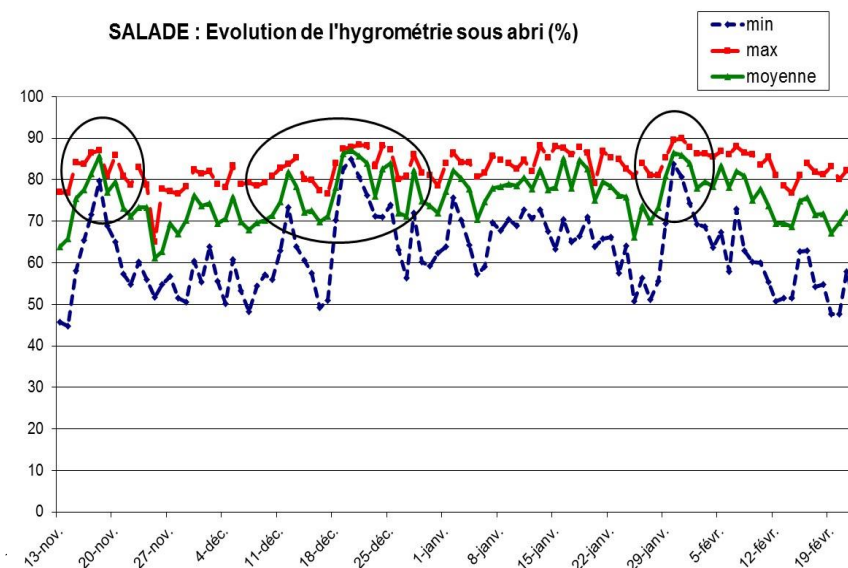
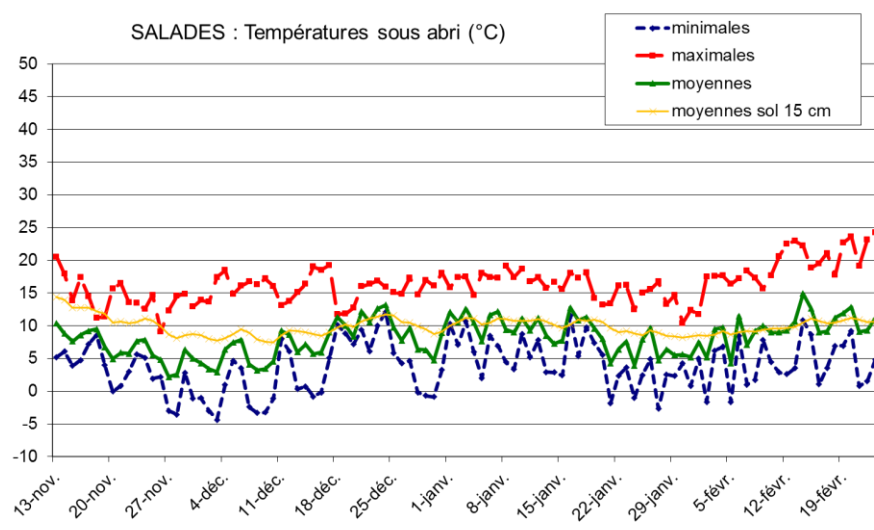
La responsabilité du Ministère chargé de l'Agriculture
ne saurait être engagée

ANNEXE : Relevés climatique sous abri

Engrais verts : du 26 juillet au 20 août 2013



Culture de laitue : de fin octobre à fin janvier



Culture de melon : de mi-mars à mi-juin

