

Dans ce bulletin :

- Résultats de la recherche canadienne
- Pourquoi désinfecter les semences ?
- Aperçu des traitements de semences
- Tableaux de référence sur le traitement des semences
- Ressources

Introduction

La désinfection des semences peut être un outil précieux pour les productrices et producteurs en grandes cultures, maraîchage et production de légumes germés (germinations). Bien que la majeure partie des micro-organismes présents sur les semences soient inoffensifs, voire bénéfiques pour les plantes, certains ont un pouvoir pathogène. Les maladies transmises par les semences peuvent entraver la germination, la croissance et le rendement des cultures. Et dans le domaine des germinations, où l'innocuité est une priorité, la mauvaise gestion des semences a été associée à des maladies d'origine alimentaire, telles les infections à *E. coli* O157:H7, *Listeria* et *Salmonella*.

En régie biologique, il est particulièrement important de travailler avec des semences propres: si une culture est infectée par une maladie alimentaire, sa croissance, sa compétitivité et sa productivité seront retardées. De plus, les productrices et producteurs biologiques disposent de peu d'options pour lutter contre la maladie, les pesticides de synthèse communément utilisés en production non biologique leur étant interdits. Le choix de méthodes de désinfection¹ biologique est également limité. Pourtant, le taux de contamination des semences biologiques peut être élevé: au Danemark, par exemple, environ la moitié des lots de semences destinés à la production biologique ont été rejetés à cause de concentrations élevées de maladies transmises par les semences. ⁱ

Dans le présent bulletin, nous passons en revue les résultats de recherche sur la désinfection des semences pour l'industrie des légumes germés, qui peuvent aussi s'appliquer à d'autres semences. Ensuite, nous décrivons d'autres traitements potentiels des semences issus de la littérature scientifique, avec des tableaux de référence rapide.

Recherche de la GSB: désinfection des semences pour la production de germinations

En 2013, dans le cadre de [la Grappe scientifique biologique3 \(GSB3\)](#), une équipe de recherche dirigée par la Dre Siyun Wang de l'Université de la Colombie-Britannique (UBC) a évalué des désinfectants pour semences biologiques. Les scientifiques se sont concentrés sur l'élimination des pathogènes humains dans les semences utilisées pour produire des germinations. Un partenariat a été établi avec Eatmore Sprouts and Greens, une entreprise britanno-colombienne certifiée biologique, afin de trouver un moyen d'éliminer *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes* et *E. coli* O157:H7.

L'équipe a étudié diverses combinaisons de méthodes, telles que de l'eau chaude suivie de - ou mélangée avec - de l'acide acétique, avec ou sans peroxyde d'hydrogène (H_2O_2): **un mélange de peroxyde, d'acide acétique et d'eau chaude s'est avéré plus efficace que le chlore pour désinfecter les semences.**

La méthode a non seulement répondu aux préoccupations relatives à l'innocuité des aliments, mais aussi augmenté les taux de germination, accéléré la croissance et amélioré la qualité des germinations. Ce traitement des semences pourrait être adapté au maraîchage et aux grandes cultures afin d'améliorer la germination et la levée des cultures.

Comment préparer une solution diluée?

Si vous souhaitez diluer une bouteille d'une solution concentrée avec de l'eau pour obtenir une solution diluée d'une concentration donnée, appliquez la formule suivante:

(concentration en % de la solution concentrée / concentration en % de la solution diluée désirée) x volume de la solution concentrée = volume total de la solution diluée

Si vous avez une solution concentrée et que vous souhaitez ajouter de l'eau pour créer une solution diluée d'une concentration donnée, appliquez la formule suivante:

(concentration en % de la solution concentrée / concentration en % de la solution diluée désirée) x volume initial de la solution concentrée - volume initial de la solution concentrée = volume d'eau à ajouter pour créer la solution diluée

Il pourrait également stimuler les rendements, car les cultures qui lèvent rapidement et de manière uniforme ont plus de chances de bien s'établir et de supplanter les mauvaises herbes. Malheureusement, il n'existe pas de traitement qui fonctionne sur toutes les semences sans affecter les taux de germination. Mais en ajustant la température de l'eau, la durée de trempage et les concentrations d'acide acétique et de peroxyde d'hydrogène, les graines ont pu être désinfectées sans dommages. Dans une deuxième phase de l'étude, les scientifiques ont spécifié les traitements optimaux pour trois espèces largement utilisées en production de légumes germés.

Graines de luzerne: faire tremper dans de l'eau à 50 °C pendant 10 min, puis dans un mélange à 2 % de H₂O₂ (préparé à partir d'une solution à 30 %) et 0,1 % d'acide acétique (préparé à partir de vinaigre blanc distillé à 5 %) pendant 10 min.

Graines de radis: faire tremper dans de l'eau à 55 °C pendant 10 min, puis dans un mélange à 4 % de H₂O₂ et 0,2 % d'acide acétique pendant 10 min.

Graines d'ambérique (fève mung): faire tremper dans de l'eau à 60 °C pendant 20 min, puis 15 min dans un mélange à i) 4 % de H₂O₂ et 0,2 % d'acide acétique ou ii) 1 % d'acide acétique.



Carmen Wakeling, copropriétaire de Eatmore Sprouts and Greens (Photo de Karen McKinnon)

L'étude a permis de déterminer et vérifier une méthode biologique pour désinfecter efficacement les semences. Bien que le traitement vise à éliminer les pathogènes humains, il détruit également les phytopathogènes et améliore les taux de germination, la santé des légumes germés et les rendements. Le trempage des semences dans l'eau chaude a souvent pour effet de les attendrir et de stimuler la germination, en particulier chez les semences « dures ».

Carmen Wakeling, copropriétaire de Eatmore Sprouts and Greens, explique que le traitement a conduit à une hausse des rendements de luzerne germée de 25 à 43 %. Avant d'utiliser le traitement, une livre de semences produisait sept à huit livres de luzerne germée. Maintenant, une livre de semences produit dix livres de germinations. De plus, après le traitement, son personnel n'observe plus de taches de moisissure dans les plateaux de germination, et l'ensemble du processus de germination, de la semence au produit commercialisable, est plus court. L'équipe de la GSB continue d'explorer des options pour les productrices et producteurs de germinations.

Pourquoi désinfecter les semences ?

- **Réduction des maladies.** De nombreuses pathologies bactériennes et fongiques se transmettent par les semences. En désinfectant ces dernières, les productrices et producteurs peuvent réduire, voire annuler, l'incidence de ces maladies, y compris la jaunisse de l'aster, l'anthracnose, l'alternariose, l'ascochytose, la brûlure bactérienne, le chancre bactérien, la moisissure grise (Botrytis), la carie du blé, l'ergot, la moisissure rose des neiges, la tache pâle, la moisissure blanche (Sclerotinia), la tache septorienne et le charbon.

- **Amélioration de l'innocuité des aliments.** Les semences peuvent constituer un réservoir de pathogènes affectant l'humain, notamment E.coli O157:H7, Listeria et Salmonella. Le risque potentiel de transmission de maladies de la semence aux consommatrices et consommateurs est particulièrement élevé avec les légumes germés, dont les conditions de germination sont propices à la prolifération microbienne et avec lesquelles les personnes consomment la semence même. La désinfection des semences rend le produit alimentaire plus sûr.
- **Amélioration de la qualité et du rendement culturaux.** La désinfection des semences s'avère aussi bénéfique pour les taux de germination et la vitesse de levée. Elle peut améliorer la croissance, la compétitivité face aux mauvaises herbes et, potentiellement, les rendements.

Il existe toutefois des désavantages à désinfecter les semences en production végétale. En effet, les traitements peuvent nuire à la germination, surtout si la procédure recommandée pour une espèce donnée n'est pas suivie, et réduire la longévité des semences.

Les semences constituent un réservoir pour des microbes variés : certains peuvent inhiber les maladies racinaires ou permettre des interactions symbiotiques avec des champignons du sol qui améliorent l'absorption des nutriments et de l'eau. L'élimination des pathogènes entraîne également la mort de micro-organismes bénéfiques. La biodiversité microbienne peut jouer un rôle important en production biologique; la désinfection des semences ne serait donc recommandable que pour les semences susceptibles de transmettre des germes pathogènes. Les productrices et producteurs peuvent envoyer des échantillons de semences à des laboratoires afin de connaître le taux de germination d'une semence donnée et sa charge pathogène.

Pour réintroduire des micro-organismes bénéfiques, il est possible d'activer les semences désinfectées avec un thé de compost ou des inoculats du commerce contenant des champignons mycorrhiziens, des rhizobactéries favorisant la croissance des plantes ou Bacillus subtilis, ou d'autres microbes bénéfiquesii. ii

Méthodes de désinfection des semences

Les producteurs conventionnels et les semenciers utilisent souvent une solution de chlore concentrée aux fins de désinfection. Mais en agriculture biologique, le choix se limite aux produits figurant sur la *Liste des substances permises* (plus précisément les substances de la colonne 2 du tableau 4.2 ou celles du tableau 7.3 de la norme CAN/CGSB-32.311). L'eau de Javel, sous forme d'hypochlorite de sodium, est permise en production biologique seulement si sa concentration ne dépasse pas les maximums autorisés pour l'eau potable, ce qui est insuffisant pour désinfecter réellement des semences. Les désinfectants biologiques communs comprennent l'eau chaude, le peroxyde d'hydrogène, l'acide acétique et les huiles essentielles (tableau 1).

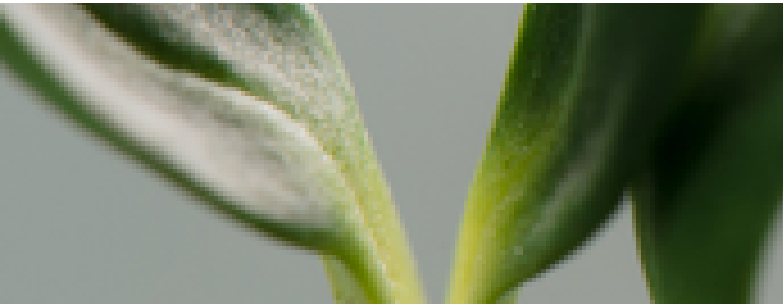


Tableau 1: Traitements des semences par culture

Méthode	Adéquation	Cultures
Traitement à l'eau chaude	Élevée	De nombreux légumes à petites semences, en particulier les brassicacées, les carottes, les tomates et les poivrons
	Moyenne	Céleri, laitue et épinards; céréales
	Basse	Légumes à grosses semences, comme les pois, haricots et cucurbitacées, le maïs et les betteraves; légumineuses
Eau chaude + peroxyde d'hydrogène + acide acétique	Élevée	Semences à germer; probablement efficace sur de nombreux légumes et céréales à petites semences
Huiles essentielles ou extraits	Varie selon la maladie	Une grande variété de cultures maraîchères et de grandes cultures
Peroxyde d'hydrogène, acides acétique et autres	Varie selon la maladie	Une grande variété de cultures maraîchères et de grandes cultures
Phages	Élevée	Une grande variété de cultures maraîchères et de grandes cultures
Thé de compost	Élevée	Une grande variété de cultures maraîchères et de grandes cultures
	Inadéquate	Germinations

L'«adéquation» reflète l'efficacité de la lutte contre les pathogènes sans effets néfastes sur la germination de la culture.

Le traitement à l'eau chaude est un moyen traditionnel de lutte contre les maladies transmises par les semences, en particulier les pathogènes bactériens, mais aussi certaines maladies fongiques et virales. Des études ont démontré qu'il réduit l'incidence de diverses maladies, notamment la rayure de la feuille et le charbon dans les céréales, la tache septorienne et l'alternariose dans diverses cultures et la stemphyliose, la cladosporiose et la verticilliose dans les épinards. Dans les légumes, le traitement à l'eau chaude est particulièrement efficace sur les brassicacées, les carottes, les tomates et les poivrons, et assez efficace sur le céleri, la laitue et les épinards. Il n'est pas recommandé avec les pois, les haricots, les cucurbitacées, le maïs et les betteraves. Les semences traitées à l'eau chaude doivent être utilisées dans l'année, car le processus réduit leur longévité.

Bien que l'eau chaude puisse tuer les pathogènes, elle peut aussi diminuer la viabilité des semences. La température de l'eau et la durée du traitement sont critiques, et la méthode optimale dépend de l'espèce traitée (voir tableau2). Les semences traitées à l'eau chaude doivent être utilisées dans l'année, car le processus réduit leur viabilité à long terme. L'alternative à l'eau chaude est l'air humide, ou « vapeur aérée », mais elle requiert de l'équipement spécialisé.

Tableau2: Protocoles de traitement à l'eau chaude par culture

Cultures	Eau chaude	
	Temp. (°C/°F)	Durée (min)
Légumes		
Choux de Bruxelles, choux, aubergines, épinards et tomates	50 °C/122 °F	25
Brocoli, carotte, chou-fleur, chou chinois, chou vert, concombre, chou frisé, chou-rave, rutabaga et navet	50 °C/122 °F	20
Cresson, moutarde et radis	50 °C/122 °F	15
Céleri-rave, céleri et laitue	48 °C/118 °F	30
Poivron	51,5 °C/125 °F	30
Grandes cultures		
Orge ⁱ , carthame ⁱⁱ	44,5 °C/112 °F	30
Haricot ^{1, iii}	50 °C/122 °F	45
Pois ^{2, iv}	Voir note de bas de page	
Blé ^{3, v}	55 °C/131 °F	10

L'information sur les légumes est reproduite avec l'aimable autorisation de M.T. McGrath et coll., « Managing Pathogens Inside Seed with Hot Water », 2016, <https://www.vegetables.cornell.edu/pest-management/disease-factsheets/managing-pathogens-inside-seed-with-hot-water/>.

Traitement des semences à l'eau chaude

- 1.Placer les graines dans des sacs perméables (p.ex., en mousseline, coton à fromage ou filtre à café fermé par des agrafes).
- 2.Tremper les semences dans l'eau chaude à des températures de l'ordre de 38à43 °C (100,5 - 109,5 °F) pendant 5 à 10 min.
- 3.Respecter la durée spécifique à chaque culture (voir tableau2).
- 4.Transférer les semences dans de l'eau froide et les laisser refroidir pendant 5 min.
- 5.Pré-sécher les semences (p.ex., les étendre sur un plateau couvert de moustiquaire ou des serviettes ou les essorer à la laveuse sans chaleur).
- 6.Sauf si les semences sont destinées à être plantées immédiatement, les sécher complètement (p. ex., à 29,5 °C [85 °F] toute une nuit au déshydrateur ou dans une pièce chauffée avec une bonne circulation d'air).

Huiles essentielles et extraits

Les applications d'huiles essentielles peuvent inhiber certains pathogènes, comme *Alternaria*, *Botrytis* et *Xanthomonas campestris* (responsable de certains types de brûlure bactérienne, pourriture noire et tache noire affectant les légumes, les légumineuses et les céréales).

La recherche a établi que le traitement de semences de chou pendant 30 min avec une concentration de 0,1 à 1,0 % des certaines huiles essentielles éliminait plus de 99 % des bactéries transmises par les semences et affaiblissait substantiellement les champignons transmis par les semences. ⁱⁱⁱ Une exposition prolongée n'avait pas d'effet, tandis que les concentrations plus élevées réduisaient les taux de germination. Les huiles essentielles les plus efficaces étaient celles de thym, d'origan, de cannelle et de clou de girofle.



Un extrait d'ail s'est avéré efficace pour réduire le nombre de bactéries et champignons transmis par les semences chez les légumes, le blé et le riz et a occasionné une hausse des rendements au Bangladesh. La moutarde en poudre offre une autre option de traitement des semences pour lutter contre des maladies telles que la carie et le charbon des céréales.

Acides organiques

Les acides acétique, ascorbique et lactique à des concentrations supérieures ou égales à 2,5 % peuvent réduire la présence de bactéries pathogènes sur les semences. ^{iv} L'acide acétique présente l'avantage d'être facile à obtenir et sûr d'utilisation. Une étude a établi que 20 mL d'acide acétique à 5 % par kg de semences réduisait de 92 à 96 % la carie du blé d'hiver transmise par les semences; les concentrations supérieures étaient néfastes pour la germination.^v Cependant, une autre étude a montré que 20 mL d'acide acétique par kg de semences à des concentrations de 20 et 35 % réduisait de manière significative la rayure de la feuille chez l'orge et le charbon nu de l'avoine, la concentration de 35 % n'ayant que de faibles effets sur la germination. Le simple trempage de semences de carotte dans du vinaigre a permis de lutter efficacement contre *Alternaria dauci*.

Bactériophages

Les bactériophages sont des virus capables d'inactiver des bactéries. Comme le décrivent Catherine Wong et la Dre Siyun Wang, les phages «sont abondants et faciles à localiser dans l'écosystème (...) [et constituent] des agents antimicrobiens abordables. Les phages sont naturellement présents, hautement spécifiques, capables de s'auto-répliquer et généralement non toxiques pour l'humain. Étant donné leur nature auto-répliquante, le concept est qu'ils peuvent continuellement réduire les populations de pathogènes introduites sur les germinations en utilisant le pathogène comme hôte».^{vi} Après l'étude de la GSB, l'équipe de l'UBC a constaté qu'une application de bactériophages sur les semences peut diminuer leur charge pathogène, mais que des applications répétées sont nécessaires pour garantir l'innocuité des aliments.

Thé de compost

Au lieu de désinfecter les semences, le thé de compost introduit des micro-organismes bénéfiques qui peuvent potentiellement déplacer, concurrencer ou tuer les pathogènes. Bien que les applications de thé de compost ne conviennent pas à la production de germinations, elles sont prometteuses pour d'autres cultures. Des études ont montré que les traitements de semences au thé de compost peuvent améliorer les taux de germination, réduire la fonte des semis et inhiber diverses maladies fongiques causant la pourriture des racines.^{vii}

Conclusion

Les chercheuses et chercheurs de la GSB ont trouvé des moyens sûrs et efficaces de désinfecter les semences de manière biologique. Toutefois, il n'existe pas de solution simple et unique pour ce faire; la meilleure méthode pour désinfecter des semences peut associer plusieurs techniques, telles que l'eau chaude suivie de solutions de peroxyde d'hydrogène et d'acide acétique. La méthode idéale de désinfection varie en fonction du type de semence et de production (par exemple, du fait que la semence sera semée en plein champ ou germée).



Le saviez-vous?

- Les semences peuvent être vectrices de maladies. Les maladies transmises par les semences peuvent détruire des cultures et, dans le cas des germinations, rendre des personnes malades.
- Vous pouvez construire votre propre système de traitement à l'eau chaude avec moins de 275 \$ (CAD) de matériel. Consultez la référence Small-Scale Cost-Effective Hot Water Seed Treatment [en anglais seulement] dans la section Ressources.
- Les traitements à l'eau chaude peuvent endommager les semences de cucurbitacées (courges, gourdes, citrouilles, pastèques, etc.), pour lesquelles d'autres stratégies doivent être utilisées.
- L'enrobage des semences de blé avec de l'huile essentielle de thym peut rendre la culture plus tolérante à la sécheresse. Les semences ainsi traitées ont mieux germé et grandi, ce qui a conduit à un enracinement profond, une meilleure assimilation du carbone et une meilleure absorption de l'azote, en plus d'améliorer la résistance de la culture à la sécheresse.^{viii}
- L'activation (biopriming) implique l'inoculation des semences avec des organismes bénéfiques, souvent en les hydratant simultanément. Il peut améliorer la résistance des plantes aux maladies transmises par les semences et le sol.



Ressources

- 1 Gatch, E. (2009) Organic Seed Treatments and Coatings. <https://eorganic.org/node/749>
- 2 Keeping Our Seeds Pathogen-Free: A Small-Scale Seed Producer's Guide to Managing Seed-borne Diseases with Dr. Lindsey du Toit. 150-minute webinar. <https://youtu.be/DNub-iJXbHo>
- 3 Miller, SA et al. (2016) Hot Water and Chlorine Treatment of Vegetable Seeds to Eradicate Bacterial Plant Pathogens. <https://u.osu.edu/vegprolab/grafting-publications/hot-water-and-chlorine-treatment-of-vegetable-seeds-to-eradicate-bacterial-plant-pathogens/>
- 4 Morton, F et al. (2016) Small-Scale Cost-Effective Hot Water Seed Treatment. <https://www.seedambassadors.org/wp-content/uploads/2016/03/Small-scale-Hot-Water-Treatment.pdf>
- 5 Sharma, K et al (2015) Seed Treatments for Sustainable Agriculture-A review. J. Appl. & Nat. Sci. 7(1):521-539. <https://doi.org/10.31018/jans.v7i1.641>
- 6 Toporek, S et al. (2017) Hot-Water Seed Treatment for Disease Management. <https://hort.extension.wisc.edu/articles/hot-water-seed-treatment-for-disease-management/>

Références

- i Borgen, A (2002). Control of seed borne diseases in organic cereals and pulses. Abstracts of 4th ISTA plant disease conference, Wageningen, 2002, No. 9.
- ii Righini, H (2021). Tomato seed biopriming with water extracts from *Anabaena minutissima*, *Ecklonia maxima* and *Jania adhaerens* as a new agro-ecological option against *Rhizoctonia solani*. Sci. Hortic. doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109921; Sarkar, D et al (2021) Seed bio-priming with microbial inoculants: A tailored approach towards improved crop performance, nutritional security, and agricultural sustainability for smallholder farmers. Curr. Res. Env. Sust. doi.org/10.1016/j.crsust.2021.100093.
- iii van der Wolf, JM et al (2008). Disinfection of vegetable seed by treatment with essential oils, organic acids and plant extract. Seed Sci. Technol. 36:76-88.
- iv van der Wolf, JM et al (2008). Disinfection of vegetable seed by treatment with essential oils, organic acids and plant extract. Seed Sci. Technol. 36:76-88.
- v Borgen, A et al (2001). Effect of seed treatment with acetic acid for control of seed borne diseases. 2001 BCPC Symposium proceedings No. 76: Seed treatment: challenges and opportunities, pp 135-140. https://www.researchgate.net/publication/277786202_Effect_of_seed_treatment_with_acetic_acid_in_control_of_seed_borne_diseases
- vi Wong, CWY et al (2022). Efficacy of repeated applications of bacteriophages on Salmonella enterica-infected alfalfa sprouts during germination. Pathogens. Oct 6;11(10):1156. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36297213/>
- vii Abdel-Kader, M et al (2012). Different approaches of bio-control agents for controlling root rot incidence of some vegetables under greenhouse conditions. Int. J. Agric. Forest. 2: 115-127. 10.5923/j.ijaf.20120201.18.; Mansour, FS et al. (2011). Soil amendment and seed treatments with compost tea as alternative fungicide for controlling root rot disease of bean plants. Egypt. J. Biol. Pest Cont., 21(1); Yasser A et al. (2018). Impact of compost tea types application on germination, nodulation, morphological characters and yield of two lentil cultivars. Egypt. J. Agron. 1-19. 10.21608/agro.2018.5678.1126
- viii Ben-Jabeur, M et al (2019). A novel aspect of essential oils: coating seeds with thyme essential oil induces drought resistance in wheat. Plants (Basel).8(10):371. <https://doi.org/10.3390%2Fplants8100371>

À PROPOS DE LA GSB



GRAPPE SCIENTIFIQUE
biologique

Ce bulletin présente des résultats de recherche de la Grappe scientifique biologique (GSB), programme dirigé par la Fédération biologique du Canada en collaboration avec le Centre d'agriculture biologique du Canada de l'Université Dalhousie. La Grappe scientifique biologique III (GSB3) est soutenue financièrement par le programme Agri-science du Partenariat canadien pour l'agriculture d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, un investissement des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux, et plus de 70 partenaires du secteur agricole. Pour en savoir plus sur la GSB, visitez [le site du Centre d'agriculture biologique du Canada](https://www.dal.ca/faculty/agriculture/oacc/fr-accueil/grappe-scientifique-biologique/Grappe-biologique-3/latest-news/producer-bulletins.html).

Ce bulletin peut être cité comme :

Wallace, J. 2023. Désinfection des semences biologiques. Centre d'agriculture biologique du Canada, Université Dalhousie, Truro, N.-É., 7pp. <https://www.dal.ca/faculty/agriculture/oacc/fr-accueil/grappe-scientifique-biologique/Grappe-biologique-3/latest-news/producer-bulletins.html>