

**Rapport final réalisé dans le cadre du programme Innovbio – Volet 1,
Ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation du Québec**

déposé le 28 février 2013

TITRE DU PROJET :
Évaluation de traitements de semences sans fongicide chez les céréales

NUMÉRO DU PROJET : 09-INNO1-17

NOM DU DEMANDEUR : Centre de recherche sur les grains (CÉROM)
Personne-contact : Sylvie Rioux, agr., Ph.D.

Date de fin du projet : 03/2013

Brève description du projet :

Le présent projet visait dans un premier temps à tester l'efficacité de trois traitements sans fongicide, la chaleur sèche et deux doses de vapeur d'acide acétique (VAA), à contrer le *Fusarium graminearum* (*Fg*) et le *Bipolaris sorokiniana* (*Bs*), deux agents pathogènes des semences de céréale reconnus pour leur potentiel à réduire la levée et le rendement. Ces trois traitements de semences ont été comparés à trois traitements témoins : aucun traitement, vapeur d'eau et traitement au fongicide Vitaflo-280 connu pour maîtriser *Bs*. Le traitement vapeur d'eau n'était pas un traitement de semences en soi, il était un témoin nécessaire à l'exécution des traitements VAA. Le projet comprenait un deuxième volet consacré à l'étude de traitements oxydatifs (oxygène pur et ozone). Ce volet exploratoire a été confié à une étudiante à la maîtrise, Mme Hassiba Neched.

Déroulement des travaux :

Volet 1

À chaque année, les traitements ont été exécutés sur deux lots d'orge et trois lots de blé ayant des niveaux différents de contamination avec *Fg* et *Bs*. Une contamination est considérée élevée lorsqu'elle dépasse 15 % (> 15 % de grains contaminés) dans le cas de *Fg* et lorsqu'elle dépasse 30 % dans le cas de *Bs*. Ces critères proviennent de recommandations en vigueur au Danemark concernant l'usage de semences de céréale en production biologique. Les lots choisis au cours des trois années de l'étude, qui provenaient de collaborateurs semenciers (La Coop Fédérée, Semican, Synagri) ou de stations de recherche publiques (CÉROM et Université Laval), avaient les caractéristiques présentées au tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques des lots de semences de blé et d'orge retenus, 2010 à 2012

Lot	Année de production	Provenance	Cultivar	Taux de contamination (%)		Germination %
				<i>B. sorokiniana</i>	<i>F. graminearum</i>	
2010¹ :						
Orge Fg	2009	Coop	n.d.*	0	49	75
Orge Bs-Fg	2009	Semican	Newdale	94	37	83
Blé Fg	2007	Beloeil (CÉROM)	AC Barrie	24	25	81
Blé Bs	2007	Pintendre (UL)	AC Brio	70	11	81
Blé Témoin	2008	Beloeil (CÉROM)	AC Barrie	18	11	72
2011¹ :						
Orge Fg-Bs	2010	Semican	Tradition	32	41	79
Orge Bs	2009	Semican	Newdale	91	14	91
Blé Fg	2007	Beloeil (CÉROM)	AC Brio	27	34	83
Blé Bs	2007	Pintendre (UL)	Orléans	71	5	79
Blé Témoin	2008	Beloeil (CÉROM)	AC Brio	24	12	80
2012¹ :						
Orge Fg-Bs	2011	Semican	Hawkeye	63	13	71
Orge Bs	2011	Semican	Newdale	100	7	77
Blé Fg-Bs	2011	St-Augustin (UL)	Torka	56	24	83
Blé Bs	2007	Pintendre (UL)	Orléans	61	2	79
Blé Témoin	2008	Beloeil (CÉROM)	Orléans	17	3	78

* n.d. : non divulgué;

¹ Données provenant des résultats des essais pour le traitement Témoin (aucun traitement de semences).

En 2010, les traitements VAA incluant le témoin vapeur d'eau ont été exécutés par Paul Randall, technicien d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) à Summerland, Colombie-Britannique. En 2011 et 2012, ces traitements ont été effectués par l'équipe de Stéphan Pouleur, chercheur en phytopathologie à la station d'AAC à Québec (Sainte-Foy) avec le même équipement (à l'exception des équipements de chromatographie en phase gazeuse) et selon le même protocole. Les traitements à la chaleur sèche et au Vitaflo, quant à eux, ont été réalisés au CÉROM, à Saint-Mathieu-de-Beloeil. Chacun des traitements a été appliqué séparément sur quatre sous-échantillons de chacun des lots. Les quatre sous-échantillons constituaient ainsi les quatre blocs (répétitions) des évaluations ultérieures en laboratoire, en cabinet de croissance et au champ. Les différentes évaluations sont décrites brièvement dans ce rapport. Les protocoles détaillés peuvent, toutefois, être fournis sur demande.

Évaluation en laboratoire et en cabinet de croissance : La germination sur papier buvard a été abandonnée en 2011 et 2012 étant donné que la levée prise 7 j après le semis dans les tests en cabinets de croissance correspond à la germination. De plus, cette dernière méthode sur sable se rapproche beaucoup plus des méthodes officielles utilisées (ACIA 1997. *Méthodes et procédés canadiens d'essai des semences*). Les tests pour déterminer le taux de contamination par *Fg* et *Bs* ont été réalisés pour tous les lots selon les méthodes décrites au protocole. Après traitements, 50 grains par échantillon ont servi à déterminer le taux de contamination par *Fg* et 50 autres grains ont servi à déterminer la contamination par *Bs*. Cent grains par échantillon ont été semés en caissettes sur substrat de sable afin d'évaluer la germination 7 j après le semis. Vingt-et-un jours après le semis, la levée des plantules, leur indice de pourriture des racines (IP) ainsi que leur rendement en matière sèche (MS) (poids des parties aériennes) ont également été évalués. Cette dernière variable n'a pas pu cependant être déterminée pour les lots de 2010 dû à un problème survenu lors de l'utilisation de la balance. Le reste des grains a été utilisé pour les essais au champ.

Évaluation au champ : L'évaluation au champ comprenait un essai orge et un essai blé semés à deux stations expérimentales, celle du CÉROM à Saint-Mathieu-de-Beloeil (dans la section biologique) sur un sol argileux de la série Saint-Urbain et celle de l'Université Laval à Saint-Augustin-de-Desmaures sur un loam de la série Tilly. Aucun intrant minéral ou chimique n'a été appliqué dans ces essais, à l'exception du traitement de semences témoin Vitaflo. Les parcelles de chaque essai ont été établies selon un dispositif en quatre blocs complets aléatoires comprenant 18 parcelles par bloc pour l'essai blé et 12 parcelles par bloc pour l'essai orge, soit les six traitements appliqués aux trois lots de blé ou aux deux lots d'orge à l'étude :

- Essai blé : 3 lots x 6 traitements x 4 blocs = 72 parcelles;
- Essai orge : 2 lots x 6 traitements x 4 blocs = 48 parcelles;
- Soit 72 parcelles de blé + 48 parcelles d'orge = 120 parcelles / station;
- Ce qui totalise 240 parcelles pour les deux stations.

Tel que prévu, la densité de peuplement de la céréale a été mesurée peu après la levée (stade trois-feuilles); l'intensité des maladies foliaires et le nombre d'épis charbonnés ont été notés entre le stade mi-laiteux et mi-pâteux; et les paramètres de rendement ont été déterminés après récolte.

Volet 2

Ce volet du projet a été confié à une étudiante de l'Université Laval, Mme Hassiba Neched, qui a débuté sa maîtrise dans le programme de microbiologie agroalimentaire en septembre 2010. Mme Neched est supervisée par Khaled Belkacemi, professeur au Département des sols et de génie agroalimentaire, et co-supervisée par Sylvie Rioux, chercheur au CÉROM. Tel que prévu, Mme Neched a d'abord procédé au montage de l'appareillage destiné aux traitements à l'ozone et à

l'oxygène pur. Il comprenait *grosso-modo* un générateur d'ozone relié en amont à une bouteille d'oxygène munie d'un régulateur de débit. Une trappe était placée en aval du générateur afin d'éviter tout retour d'ozone vers celui-ci. Des valves ont été disposées de façon à pouvoir moduler le traitement avec de l'oxygène pur ou de l'ozone. Pour ne pas assécher les grains lors du traitement, les gaz ont été humectés en passant dans une colonne d'eau avant d'entrer dans la colonne en plexiglas qui contenait les grains. Cette colonne en plexiglas, opérée en lit fixe, constituait le réacteur de traitement. Un analyseur d'ozone a été mis en place à la sortie du réacteur pour mesurer la quantité d'ozone utilisée durant le traitement. Finalement, afin de rendre les conditions de travail les plus sécuritaires possibles à cause du danger que représentent les émissions d'ozone à de fortes doses, l'appareillage a été monté dans une hotte chimique et des destructeurs d'ozone qui permettent d'éliminer l'ozone résiduel ont été installés à la sortie du système.

Étant donné les résultats du volet 1 qui montrent qu'il est plus difficile de maîtriser *Bs* que de maîtriser *Fg*, nous avons décidé de concentrer nos efforts sur *Bs*. Les essais préliminaires ont donc été réalisés sur quelques lots de blé et d'orge fortement contaminés par *Bs* (> 50 % de contamination). Dans ce rapport, nous présentons les résultats de tests réalisés sur un lot de blé cv Orléans contaminé par *Bs* à 52 % et un lot d'orge cv Newdale fortement contaminé par *Bs* (96 %). Pour l'oxygène pur, trois concentrations ont été testées : 0,50 l/min, 0,75 l/min, 1,00 l/min; ainsi que neuf temps d'exposition : 1, 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40 et 60 min. Pour l'ozone, les concentrations testées étaient 1, 4 et 5 ppm et les temps d'exposition étaient 5, 10, 15 et 20 min.

En complément à ces tests, des traitements utilisant des ultrasons et de l'éthanol ont été réalisés chez l'orge qui semblait moins bien répondre aux traitements oxydatifs. Pour ce faire, un autre lot d'orge cv Newdale fortement contaminé par *Bs* (100 %) a servi à cette étude exploratoire (une seule répétition) qui comprenait cinq traitements : 1) témoin sans traitement, 2) trempage des grains dans l'eau suivi d'un traitement aux ultrasons, 3) trempage des grains dans de l'éthanol suivi d'un traitement aux ultrasons, 4) traitement aux ultrasons sans trempage préalable des grains et 5) trempage des grains dans de l'éthanol.

Résultats obtenus – Volet 1 :

Légende des traitements :

- Témoin : aucun traitement de semences
- VAA-S : vapeur d'acide acétique – simple dose
- VAA-D : vapeur d'acide acétique – double dose
- Chaleur : chaleur sèche
- Vitaflo : traitement avec le fongicide Vitaflo-280 à base de carbathiine et de thiram
- H₂O : vapeur d'eau qui constitue le témoin des traitements VAA

Pour toute la section Résultats, les traitements de semences sont comparés au traitement Témoin n'ayant reçu aucun traitement. Les résultats du traitement H₂O sont présentés dans les tableaux, mais ne sont pas discutés dans le texte.

Résultats des tests en laboratoire

La contamination par *Fg* a été réduite, autant chez l'orge que chez le blé, par les trois traitements de semences sans fongicide, Chaleur, VAA-D et VAA-S (tableaux 2 à 4). Pour les lots fortement contaminés (> 20 %), tous ces traitements ont permis d'abaisser le taux de contamination par *Fg*

sous le seuil de 15 %. Quant au Vitaflo, il n'a eu aucun effet sur cette variable chez l'orge, alors que chez le blé il a réduit ce taux dans plus de la moitié des lots, mais les réductions étaient moindres que celles obtenues avec le traitement Chaleur.

Pour ce qui est de la contamination par *Bs*, les traitements Vitaflo (chez cinq lots d'orge sur six et les neuf lots de blé) et VAA-D (chez cinq lots d'orge et quatre lots de blé) ont le plus souvent diminué cette variable, suivi du traitement VAA-S, puis du traitement Chaleur (tableaux 5 à 7). Ce dernier traitement n'a d'ailleurs eu aucun effet chez les lots d'orge évalués. Pour les lots fortement contaminés par *Bs* (> 50 %), que ce soit chez l'orge ou le blé, les traitements sans fongicide n'ont pas pu réduire ce taux sous le seuil de 30 %, sauf VAA-D chez un lot d'orge, alors que le Vitaflo l'a permis dans la plupart des cas chez l'orge et dans tous les cas chez le blé.

Tableau 2. Évaluation du taux de contamination par *F. graminearum* de cinq lots d'orge et blé, en 2010

Traitement / Lot / cultivar	% grains contaminés par <i>F. graminearum</i>				
	Orge Fg --	Orge Bs-Fg Newdale	Blé Fg AC Barrie	Blé Bs AC Brio	Blé Témoin AC Barrie
Témoin	48,5 ab	36,5 ab	25,0 a	11,0 a	11,0 bc
VAA-S	14,5 c	9,0 c	8,0 c	4,5 bc	6,0 cd
VAA-D	6,5 c	7,0 c	2,5 d	2,0 c	3,0 d
Chaleur	3,5 c	3,0 c	2,0 d	2,0 c	10,5 bc
Vitaflo	63,0 a	42,0 a	20,0 b	4,5 bc	15,0 ab
H2O	45,0 b	26,0 b	24,5 ab	8,0 ab	19,5 a

Pour chaque colonne, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$).

Tableau 3. Évaluation du taux de contamination par *F. graminearum* de cinq lots d'orge et blé, en 2011

Traitement / Lot / cultivar	% grains contaminés par <i>F. graminearum</i>				
	Orge Fg-Bs Tradition	Orge Bs Newdale	Blé Fg AC Brio	Blé Bs Orléans	Blé Témoin AC Brio
Témoin	41,0 a	13,5 a	34,0 a	4,5 a	12,0 a
VAA-S	4,5 b	1,0 b	5,0 cd	1,0 b	5,0 a
VAA-D	1,0 b	0,5 b	4,0 cd	0,0 b	6,5 a
Chaleur	0,0 b	0,0b	0,0 d	0,0 b	0,0 b
Vitaflo	48,0 a	8,5 a	7,0 c	1,0 b	7,5 a
H2O	45,0 a	7,5 a	22,0 b	6,0 a	8,0 a

Pour chaque colonne, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$).

Tableau 4. Évaluation du taux de contamination par *F. graminearum* de cinq lots d'orge et blé, en 2012

Traitement	% grains contaminés par <i>F. graminearum</i>					
	/ Lot	Orge Fg-Bs	Orge Bs	Blé Fg-Bs	Blé Bs	Blé Témoin
	/ cultivar	Hawkeye	Newdale	Torka	Orléans	Orléans
Témoin		13,0 a	6,5 ab	24,0 a	2,0	3,0 bcd
VAA-S		2,5 bc	0,0 c	10,0 bc	2,0	3,5 abc
VAA-D		2,5 bc	1,0 c	4,0 cd	0,0	4,5 ab
Chaleur		0,0 c	0,0 c	0,0 d	0,0	0,0 d
Vitaflo		7,5 ab	9,5 a	8,0 bcd	0,0	6,5 a
H2O		7,5 ab	4,0 b	17,0 ab	1,0	0,5 cd

Pour chaque colonne, les moyennes suivies d'une même lettre ou n'ayant aucune lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$) ; ¹ Moyennes détransformées du logarithme.

Tableau 5. Évaluation du taux de contamination par *B. sorokiniana* de cinq lots d'orge et blé, en 2010

Traitement	% grains contaminés par <i>B. sorokiniana</i>					
	/ Lot	Orge Fg	Orge Bs-Fg	Blé Fg	Blé Bs	Blé Témoin ¹
	/ cultivar	--	Newdale	AC Barrie	AC Brio	AC Barrie
Témoin		0,0 b	93,5 a	23,5 a	70,0 a	17,5 b
VAA-S		1,5 b	65,0 b	10,0 b	37,0 b	40,5 a
VAA-D		2,5 b	64,5 b	10,5 b	36,5 b	40,0 a
Chaleur		8,5 a	97,0 a	27,5 a	58,5 a	43,0 a
Vitaflo		0,0 b	34,0 c	2,0 b	26,0 b	5,0 c
H2O		2,0 b	92,5 a	21,5 a	65,5 a	56,5 a

Pour chaque colonne, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$) ; ¹ Moyennes détransformées du logarithme.

Tableau 6. Évaluation du taux de contamination par *B. sorokiniana* de cinq lots d'orge et blé, en 2011

Traitement	% grains contaminés par <i>B. sorokiniana</i>					
	/ Lot	Orge Fg-Bs	Orge Bs ¹	Blé Fg	Blé Bs	Blé Témoin
	/ cultivar	Tradition	Newdale	AC Brio	Orléans	AC Brio
Témoin		32,0 a	91,0 a	27,0 ab	70,5 a	24,0 a
VAA-S		13,5 b	71,5 ab	15,0 bc	60,5 ab	24,0 a
VAA-D		10,7 b	49,0 b	18,0 bc	41,0 cd	18,0 a
Chaleur		46,0 a	87,0 a	34,5 a	50,5 bc	18,0 a
Vitaflo		1,5 b	15,5 c	7,5 c	29,5 d	2,0 b
H2O		39,5 a	83,5 a	31,5 a	61,5 ab	28,0 a

Pour chaque colonne, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$) ; ¹ Moyennes détransformées du logarithme.

Tableau 7. Évaluation du taux de contamination par *B. sorokiniana* de cinq lots d'orge et blé, en 2012

Traitement	% grains contaminés par <i>B. sorokiniana</i>					
	/ Lot	Orge Fg-Bs	Orge Bs	Blé Fg-Bs	Blé Bs	Blé Témoin
	/ cultivar	Hawkeye	Newdale	Torka	Orléans	Orléans
Témoin		62,5 a	100,0 a	55,5 a	60,5 a	16,5 abc
VAA-S		32,0 b	94,5 ab	52,0 a	40,0 ab	20,5 a
VAA-D		25,0 b	92,0 b	49,5 a	37,5 bc	10,0 c
Chaleur		64,5 a	99,0 a	44,0 a	24,5 c	12,5 bc
Vitaflo		7,0 c	61,0 c	11,0 b	8,0 d	0,5 d
H20		62,0 a	100,0 a	65,5 a	60,5 a	17,0 ab

Pour chaque colonne, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$).

Résultats des tests en cabinet de croissance

Orge

En général, les traitements de semences n'ont pas eu d'effet sur la germination de l'orge lorsque comparés au traitement Témoin (tableaux 8 à 10). Seuls les traitements Vitaflo et VAA-D ont amélioré cette variable chez un lot seulement et le traitement VAA-D l'a détérioré chez un autre lot, soit l'orge nue Hawkeye.

Le nombre de plantules évalué 21 j après le semis (levée) était passablement plus faible que le nombre évalué à 7 j (germination). Cette réduction du nombre entre 21 j et 7 j qui variait de 22 à 64 % (traitement Témoin), s'explique par l'effet des agents pathogènes présents dans la semence puisque les traitements de semences, qui ont permis de réduire la contamination de *Fg* et *Bs* (tableaux 5 à 7), ont aussi permis, en général, une meilleure levée que celle du traitement Témoin ainsi qu'un plus faible indice de pourriture des racines des plantules restantes (IP) (tableaux 8 à 10). Cependant, il y a un lot d'orge (Fg-Bs 2012; tableau 10) où seul le traitement Vitaflo a amélioré la levée par rapport au traitement Témoin et où aucune différence significative n'a été observée entre les traitements pour la variable IP.

Chez les quatre lots où le rendement en MS a pu être évalué, on a noté un effet bénéfique des traitements de semences en général, sauf encore une fois pour le lot Orge Fg-Bs 2012 où aucune différence significative n'a été observée entre les traitements.

Tableau 8. Évaluation, en cabinets de croissance sur substrat de sable, de deux lots d'orge contaminés par *F. graminearum* ou *B. sorokiniana*, en 2010

Traitement	Orge Fg			Orge Bs-Fg (Newdale)		
	Germ. (%)	Levée 21 j (%)	IP (0-9)	Germ. (%)	Levée 21 j (%)	IP (0-9)
Témoin	74,5	26,5 b	7,4 a	82,8	58,5 b	5,8 a
VAA-S	77,5	68,0 a	3,2 b	90,3	81,3 a	4,0 c
VAA-D	73,0	69,0 a	1,7 c	81,0	77,8 a	3,1 d
Chaleur	69,5	66,3 a	2,0 c	80,8	67,3 ab	5,2 ab
Vitaflo	79,3	33,3 b	7,2 a	89,3	80,8 a	4,3 bc
H20	76,5	29,5 b	7,3 a	77,5	58,3 b	5,9 a

Pour chaque colonne, les moyennes n'ayant aucune lettre ou étant suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$).

Tableau 9. Évaluation, en cabinets de croissance sur substrat de sable, de deux lots d'orge contaminés par *F. graminearum* ou *B. sorokiniana*, en 2011

Traitement	Orge Fg-Bs (Tradition)				Orge Bs (Newdale)			
	Germ. (%)	Levée 21 j (%)	IP (0-9)	MS (g)	Germ. (%)	Levée 21 j (%)	IP (0-9)	MS (g)
Témoin	78,5	44,5 b	5,6 a	1,90 b	90,8 bc	54,3 d	6,4 a	2,05 c
VAA-S	83,0	69,3 a	3,7 b	2,70 a	91,8 abc	59,8 bcd	5,9 a	2,40 bc
VAA-D	82,8	77,8 a	2,7 c	2,92 a	95,8 a	67,3 ab	5,2 b	3,14 a
Chaleur	83,8	70,0 a	4,4 b	2,90 a	93,3 ab	63,3 bc	6,2 a	2,63 b
Vitaflo	79,0	67,5 a	4,0 b	2,74 a	93,0 ab	72,3 a	4,8 b	3,56 a
H2O	80,0	51,8 b	5,8 a	2,16 b	88,0 c	56,8 cd	6,0 a	2,15 bc

Pour chaque colonne, les moyennes n'ayant aucune lettre ou étant suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$); MS = rendement en matière sèche des plantules âgées de 21 j.

Tableau 10. Évaluation, en cabinets de croissance sur substrat de sable, de deux lots d'orge contaminés par *F. graminearum* ou *B. sorokiniana*, en 2012

Traitement	Orge Fg-Bs (Hawkeye)				Orge Bs (Newdale)			
	Germ. (%)	Levée 21 j (%)	IP (0-9)	MS (g)	Germ. (%)	Levée 21 j (%)	IP (0-9)	MS (g)
Témoin	70,5 b	54,8 bc	5,8	1,76	77,3	51,0 c	7,0 a	1,54 c
VAA-S	73,0 b	53,5 bc	5,0	1,63	80,3	54,5 bc	7,0 a	1,82 abc
VAA-D	59,8 c	49,5 c	5,0	1,39	85,8	61,5 ab	7,0 a	1,97 ab
Chaleur	73,8 b	58,3 bc	5,3	1,63	86,3	67,5 a	6,1 b	2,03 a
Vitaflo	83,3 a	74,5 a	4,5	2,08	86,5	68,5 a	6,4 b	1,87 ab
H2O	75,3 b	60,5 b	5,2	1,77	77,8	53,5 bc	7,0 a	1,71 bc

Pour chaque colonne, les moyennes n'ayant aucune lettre ou étant suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$); MS = rendement en matière sèche des plantules âgées de 21 j.

Blé

Chez les trois lots témoins peu contaminés (tableau 14), les traitements de semences n'ont pas eu d'effet sur la germination, sauf le traitement VAA-D qui a réduit cette variable dans un cas. Chez les six lots de blé contaminés par *Fg* ou *Bs* (tableaux 11 à 13), les traitements de semences ont eu des effets variables sur la germination. Le traitement VAA-S n'a pas eu d'effet sur la germination (non différent du Témoin), alors que le traitement VAA-D l'a réduite dans la moitié des lots contaminés et n'a pas eu d'effet chez les autres lots. Trois cultivars sur quatre ont été touchés par la réduction de germination causée par le traitement VAA-D, soit AC Brio (Blé Bs 2010), Orléans (Blé Bs 2011 et 2012) et AC Barrie (Blé Témoin 2010). Le Vitaflo a amélioré la germination, la rendant supérieure ou égale à 85 % chez cinq lots, alors que la Chaleur a eu ce même effet bénéfique chez trois lots; dans les autres cas, ces deux traitements n'ont pas eu d'effet significatif sur la germination comparativement au traitement Témoin.

La réduction du nombre de plantules viables entre le 7^{ième} jour (germination) et le 21^{ième} jour suivant le semis a été de 12 à 37 % (données des traitements Témoin); une réduction moins prononcée que chez l'orge. Les traitements Vitaflo, Chaleur et VAA-S ont soit amélioré la levée ou n'ont eu aucun effet sur cette variable. Le Vitaflo a amélioré la levée chez le plus grand nombre de lots, sept sur neuf, suivi de la Chaleur avec six lots et de VAA-S avec quatre lots. Le traitement VAA-D a amélioré la levée chez trois lots, mais l'a réduite chez deux lots, et n'a pas eu d'effet chez les quatre autres lots.

Pour ce qui est des symptômes de pourriture sur les racines (IP), les traitements de semences ont soit réduit ces symptômes ou n'ont pas eu d'effet par rapport au traitement Témoin. Le traitement VAA-D a réduit l'IP chez sept lots sur neuf, le Vitaflo chez six lots, la Chaleur chez cinq lots et le traitement VAA-S chez trois lots. Un gain du rendement en MS a été observé dans la moitié des cas où un traitement a soit amélioré la levée ou réduit les symptômes sur les racines (8 sur 18; tableaux 12 à 14). Aucun traitement de semences n'a réduit le rendement, y compris le traitement VAA-D qui a réduit la germination de certains lots. Il semble que la réduction des symptômes sur les plantules due à ce traitement ait compensé pour la plus grande perte de plantules (lots Blé Bs 2011, 2012; tableaux 12 et 13).

Tableau 11. Évaluation, en cabinets de croissance sur substrat de sable, de deux lots de blé contaminés par *F. graminearum* ou *B. sorokiniana*, en 2010

Traitement	Blé Fg (AC Barrie)			Blé Bs (AC Brio)		
	Germ. (%)	Levée 21 j (%)	IP (0-9)	Germ. (%)	Levée 21 j (%)	IP (0-9)
Témoin	80,8 bc	69,3 c	5,0 a	80,5 b	70,8 b	4,1 a
VAA-S	87,0 ab	85,5 a	3,4 bc	78,5 b	74,8 b	3,4 bc
VAA-D	79,5 c	78,5 ab	2,8 c	62,3 c	60,3 c	3,0 c
Chaleur	84,8 abc	80,8 ab	3,7 b	89,5 a	87,0 a	3,9 ab
Vitaflo	89,8 a	83,8 a	3,8 b	94,5 a	91,0 a	3,8 ab
H2O	84,3 abc	72,5 bc	4,9 a	79,8 b	74,3 b	4,3 a

Pour chaque colonne, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$).

Tableau 12. Évaluation, en cabinets de croissance sur substrat de sable, de deux lots de blé contaminés par *F. graminearum* ou *B. sorokiniana*, en 2011

Traitement	Blé Fg (AC Brio)				Blé Bs (Orléans)			
	Germ. (%)	Levée 21 j (%)	IP (0-9)	MS (g)	Germ. (%)	Levée 21 j (%)	IP (0-9)	MS (g)
Témoin	82,5	54,3 b	5,4 a	3,13 c	79,0 cd	49,6 c	5,7 a	1,83 ab
VAA-S	85,0	69,0 a	4,1 b	3,93 a	82,3 bc	56,9 bc	5,4 ab	2,07 a
VAA-D	84,0	68,3 a	3,9 b	3,97 a	68,0 e	47,7 c	5,1 bc	1,65 bc
Chaleur	88,3	71,3 a	4,1 b	3,72 ab	85,3 b	61,2 b	5,3 ab	2,14 a
Vitaflo	88,0	72,3 a	4,0 b	3,86 a	95,3 a	70,9 a	4,8 c	2,00 ab
H2O	81,8	57,3 b	5,3 a	3,20 bc	74,5 d	48,4 c	5,4 ab	1,41 c

Pour chaque colonne, les moyennes n'ayant aucune lettre ou étant suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$).

Tableau 13. Évaluation, en cabinets de croissance sur substrat de sable, de deux lots de blé contaminés par *F. graminearum* ou *B. sorokiniana*, en 2012

Traitement	Blé Fg-Bs (Torka)				Blé Bs (Orléans)			
	Germ. (%)	Levée 21 j (%)	IP (0-9)	MS (g)	Germ. (%)	Levée 21 j (%)	IP (0-9)	MS (g)
Témoin	66,5 bc	57,8 c	4,6 a	1,35 c	71,5 bc	55,8 b	5,7	1,15 b
VAA-S	76,3 b	68,8 b	4,0 ab	1,59 b	73,3 bc	59,5 b	5,1	1,23 b
VAA-D	64,5 c	60,5 bc	3,9 ab	1,39 c	58,0 d	48,5 c	5,0	1,10 b
Chaleur	90,5 a	87,3 a	3,1 b	2,03 a	78,3 ab	60,8 b	5,4	1,24 b
Vitaflo	91,5 a	87,3 a	3,2 b	2,02 a	85,0 a	72,3 a	4,9	1,67 a
H2O	67,3 bc	57,8 c	4,7 a	1,33 c	66,8 c	54,0 bc	5,5	1,11 b

Pour chaque colonne, les moyennes n'ayant aucune lettre ou étant suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$).

Tableau 14. Évaluation, en cabinets de croissance sur substrat de sable, de trois lots de blé témoin peu contaminés par *F. graminearum* ou *B. sorokiniana*, 2010 à 2012

Trait.	2010 (AC Barrie)			2011 (AC Brio)				2012 (Orléans)			
	Germ. (%)	Levée (%)	IP (0-9)	Germ. (%)	Levée (%)	IP (0-9)	MS (g)	Germ. (%)	Levée (%)	IP (0-9)	MS (g)
Témoin	72,0 a	60,8 ab	5,0 ab	80,3	59,3 d	4,3 a	2,18	78,0	56,3	6,3 a	1,85
VAA-S	71,3 a	63,8 ab	4,6 bc	84,5	68,3 bc	4,2 ab	2,37	82,3	54,0	6,1 ab	1,65
VAA-D	58,5 b	54,0 bc	4,1 c	86,8	69,8 abc	3,7 bc	2,50	81,8	63,8	5,6 bc	1,98
Chaleur	75,8 a	66,3 a	4,8 abc	87,3	75,5 ab	3,5 c	2,48	81,3	65,8	5,5 bc	1,89
Vitaflo	75,8 a	65,3 a	4,7 bc	86,8	77,8 a	3,4 c	2,62	84,8	77,0	5,1 c	1,84
H2O	58,3 b	47,8 c	5,6 a	81,0	64,3 cd	4,5 a	2,26	79,5	57,8	6,3 a	1,79

Pour chaque colonne, les moyennes n'ayant aucune lettre ou étant suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$).

Résultats des tests au champ

Les résultats de levée et de rendement en grains des essais d'orge et de blé réalisés au champ sont présentés dans les tableaux 15 à 21. Le nombre d'épis charbonnés, l'intensité des taches foliaires, le poids spécifique pour 13 des 15 lots évalués ainsi que le poids de 1000 grains ne sont pas présentés étant donné que les traitements n'ont eu aucun effet sur ces variables.

En résumé, chez l'orge (tableaux 15 à 17) aucune réduction de rendement en grains n'a été observée au cours des trois années de l'étude, même pour les traitements (VAA-S, VAA-D et Chaleur) où une réduction de levée avait été observée chez l'orge nue Hawkeye (Orge Fg-Bs) aux deux stations (tableau 17). Ces mêmes traitements chez ce même lot ont toutefois réduit le poids spécifique. Une augmentation significative de rendement a été observée avec les traitements VAA-D et Vitaflo pour un lot d'orge à une station (tableau 17). Chez le blé (tableaux 18 à 21), à chaque année, le traitement VAA-D a entraîné des pertes de rendement à une station chez au moins un lot, et le traitement VAA-S a eu cet effet négatif une seule année (2010; tableau 18) pour un seul lot à une station. Chez ce lot, des réductions de levée avaient été observées pour le traitement VAA-D, mais pas pour VAA-S. Le seul gain de rendement observé chez le blé au cours des trois années a été obtenu à une seule station chez un lot traité au Vitaflo (tableau 19).

Tableau 15. Évaluation au champ à deux stations expérimentales de deux lots d'orge contaminés par *F. graminearum* ou *B. sorokiniana*, en 2010

Traitement	Orge Fg				Orge Bs-Fg (Newdale)			
	Saint-Augustin		Saint-Mathieu		Saint-Augustin		Saint-Mathieu	
	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)
Témoin	55,9	5519	46,5	5758	43,8	4483	42,3	3648
VAA-S	64,4	5649	47,4	5278	60,3	4394	50,6	3688
VAA-D	51,2	5570	37,6	5322	58,3	4632	42,3	3656
Chaleur	61,3	5694	42,5	5031	53,3	4568	45,4	3577
Vitaflo	61,5	5838	42,5	4861	57,2	4290	52,0	3773
H20	56,7	5517	44,5	5379	46,2	4195	40,8	3731

Pour chaque colonne, les moyennes ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$).

Tableau 16. Évaluation au champ à deux stations expérimentales de deux lots d'orge contaminés par *F. graminearum* ou *B. sorokiniana*, en 2011

Traitement	Orge Fg-Bs (Tradition)				Orge Bs (Newdale)			
	Saint-Augustin		Saint-Mathieu		Saint-Augustin		Saint-Mathieu	
	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)
Témoin	55,5	4797	27,6	4972	52,7 b	4311 ab	30,8	4231
VAA-S	57,3	5019	30,3	4570	62,3 ab	4279 ab	31,7	4446
VAA-D	57,9	4986	30,0	5519	59,8 ab	4124 b	33,4	4598
Chaleur	64,8	5291	28,8	4657	68,8 a	4615 a	33,1	4148
Vitaflo	63,4	4683	29,4	5152	69,9 a	4072 b	41,5	4778
H20	61,5	4952	30,9	4261	60,8 ab	4022 b	35,2	4266

Pour chaque colonne, les moyennes n'ayant aucune lettre ou étant suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$).

Tableau 17. Évaluation au champ à deux stations expérimentales de deux lots d'orge contaminés par *F. graminearum* ou *B. sorokiniana*, en 2012

Traitement	Orge Fg-Bs (Hawkeye)					Orge Bs (Newdale)			
	Saint-Augustin			Saint-Mathieu		Saint-Augustin		Saint-Mathieu	
	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Pds spéc. (kg/hl)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)
Témoin	33,4 b	4652 ab	73,4 a	53,3 b	3259	34,8 c	3672 bc	39,8 d	3985
VAA-S	22,5 cd	4280 b	70,2 bc	37,1 d	3871	55,3 ab	3976 ab	63,0 b	3030
VAA-D	19,3 d	4389 b	68,4 c	28,8 e	3181	50,9 b	4184 a	66,4 ab	3496
Chaleur	21,4 cd	4224 b	69,9 c	40,7 d	3025	49,2 b	4011 ab	69,1 a	3367
Vitaflo	45,3 a	5240 a	74,3 a	58,1 a	3452	59,9 a	4202 a	63,4 b	4334
H20	29,2 bc	4817 ab	72,9 ab	45,9 c	2883	33,7 c	3443 c	47,7 c	2388

Pour chaque colonne, les moyennes n'ayant aucune lettre ou étant suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$).

Tableau 18. Évaluation au champ à deux stations expérimentales de deux lots de blé contaminés par *F. graminearum* ou *B. sorokiniana*, en 2010

Traitement	Blé Fg (AC Barrie)				Blé Bs (AC Brio)			
	Saint-Augustin		Saint-Mathieu		Saint-Augustin		Saint-Mathieu	
	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)
Témoin	68,0	4094	61,9	3603	54,5 c	3692	45,9 bc	3065 ab
VAA-S	75,1	3881	62,6	3300	59,0 bc	3891	53,9 ab	2777 c
VAA-D	63,0	3854	51,6	3175	35,3 d	3230	40,5 c	2758 c
Chaleur	79,3	3980	62,4	3269	70,3 a	4008	62,1 a	3028 b
Vitaflo	75,2	4009	64,8	3342	68,2 ab	3808	61,6 a	3278 a
H20	76,8	4039	61,1	3319	62,4 abc	3878	53,5 ab	3072 ab

Pour chaque colonne, les moyennes n'ayant aucune lettre ou étant suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$).

Tableau 19. Évaluation au champ à deux stations expérimentales de deux lots de blé contaminés par *F. graminearum* ou *B. sorokiniana*, en 2011

Traitement	Blé Fg (AC Brio)				Blé Bs (Orléans)			
	Saint-Augustin		Saint-Mathieu		Saint-Augustin		Saint-Mathieu	
	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)
Témoin	57,3 c	2736	22,8	3079 a	44,5 b	2482 ab	15,3 bc	2227 b
VAA-S	68,8 ab	2634	23,8	2846 a	61,8 a	2617 a	17,9 b	2380 ab
VAA-D	56,5 c	2727	17,3	2405 b	27,5 c	2316 b	7,3 c	1114 c
Chaleur	73,6 a	2588	28,2	2923 a	66,5 a	2611 a	23,2 ab	2496 ab
Vitaflo	62,3 bc	2659	25,3	3030 a	68,1 a	2604 a	28,9 a	2947 a
H20	61,0 bc	2742	19,3	2694 ab	45,4 b	2390 b	16,3 b	2031 b

Pour chaque colonne, les moyennes n'ayant aucune lettre ou étant suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$).

Tableau 20. Évaluation au champ à deux stations expérimentales de deux lots de blé contaminés par *F. graminearum* ou *B. sorokiniana*, en 2012

Traitement	Blé Fg-Bs (Torka)					Blé Bs (Orléans)			
	Saint-Augustin			Saint-Mathieu		Saint-Augustin		Saint-Mathieu	
	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Pds spéc. (kg/hl)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)
Témoin	52,8 abc	2687	74,0 a	58,8 cd	2172	47,6 bc	2298 a	62,5 c	4502
VAA-S	63,6 ab	2788	74,7 a	70,1 bc	1869	51,7 bc	2558 a	67,1 bc	4401
VAA-D	36,6 c	2424	72,5b	53,8 d	1923	27,8 d	1904 b	46,5 d	4357
Chaleur	67,8 ab	2653	74,6 a	86,1 a	1675	58,4 b	2600 a	84,3 a	4483
Vitaflo	70,8 a	2990	74,9 a	79,6 ab	2646	70,1 a	2639 a	76,3 ab	4594
H20	49,5 bc	2549	74,5 a	64,1 cd	2172	46,8 c	2350 a	66,3 bc	4249

Pour chaque colonne, les moyennes n'ayant aucune lettre ou étant suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$).

Tableau 21. Évaluation au champ à deux stations expérimentales de trois lots de blé témoin peu contaminés par *F. graminearum* ou *B. sorokiniana*, 2010 à 2012

Traitement	2010 (AC Barrie)				2011 (AC Brio)				2012 (Orléans)			
	Saint-Augustin		Saint-Mathieu		Saint-Augustin		Saint-Mathieu		Saint-Augustin		Saint-Mathieu	
	Levée ¹ (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)	Levée (nb/m)	Rdmt (kg/ha)
Témoin	75,3 ab	3790	62,8	3347	65,6	2617	22,3	2606	59,2	2432	62,9	4526
VAA-S	80,3 ab	3809	60,5	3464	73,3	2645	23,1	2921	54,7	2537	63,5	4743
VAA-D	56,3 c	3885	55,5	3566	58,0	2483	18,5	2584	46,8	2603	62,0	4171
Chaleur	78,3 ab	3881	69,6	3328	74,3	2597	26,7	2782	59,8	2603	74,9	4388
Vitaflo	86,8 ab	3917	68,1	3506	72,6	2483	28,1	3083	62,4	2414	66,8	4496
H2O	69,3 b	3780	62,9	3471	68,2	2357	26,9	3047	52,2	2463	66,4	4474

Pour chaque colonne, les moyennes n'ayant aucune lettre ou étant suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$); ¹ Moyennes détransformées du logarithme.

Discussion des résultats du volet 1

Les résultats ont montré qu'il était plus difficile de réduire *Bs* dans les grains que de réduire *Fg*. Tous les traitements ont permis de réduire *Fg*, sauf le Vitaflo surtout chez l'orge, alors que pour réduire *Bs* c'est le Vitaflo qui a été le traitement le plus efficace. Les traitements sans fongicide ont aussi réduit la contamination par *Bs*, mais n'ont pu, dans le cas de lots fortement contaminés (> 50 %), à la réduire sous le seuil de 30 %, sauf le traitement VAA-D pour un lot d'orge.

Le traitement Chaleur a amélioré la germination chez trois lots de blé et le Vitaflo chez cinq lots de blé et un lot d'orge. Ces résultats avec le Vitaflo peuvent s'expliquer par l'efficacité de celui-ci à réduire la contamination par *Bs*. Les résultats ont aussi montré que le traitement VAA-D affecte l'embryon au point de réduire la germination dans plusieurs cas, soit chez quatre lots de blé appartenant à trois cultivars différents et chez le lot d'orge nue Hawkeye. L'effet délétère de ce traitement sur l'embryon n'est donc pas spécifique à un cultivar, mais serait plutôt lié à l'absence de glumes sur les grains. Les espèces ou cultivars à grains nus seraient plus à risque pour ce traitement. Cependant ce traitement a été très efficace pour réduire l'intensité des symptômes de pourriture sur les racines des plantules, de sorte que les plantules qui ont pu lever étaient plus saines. La meilleure santé de ces plantules issues de semences traitées au VAA-D a probablement permis de pallier à leur nombre réduit puisque le rendement en MS des plantules évaluées sur sable en cabinet de croissance n'était pas différent de celui du traitement Témoin.

Dans les tests réalisés en cabinet de croissance, les traitements de semences ont, en général, permis un rendement en MS des plantules supérieur à celui du traitement Témoin et ce, pour presque tous les lots d'orge et pour la moitié des lots de blé. Au champ par contre, très peu de gains de rendement ont été observés; seuls les traitements Vitaflo pour un lot d'orge et un lot de blé et VAA-D pour un lot d'orge (vêtue) ont permis un tel gain à une station. Chez le blé, une réduction de rendement en grains a même été observée dans quatre cas pour le traitement VAA-D et dans un cas pour le traitement VAA-S. Comment expliquer cette différence entre les données de rendement provenant du champ et celles provenant des cabinets de croissance ? Les tests en cabinets de croissance sont réalisés dans des conditions de températures élevées et de faible humidité du sol qui favorisent les maladies de racines causées par les champignons présents dans la semence, alors qu'au champ les conditions ne sont pas nécessairement adéquates pour le développement de ces maladies. Aussi, au champ, d'autres agents pathogènes du sol peuvent intervenir et causer des maladies sur les racines masquant ainsi l'effet bénéfique des traitements de semences, ce qui n'est pas le cas des tests réalisés sur du sable, un substrat inerte que l'on peut considérer comme exempt d'agents pathogènes.

Résultats obtenus – Volet 2 :

Les résultats extraits du mémoire de Mme Hassiba Neched sont présentés aux tableaux 22 à 26. En ce qui concerne les résultats des traitements à l'oxygène pur, seuls ceux de la concentration 0,50 l/min sont présentés dans le rapport étant donné que les tendances sont similaires avec les deux autres concentrations, 0,75 l/min et 1,00 l/min.

Chez le blé, tous les traitements à l'oxygène pur, quels que soient la concentration (données non présentées pour les concentrations 0,75 l/min et 1,00 l/min) et le temps d'exposition, ont réduit le taux de contamination par *Bs* sous le seuil de 30 % et ont conservé une germination moyenne d'environ 89 % (tableau 22). Pour les traitements à l'ozone (tableau 23), les traitements à 5 ppm, quel que soit le temps d'exposition, semblent avoir été plus efficaces pour réduire le taux de contamination par *Bs* que les deux autres concentrations; la contamination moyenne était de 7,5 % pour la concentration 5 ppm, 21,5 % pour la concentration 4 ppm et 29,5 % pour la concentration 1 ppm. Tous ces traitements ne semblent pas non plus avoir affecté la germination qui s'est maintenue à 87 % en moyenne. Ces résultats montrent que les traitements oxydatifs chez le blé peuvent réduire le taux de contamination par *Bs* sous le seuil de 30 % chez un lot fortement contaminé (> 50 %), ce que les traitements à la vapeur d'acide acétique ou à la chaleur sèche n'ont pas été en mesure de faire.

Chez l'orge par contre, les traitements oxydatifs, que ce soit à l'oxygène pur (tableau 24; données non présentées pour les concentrations 0,75 l/min et 1,00 l/min) ou à l'ozone (tableau 25), n'ont eu aucun effet sur le taux de contamination par *Bs*. Les écales (glumes) présentes sur les grains d'orge empêchent probablement les gaz d'atteindre le péricarpe. Ces résultats nous ont incité à réaliser un essai exploratoire utilisant des ultrasons combinés ou non avec un trempage des grains dans de l'éthanol ou de l'eau; l'hypothèse étant que les ultrasons permettent un certain « effritement et gonflement » des glumelles et l'éthanol une désinfection de la surface des grains. Un lot d'orge ayant un taux de contamination par *Bs* de 100 % a été utilisé pour réaliser cette expérience. Tous les traitements semblent avoir amélioré la germination, alors que seul le traitement aux ultrasons combiné à un trempage des grains dans de l'éthanol a permis de réduire la contamination par *Bs* sous le seuil de 30 %, voire inférieure à 20 % (tableau 26). Si une telle réduction du taux de contamination par *Bs* jumelée à une augmentation de la germination s'avère après quelques répétitions supplémentaires chez ce lot d'orge, il serait justifié d'élaborer un autre projet de recherche afin de pousser plus loin l'étude sur la sonication.

Tableau 22. Traitements à l'oxygène pur à une concentration de 0,50 l/min chez un lot de blé (Orléans)

Durée (min)	Germination (%)	Taux de contamination (%)	
		<i>B. sorokiniana</i>	<i>F. graminearum</i>
0	100	52	4
1	86	16	0
2	84	16	0
5	88	20	4
10	96	18	2
15	88	22	0
20	100	14	2
30	84	12	0
40	92	8	0
60	80	22	0

Extrait du mémoire d'Hassiba Neched en cours de rédaction.

Tableau 23. Traitements à l'ozone chez un lot de blé (Orléans)

Concentration d'ozone (ppm)	Durée (min)	Germination (%)	Taux de contamination (%)	
			<i>B. sorokiniana</i>	<i>F. graminearum</i>
0	0	100	52	4
1	5	96	28	0
1	10	72	20	0
1	15	92	36	0
1	20	88	34	0
4	5	88	22	2
4	10	100	18	6
4	15	76	26	0
4	20	80	20	2
5	5	92	12	0
5	10	92	6	0
5	15	84	4	0
5	20	88	8	0

Extrait du mémoire d'Hassiba Neched en cours de rédaction.

Tableau 24. Traitements à l'oxygène pur à une concentration de 0,50 l/min chez un lot d'orge (Newdale, lot E0067)

Durée (min)	Germination (%)	Taux de contamination (%)	
		<i>B. sorokiniana</i>	<i>F. graminearum</i>
0	92	96	4
1	88	98	2
2	94	92	4
5	92	92	6
10	90	90	4
15	92	86	0
20	86	74	0
30	96	86	6
40	92	88	6
60	80	90	4

Extrait du mémoire d'Hassiba Neched en cours de rédaction.

Tableau 25. Traitements à l'ozone chez un lot d'orge (Newdale, lot E0067)

Concentration d'ozone (ppm)	Durée (min)	Germination (%)	Taux de contamination (%)	
			<i>B. sorokiniana</i>	<i>F. graminearum</i>
0	0	92	96	4
1	5	80	98	0
1	10	92	98	10
1	15	96	94	2
1	20	92	100	6
4	5	80	86	0
4	10	92	78	12
4	15	88	90	0
4	20	88	94	0
5	5	84	90	6
5	10	92	86	0
5	15	100	86	0
5	20	72	92	0

Extrait du mémoire d'Hassiba Neched en cours de rédaction.

Tableau 26. Tests préliminaires aux ultrasons chez un lot d'orge Newdale (lot E0092)

Traitement	Germination (%)	Taux de contamination (%)	
		<i>B. sorokiniana</i>	<i>F. graminearum</i>
Témoin sans ultrason	62	100	4
Ultrason + eau	72	98	10
Ultrason + éthanol	80	16	0
Ultrason seul	88	100	2
Éthanol seul	80	48	0

Extrait du mémoire d'Hassiba Neched en cours de rédaction.

Biens livrés :

Le présent projet avait comme objectif de tester l'efficacité de traitements de semences sans fongicide chez les céréales dans le but de découvrir une méthode ayant le potentiel d'être adoptée par les semenciers/conditionneurs qui fournissent des semences aux producteurs de grains biologiques. Pour être « adoptable », une telle méthode doit répondre, selon nous, à tous les critères suivants :

- 1- Être capable de réduire le taux de contamination par *Fg* sous le seuil de 15 % pour des lots fortement contaminés (> 20 %). Ce seuil de 15 %, tel que déjà mentionné, provient d'une recommandation en vigueur au Danemark concernant l'utilisation de semences de céréale en production biologique;
- 2- Être capable de réduire le taux de contamination des semences par *Bs* sous le seuil de 30 % pour des lots fortement contaminés (> 50 %). Ce seuil de 30 % a également été établi à partir d'une recommandation danoise pour *Bs*;
- 3- Être sans effet ou améliorer la germination des semences;
- 4- Être efficace (rencontrer les critères 1 et 2) chez le plus d'espèces possibles; en ce qui nous concerne, autant chez l'orge que chez le blé;
- 5- Être simple d'application;
- 6- Être peu coûteuse.

Les recherches réalisées au cours de ce projet ont permis d'acquérir les connaissances sur les trois premiers critères ci-haut mentionnés. Ces connaissances constituent les biens livrables du projet et sont présentées ci-dessous.

- Le traitement Chaleur a été efficace pour réduire le taux de contamination par *Fg* autant chez l'orge que chez le blé. Par contre, ce traitement n'a pas été efficace pour réduire la contamination par *Bs*. Il n'a d'ailleurs eu aucun effet chez les lots d'orge évalués. Ce traitement n'a pas eu d'effet négatif sur la germination.
- Le traitement VAA-S a aussi été efficace pour réduire le taux de contamination par *Fg* autant chez l'orge que chez le blé. Bien que ce traitement ait pu réduire de façon significative la contamination par *Bs* chez quatre lots d'orge sur six et deux lots de blé sur

neuf, il n'a pas pu réduire le taux sous le seuil de 30 % chez les lots fortement contaminés. Ce traitement n'a pas eu d'effet négatif sur la germination.

- Le traitement VAA-D a aussi été efficace pour réduire le taux de contamination par *Fg* autant chez l'orge que chez le blé. VAA-D a été le traitement sans fongicide qui a réduit la contamination par *Bs* chez le plus de lots, soit cinq lots d'orge sur six et quatre lots de blé sur neuf. Ce traitement a aussi permis de réduire ce taux de contamination sous le seuil de 30 % chez un lot d'orge fortement contaminé. Par contre, ce traitement a affecté la germination de quatre lots de blé sur neuf et du lot d'orge nue Hawkeye. De plus, une réduction de rendement en grains dans les essais au champ a été observée pour ce traitement chez quatre lots de blé à une station. Ce traitement pourrait être appliqué chez les espèces et cultivars à grains vêtus seulement. Il rencontre donc partiellement le critère 3 et ne rencontre pas le critère 4.
- Les traitements à l'oxygène pur ont tous été efficaces pour réduire la contamination par *Bs*, mais chez le blé seulement; ils n'ont pas eu d'effet chez l'orge.
- Des traitements à une certaine concentration d'ozone ont, eux aussi, été efficaces pour réduire la contamination par *Bs* chez le blé, mais aucun n'a eu d'effet sur cette variable chez l'orge.
- Le traitement « Ultrason + éthanol », non prévu initialement au projet, a été efficace pour réduire la contamination par *Bs* d'un lot d'orge fortement contaminé (100 %) et semble avoir amélioré sa germination. Avec un tel résultat, ce traitement mérite d'être répété chez l'orge, d'être testé chez le blé et d'être testé en regard de *Fg*.

À la lumière des résultats obtenus, nous n'avons pas cru bon de pousser plus loin l'analyse en considérant les aspects économiques des traitements testés, une condition qui avait été demandée lors de l'acceptation de l'appui financier.

Difficultés rencontrées :

Après la saison 2010, M. Randall s'est fait interdire l'utilisation de l'équipement pour les traitements VAA par sa superviseure à AAC à Summerland. M. Pouleur a pris en charge le dossier et a pu, dans un premier temps, faire venir l'équipement à la station d'AAC à Québec. Après une formation donnée à distance par vidéo-conférence par M. Randall et quelques essais, l'équipe de M. Pouleur a pu réaliser les traitements à temps pour la saison 2011. En 2012, les traitements VAA ont été exécutés par cette même équipe.

Pendant la première année, nous avons eu aussi un problème avec l'utilisation de la balance pour mesurer le poids sec des plantules, ce qui explique l'absence de données pour cette variable (MS) en 2010. Ce problème a été corrigé par la suite.