

Biofumigation - Choix des plantes biofumigantes et méthodes pour lutter contre les nématodes et les pathogènes du sol



Projet PSIH08-2-903

Requérant :



Réseau de lutte intégrée Orléans inc.

Rapport final

04/2008 - 12/2010

Préparé par

Denis Langlois, agr., Jean Coulombe, M.Sc., agr., Richard Hogue, Ph.D.,
Guy Bélair, M.Sc., Thomas Jeanne et Nathalie Dauphinais, M.Sc.

Décembre 2010

PARTENAIRES DE RÉALISATION

Réseau de Lutte intégrée Orléans (RLIO)

Requérant du projet et Jean Coulombe, M.Sc., agr., responsable projet ;
Denis Langlois, agr., et Patrice Thibault, agr., conseillers des essais au champ

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

Richard Hogue, Ph.D., conseiller scientifique et analyses des pathogènes fongiques ;
Thomas Jeanne, attaché de recherche

Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) St-Jean-sur-Richelieu

Guy Bélair, M.Sc., analyses nématodes des lésions et Nathalie Dauphinais, M.Sc.

Fertibec inc.

Jean-Luc Yelle, responsable de la sélection des plantes biofumigantes

Autres partenaires

Des remerciements sont adressés à Daniel Pouliot, Jérôme Plante, Emmanuel Lemelin et Valérie Lemelin pour leur aide dans la préparation des projets et/ou l'aide sur le terrain.

Merci également à M. Louis Charbonneau de Plastitec pour avoir importé et fourni un rouleau de plastique noir développé spécifiquement pour la fumigation.

Des remerciements vont aux entreprises suivantes : Ferme Onésime Pouliot, Ferme Léonce Plante et Ferme Emmanuel Lemelin pour avoir fourni le terrain, de leur temps et du matériel nécessaire à la bonne conduite des essais.

Ce projet est réalisé grâce à la participation financière du MAPAQ (programme de soutien à l'innovation horticole).

TABLE DES MATIERES

PARTENAIRES DE REALISATION.....	i
TABLE DES MATIERES.....	ii
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES.....	iii
INTRODUCTION.....	1
1. OBJECTIFS ET ENJEUX.....	1
2. METHODOLOGIE.....	2
2.1 Dispositifs expérimentaux.....	2
2.2 Collecte et traitements des données.....	5
2.2.1 Calcul de la biomasse et comptage des nématodes.....	5
2.2.2 Détection des champignons et pathogènes du sol et des tissus de fraisier.....	5
3. RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	6
3.1 Essais aux champs (volet 1).....	6
3.1.1 Biomasse sèche.....	6
3.1.2 Décompte des nématodes.....	7
3.1.3 Développement des plants et incidence des maladie.....	9
3.1.4 Températures du sol.....	10
3.2 Détection des champignons et pathogènes (volet 2).....	13
CONCLUSION DU VOLET 1- ESSAI AU CHAMP.....	13
MÉDIAGRAPHIE.....	14

ANNEXE A

IRDA # 400054

Volet écologie microbienne : Évaluation des impacts des plantes biofumigantes sur les populations fongiques du sol dont celles des espèces de *Verticillium*, *Phytophthora*, *Pythium* et *Rhizoctonia*, pathogènes du fraisier.

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1 : Variétés ISCI utilisées.....	2
Tableau 2 : Traitements de l'Essai 1.....	3
Tableau 3 : Dates de réalisation des travaux sur le site de l'Essai 1.....	3
Tableau 4 : Traitements de l'Essai 2.....	4
Tableau 5 : Dates de réalisation des travaux sur le site de l'Essai 2.....	5
Tableau 6 : Rendement de la biomasse dans l'Essai 1.....	6
Tableau 7 : Rendement de la biomasse dans l'Essai 2.....	7
Tableau 8 : Décompte des moyennes de population de nématodes dans l'Essai 1a.....	8
Tableau 9 : Décompte des moyennes de population de nématodes dans l'Essai 1a.....	8
Tableau 10 : Décompte des moyennes de population de nématodes dans l'Essai 2.....	9
Figure 1a : T° moyenne du sol de l'Essai 1a (2008) à 5, 10 et 15 cm de profondeur.....	11
Figure 1b : T° moyenne du sol de l'Essai 1b (2009) à 5, 10 et 15 cm de profondeur.....	12

Biofumigation - Choix des plantes biofumigantes et méthodes pour lutter contre les nématodes et les pathogènes du sol

Par : Denis Langlois, agr., Jean Coulombe, M.Sc., agr., Richard Hogue, Ph.D.,
Guy Bélaïr, M.Sc., Thomas Jeanne et Nathalie Dauphinais, M.Sc.

INTRODUCTION

La biofumigation est une méthode biologique visant à réduire le nombre de pathogènes, de ravageurs et de semences de mauvaises herbes dans le sol. Elle est basée sur l'utilisation de plantes riches en glucosinolates, qui appartiennent principalement à la famille des crucifères. Lors de la décomposition de ces plantes, les glucosinolates sont transformés en isothi- et thiocynates sous l'action de l'enzyme myrosinase. Les isothi- et thiocynates sont volatiles et toxiques pour certains organismes du sol.

La problématique de contrôle des organismes nuisibles du sol et les pertes observées reliées à ces organismes touchent de nombreuses cultures horticoles, dont la fraise et la pomme de terre. Ce projet vise à évaluer l'effet biofumigant des nouvelles espèces d'engrais vert et à valider des techniques pour accroître leur efficacité.

Dans le cadre de ce projet, deux saisons d'essais (2008 et 2009, avec collecte de données finales en 2010 pour le dernier essai) ont eu lieu à l'Île-d'Orléans pour évaluer les impacts de plantes biofumigantes sélectionnées sur le potentiel d'inoculum des nématodes des lésions et les champignons pathogènes du sol, dont *Verticillium* spp., *Phytophthora* spp., *Pythium* spp. et *Rhizoctonia* spp. Les analyses ont porté sur deux volets : un premier volet sur les essais aux champs (calcul de la biomasse et comptage des nématodes), et un deuxième volet sur la détection des champignons totaux et pathogènes provenant du sol et des tissus de fraisier.

1. OBJECTIFS ET ENJEUX

L'objectif principal du projet est d'acquérir les connaissances permettant le développement d'approches alternatives aux fumigants, non seulement dans le fraisier mais aussi dans d'autres cultures horticoles. Les résultats seront applicables tant en agriculture conventionnelle que biologique et favoriseront un choix de rotation et/ou une régie plus respectueuse de l'environnement. De plus, l'utilisation d'un paillis de plastique lors de l'enfouissement des biofumigants sera facilement transférable pour les cultures horticoles sous grands tunnels dont la technologie est en plein essor au Québec.

2. MÉTHODOLOGIE

2.1 DISPOSITIFS EXPÉRIMENTAUX

Les essais ont été conduits en utilisant trois variétés de moutarde brune (*Brassica juncea*) et une variété de roquette (*Eruca sativa* cv *Nemat*) sélectionnées spécifiquement pour la biofumigation par l'ISCI, un institut de recherche sur les plantes industrielles situé à Bologne (Italie). La roquette ISCI Nemat est commercialisée en un mélange contenant uniquement de la roquette ou en un mélange contenant également de la moutarde brune. Pour les moutardes, on retrouvait la sélection ISCI-20 (commercialisée en mélange sous le nom Caliente-119), la sélection ISCI-61 (commercialisée en mélange sous le nom Caliente-61) et la sélection ISCI-99 (commercialisée en mélange sous le nom Caliente-199) (Tableau 1). Ces cultures d'enfouissement ont été comparées à une variété de moutarde brune commune (*B. juncea*) et à une culture d'avoine (*A. sativa*) comme témoin.

Nom de la variété	Nom du mélange	Teneur en glucosinolates	Glucosinolate - Composé principal	Caractéristiques commerciales
<i>B. juncea</i> ISC-20	(Caliente) C-119	Élevé	Sinigrine	- Versatile, s'adapte à plusieurs conditions de culture - À privilégier pour les régies biologiques
<i>B. juncea</i> ISC-61	C-61	Élevé	Sinigrine	- Rustique, floraison tardive, très bonne biomasse - Préfère des conditions chaudes (semis tardif ou été)
<i>B. juncea</i> ISC-99	C-199	Très élevé (25% >C-119)	Sinigrine	- Haut niveau de glucosinolates - Plus délicate à cultiver (nécessite une bonne régie)
<i>E. sativa</i> cv Nemat	Nemat	Élevé	Érucine et Raphanine	- Culture piège contre le nématode - Meilleure biomasse si fauchée 1 fois au cours de la croissance

L'**essai 1** avait pour objectif de comparer les impacts de quatre précédents culturaux et de deux temps de pose d'un paillis de plastique noir après l'enfouissement des cultures en vert, avant formation des graines. L'**essai 1a** s'est déroulé en 2008, et l'**essai 1b** en 2009 (avec observations finales en 2010). Pour chaque dispositif, le Bloc 1 regroupait les parcelles dont le paillis a été posé le plus tôt possible après l'enfouissement (avec comme objectif, si les conditions le permettaient, la journée même ou le jour suivant) et le Bloc 2 regroupait les parcelles dont le paillis a été posé avant la plantation de plants de fraisier. La pose du paillis le plus rapidement possible après l'enfouissement a pour objectif de favoriser l'emprisonnement des composés volatiles toxiques et accroître leurs effets biofumigants dans le sol.

Dans chaque bloc, les parcelles des 4 cultures étaient disposées aléatoirement et répétées 4 fois. Le mélange de moutarde C-61 n'étant pas disponible en assez grande quantité en 2008, il a été utilisé seulement pour mener l'essai 2. Par conséquent, pour l'essai 1, T3 a été conduit avec C-119 en 2008 et avec C-61 en 2009 (Tableau 2 et 4).

Tableau 2. Traitements de l'essai 1

Bloc :	Temps de pose du paillis
P1 :	Pose du paillis le plus tôt possible après l'enfouissement ;
P2 :	Pose du paillis avant la plantation des plants de fraisier.
Sous-Parcelles :	Culture d'enfouissement
T1 :	1 culture d'avoine <i>A. sativa</i> (témoin) ;
T2 :	1 culture de moutarde brune commune <i>B. juncea</i>
T3(2008) :	1 culture de moutarde brune <i>B. juncea</i> C-119
T3(2009) :	1 culture de moutarde brune <i>B. juncea</i> C-61
T4 :	1 culture de moutarde brune <i>B. juncea</i> C-199

Les cultures dans les parcelles ont été hachées finement et enfouies le même jour. Le Tableau 3 indique les dates de réalisation des travaux pour l'essai 1.

Tableau 3. Dates de réalisation des travaux de l'essai 1

	Essai 1a cv Darselect 2008	Essai 1b cv Seascape 2009 (-2010)
Échantillonnage de sol pour nématodes avant essai	s.o.	15-sept-08
Semis	29-mai-08	27-mai-09
1 ^{er} échantillonnage de sol pour nématodes	19-juin-08	18-juin-09
Échantillonnage de sol -pathogènes (établissement des cultures)	19-juin-08	18-juin-09
Échantillonnage de sol -pathogènes (avant l'enfouissement)	16-juil-08	s.o.
Rendement de la biomasse	16-juil-08	28-juil-09
Enfouissement des cultures	21-juil-08	29-juil-09
Pose du paillis de plastique P1	26-juil-08	01-août-09
Pose du paillis de plastique P2	06-août-08	28-août-09
Date de plantation des plants de fraisier à racines nues	09-août-08	30-août-09
Échantillonnage de sol -pathogènes (à la plantation du fraisier)	11-août-08	09-sept-09
2 ^e échantillonnage de sol pour nématodes	16-sept-08	09-sept-09
Échantillonnage de sol -pathogènes (fin de saison)	16-sept-08	16-août-10
Échantillonnage de plants de fraisier	28-oct-08	16-août-10

Les plants de fraisiers utilisés ont été cv. Darselect pour l'**essai 1a** et cv. Seascape pour l'**essai 1b**. Des échantillons de sol ont été prélevés pour assurer un suivi des populations de nématodes (printemps et automne) et des champignons pathogènes (après l'établissement des cultures à évaluer, lors de la plantation de fraisiers, et en fin de saison). Un échantillon de plus a été prélevé dans l'**essai 1a** au moment de la pose du paillis de plastique. Le dernier échantillon dans l'**essai 1b** a été remis en 2010 à cause de la plantation tardive des plants qui n'aurait pas pu permettre le développement de la verticilliose sur les plants à l'automne 2009. En fin de saison, cinq (5) plants par parcelle de chaque bloc ont été récoltés pour détecter la présence de champignons pathogènes dans les racines et la couronne des plants (en 2008 pour l'**essai 1a** et remis en 2010 pour l'**essai 1b**). Les données ont été recueillies sur le rang central de chaque parcelle sur une longueur de 8 m. (Tableau 3).

Un deuxième essai (**essai 2**), conduit en 2008 et 2009, permettait de comparer les impacts de six précédents cultureux, plus particulièrement l'enfouissement de deux cultures successives dans la même saison ou d'une culture fauchée en juillet puis enfouie en septembre (Tableau 4). Le dispositif était constitué de 6 parcelles répétées 4 fois, les cultures étant disposées aléatoirement. Selon les cultures et leur développement, des cultures semées au printemps ont été enfouies vertes avant la formation des graines puis une deuxième culture a été semée deux semaines plus tard pour pouvoir enfouir les plantes vertes en septembre (alors que la température du sol est toujours supérieure à 10°C).

Tableau 4. Traitements de l'essai 2

T1 :	2 cultures d'avoine <i>A. sativa</i> (témoin) ;
T2 :	2 cultures de moutarde brune <i>B. juncea</i> C-61 ;
T3 :	2 cultures de moutarde brune <i>B. juncea</i> C-119 ;
T4 :	2 cultures de moutarde brune <i>B. juncea</i> C-199 ;
T5 :	Semis en mai et fauchage en juillet de roquette <i>E. sativa</i> cv. Nemat ;
T6 :	2 cultures d'un mélange de roquette cv. Nemat et de moutarde brune commune <i>B. juncea</i> .

Encore une fois, les cultures dans les parcelles ont été hachées finement avant leur enfouissement pour accroître la libération d'isothio et thiocyanates, sous l'action de l'enzyme myrosinase. Alternativement, un fauchage des plantes de roquette *Erutica sativa* cv. Nemat a été fait en juillet avant la formation des graines et un enfouissement a été fait en septembre. Des échantillons de sol ont été prélevés à deux reprises pour assurer le suivi des nématodes (printemps et automne 2008) et à quatre reprises pour le suivi des pathogènes (trois semaines après la plantation de la première culture, après l'enfouissement en septembre 2008, après établissement des fraisiers à l'été 2009 et après récolte en 2009).

Au printemps 2009, les plants de fraisier du cultivar Jewel (réputé sensible à la verticilliose) ont été plantés. Chaque parcelle était composée d'un rang d'une longueur de 8 mètres au centre des parcelles de rotation. (Tableau 5).

Tableau 5. Dates de réalisation des travaux de l'essai 2

	Essai 2 cv Jewel 2008-2009
1 ^{er} semis	25-mai-08
1 ^{er} échantillonnage de sol pour nématodes	19-juin-08
Échantillonnage de sol -pathogènes (établissement des cultures)	19-juin-08
1 ^{ère} coupe ou enfouissement	29-juil-08
2 ^è semis	12-août-08
2 ^è échantillonnage de sol pour nématodes	16-sept-08
Échantillonnage de sol -pathogènes (avant l'enfouissement)	16-sept-08
Enfouissement des cultures	25-oct-08
Date de plantation des plants de fraisier cv Jewel	15-mai-09
Échantillonnage de sol -pathogènes (établissement des fraisiers)	13-août-09
Échantillonnage de sol -pathogènes (fin de saison)	14-sept-09

2.2 COLLECTE ET TRAITEMENTS DES DONNÉES

2.2.1 Essais aux champs- calcul de la biomasse et comptage des nématodes (volet 1)

Les données sur les populations des nématodes des lésions ont été recueillies 2 fois au cours de la saison, pour chaque site, soit en juin et en septembre. Le comptage du nombre de *Pratylenchus*/kg sol sec a par la suite été établi pour chaque journée/site échantillonné. La biomasse des engrais verts a été calculée avant l'enfouissement pour l'essai 1 ; elle a été calculée à deux reprises pour l'essai 2, avant la 1^{ère} coupe ou 1^{er} enfouissement et avant l'enfouissement final. Les températures à une profondeur de 5, 10 et 15 cm et un suivi de l'humidité du sol pour la période de biofumigation ont également été enregistrées.

2.2.2 Détection des champignons et pathogènes du sol et des tissus de fraisier (volet 2)

La détection des champignons pathogènes a été effectuée à l'aide de l'amplification PCR de gènes spécifiques aux pathogènes ciblés. La réalisation de ce volet a été confié à l'équipe de Richard Hogue de IRDA (Institut de recherche et de développement en agroenvironnement). Le détail se trouve dans leur rapport final situé en annexe.

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 ESSAIS AUX CHAMPS (VOLET 1)

3.1.1 Biomasse sèche

L'efficacité de la biofumigation est déterminée à la fois par la sensibilité de l'organisme visé et la toxicité potentielle du gaz libérée. Certains organismes sont considérés sensibles (*Pythium* spp. et *Phytophthora* spp.), moyennement sensibles (*Rhizoctonia solani*) ou peu sensible (*Verticillium* spp) (Matthiessen et Kirkegaard, 2006). La régie de culture pourra quant à elle influencer l'efficacité du gaz libéré. En premier lieu, la toxicité varie selon les molécules isothio- et thiocyanates formées lors de la décomposition des glucosinolates. Deuxièmement, la réaction se passe en présence d'eau, un sol humide est donc indispensable au bon déroulement de la biofumigation. Par ailleurs, des températures relativement basses (moins de 10°C) au moment de l'incorporation, ralentissent la transformation des glucosinolates et ne permettent pas d'atteindre les concentrations nécessaires en gaz toxiques (Michel, 2008).

Pour la sélection des plantes biofumigantes à utiliser, les critères à retenir seraient la teneur en glucosinolates, le type de molécule principal libéré et la capacité de la culture à produire une bonne biomasse. Les caractéristiques recherchées dans les variétés de crucifères à l'essai comportent donc à la fois une teneur élevée en glycosinolates et un potentiel saisonnier élevé de production de biomasse sèche.

Pour l'essai 1, le potentiel saisonnier de biomasse sèche pour une seule culture, calculé lors de l'enfouissement, indique un rendement inférieur à l'avoine pour toutes les crucifères à l'exception de la variété C-61. (Tableau 6).

Tableau 6. Rendement de la biomasse dans l'Essai 1

Culture	Essai 1a Pouliot 2008	Essai 1b Plante 2009
	Biomasse sèche (t/ha)	Biomasse sèche (t/ha)
Avoine (T1)	4,9 a	5,1 ab
Moutarde brune commune (T2)	3,5 b	4,6 b
Moutarde brune C-119 (T3) 2008	3,4 b	s.o.
Moutarde brune C-61 (T3) 2009	s.o.	5,5 a
Moutarde brune C-199 (T4)	3,4 b	4,3 b
Analyse de variance		
Date de pose du plastique	NS	NS
Culture	**	**

Pour une même colonne, les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes entre elles selon le test de LSD, avec un niveau de signification de 0,05

Pour les 2 saisons d'essais, la biomasse sèche de la variété de moutarde brune *B. juncea* Caliente-199 se compare à la moutarde brune commune, une variété déjà utilisée sous notre climat, indiquant une acclimatation semblable. En 2008, la moutarde brune C-199 a une biomasse comparable à la variété C-119 dans l'essai 1a à la ferme Pouliot (tableau 6) et inférieure dans l'essai 2 (tableau 7). Par contre, la moutarde brune C-61 a produit une biomasse supérieure à la C-199 pour les 2 saisons d'essai (essai 2 en 2008 et 1b en 2009). La moutarde C-61, semé en mai, a un potentiel de biomasse comparable ou légèrement inférieur à l'avoine.

Tableau 7. Rendement de la biomasse dans l'Essai 2, saison 2008

Culture	Biomasse sec (t/ha)		
	Juillet	Octobre*	Total
Avoine (T1)	6,4 a	3,5	9,9
Moutarde C-119 (T3)	5,3 b	4,0	9,3
Moutarde C-61 (T2)	5,1 bc	4,0	9,1
Moutarde C-199 (T4)	4,6 c	4,0	8,6
Mélange Roquette/Moutarde (T6)	3,4 d	2,5	5,9
Roquette Nemat (T5)	2,4 e	2,5	4,9

*Rendement estimé

Pour une même colonne, les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes entre elles selon le test de LSD, avec un niveau de signification de 0,05

Les observations dénotent une faible biomasse et une formation précoce des graines pour la roquette *E. sativa* cv. Nemat, qui ne semble pas être adaptée à notre climat. La moutarde brune *B. juncea* cv. Caliente-61 a montré un potentiel de durée croissance plus long que les variétés de moutarde brune à plus forte teneur en glucosinolates Caliente-119 et Caliente-199 (montaison remarquablement plus tardive), ce qui indique un potentiel de biomasse sèche plus élevé.

3.1.2 Décompte des nématodes

Les populations des nématodes des lésions ont été évaluées à deux reprises pour chacun des essais, les échantillons de sol ayant été prélevés au printemps et à l'automne.

Des analyses préalables portant sur les populations de nématodes en présence ont été effectuées sur quatre nouveaux sites en septembre 2008 pour permettre la sélection du site le plus propice pour la saison 2009. Un site présentant une population moyenne de nématodes supérieure à 3 000 *Pratylenchus* / kg sol sec a été retenus pour conduire l'essai 1b. Malgré cela, les populations sont revenu à un niveau situé sous le seuil de nuisibilité reconnu de 1 000 *Pratylenchus* / kg sol sec au moment de la première analyse au printemps.

En conséquence, les résultats de chaque essai sont demeurés faibles (moins de 1 000 *Pratylenchus* / kg sol sec) et présentant un faible potentiel d'infection pour les dates de prélèvements tant en 2008 qu'en 2009. (Tableau 8 à 10)

Tableau 8. Décompte des moyennes de population de nématodes dans l'Essai 1a

Essai 1a cv Darselect 2008				
Traitement		Nb <i>Pratylenchus</i> / kg sol sec		
		Printemps	Automne	Différence
Pose 1	Avoine (T1)	8	5	-3
	Moutarde brune commune (T2)	0	16	+16
	Moutarde brune C-119 (T3)	8	5	-3
	Moutarde brune C-199 (T4)	0	0	0
moyenne P1		4	7	+3
Pose 2	Avoine (T1)	8	16	+8
	Moutarde brune commune (T2)	8	42	+34
	Moutarde brune C-119 (T3)	20	37	+17
	Moutarde brune C-199 (T4)	12	16	+4
moyenne P2		12	28	+16
moyenne 1-2	Avoine (T1)	8	11	+3
	Moutarde brune commune (T2)	4	29	+25
	Moutarde brune C-119 (T3)	14	21	+7
	Moutarde brune C-199 (T4)	6	8	+2

Tableau 9. Décompte des moyennes de population de nématodes dans l'Essai 1b

Essai 1b cv Seascape 2009				
Traitement		Nb <i>Pratylenchus</i> / kg sol sec		
		Printemps	Automne	Différence
Pose 1	Avoine (T1)	196	79	-117
	Moutarde brune commune (T2)	140	98	-43
	Moutarde brune C-61 (T3)	238	74	-164
	Moutarde brune C-199 (T4)	294	85	-208
moyenne P1		217	84	-133
Pose 2	Avoine (T1)	191	55	-136
	Moutarde brune commune (T2)	272	68	-204
	Moutarde brune C-61 (T3)	174	79	-96
	Moutarde brune C-199 (T4)	217	57	-160
moyenne P2		214	65	-149
moyenne 1-2	Avoine (T1)	194	67	-127
	Moutarde brune commune (T2)	206	83	-123
	Moutarde brune C-61 (T3)	206	77	-130
	Moutarde brune C-199 (T4)	255	71	-184

Tableau 10. Décompte des moyennes de population de nématodes dans l'Essai 2 (2008)

Culture	Nb <i>Pratylenchus</i> / kg sol sec		
	Printemps	Automne	Différence
Avoine (T1)	11,8	59,5	+47,7
Moutarde C-61 (T2)	3,9	32,0	+28,1
Moutarde brune C-119 (T3)	54,8	41,2	-13,7
Moutarde C-199 (T4)	3,9	45,8	+41,8
Roquette Nemat (T5)	3,9	196,7	+192,8
Mélange Roquette/Moutarde (T6)	50,9	146,4	+95,5

En 2009, contrairement à 2008, les observations ont permis de constater une baisse dans les populations de nématodes pour chaque parcelle. Cependant, aucune différence significative n'a été observée entre les traitements (cultures et date de pose du paillis de plastique).

Bien que les tendances observées dans l'essai 2 demeurent non significatives en 2008, il faut toutefois noter que la roquette Nemat a permis de concentrer les populations de nématodes, confirmant les observations d'effet puit (trappes) rapportés dans la littérature pour cette variété de crucifère.

3.1.3 Développement des plants et incidence des maladies

Le développement des plants après le repiquage a été comparable pour l'ensemble des traitements et pour les 3 sites d'essais. Par contre, la reprise des plants de fraisier cv Darselect au printemps 2009 a été mauvaise et plusieurs plants sont morts. La mauvaise reprise et la mort des plants n'étaient pas reliées aux traitements mais au lot de plants. En effet, les plants morts ou ayant une mauvaise reprise étaient regroupés par lot d'environ 25 plants de façon aléatoire dans le champ. Le diagnostic rapporté dans les rapports de diagnostic 09-8948, 09-8949 et 09-8950 du Laboratoire de Diagnostic en Phytoprotection du MAPAQ indique que les plants étaient affectés par *Cylindrocarpon*, *Fusarium*, *Pythium* et *Rhizoctonia*, tous rapportés pour faire partie du complexe fongique causant la pourriture noire des racines, et certains par *Verticillium dahliae* (flétrissement verticillien). Le développement, le nombre de fruits par plant et l'incidence des maladies sur les plants identifiés sains (20 par parcelle) étaient comparable entre les traitements (données non présentées).

Dans les essais 1b et 2, aucune différence de développement des plants n'a été observé. Les symptômes de la verticilliose (*Verticillium dahliae*) observés sur les plants de fraisier dans ces 2 essais variaient de très peu à nul. Par ailleurs, les évaluations au champ n'ont pas permis d'observer une différence de l'incidence de la maladie qui soit reliée aux traitements.

3.1.4 Températures du sol

Les températures du sol ont été recueillies pendant la période qui a suivi l'enfouissement des engrais verts et la plantation des plants de fraisier dans l'essai 1 pour les années 2008 et 2009. Le suivi des températures et de l'humidité avait pour objectifs de vérifier si les conditions propices à la dégradation des composées biofumigants étaient favorisées par la présence du plastique et vérifier si celui-ci pourrait ou non permettre la fumigation par solarisation ($T^{\circ} > 40^{\circ}\text{C}$).

On observe que les températures du sol à 5, 10 et 15 cm de profondeur sous paillis de plastique noir ont été plus élevées que celles du sol nu (Figure 1). Cependant, ces températures sont insuffisantes pour permettre la fumigation par solarisation. Ainsi, le rôle du paillis de plastique dans la bio-fumigation serait de retenir l'emprisonnement des composés volatiles toxiques les gaz produit par la dégradation des engrais vert et possiblement par une accélération de la décomposition de ceux-ci.

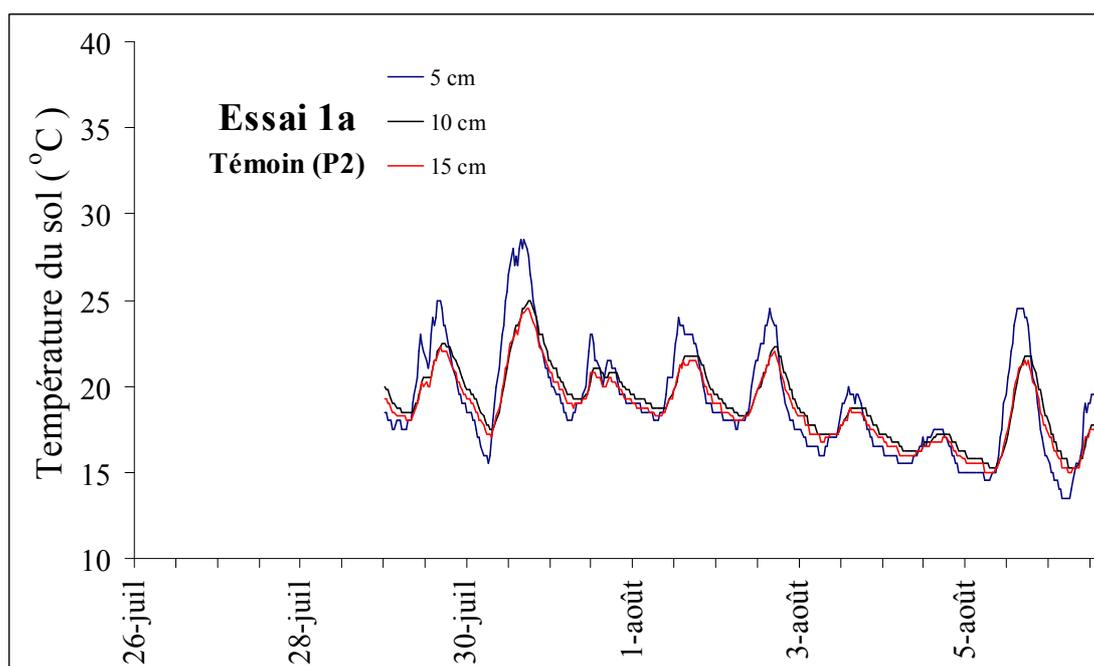
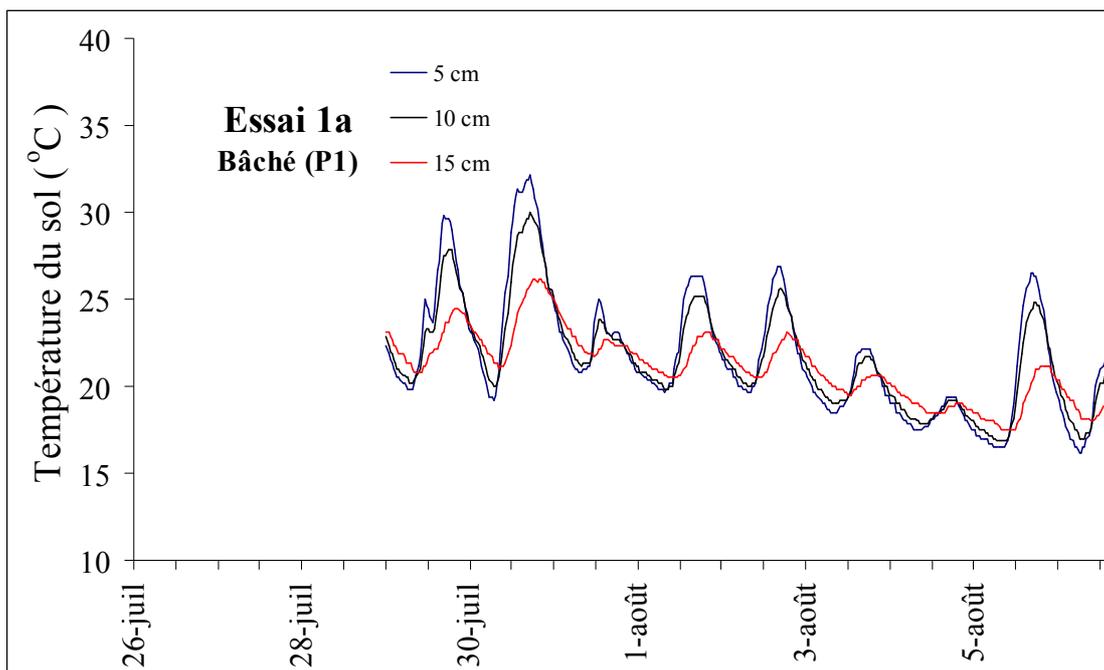


Figure 1a T° moyenne du sol de l'Essai 1a (2008) à 5, 10 et 15 cm de profondeur

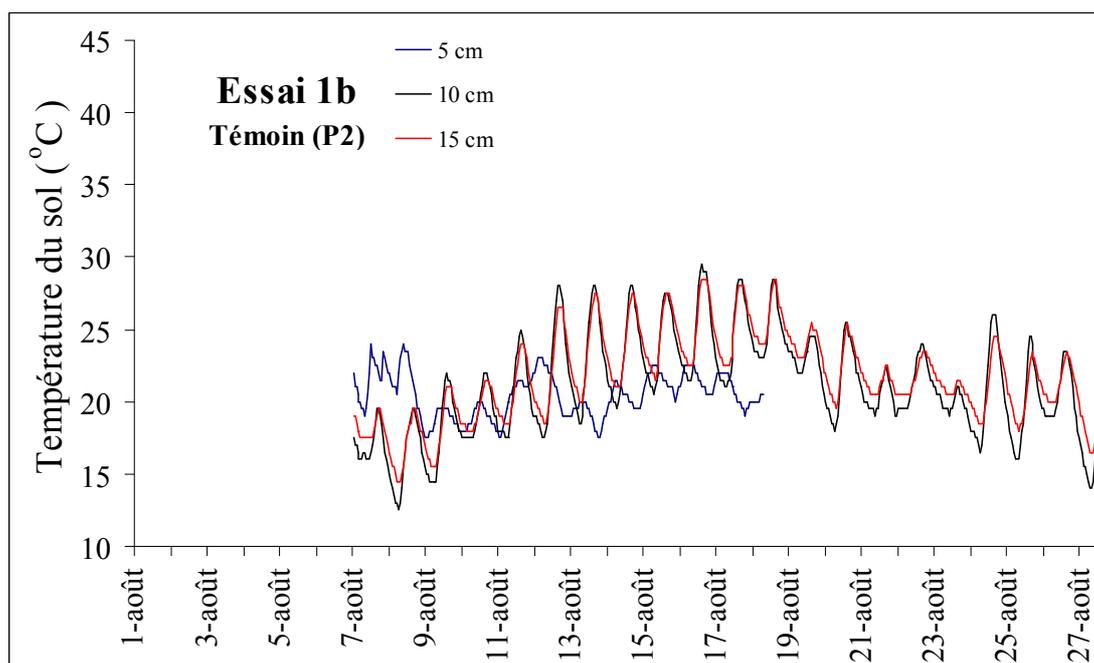
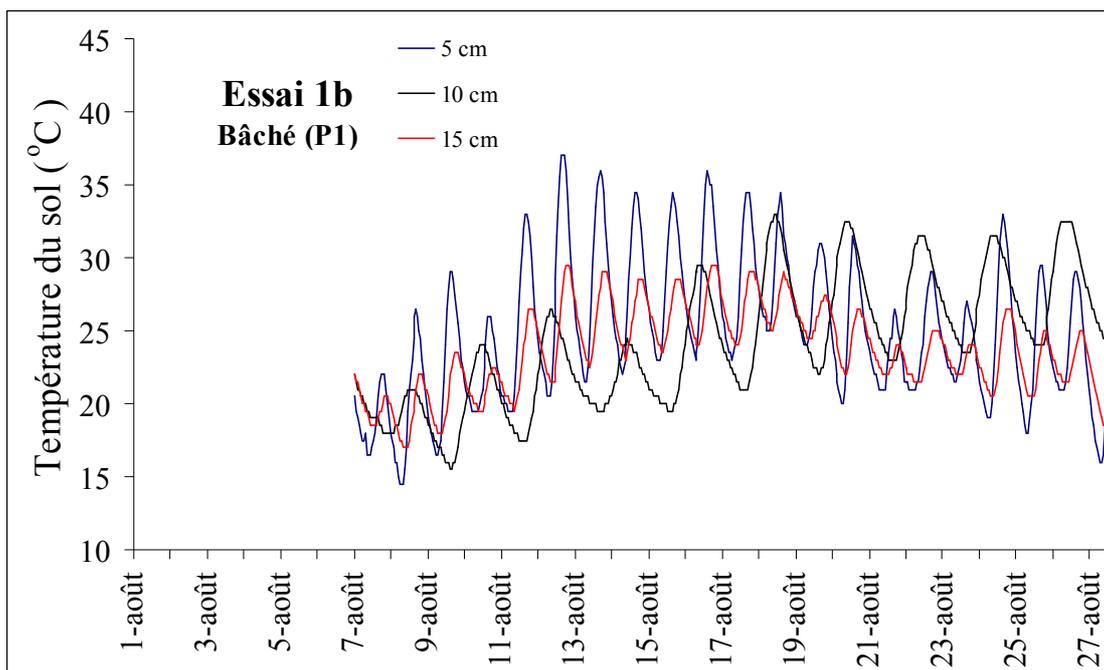


Figure 1b T° moyenne du sol de l'essai 1b (2009) à 5, 10 et 15 cm de profondeur

3.2 DÉTECTION DES CHAMPIGNONS ET PATHOGÈNES (VOLET 2)

Les résultats, discussions et conclusions du volet 2 apparaissent au rapport de l'IRDA situé en annexe.

CONCLUSIONS VOLET 1 -ESSAI AU CHAMP

- Le potentiel saisonnier de biomasse sèche des variétés de moutarde brune *B. juncea* cv Caliente C-119 et C-199 sélectionnées pour leur teneur élevée en glucosinolates se compare à la moutarde brune commune, indiquant une acclimatation semblable.
- La variété de moutarde brune Caliente-61 moins riche en glucosinolates que la C-119 et C-199 a montré un potentiel de durée croissance plus long et un potentiel de biomasse sèche plus élevé.
- La roquette *E. sativa* cv. Nemat ne semble pas être adaptée à notre climat. Cependant, son potentiel d'effet puit (trappes) pour les nématodes rapportés dans la littérature a été confirmé sous les conditions du Québec.
- Le rôle du paillis de plastique dans la bio-fumigation serait l'emprisonnement des composés volatiles toxiques les gaz produit par la dégradation des engrais vert et possiblement favoriser la libération des composés volatiles en maintenant des conditions idéales de température et d'humidité dans le sol. Les températures observées sous le paillis de plastique étant insuffisantes pour permettre la fumigation par solarisation.
- L'analyse des résultats du décompte des nématodes dans les sols des 2 essais au printemps et à l'automne indique un faible potentiel d'infection. Les analyses préalables à l'automne 2008 portant sur les populations de nématodes et les populations de champignons et pathogènes du sol n'ont pas permis de sélectionner un site avec un niveau élevé de nématodes du sol pour la saison 2009. Les populations de nématodes ont diminuée significativement au cours de l'hiver 2008-2009.
- Les traitements, i.e les cultures d'enfouissement (espèce et variété) et la date de pose du plastique, n'ont pas permis de détecter d'effets visuels significatifs sur le développement de la culture de fraisier et l'incidence des maladies.

MÉDIAGRAPHIE

Anonyme, 2003. Int. S. Europe Symp., 15-16 Maggio 2003, Bologna.

Coulombe J., G. Bélair et P.O. Thibodeau. 2005. Rapport final CDAQ. 52p.

Coulombe J., Langlois, D. et G. Bélair. 2008. Rapport final PSIH05-2-424. 27p.

Gimsing A.L. et J.A. Kirkegaard, 2006. Glucosinolate and isothiocyanate concentration in soil following incorporation of *Brassica* biofumigants. *Soil Biology & Biochemistry* 38:2255-2264.

Larkin, R.P. et T. S. Griffin, 2007. Control of soilborne potato diseases using *Brassica* green manures. *Crops Protection* 26:1067-1077.

Lazzari, L., Baruzzi, G., L. Malaguti et L. Antoniaci, 2003. Replacing methyl bromide in annual strawberry production with glucosinolate-containing green manure crops. *Pest Manag. Sci.* 59:983-990.

Manaci, L.M., L. Lazzari, G. Baruzzi, O. Leoni, S. Galleti et S. Palmieri. 2000. Suppressive activity of some glucosinolate enzyme degradation products on *Pythium irregulare* and *Rhizoctonia solani* in sterile soil. *Pest Manag. Sci.* 56:921-926.

Matthiessen, J. et J.A. Kirkegaard, 2006. Biofumigation and enhanced biodegradation : opportunity and challenge in soilborne pest and disease management. *Critical reviews in Plant Sciences* 25:235-269.

Mc.Guire, A.M., 2003. Mustard green manures replace fumigant and improve infiltration in potato cropping system. <http://plantmanagementnetwork.org/pub/cm/research/2003/mustard/>.

Michel, V., 2008. Biofumigation : principe et application. Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW. 6p.

Michel, V., Ahmed, H. et A Dutheil, 2007. La biofumigation, une méthode lutte contre les maladies du sol. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 39(2) :145-150.

Subbarao, K.V. et Z. Kabir, 2007. Management of soilborne diseases in strawberry using vegetable rotations. *Plant. Dis.* 91:964-972.

Villeneuve, F., G. Maignien, C. Janvier et C. Steinberg, 2004. Use of biofumigation in carrot crop to manage soilborne pathogens. Affiche présentée au 17e International lettuce and leafy vegetable conference, ISHS, Montréal.

Zasada, I.A. et H. Ferris, 2004. Nematode suppression with brassicaceous amendment : application based upon glucosinolate profiles. *Soil Biology & Biochemistry* 36:1017-1024

ANNEXE A

Consulter le document ci-dessous, au site : <http://www.irda.qc.ca/fr/Rapports-de-recherche>

Hogue, R. et T. Jeanne. 2010. Volet écologie microbienne : Évaluation des impacts des plantes biofumigantes sur les populations fongiques du sol dont celles des espèces de *Verticillium*, *Phytophthora*, *Pythium* et *Rhizoctonia*, pathogènes du fraisier. Rapport de recherche remis au Réseau de lutte intégrée Orléans, projet PSIH08-2-903. IRDA document. 25p.