

## Nématode des bulbes et des tiges dans l'ail—Effets des traitements à l'eau chaude : les désirés... et les autres

Par Isabelle Couture, agr., MAPAQ Montérégie-Est en collaboration avec Luc Fontaine, agr., MAPAQ Estrie, Mario Leblanc, agr., MAPAQ Montérégie-Ouest et Julie Marcoux, dta MAPAQ Estrie

Pour lutter contre le nématode des bulbes et des tiges, plusieurs pays ont longtemps préconisé les traitements à l'eau chaude, aussi appelé thermothérapie, afin d'assainir la semence. L'industrie californienne de l'ail de transformation a utilisé le traitement à l'eau chaude additionnée de formaldéhyde sur une base routinière de 1960 à 1990 pour éradiquer *Ditylenchus dipsaci* des caïeux destinés à la plantation. En France, où le *D. dipsaci* fait l'objet d'une réglementation gouvernementale rigoureuse, un traitement à l'eau chaude sur les bulbes est pratiqué sur tout lot suspecté d'avoir du nématode.

Au Québec, en 2014, après la récolte d'ail, quatre entreprises volontaires nous ont gracieusement fourni des bulbes et des caïeux pour tester l'efficacité des deux types de traitement à l'eau chaude pour supprimer le nématode *D. dipsaci*. L'ail était de variété MUSIC. Les résultats des traitements à l'eau chaude sur le *D. dipsaci* sont rapportés plus loin dans le texte (section Essai 2014).

Par la suite, les caïeux du traitement «caïeux à l'eau chaude» et ceux du traitement «bulbe à l'eau chaude» ont été plantés entre la fin septembre et la mi-octobre 2014 pour poursuivre, cette fois, le suivi au niveau des rendements des bulbes obtenus à l'été 2015. Les conseillers MAPAQ responsables du projet tenaient à évaluer l'impact de la thermothérapie sur les nématodes, mais aussi sur le rendement, car ce facteur ne semble pas avoir été évalué dans les différentes références consultées. Les effets de la thermothérapie sur la vigueur des plants et les rendements l'année suivante sont présentées dans la 2<sup>ième</sup> partie du texte (section Suivi 2015).

### Traitement à l'eau chaude sur bulbes

Inspiré des traitements à l'eau chaude sur bulbes de narcisses pour lutter contre *Ditylenchus dipsaci*, l'Institut national de la recherche agronomique (INRA), en France, a adapté la technique pour lutter contre le nématode sur les bulbes d'ail dès 1965.

La thermothérapie telle que préconisée par les Français est faite sur les bulbes d'ail entiers et doit obligatoirement être faite avant la levée de dormance des bulbes, soit le plus rapidement possible après la récolte. Cette technique consiste d'abord en un trempage des bulbes, pour au moins 6 heures, dans un bassin d'eau tempérée. Par la suite, les bulbes sont transférés dans un bain d'eau chaude dont la température se situe entre 48 et 50°C, pour une durée d'une heure. Une fois les bulbes immergés, la température de l'eau baisse puisque les bulbes sont plus froids que l'eau. Lorsque la température de l'eau remonte et

atteint 49 °C, les bulbes sont laissés 60 minutes dans le bassin. . Une agitation constante de l'eau est importante afin de s'assurer de l'uniformité de la température de l'eau partout dans le bassin.

### Traitement à l'eau chaude sur caïeux

Ce sont les travaux de Johnson et Lear, chercheurs à l'époque au département de nématologie de l'université de la Californie, qui ont permis, dès le début des années soixante, d'instaurer la technique de désinfection des caïeux à l'eau chaude.

À cette époque, et jusque dans les années 90, à l'étape du trempage des caïeux dans l'eau à température de 49°C, un ajout systématique de formaldéhyde en solution aqueuse était fait. La synergie résultant de l'addition de 1% de formaldéhyde à l'eau chaude assurait une éradication totale du *Ditylenchus dipsaci*. Depuis le début des années 1990 cependant, l'usage de la formaldéhyde a été interdit aux États-Unis pour cause de préoccupation de la santé des travailleurs.

Aujourd'hui, le traitement à l'eau chaude sur caïeux consiste en une première étape de pré-trempage où les caïeux doivent tremper dans un bassin à une température de 38°C pendant 30 minutes. Ensuite vient le traitement à l'eau chaude où, dans un 2<sup>ième</sup> bassin préalablement chauffé à 49°C, les caïeux sont transférés. Lorsque la température de l'eau remonte à 49°C, les bulbes y sont laissés 20 minutes. Le brassage de l'eau doit être continu pour éviter la formation de points chauds. Lorsque le temps est écoulé, on transfère les caïeux dans un bassin d'eau à la température de la pièce pendant environ 10 minutes (voir annexe 1 pour plus de détail).

## Essai 2014

### Matériel et méthodes

Quatre entreprises participantes réparties dans trois régions agricoles différentes, soit la Montérégie-Est (entreprises A et B), l'Estrie (entreprise C) et la Montérégie-Ouest (entreprise D), ont participé à ce projet. Toutes avaient un historique de *D. dipsaci*.

Les bulbes et les caïeux devaient être expédiés au bureau du MAPAQ de St-Hyacinthe. Les traitements ont été faits à l'Institut de technologie agroalimentaire (ITA), de Saint-Hyacinthe où nous avons accès à du matériel de laboratoire de précision. Pour la détection du *D. dipsaci*, les échantillons étaient envoyés au Laboratoire de diagnostic en phytoprotection du MAPAQ.

#### *Traitements sur bulbes:*

Dans les 2 semaines suivant la récolte, les entreprises participantes devaient expédier 50 bulbes où l'on soupçonnait la présence de nématodes. Afin de vérifier la présence de *D. dipsaci* avant le traitement, 5 bulbes choisis au hasard dans le lot de chaque entreprise ont été envoyés au laboratoire de diagnostic. Le traitement à l'eau chaude a ensuite été effectué sur les 45 bulbes restant puis, parmi ces bulbes traités, 5 ont été envoyé au laboratoire pour

vérifier la présence de *D. dipsaci* après traitement. Les 40 bulbes restant ont ensuite été retournés chez les producteurs pour la deuxième partie du projet (Suivi 2015)

*Traitements sur caïeux:*

Dans la semaine précédant la plantation, les mêmes entreprises devaient expédier 250 caïeux où l'on soupçonnait la présence de nématodes. Pour chacun des lots, 15 caïeux ont été envoyés au laboratoire pour détecter la présence de *D. dipsaci*, avant traitement. Le traitement à l'eau chaude a été appliqué sur les 235 caïeux restant et, de ces caïeux, 15 ont été expédiés au laboratoire pour à nouveau vérifier la présence du nématode. Au laboratoire, la détection des nématodes a été faite sur un échantillon regroupant les 15 caïeux (échantillon composite). Les 220 caïeux traités restant ont été retournés aux producteurs pour la deuxième partie du projet (Suivi 2015).

Tableau 1 : Comparaison des deux techniques de traitement à l'eau chaude

	Partie traitée	Moment du traitement	Pré-trempage	Bain d'eau chaude	Autres opérations
Méthode «française»	Bulbes entiers	Moins de 2 semaines après la récolte	8-10 heures	49°C pendant 1 heure	Séchage dynamique pendant 2 semaines
Méthode «californienne»	Caïeux	Quelques jours avant la plantation	30 min. à 38°C	49°C pendant 20 min.	Plantation dans les jours qui suivent

L'application d'un traitement à l'eau chaude exige beaucoup de minutie pour obtenir une efficacité maximale tout en évitant d'endommager l'ail. La marge existante entre les températures létales de *D. dipsaci* et celles des semences est petite et il est indispensable de contrôler et de réguler la température appliquée ainsi que la durée du traitement. Des équipements adaptés relativement coûteux sont nécessaires si le volume des bulbes ou des caïeux à traiter est important.



Photo 1 : Bain-marie utilisé pour les traitements à l'eau chaude à l'ITA de St-Hyacinthe

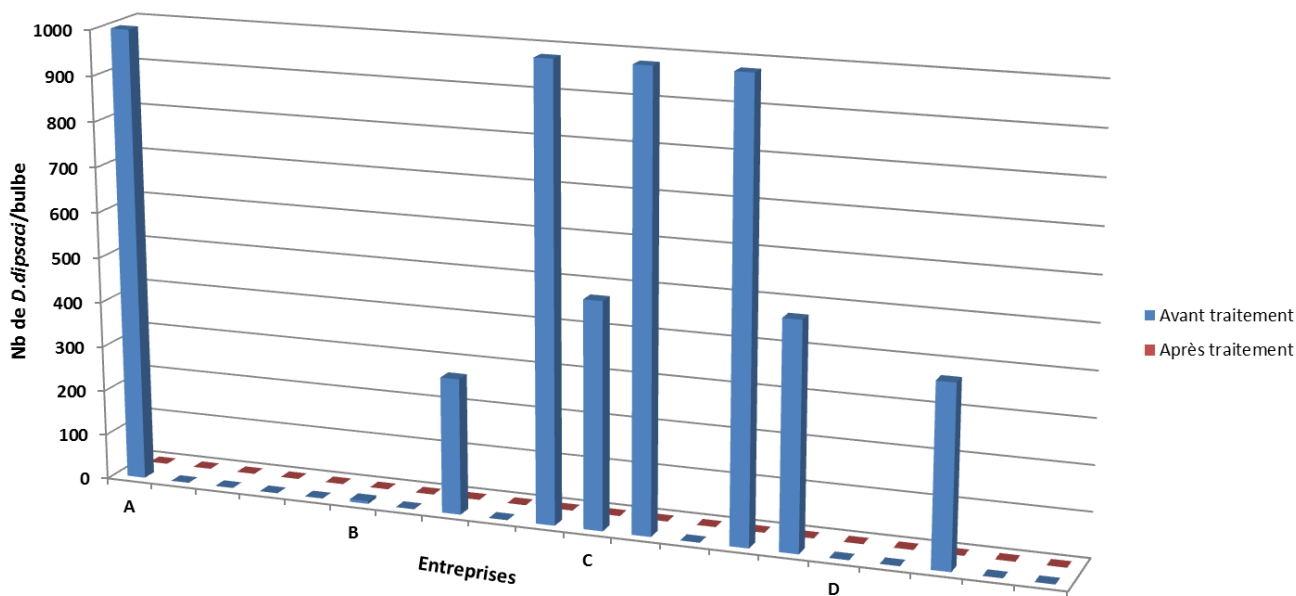
## Résultats

### Traitement à l'eau chaude sur bulbes

Les analyses de détection du *D. dipsaci* avant et après le traitement ont montré que le traitement à l'eau chaude sur bulbe permettait d'éradiquer le nématode (graphique 1).

Avant le traitement à l'eau chaude, 40% des bulbes étaient porteurs de *D. dipsaci*. Sur 20 bulbes envoyés au laboratoire (5 bulbes/entreprise), 8 bulbes avaient des *D. dipsaci* à des niveaux allant de 6 à plus de 1000 nématodes/bulbe.

Après le traitement à l'eau chaude, 5 bulbes/entreprises ont aussi été envoyés au laboratoire de diagnostic en phytoprotection. Sur les 20 bulbes envoyés après le traitement, aucun nématode n'a été détecté



Graphique 1 : Suppression du nématode des bulbes et des tiges suite au traitement à l'eau chaude sur bulbe.

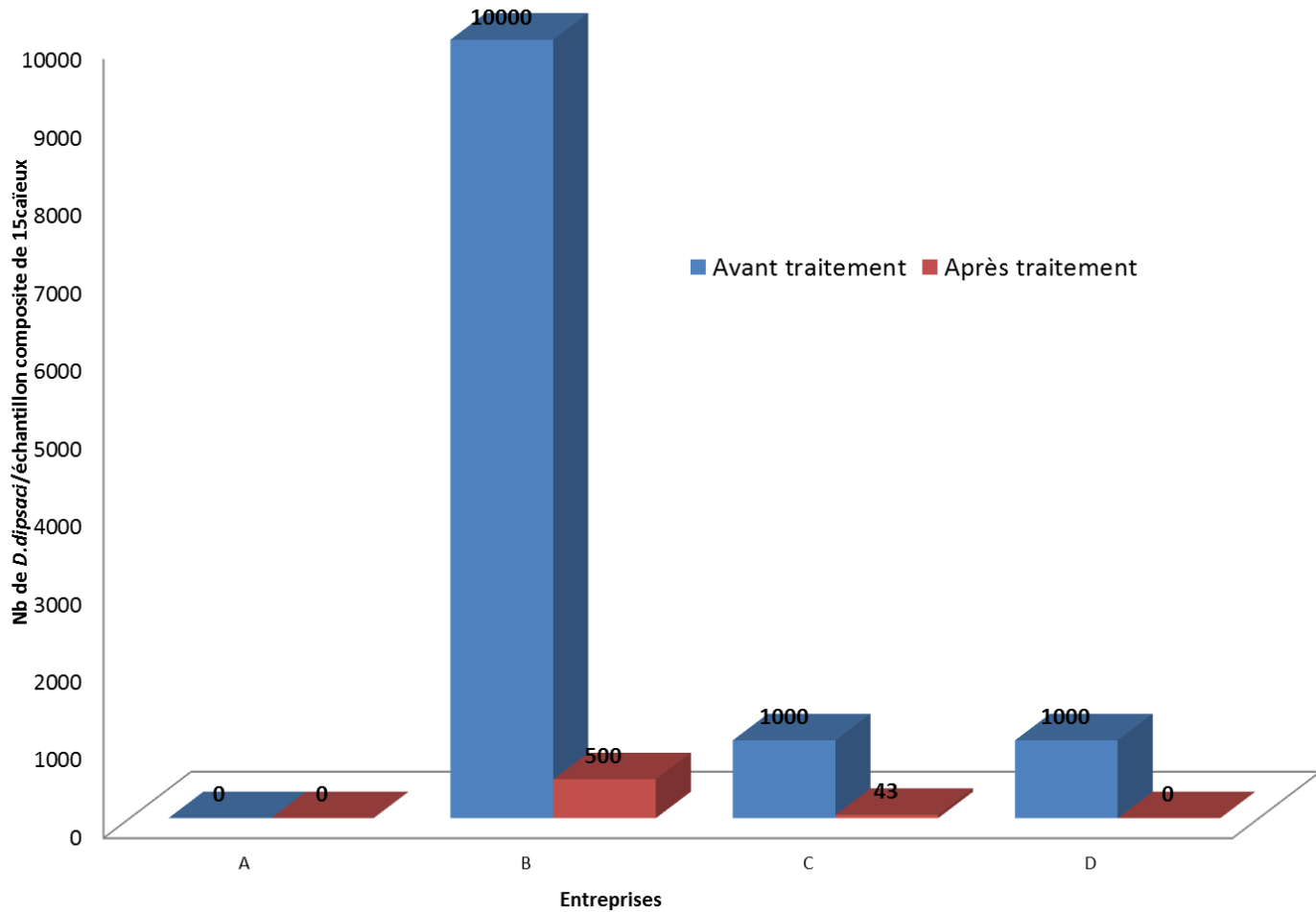
### Traitement à l'eau chaude sur caïeux

Les analyses de détection du *D. dipsaci* avant et après le traitement ont démontré que le traitement à l'eau chaude sur caïeux ne permettait pas d'éradiquer totalement le nématode des bulbes et des tiges (graphique 2).

Avant le traitement à l'eau chaude, sur 4 lots de 15 caïeux, 3 lots étaient contaminés au *D. dipsaci* à des niveaux allant de 1000 à plus de 10 000 nématodes/échantillon composite.

Après le traitement à l'eau chaude, 4 lots de 15 caïeux ont aussi été envoyés au laboratoire de diagnostic en phytoprotection. Sur ces 4 lots, 2 lots avaient encore des nématodes.

Le nombre de nématodes a cependant été réduit de manière importante par le traitement puisque seulement 43 et 500 nématodes ont été détectés dans les 2 lots encore contaminés.



Graphique 2 : Contrôle partiel du nématode des bulbes et des tiges suite au traitement à l'eau chaude sur caïeux.

## Suivi 2015

### Matériel et méthodes

Les 4 entreprises participantes ont planté leurs caïeux provenant des traitements «bulbes à l'eau chaude» (40 bulbes) et «caïeux à l'eau chaude» (220 caïeux) entre la fin septembre et la mi-octobre 2014 à l'intérieur d'un de leur champ avec leur ail non traité. L'ail était planté sur des planches de 3 rangs. Chez les entreprises A, B et C, les caïeux BULBES EAU CHAUDE et les caïeux CAÏEUX EAU CHAUDE ont été plantés sur des rangs distincts de la même planche et le troisième rang a été planté avec la semence non traité du producteur (caïeux TÉMOIN). Chez la ferme D, les caïeux traités «bulbes à l'eau chaude» et «caïeux à l'eau chaude» ont été planté sur le rang du centre de 2 planches adjacentes (les 2 autres rangs étant de la semence du producteur) et le rang du centre d'une autre planche juste à côté a servi de témoin non traité.

Le site D était en sol organique, les trois autres sites en sol minéral. La récolte et la prise de données ont eu lieu sur les différents sites entre le 21 juillet et le 31 juillet 2015.

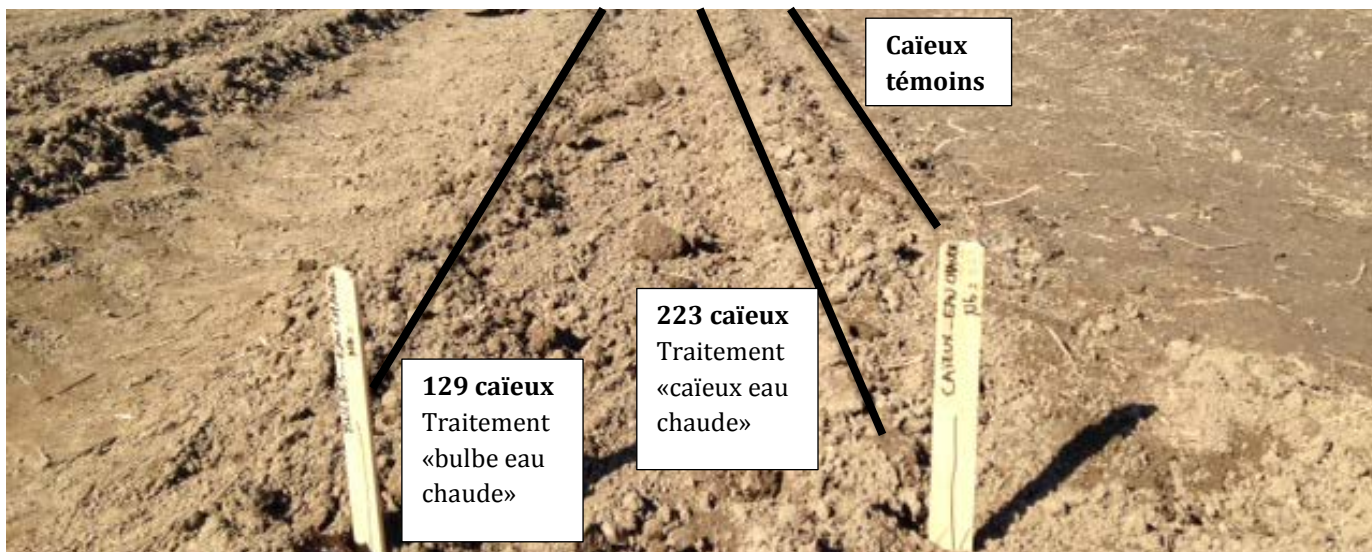
Les paramètres comparés à la récolte, pour les plants témoins, les plants issus du traitement à l'eau chaude sur bulbe et les plants issus des caïeux traités à l'eau chaude, ont été :

- Pourcentage des bulbes vendables/mètre linéaire
- Diamètre moyen (mm) des bulbes
- Poids moyen (g) des bulbes vendables
  - avec les feuilles pour les entreprises A, B, et C
  - sans les feuilles pour le site D

Pour tous les sites, à l'exception du site D, ces paramètres ont été évalués sur 15 sections (répétitions) de 1 mètre par traitement dans le but de permettre des analyses statistiques. Trois bulbes par répétitions ont été pris pour évaluer le diamètre moyen des bulbes vendables par traitement.

Pour chacun des paramètres, une analyse de variance (ANOVA) a été faite pour déceler d'éventuelles différences significatives entre les traitements. Quand l'ANOVA s'avérait significative, un test de comparaison de moyennes de Tukey a été réalisé avec un niveau de signification de 0,05.

Sur le site D, une longueur de 20,3 mètres par traitement a été échantillonnée. Étant donné l'absence de répétitions, aucun test statistique n'a pu être effectué sur les données recueillies sur ce site. Le diamètre moyen des bulbes a été établi à partir de 15 bulbes sélectionnés au hasard parmi les bulbes vendables.



Dispositif chez l'entreprise A : rang 1 avec les caïeux dont les bulbes avaient été traités à l'eau chaude, rang 2 avec les caïeux traités à l'eau chaude et le rang témoin sans traitement. Les caïeux ont été plantés en même temps, soit le 12 octobre 2015.

## Résultats

Étant donné que les données des sites A, B et C ont été recueillies suivant la même méthode et que les résultats obtenus sont semblables, les données de ces trois entreprises ont été combinées et analysées ensemble.

Les résultats obtenus dans chacune des entreprises sont présentés en annexe.

Les données du site D seront présentées dans une section distincte. Les résultats sur ce site ont été différents de ceux obtenus aux trois autres sites et la méthode d'échantillonnage utilisée (pas de répétitions) ne permet pas d'analyses statistiques.

### Résultats aux sites A, B et C

#### *Pourcentage des bulbes vendables/mètre linéaire*

Le traitement à l'eau chaude, sur bulbes ou sur caïeux, affecte significativement le pourcentage de bulbes vendables.

Selon les résultats présentés au tableau 1, le pourcentage de bulbes vendables par mètre linéaire est significativement plus faible si les caïeux plantés l'année précédente proviennent des bulbes traités à l'eau chaude. En effet, on observe seulement 45% de bulbes vendables par mètre linéaire pour ce traitement, comparativement à 83% pour le traitement caïeux à l'eau chaude et 92% pour le traitement témoin.

D'autre part, le traitement à l'eau chaude sur caïeux a également un effet négatif sur le pourcentage de bulbes vendables par mètre linéaire, mais moindre que le traitement à l'eau chaude des bulbes.

Les bulbes invendables étaient soit déformés, trop petits ou pourris.

**Tableau 1.** Pourcentage de bulbes vendables par mètre linéaire selon les traitements «témoin»- «caïeux eau chaude» et «bulbes eau chaude» pour les sites A, B et C, combinés.

Traitement	% bulbe vendables/m	
Témoin	92	a
Caïeux eau chaude	83	b
Bulbes eau chaude	45	c

Les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $P \leq 0,05$ ) selon le test de Tukey

#### *Diamètre moyen des bulbes commercialisables (mm)*

Le traitement à l'eau chaude, sur bulbes ou sur caïeux, affecte significativement le diamètre moyen des bulbes vendables.

Selon les résultats présentés au tableau 2, le diamètre moyen des bulbes vendables est significativement plus faible si les caïeux plantés l'année précédente proviennent des bulbes ou des caïeux traités à l'eau chaude. En effet, on observe un diamètre moyen de 47 mm pour les bulbes issus des traitements à l'eau chaude comparativement 57 mm pour le traitement témoin.

**Tableau 2.** Comparaison du diamètre moyen des bulbes vendables selon les traitements «témoin»- «caïeux eau chaude» et «bulbes eau chaude» pour les sites A, B et C, combinés.

Traitement	Diamètre des bulbes vendable (mm)/m	
Témoin	57	a
Caïeux eau chaude	47	b
Bulbes eau chaude	47	b

Les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $P \leq 0,05$ ) selon le test de Tukey



### *Poids moyen des bulbes commercialisables avec feuilles (g)*

Le traitement à l'eau chaude, sur bulbes ou sur caïeux, affecte significativement le poids moyen des bulbes vendables (avec feuilles).

Selon les résultats présentés au tableau 3, le poids moyen des bulbes vendables est significativement plus faible si les caïeux plantés l'année précédente proviennent des bulbes ou des caïeux traités à l'eau chaude. En effet, on observe un poids moyen de 96 et 98 grammes, respectivement, pour les bulbes issus des traitements à l'eau chaude sur caïeux et bulbes, comparativement 165 grammes pour le traitement témoin.

**Tableau 3.** Comparaison du poids moyen des bulbes vendables (avec feuille) selon les traitements «témoin»- «caïeux eau chaude» et «bulbes eau chaude» pour les 3 sites combinés

<b>Traitement</b>	<b>Poids moyen des bulbes vendable (avec feuilles)(g)/m</b>	
<b>Témoin</b>	165	<b>a</b>
<b>Caïeux eau chaude</b>	96	<b>b</b>
<b>Bulbes eau chaude</b>	98	<b>b</b>

Les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $P \leq 0,05$ ) selon le test de Tukey.

### *Résultats au site D*

Conformément aux sites A, B et C, au site D, selon les résultats du tableau 4, les bulbes issus du traitement témoin ont mieux performés que les bulbes issus des traitements à l'eau chaude.

Par contre, contrairement à ce que nous avons observé sur les 3 autres sites regroupés, le pourcentage de bulbes vendables obtenus suite au traitement à l'eau chaude des bulbes n'a pas été inférieur à celui obtenu pour le traitement des caïeux.

Le poids moyen et le diamètre des bulbes vendables ont suivi la même tendance que le pourcentage de bulbes vendables : les valeurs les plus élevées ont été obtenues pour le témoin et les plus faibles pour le traitement à l'eau chaude des caïeux, le traitement à l'eau chaude des bulbes donnant des valeurs intermédiaires.

La comparaison des pourcentages de bulbes vendables des sites A, B et C (tableau 1) et ceux du site D (tableau 4) indique que la différence entre les données vient principalement du traitement des bulbes à l'eau chaude (45 % vs 86 %). Il semble donc que les bulbes de l'entreprise D aient beaucoup mieux tolérés la chaleur que ceux des autres sites. Or, bien qu'aucune mesure n'ait été prise, les bulbes provenant de cette entreprise étaient, de manière évidente, plus gros que ceux fournis par les autres entreprises. Cette observation

pourrait signifier que des bulbes plus gros tolèrent mieux le traitement à l'eau chaude et que la vigueur des semences en serait moins affecté qu'avec des plus petits bulbes.

**Tableau 4.** Comparaison des différents paramètres mesurés chez l'entreprise D

Traitements	Pourcentage des bulbes vendables	Diamètre moyen des bulbes vendables (mm)	Poids moyen des bulbes vendables (g) sans feuille
<b>Témoin</b>	94,7	58	69,4
<b>Caïeux eau chaude</b>	81,5	48	50,8
<b>Bulbes eau chaude</b>	84,6	53	59,5

## Discussion

Selon la méthode utilisée, les traitements à l'eau chaude ont des effets variables sur le contrôle du nématode des bulbes et des tiges. Pour les deux méthodes cependant, la thermothérapie provoque une perte de vigueur de la semence, ce qui entraîne une diminution significative du rendement en bulbes commercialisables l'année suivante.

Dans notre essai, le traitement à l'eau chaude fait sur les bulbes a assuré une suppression totale des nématodes alors que le traitement effectué sur les caïeux n'a permis qu'un contrôle partiel. Le fait que la durée de l'exposition à l'eau chaude soit d'une heure pour le traitement des bulbes au lieu de 20 minutes pour le traitement des caïeux, explique probablement cette plus grande efficacité. Par contre, lorsqu'on a planté les caïeux issus des bulbes traités à l'eau chaude, le rendement en bulbes commercialisables a été beaucoup moindre qu'avec le témoin non traité. Une hypothèse peut être mise de l'avant pour expliquer ce fait. Les bulbes de variété MUSIC utilisés dans l'essai étaient de grosseur moyenne (diamètre  $\approx 60$  mm et poids sec  $\approx 70$  g) alors qu'en France, où la technique est encore utilisée, les bulbes sont généralement plus gros et plus lourds comme c'est le cas souvent pour l'ail blanc d'automne (diamètre  $\approx 70$  mm et poids sec  $\approx 80-100$  g<sup>1</sup>). Des bulbes plus lourds et plus gros sont probablement moins sensibles à la chaleur et le germe s'en trouve davantage protégé. Les résultats obtenus au site D tendent à confirmer cette hypothèse. Sur ce site, où les bulbes traités à l'eau chaude étaient plus gros que ceux des trois autres sites, la réduction du pourcentage de bulbes commercialisables liée à ce traitement a été beaucoup moins importante.

Afin d'atténuer la perte de rendement, il est logique de penser que l'on pourrait réduire la durée du traitement pour l'ajuster selon le calibre des bulbes. Il est cependant fort possible que ces ajustements réduisent aussi l'efficacité contre les nématodes.

<sup>1</sup> Ces données ont été prises dans le cadre d'un essai de variétés d'ail français

Cet essai a démontré que le traitement à l'eau chaude sur caïeux n'assure pas l'élimination totale des nématodes bien qu'il en réduise significativement les populations. Ce même constat a été fait par Roberts and Matthews (1995), et a mené à des travaux de recherche pour tenter d'augmenter l'efficacité de la thérapie. Des tests ont été faits sur la durée de pré-trempe des caïeux à température de 38°C et sur la température et la durée du trempage dans un bain d'eau chaude. Peu importe les recherches, les conclusions sont les mêmes : la marge existante entre les températures létales pour *D. dipsaci* et celles que peuvent subir les caïeux sans dommage est très faible. Par conséquent, le traitement à l'eau chaude sur caïeux, tel que préconisé dans toutes les références, qui permet le meilleur contrôle des nématodes sans nuire à la germination des caïeux, n'assure qu'un contrôle partiel de *D. dipsaci*.

Aussi, même en appliquant rigoureusement la durée d'exposition des caïeux dans un bain à 49°C, nous avons observé dans l'essai une réduction de la vigueur des semences. Le pourcentage de bulbes vendables, l'année suivante a été significativement plus faible que celui obtenu avec les caïeux non traités.

Tout comme avec le traitement des bulbes, dans le but de réduire le dommage à la semence, il serait probablement possible de peaufiner la méthode. Les caïeux pourraient être calibrés par grosseur et la durée du traitement ajustée de manière à minimiser les dommages tout en maintenant un niveau convenable de contrôle des nématodes.

En plus de réduire le pourcentage de bulbes commercialisables, le traitement à l'eau chaude sur bulbe, comme le traitement à l'eau chaude sur caïeux ont entraîné une réduction du diamètre et du poids des bulbes par rapport aux caïeux non traités. Donc, outre le rendement en nombre de bulbes commercialisable, c'est aussi la qualité de la récolte (bulbes plus petits et plus légers) qui est affectée par les traitements à l'eau chaude.

En pratique, les producteurs qui voudront utiliser les traitements à l'eau chaude pour détruire les nématodes présents dans leur semence d'ail devront être prêts à accepter les baisses de rendements et de qualité conséquentes.

## Conclusion

Ce projet a démontré que les traitements à l'eau chaude des bulbes ou des caïeux pouvaient être efficaces pour réduire et même éliminer les populations de nématodes présentes. Par contre, il a aussi montré que les méthodes de traitement recommandées actuellement semblent inévitablement entraîner une réduction de la vigueur des semences d'ail et par conséquence une baisse du rendement l'année suivante. En thérapie, avec les semences de la variété MUSIC utilisées dans cet essai, les pertes de rendement (population commercialisable, diamètre et poids des bulbes) ont été très importantes. En ajustant la durée des traitements selon le calibre des caïeux ou des bulbes, il serait probablement

possible d'arriver à un compromis acceptable entre l'efficacité du traitement et la perte de vigueur. D'autres essais pourraient être effectués dans ce sens.

À la lumière des résultats, nous ne pouvons recommander les traitements à l'eau chaude comme mesure de lutte préventive aux nématodes à cause des dommages qu'occasionne l'eau chaude sur la vigueur des caïeux.

Par contre, en lutte curative, dans le cas où il est impossible de se procurer de la semence saine et que les seuls caïeux disponibles sont contaminés, le traitement à l'eau chaude sur les caïeux est une alternative qui vaut la peine d'être considérée. Si aucune mesure de lutte n'est appliquée contre les nématodes, le niveau de contamination augmente d'année en année de même que les pertes reliées à ce ravageur. Ainsi, les pertes de rendements engendrées par une contamination importante de la semence peuvent rapidement devenir supérieures à celles provoquées par le traitement à l'eau chaude lui-même. Un traitement à l'eau chaude bien dosé et effectué régulièrement pourrait donc contribuer à maintenir la population de nématode à un niveau acceptable tout en garantissant un revenu convenable. Le fait de ne planter à chaque année que des semences d'ail faiblement contaminées par les nématodes pourrait fort probablement aussi aider à ralentir la contamination des sols par ce ravageur.

Il faut toutefois rappeler que la marge existante entre les températures létales de *D. dipsaci* et des semences est petite et il est indispensable de contrôler et de réguler la température appliquée ainsi que la durée du traitement. Des équipements adaptés relativement coûteux sont nécessaires si le volume des caïeux à traiter est important.

Aussi, les traitements à l'eau chaude ne devraient être envisagés que comme une mesure de lutte à court terme. Le redémarrage de la production avec des lots de semences totalement exempts de nématodes demeure la solution qui a le plus d'avenir.

## Remerciements

Nous tenons à remercier les quatre producteurs participants pour leur disponibilité et leur confiance. Nous tenons aussi à souligner la grande implication des phytopathologistes du Laboratoire de diagnostic en phytoprotection du MAPAQ, Ann-Marie Breton, Nancy Shallow, Gérard Gilbert, Johanne Caron qui ont réalisé un nombre très important de détections de *D. dipsaci* à titre gracieux. Merci également à Joëlle Seyer de l'ITA pour sa précieuse aide. Merci à Mikael Guillou pour le traitement statistique des données,

## Références

CAUBEL, Georges et al. «Le nematode des tiges (*Ditylenchus dispaci* Muhn Fil) en culture d'ail», *Comptes rendus Présenté aux Journées d'études sur les maladies des plantes*, Versailles, FRA (1985-02-26 - 1985-02-27). (p.281-289).

COLLECTIF. Fiche technique, la culture de l'ail [document électronique]. Guelph, OMAFRA, 2009, <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/09-012w.pdf>

ÉRARD [Patricia](#) et [François VILLENEUVE](#). L'ail. CTIFL «[Hortipratic](#)» 2012, 191 pages

JOHNSON, D. E., et B. Lear. «Additional information regarding the hot water treatment of seed garlic cloves for the control of the stem and bulb nematode (*Ditylenchus dipsaci*)», *Plant Disease Reporter*. Vol 49, no 11, (novembre 1965), p. 898-899.

LEAR, B., et D. E. Johnson. «Treatments for eradication of *Ditylenchus dipsaci* in cloves of garlic», *Plant Disease Reporter*. Vol. 46, no 9 (15 septembre 1962), p. 635-639.

LEBLANC, Mario. Le Nématode des tiges et des bulbes des alliums [document électronique]. Québec, RAP Carotte, céleri, laitue, oignon, poireau, ail 2013 Bulletin d'information No 01, 26 avril 2013, <http://www.agrireseau.qc.ca/Rap/documents/b01tn13.pdf> (Page consultée le 10 novembre 2015)

ROBERTS, P. A. et W. C. MATTHEWS. «Disinfection alternatives for control of *Ditylenchus dipsaci* in garlic seed cloves», *Journal of Nematology* Volume 27, No. 4, (December 1995) p. 448-456.

## ANNEXES

### **Méthode du traitement à l'eau chaude sur caïeux**

\*Les 4 étapes du traitement :

- *Prétrempage*: dans un premier bassin, tremper les caïeux à une température de 38°C (100°F) pendant 30 minutes.
- *Traitement à l'eau chaude* : transférer les caïeux dans un second bassin, préalablement chauffé à 49°C (120°F). Dès que la température aura remonté à 49°C, garder les caïeux à cette température pendant 20 minutes. Le brassage de l'eau doit être continu pour éviter la formation de points chauds.
- *Refroidissement* : transférer immédiatement les caïeux dans un bassin d'eau à la température de la pièce pendant environ 10 minutes. Ne jamais utiliser d'eau glacée.
- *Séchage des caïeux* : s'il est impossible de planter les caïeux immédiatement, ceux-ci doivent être asséchés afin de prévenir le développement des maladies. Les lots traités doivent néanmoins être plantés le plus rapidement possible, au plus tard 7 jours après le traitement.

Référence avec liens vers d'autres sites (en anglais):

Hughes, Becky Ontario, Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. Traitement contre l'anguillule des tiges et des bulbes dans le Carnet horticole, vol. 11, no 6, 16/09/2011  
<http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/hort/news/hortmatt/2011/26hrt11a1.htm>

\*Tiré du [bulletin d'information No 01 – 26 avril 2013](#) Carotte, céleri, laitue, oignon, poireau, ail.

## Tableaux résumés des résultats obtenus dans chacun des 3 sites

### Pourcentage de bulbes vendables/m linéaire

#### Site B

**Tableau 1.** Pourcentage de bulbes vendables par mètre linéaire selon les traitements «témoin»- «caïeux eau chaude» et «bulbes eau chaude»

Traitement	% bulbe vendables/m	
Témoin	85	a
Caïeux eau chaude	88	a
Bulbes eau chaude	30	b

#### Site C

**Tableau 2.** Pourcentage de bulbes vendables par mètre linéaire selon les traitements «témoin»- «caïeux eau chaude» et «bulbes eau chaude»

Traitement	% bulbe vendables/m	
Témoin	97	a
Caïeux eau chaude	68	b
Bulbes eau chaude	50	b

#### Site A

**Tableau 3.** Pourcentage de bulbes vendables par mètre linéaire selon les traitements «témoin»- «caïeux eau chaude» et «bulbes eau chaude»

Traitement	% bulbe vendables/m	
Témoin	96	a
Caïeux eau chaude	93	a
Bulbes eau chaude	53	b

Les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $P \leq 0,05$ ) selon le test de Tukey



## Diamètre moyen des bulbes vendables

### Site B

**Tableau 4.** Comparaison du diamètre des bulbes vendables selon les traitements «témoin»-«caïeux eau chaude» et «bulbes eau chaude»

Traitement	diamètre des bulbes vendable (mm)	
Témoin	47	a
Caïeux eau chaude	45	a
Bulbes eau chaude	47	a

### Site C

**Tableau 5.** Comparaison du diamètre des bulbes vendables selon les traitements «témoin»-«caïeux eau chaude» et «bulbes eau chaude»

Traitement	diamètre des bulbes vendable (mm)	
Témoin	54	a
Caïeux eau chaude	50	b
Bulbes eau chaude	48	b

### Site A

**Tableau 6.** Comparaison du diamètre des bulbes vendables selon les traitements «témoin»-«caïeux eau chaude» et «bulbes eau chaude»

Traitement	diamètre des bulbes vendable (mm)	
Témoin	67	a
Caïeux eau chaude	47	b
Bulbes eau chaude	47	b

Les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $P \leq 0,05$ ) selon le test de Tukey

## Poids moyen des bulbes vendables

### Site B

**Tableau 7.** Comparaison du poids moyen des bulbes vendables selon les traitements «témoin»- «caïeux eau chaude» et «bulbes eau chaude»

Traitement	Poids moyen des bulbes vendable (g)	
Témoin	103	a
Caïeux eau chaude	96	b
Bulbes eau chaude	120	a

### Site C

**Tableau 8.** Comparaison du poids moyen des bulbes vendables selon les traitements «témoin»- «caïeux eau chaude» et «bulbes eau chaude»

Traitement	Poids moyen des bulbes vendable (g)	
Témoin	152	a
Caïeux eau chaude	106	b
Bulbes eau chaude	93	b

### Site A

**Tableau 9.** Comparaison du poids moyen des bulbes vendables selon les traitements «témoin»- «caïeux eau chaude» et «bulbes eau chaude»

Traitement	Poids moyen des bulbes vendable (g)	
Témoin	226	a
Caïeux eau chaude	86	b
Bulbes eau chaude	84	b

Les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $P \leq 0,05$ ) selon le test de Tukey

## Photos représentatives des rendements obtenus sur 1 mètre de rang selon les différents traitements

### Site B



**Photo 1.** À gauche, les bulbes commercialisables (6) et à droite, le bulbe rejeté (1) dans le traitement «témoins».



**Photo 2.** À gauche, les bulbes commercialisables (5) et à droite, les bulbes rejetés (2) dans le traitement «caïeux».



**Photo 3.** À gauche, les bulbes commercialisables (3) et à droite, les bulbes rejetés (5) dans le traitement «bulbes eau chaude».

## Photos représentatives des rendements obtenus sur 1 mètre de rang selon les différents traitements

### Site A



**Photo 1.** À gauche, les bulbes commercialisables (6) et à droite, le bulbe rejeté (0) dans le traitement «témoïn».



**Photo 2.** À gauche, les bulbes commercialisables (5) et à droite, le bulbe rejeté (1) dans le traitement «caïeux».



**Photo 3.** À gauche, les bulbes commercialisables (4) et à droite, les bulbes rejetés (3) dans le traitement «bulbes eau chaude».