RAPPORT

REVUE DE LITTERATURE SUR LA LUTTE CONTRE LA PROPAGATION DU FLETRISSEMENT DU CHENE ROUGE EN LIEN AVEC LE TRANSPORT DES GRUMES

Présenté à :

Quebec Wood Export (Q-Web)
Bruno Couture, ing.f., MBA
Directeur des groupes feuillus et parquet

Par :

CERFO
Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc.
Guy Lessard, ing.f. M.Sc.
Gilles Joanisse, biol., Ph. D.
Donald Blouin, ing.f. M.Sc.

Mars 2019

© CERFO 2019-08

Mots-clés : flétrissure du chêne, fumigation des grumes, *Bretziella fagacearum*, vecteur

Référence à citer :
Lessard, G., G. Joanisse et D. Blouin. 2019. Revue de littérature sur la lutte contre la propagation du flétrissement du chêne rouge en lien avec le transport des grumes. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Rapport 2019-08. 30 pages + 1 annexe.

TABLE DES MATIERES

Table des matières i
Liste des figures iii
Liste des tableaux iv
Remerciements v
Résumé vi
1. Contexte du mandat 1
2. Objectifs 3
3. Méthode 4
3.1. Recherche de documents 4
3.2. Contact avec chercheurs et utilisateurs 5
4. Résultats 7
4.1. Règlementation et analyse de risque 7
4.2. Traitements disponibles pour contrôler *B. fagacereaum* 9
4.2.1. Fumigation des grumes 9
4.2.1.1. La fumigation des grumes ou du bois d'œuvre au bromure de méthyle 10
4.2.1.2. La fumigation au fluorure de sulfuryle 11
4.2.1.3. Iodure de méthyle (MeI) 13
4.2.1.4. Ethane dinitrile 14
4.2.1.5. Phosphine 14
4.2.2. Le traitement du bois et des grumes infectés à la chaleur, à la vapeur ou par séchage au séchoir 15
4.2.2.1. Traitement à l'eau chaude 15
4.2.2.2. Séchage à l'air chaud 15
4.2.2.3. Traitement à la vapeur sous vide 15
4.2.3. Autres traitements physiques : 17
4.2.3.1. Écorçage 17
4.3. Traitement pour contrôler les vecteurs 19
4.3.1. Méthode d'entreposage des grumes 19
4.3.1.1. Recouvrement d'une toile 19
4.3.1.2. Recouvrement avec de la neige 20
4.3.1.3. Immersion des grumes 21
4.3.1.4. Arrosage (aspersion) des billes 21
4.3.1.5. Écorçage des grumes entreposées 21

4.3.1.6. Recouvrement de débris de bois (brin de scie) 22
4.3.2. Contrôle des insectes : 22
4.3.2.1. Traitements insecticides des grumes 22
4.3.2.2. Utilisation d'appâts pour attirer et contrôler les insectes vecteurs 22
5. Recommandations sur les moyens à privilégier pour la lutte 23
5.1. Recommandations sur les moyens à privilégier pour les grumes transportées. 23
5.2. Autres moyens pour limiter la propagation 24
5.3. Identification des nouvelles pistes de recherche 24
6. Conclusion 26
Références 27
Annexe 1 : Liste des principaux importateurs de bois de chêne brut 32

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation des comtés aux États-Unis où la flétrissure du chêne a été détectée jusqu'en 2017. 2
Figure 2. Aire de distribution du chêne rouge. 2
Figure 3. Carte des États réglementés pour l'importation de chêne rouge - avril 2017 8
Figure 4. Schéma général du transport de bois de la récolte à l'exportation 9
Figure 5. Exemple de positionnement de toile recouvrant des buches de chênes 20

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Exemple de mots clés utilisés dans la recherche bibliographique....4
Tableau 2. Liste des chercheurs contactés 5
Tableau 3. Synthèse des études traitant du fluorure de sulfuryle....12
Tableau 4. Utilisation du méthyle iodide pour éradiquer *B. fagacearum* 14
Tableau 5. Utilisation de la vapeur sous vide pour éradiquer B. fagacerarum 17

REMERCIEMENTS

Le CERFO désire remercier d'abord le Q-Web et le centre de foresterie des Laurentides (CFL) pour leur confiance concernant ce mandat.

Nos remerciements s'adressent également à deux chercheurs du CFL, soit M Pierre Desrochers, pour sa présentation et son rapport sur le champignon et les vecteurs ainsi que M. Phillippe Tanguay pour les contacts américains sur la problématique et quelques articles de base.

Un merci également s'adresse à tous les contacts des universités et du ministère américain de l'Agriculture (USDA) qui nous ont répondu au meilleur de leurs connaissances.

Nous désirons enfin remercier les trois industriels importateurs de nous avoir partagé leur vision de la problématique actuelle et future.

RESUME

Le flétrissement du chêne (*Bretziella fagacearum)* est considéré comme l'une des plus graves maladies qui puissent attaquer les chênes. L'agent pathogène se propage des arbres contaminés aux arbres sains de deux façons : dans le sol, par le contact des racines, ou grâce à l'action d'insectes vecteurs qui se nourrissent dans l'aubier des arbres. Le **commerce des produits du bois**, en particulier des billes non écorcées constitue l'un des facteurs de propagation de la maladie entre les régions. *B. Fagacearum* n'a pas encore été détectée au Canada, mais l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) a mis en place des mesures importantes sur l'importation pour limiter la progression du champignon entre les régions et son arrivée au Canada, en provenance principalement des États-Unis. Étant donné les contraintes majeures que ces mesures préventives entrainent, un comité national constitué notamment du Q-Web, du CFL et de partenaires industriels, recherche les solutions qui pourraient permettre de limiter voire contrer la propagation du champignon et alléger les mesures de gestion du risque actuellement mises en place par l'ACIA.

Le présent rapport documente les moyens de contrôle de la propagation de la maladie dans le contexte de transport des grumes. Plus spécifiquement, les pratiques d'atténuation de la propagation sont documentées, soit des pratiques pour limiter la croissance de *B. fagacearum* sur les grumes et des pratiques pour limiter les actions des insectes vecteurs de la maladie. Plusieurs traitements de fumigation chimiques sont proposés, mais un traitement à vapeur sous vide semble des plus prometteurs tant en termes d'efficacité équivalente, mais aussi pour minimiser les impacts négatifs sur l'environnement et la toxicité. L'ensemble de ces traitements est couteux en infrastructures et en manipulation. Actuellement aucune mesure ne semble nécessaire, lorsque les grumes sont importées de zones où la flétrissure n'est pas détectée. Pour les autres régions, l'écorçage rapide et la période de l'année pourraient être des mesures efficaces. Par contre, dans l'intervalle où les grumes attendent, la propagation par les vecteurs présente une certaine fenêtre de risque. Des recommandations sont proposées ainsi que des pistes de recherche.

1. CONTEXTE DU MANDAT[1]

Le flétrissement du chêne (*Bretziella fagacearum,* précédemment nommé *Ceratocystis fagacearum***)** est considéré comme l'une des plus graves maladies qui puissent attaquer les chênes. Une cinquantaine de variétés de chênes ainsi que plusieurs autres feuillus sont vulnérables. Dans le cas des chênes rouges[2], les arbres atteints meurent généralement lors de la première année de l'infection.

L'agent pathogène se propage des arbres contaminés aux arbres sains de deux façons : dans le sol, par le contact des racines, ou grâce à l'action d'insectes vecteurs[3] qui se nourrissent dans l'aubier des arbres. Le **commerce des produits du bois**, en particulier des billes non écorcées (qui peuvent abriter des scolytes) constitue l'un des facteurs de propagation de la maladie entre les régions.

D'importantes mesures ont ainsi été adoptées par l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) pour limiter la propagation du champignon entre les régions. Le sud de l'Ontario et l'Outaouais sont considérées comme des zones à risque en raison de leur proximité avec certains des États américains où sévit la maladie (voir figure 1 et figure 2) pour la distribution du chêne rouge et celle de la maladie. La présence de la flétrissure du chêne a été détectée sur Belle Isle au centre de la rivière Detroit en 2016 à environ 600 m de Windsor. Des mesures préventives ont déjà été prises dans plusieurs comtés en Ontario. Étant donné les contraintes majeures que ces mesures préventives entrainent, un comité national constitué notamment du Q-Web, du CFL et de partenaires industriels recherche des solutions qui pourraient permettre de limiter voire contrer la propagation du champignon et alléger les mesures de gestion du risque actuellement mises en place par l'ACIA.

[1] La plupart des informations de cette section proviennent de l'ACIA ou du Service canadien des forêts.

[2] Pour distinguer les chênes rouges des chênes blanc, la pulvérisation d'une solution de nitrite de sodium à 10 p. 100 sur le bois parfait des grumes constitue un test de couleur simple ((Miller *et al.* 1985)).

[3] Les insectes suivants sont capables de transporter le champignon pathogène : *Agrilus bilineatus, Arrhenodes minutus, Carpophilus sayi, Colopterus maculatus, Colopterus niger, Colopterus semitectus, Colopterus truncatus, Cryptarcha concinna, Epuraea corticina, Glischrochilus fasciatus, Glischrochilus quadrisignatus, Glischrochilus sanguinolentus, Pseudopityophthorus minutissimus, Pseudopityophthorus pruinosus.((Acia 2018a)).*

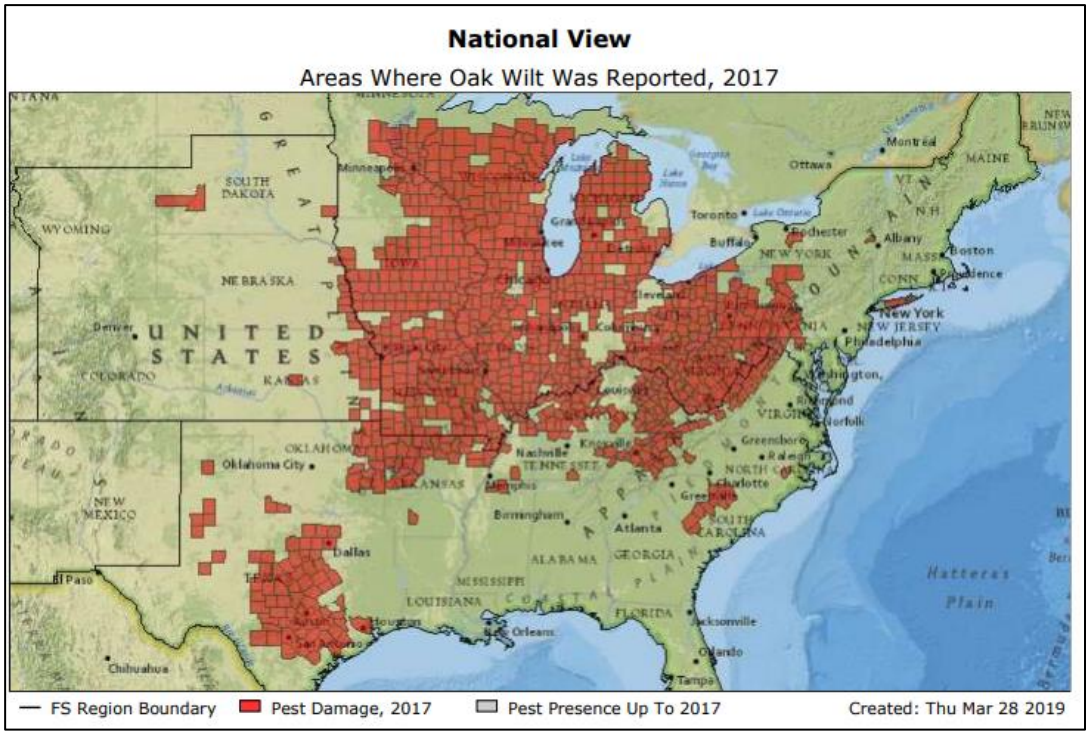

Figure 1. Localisation des comtés aux États-Unis où la flétrissure du chêne a été détectée jusqu'en 2017.[4]

Figure 2. Aire de distribution du chêne rouge.[5]

[4] (source : https://foresthealth.fs.usda.gov/portal/Flex/FPC)

[5] (Source : Figure 4.24 du manuel Description écologique des forêts du Québec de Madeleine Cauboue. http://monde.ccdmd.qc.ca/ressource/?id=97963)

2. OBJECTIFS

Le présent mandat a pour objectif général de documenter les moyens de contrôle de la propagation de la maladie dans le contexte de transport des grumes. Plus spécifiquement, il s'agit de :

1. Identifier et documenter les pratiques actuellement expérimentées pour limiter la propagation du champignon.
2. Identifier et documenter les pratiques actuellement expérimentées pour limiter la propagation par les vecteurs.
3. Proposer des recommandations sur les moyens à privilégier
4. Identifier les nouvelles pistes de recherche s'il y a lieu.

3. METHODE

3.1. RECHERCHE DE DOCUMENTS

La recherche de littératures et les documents reliés au flétrissement du chêne a principalement été réalisés sur internet en utilisant Google (https://www.google.com/) et GoogleScholar (https://scholar.google.ca/). La base de données de recherche en science fédérale américaine a également été très utile pour chercher et télécharger des documents (https://www.science.gov/).

Les recherches de documents ont été réalisées par thème en combinant différents mots-clés (tableau 1). Ensuite, les références pertinentes citées dans les documents téléchargés ont été consultées. Les recherches ont principalement été réalisées en anglais, mais quelques-unes en français. Les documents téléchargés ont été inclus dans une base de référence Endnote. Cette base de références EndNote est disponible sur demande.

La recherche a été surtout axée sur les moyens pour limiter l'importation de la maladie par des grumes et non les manières de traiter des peuplements ou arbres infectés.

Tableau 1. Exemple de mots clés utilisés dans la recherche bibliographique

Thème	Exemple de mots clés	
Général	oak wilt	flétrissure du chêne
	ceratocysis fagacearum	
	bretziella fagacearum	
Fumigation	methyl bromide	bromure de méthyle
	methyl iodide	log fumigation
	sulfuryl fluoride	
	phosphine	
	ethane dinitrile	
Traitement physiques	debark	écorçage
	steam treatment	sous vide
	heat treatment	
Vecteurs	insect vector	bark beetle / scolyte
	nitidulid nitidule	insect trap
	bark beetle / scolyte	control of nitidulid
Exclusion des vecteurs	tarps	Protection des grumes
	isolate	log storage
	snow cover	wood chips / wood mulch
	water immersion	
	water sprinkling	

3.2. CONTACT AVEC CHERCHEURS ET UTILISATEURS

Plusieurs chercheurs ont été contactés pour vérifier si d'autres traitements étaient disponibles et comment ils préviennent la transmission de la flétrissure du chêne. Le tableau 2 présente les personnes contactées et un sommaire des réponses obtenues.

Tableau 2. Liste des chercheurs contactés

Personne contactée	Poste	Organisme	Courriel	Réponse/remarque
Adnan Uzunovic	Scientist, New Construction Materials	FPInnovations	Adnan.Uzunovic@fpinnovations.ca	Choix du fumigeant selon si traité au EU ou au Canada Plus convaincu pour traitement sous vide vapeur Ethane dinitrile prometteur
Allison Kanoti	Entomologiste forestier	DACF, Maine Forest Service, Forest Health and Monitoring	Allison.M.Kanoti@maine.gov	Aucun exportateur du Maine n'utilise de méthode particulière.
Dave Appel	Professor, Biological Control	Department of Plant Pathology and Microbiology, Texas A&M University	appel@tamu.edu	Problème au Texas, mais principal hôte pas de qualité pour exportation
Aaron Bergdahl	Forest Pathologist	Maine Forest Service	aaron.bergdahl@maine.gov	Flétrissure absente du Maine ; plus près confirmé à Long Island NY. Pas au courant de méthode particulière d'exportation
Gary Fish	State Horticulturist	Maine Department of Agriculture, Conservation and Forestry	Gary.Fish@maine.gov	N'est pas au courant de méthode particulière, car pas de flétrissure détectée dans l'état du Maine
Laura Kenefic	Research Forester and Team Leader	U.S. Forest Service Northern Research Station, Penobscot Experimental Forest	lkenefic@fs.fed.us	Transfert a des spécialistes locaux
Pierre Desrochers	Scientifique émérite	, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides	Pierre.Desrochers@Canada.ca	Liens pour produits homologués au Canada
Anna Yang	Research scientist	University of Minnesota Twin Cities Researcher Forest Resources University of Minnesota Twin Cities	yang1148@umn.edu	Pas de nouvelle encore.

Personne contactée	Poste	Organisme	Courriel	Réponse/remarque
Zhangjing Chen	Research Scientist	Department of sustainable biomaterials, Virginia tech, Brooks Forest Products Center	chengo@vt.edu	Méthode de sous vide steam très efficace
Jennifer Juzwik	Research Plant Pathologist	Northern Research Station, USDA Forest Service, St. Paul, Minnesota	jjuzwik@fs.fed.us	Autres traitements : Phosphine pas efficace ainsi que sulfuryl fluoride; EDN : un projet en cours. Elle n'a pas de préférence pour un traitement mais traitement à vapeur sous vide prometteur aussi pour d'autres ravageurs Pour limiter propagation : enlever les arbres avec tapis mycélium et ne pas transporter bois de chauffage
Davis Abner			Davis.A.Abner@aphis.usda.gov	A transféré notre demande à M. Tubajika
Paul Giroux	Responsable de la foresterie et des zones naturelles de Windsor	Ville de Windsor	parkrec@citywindsor.ca	Pas de retour

Certains utilisateurs ont également été contactés :

1. Charles St-Julien de Plancher Lauzon a été contacté. Il a mentionné que son usine, qui est localisée à Papineauville, importait des grumes avec écorces des États-Unis dont certains voyages provenant d'un état réglementé, soit l'État de New York et d'états non contaminés par la flétrissure. Lorsqu'il reçoit les grumes d'états contaminés à son usine, elles sont écorcées et traitées en moins de 30 jours. Les écorces de chêne sont pilées ensemble et comptabilisées. Elles sont ensuite envoyées à une usine utilisant la cogénération (Fortress inc.) où elles sont brûlées.
2. Éric Deslauriers de Scierie Dion et Fils a été contacté. Leur usine importe des grumes de chêne rouge des États-Unis. Ce dernier a mentionné qu'il importe des grumes d'états réglementés seulement pendant la période hivernale et parfois, ce type de provenance n'est pas retenu. Une fois les grumes reçues, les grumes sont écorcées et rentrées à l'usine dans le délai prescrit. Les écorces sont entreposées et détruites dans l'usine. Le reste de l'année, il importe du chêne d'états non réglementés pour s'assurer de ne pas importer la maladie dans des périodes critiques.
3. André Fortin de la compagnie Commonwealth Plywood Ltée localisé à Shawinigan a été contacté. Il mentionne que les grumes de chêne rouge provenant de zones réglementées doivent être écorcées dans les 14 jours suivant leur réception. Il n'y a pas de produits chimiques utilisés. Les billes sont passées à la vapeur avant d'être écorcées et l'écorce est ensuite brûlée. La compagnie reçoit des grumes de chêne tous les mois.

4. RESULTATS

Cette section présente une synthèse des informations issues de la revue de littérature. La première partie fait un petit tour sur la réglementation actuelle, l'analyse de risque et le mouvement du bois. Ensuite, les traitements possibles des grumes sont présentés suivis des moyens de contrôler les vecteurs.

4.1. REGLEMENTATION ET ANALYSE DE RISQUE

Il existe actuellement de la règlementation et des mesures phytosanitaires pour exporter le chêne des États-Unis en Europe (Oepp 2017). Au Canada, l'importation de chêne des États-Unis est réalisée principalement par transport en camion, et les principaux importateurs sont présents au Québec, en Ontario, en Alberta et en Colombie-Britannique (2016, 440791 - Bois d'œuvre - chêne - épaisseur > 6mm - Base de données sur les importateurs canadiens (BDIC) et 440391 - Bois bruts - chêne - Base de données sur les importateurs canadiens (BDIC), https://www.ic.gc.ca/app/scr/ic/sbms/cid/searchProductResults.html?dy=2016&keyword=ch%C3%AAne&searchedKeyword=ch%C3%AAne. Voir à l'annexe 1 pour la liste des importateurs de bois brut en 2016.

Au Canada, l'agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) est en processus de révision de la directive D-99-03 : D-99-03 : mesures phytosanitaires destinées à prévenir l'introduction de l'agent du flétrissement du chêne (Cfia 2011). Actuellement, la réglementation s'applique, entre autres, pour les grumes non écorcées de chênes (*Quercus spp*.), de châtaigner (*Castanea spp*.), de chinquapin (*Castanopsis spp*.) et de chêne à tan (*Lithocarpus spp*.) pour les États américains ayant une présence de flétrissure (figure 1) et étant réglementés (figure 3) pour lesquels les produits doivent être accompagnés d'un certificat phytosanitaire à moins d'avoir un permis d'importation spécifique avec certaines conditions (ex. le matériel couvert par ce permis d'importation doit être transporté directement au lieu qui y est précisé ; toutes les grumes doivent être transformées et/ou écorcées dans les trente jours suivant l'importation ; toutes les grumes doivent être gardées dans un lieu sûr et isolées des peuplements de l'arbre hôte. Il faut éliminer l'écorce et les autres déchets ligneux ou les traiter (p. ex. brûlage) au moyen d'une méthode approuvée par l'ACIA.

Plusieurs synthèses ont été réalisées sur le risque phytosanitaire du mouvement du bois à l'échelle nationale et internationale (p. ex. (Allen *et al.* 2017; Efsa Panel on Plant Health *et al.* 2018; Leal *et al.* 2010; Robinet *et al.* 2016; Uk 2015)), ainsi que des modèles pour prédire la localisation de la maladie (Gearman 2018) et des plans d'aménagement lorsque la maladie est

détectée (Corrigan 2018; Cummings Carlson *et al.* 2010; Hassett *et al.* 2018; Juzwik *et al.* 2010; Koch *et al.* 2010; O'brien *et al.* 2017). Dans leur synthèse, Leal *et al.* (2010) illustrent très bien le mouvement du bois de la récolte à l'exportation; on y discute des endroits de la chaîne où la détection et différents traitements peuvent être réalisés (figure 4). Dans le cas des grumes, les points de 1 à 4 s'appliquent. La détection peut d'abord se faire en forêt et choisir des peuplements non infectés. Il existe déjà des protocoles de détection de la flétrissure du chêne, dont un document produit par l'ACIA (Acia 2018b). Deux principales méthodes sont utilisées, soit la culture de morceaux de bois sur des milieux sélectifs sur agar et, plus récemment, la détection du champignon avec des analyses moléculaires, tel que de réactions en chaîne de la polymérase (PCR)(Lamarche *et al.* 2015; Wu *et al.* 2011; Yang et Juzwik 2017). Si le peuplement présente la maladie, il est possible de réaliser un traitement sur les grumes pour éradiquer la maladie lors de l'entreposage en forêt et avant ou à l'arrivée à la cour à bois et limiter le temps d'entreposage. L'écorçage devrait être réalisé rapidement et les écorces détruites. Donc, il est possible de réaliser des traitements ou manipulations à différentes étapes de la chaine du processus qui pourrait limiter ou diminuer le risque de contamination par la maladie. La revue de littérature présentée dans les prochaines sections présente ces différents traitements ou manipulations.

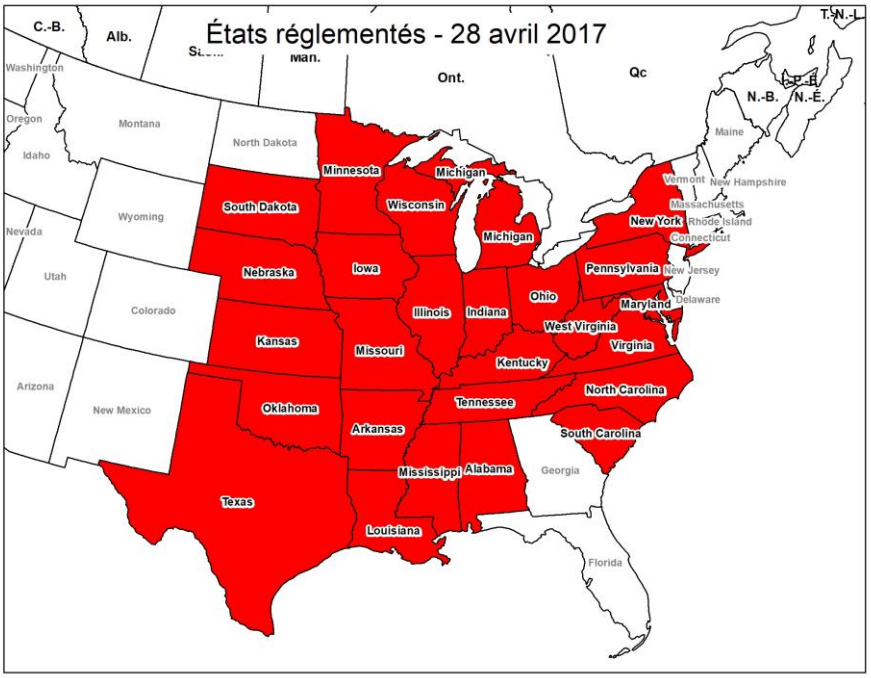

Figure 3. Carte des États réglementés pour l'importation de chêne rouge - avril 2017

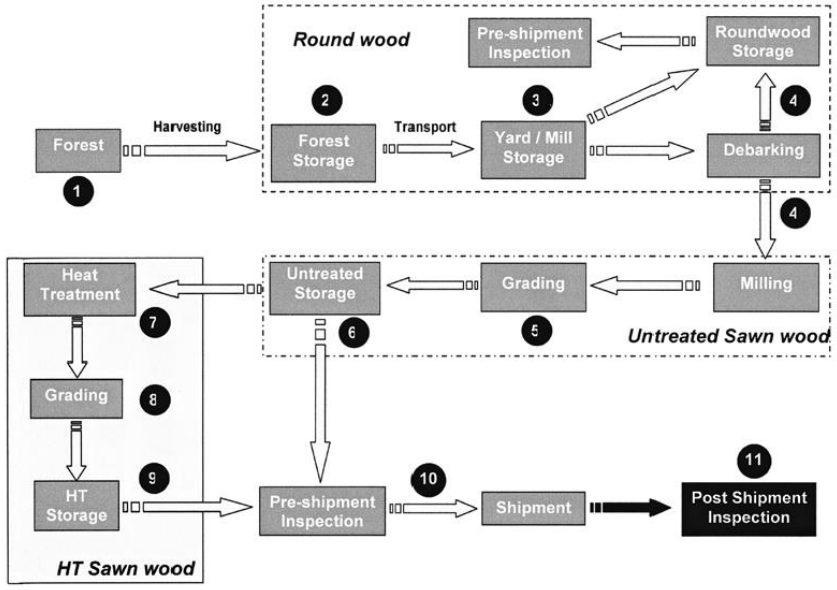

Figure 2. Generalized production pathway of round wood and sawn wood from harvest to shipment. Points within the production flow at which measures to mitigate the presence of pests and diseases in the finished commodity can be taken are identified by the numbered circles (see Table 2).
Note: this flow chart does not include chemical treatments that may be applied at different steps in the production pathway.

Figure 4. Schéma général du transport de bois de la récolte à l'exportation[6]

4.2. TRAITEMENTS DISPONIBLES POUR CONTROLER *B. FAGACEREAUM*

Cette section présente une synthèse des traitements disponibles pour enrayer le champignon sur les grumes, soit des traitements de fumigation et des traitements reliés à la chaleur. Il est évident que tout traitement qui est ajouté à la chaîne de production de bois pour contrôler *B. Fagacereaum* peut entraîner des coûts supplémentaires et augmenter le coût par m^3. Les informations économiques n'ont pas été analysées de manière exhaustive dans le présent document.

4.2.1. Fumigation des grumes

Cette section présente une synthèse des principaux fumigeants chimiques et leur efficacité à contrôler ou éradiquer *B. fagacereaum*. Il est à noter que tous les produits de fumigation décrits dans cette section sont toxiques pour la santé humaine et que des mesures particulières sont nécessaires pour leurs utilisations (Répertoire toxicologique, CNESST : https://www.csst.qc.ca/prevention/reptox/Pages/recherche-produit.aspx).

[6] (figure tirée de Leal *et al.* (2010))

4.2.1.1. La fumigation des grumes ou du bois d'œuvre au bromure de méthyle

Le bromure de méthyle est un composant qui détruit la couche d'ozone. Le Canada a signé le Protocole de Montréal relatif aux substances qui appauvrissent la couche d'ozone, selon lequel les parties ont l'obligation de diminuer progressivement la production et la consommation des substances qui appauvrissent la couche d'ozone ainsi que de réduire et d'éliminer le commerce de ces substances (Eccc 2017). Ce produit devra être remplacé par d'autres produits moins dommageables pour l'environnement (couche d'ozone) autant au Canada qu'aux États-Unis. Son utilisation est encore permise au Canada pour fin de fumigation des bois lorsqu'il n'est pas possible d'utiliser d'autre traitement (Canada 2019). Dans ce sens, plusieurs recherches ont été réalisées pour trouver des produits de remplacement (Armstrong *et al.* 2014; Banks 2002; Pizano et Banks 2009; Schmidt et Amburgey 1997; Yang *et al.* 2017) et il y a même des congrès annuels sur la question (eg. Methyl Bromide Alternative Outreach, https://www.mbao.org/). Ainsi, une description sommaire est réalisée pour ce produit selon les normes actuellement en vigueur aux États-Unis entre autres.

La fumigation au bromure de méthyle est actuellement préconisée pour l'exportation de chêne vers l'Europe. Ce traitement de fumigation est également dans la liste de ceux approuvés par ACIA pour l'importation de bois de chêne rouge avec écorce provenant des états réglementés des États-Unis. Plusieurs études ont été réalisées sur la fumigation au bromure de méthyle. Selon les normes d'application, le calendrier actuel de fumigation (240 g/m^3 pendant 72 h) pour les grumes de chêne est l'un des taux les plus élevés recommandés comme calendrier de quarantaine et de pré expédition de produits (QPS) utilisés aux États-Unis selon la norme T312 (Juzwik *et al.* 2019; Usda 2016). Plusieurs études ont donc été réalisées sur l'efficacité du bromure de méthyle et comparées à d'autres traitements (Macdonald *et al.* 1985; Schmidt 1982, 1983; Schmidt *et al.* 1982; Seabright *et al.* 2017; Tubajika et Barak 2011; Yang *et al.* 2018).

La fumigation des grumes ou du bois d'œuvre au bromure de méthyle est une méthode d'éradication efficace du flétrissement du chêne; les taux suivants ont été appliqués avec succès en laboratoire et lors d'essais de fumigation au champ :

- grumes : 240 g/m^3 de bromure de méthyle pendant 3 jours (72 heures) à des températures égales ou supérieures 5°C (Schmidt *et al.* 1982)
- grumes : 240 g/m^3 de bromure de méthyle pendant 2 à 3 jours (48 - 72 heures) à des températures égales ou supérieures à 2 - 5°C (Macdonald *et al.* 1985)
- bois d'œuvre : 240 g/m^3 de bromure de méthyle pendant 2 jours (48 heures) à des températures égales ou supérieures à 5°C (Schmidt 1982).

La fumigation au bromure de méthyle à des températures inférieures à 0°C est inefficace même si l'on augmente la concentration du fumigeant et la durée du traitement (Schmidt 1983). Le Treatment Manual Schedule T312 - PDF (5000 ko) (anglais seulement) de l'USDA précise les taux autorisés pour l'éradication du flétrissement dans les grumes et le bois d'œuvre de chêne (Juzwik *et al.* 2019; Usda 2016).

4.2.1.2. La fumigation au fluorure de sulfuryle

Le fluorure de sulfuryle s'avère aussi efficace que le bromure de méthyle comme fumigeant pour l'éradication de *B. fagacearum* dans les grumes de chêne, et pourrait offrir une solution de rechange appropriée au bromure de méthyle quand on l'applique à des taux égaux ou supérieurs à 27 400 g h/m^3 ou 280 g/m^3 pendant 72 heures (Schmidt *et al.* 1997; Woodward et Schmidt 1995). Le
tableau 3 présente les références consultées avec les résultats associés, comprenant des études ayant testé la survie sur pétri, petits blocs de bois et grumes de différentes tailles. Plus récemment, Yang *et al.* (2018) ont démontré qu'il n'y avait aucune survie de *B. fagacearum* à la suite d'une fumigation de grumes de chêne rouge au fluorure de sulfuryle avec le traitement à 240 g/m^3 durant 72 h. Quoiqu'il y ait une diminution importante des champignons, la présence des champignons a été mesurée sur des grumes infectées artificiellement et fumigées à des concentrations de 280 g/m3 et 320 g/m^3 du bromure de méthyle et de fluorure de sulfuryle. Dans des recherches récemment achevées, Juzwik et collaborateurs (communications personnelles) ont constaté que le fluorure de sulfuryle ne parvient pas systématiquement à éradiquer le champignon responsable de la flétrissure du chêne dans les grumes de chêne rouge (1,4 mètre de long sur 20 à 25 cm environ).

Uzunovic *et al.* (2017) ont étudié le potentiel d'utiliser ce produit et leurs résultats sont comparables à ceux d'autres études qui ont évalué l'efficacité du fluorure de sulfuryle contre les champignons responsable de la flétrissure du chêne, *B. fagacearum*. Woodward et Schmidt (1995) ont constaté que *B. fagacearum* était complètement contrôlée à des valeurs de concentration supérieures à 18 000 h-mg/litre, soit 240 mg/litre durant 72 h. Schmidt *et al.* (1997) ont signalé un contrôle complet aux scanneurs SF de 27 400 et de 35 010 h-mg/litre (280 g/m3) à des températures d'environ 10 °C, mais ils n'ont pas évalué l'efficacité à des taux plus bas.

Au Canada, l'utilisation du fluorure de sulfuryle a été homologuée en décembre 2016 pour supprimer les ravageurs des produits stockés dans les moulins à grains céréaliers, les installations d'entreposage connexes et les usines de transformation alimentaire (Santé Canada décision

d'homologation RD2016-38, 22 décembre 2016). Nous n'avons pas d'information à savoir s'il serait possible de l'utiliser pour le bois.

Le fluorure de sulfuryle n'attaque pas la couche d'ozone, mais il est un puissant gaz à effet de serre. Cependant, en terme global, son impact est minime (Sc 2016).

Tableau 3. Synthèse des études traitant du fluorure de sulfuryle

Étude	Méthode	Résultats	Succès	Limites
Tubajika et Barak (2011)	- Petits blocs de bois (bouleau, érable, peuplier et pin rouge) - MeI, MeBr et FS) - 160 et 240 g/m^3 - 24, 48 et 72 h - T : 21 ºC - Isolation et culture de copeaux	-pas de différence entre types de bois -meilleurs résultats après 72 h Éradication : Érable : 72 h 160g/m^3; autres : 240g/m^3 pour 72 h	MeI plus performant que FS	Conditions en laboratoire sur petite planche de bois d'espèces autre que le chêne
Schmidt *et al.* (1997)	-arbres infectés; grumes 28-58 cm de diamètre - Sous une bâche, 280 g/m^3 et 420 g/m^3, 72 h, témoins (T entre 10-20 ºC)	- aucune souche vivante prélevée après 72 h, même plus profond dans les billots -restes présence d'autres organismes	Succès pour flétrissure, mais suggère plus longtemps pour autres organismes	Provient d'arbre infecté par les racines. Localisation non captée aléatoirement du champignon
Woodward et Schmidt (1995)	1- En laboratoire. culture de 2 isolats sur pétri; SF de 16 à 120 g/m^3 à 21-23 ºC, 48 h 2- Grumes de 12 – 145 cm de dia naturellement infecté, coupé section de 1m, mais section de 15 cm fumigé (bouts scellés) a 160, 220, 280 g/m^3 pour 72 h	1- Éradication 24 h avec 120g/m^3; 80g/m^3 48 h, 60g/m^3 48 h = 98 % mortalité 2- 72 h 280g/m^3 : éradication totale ; 220g/m^3 : survie <10%	Pas de décoloration du bois causé par le fumigeant	Pour les grumes, petits diamètres

Étude	Méthode	Résultats	Succès	Limites
Yang *et al.* (2018)	-grumes de chêne (1.8 m par 18-29 cm) infecté naturellement ou inoculé 72 h 240,280 et 320 g/m3 ; 96 h 128 et 240 g/m3	Aucun traitement n'éradique complètement	Selon leurs résultats, pour FS, essayé des concentrations et temps plus élevés	
Seabright *et al.* (2017)	- Grumes Q. ellipsoidalis de1.2 m et de 18-29 cm; 15.6 ºC; 72 h 240, 280, 322.	- 240 g/m^3 pour 72 h, éradication 100 % en 2016 - 240 g/m^3 pour 96 h : ext : 84% à 6%; intérieur : 38 % à 3%	Pas éradication complète, mais baisse importante	
Tubajika et Barak (2006)	- Blocs de bois de chêne rouge (10 x 10 x 15 cm)	- Passe de 88% à 21%		Mélange de champignons
Uzunovic *et al.* (2017)	- En laboratoire, sur grains/pétris - 40 à 240 g/m^3, 24,48 et 72 h ; 15 et 20^{o}C	- Meilleur résultats 72 h 200 et 240 g/m^3		Sur pétris

4.2.1.3. Iodure de méthyle (MeI)

L'iodure de méthyle (*Methyl Iodide* en anglais), plus communément nommé iodométhane, est un produit qui pourrait substituer le bromure de méthyle (Armstrong *et al.* 2014). Cependant, peu d'études ont été publiées sur son efficacité pour éradiquer ou contrôler le *B. fagacearum*. La plupart des études ont été réalisées pour le contrôle des insectes et des nématodes, seulement quelques-unes ont été réalisées pour le contrôle des champignons (Hutchinson *et al.* 2000; Schmidt et Amburgey 1997; Schmidt et Christopherson 1997) et seul Tubajika et Barak (2011) ont testé le produit sur *B. fagacearum*, mais sur des plaquettes de bois d'érable, de bouleau, de pin rouge et de peuplier. L'absence complète de l'agent pathogène a été obtenue après que les échantillons de bouleau et de pin rouge soient exposés à une concentration de 160 g/m^3 de MeI pendant 48 heures ou après que les échantillons de bouleau, de pin rouge, d'érable et de peuplier soient exposés à 160 g/m^3 de MeI pendant 72 heures (tableau 4). Les résultats de cette étude suggèrent qu'une durée de traitement plus longue pourrait atteindre l'objectif de l'éradication de

B. fagacearum et implique que MeI a aussi bien performé que le bromure de méthyle (MeBr) en tuant le champignon dans les essences de bois étudiées. Dans l'ensemble, MeI a été plus efficace pour tuer le champignon que le fluorure de sulfuryle (SF) dans les conditions de cette étude.

Tableau 4. Utilisation du méthyle iodide pour éradiquer *B. fagacearum*

Étude	Méthode	Résultats	Succès	Limites
Tubajika et Barak (2011)	- Inoculation de champignons sur blocs de bois (2.5x2.5x1cm) (bouleau, érable, peuplier et pin rouge) - 3 fumigeant (MeI, MeBr et FS) - 160 et 240 g/m^3 - 24, 48 et 72 h - 21 ºC - Isolation et culture de copeaux	-pas de différence entre types de bois -meilleurs résultats après 72 h -Éradication MeI après 72 h 160g/m^3 ou 48 h 240g/m^3	MeI plus performant que FS	Conditions en laboratoire sur petite planche de bois d'espèces autre que le chêne

4.2.1.4. Ethane dinitrile

L'éthane dinitrile (EDN) a été suggéré lors d'une communication avec M. Adnan Uzunovic. L'EDN est un nouveau fumigeant qui est également considéré comme prometteur en général comme fumigeant en remplacement du bromure de méthyle (Armstrong *et al.* 2014), mais pas spécifiquement pour *B. fagacearum*. Ce fumigeant est entre autres soluble dans l'eau et pénètre plus rapidement le bois que le bromure de méthyle et que le fluorure de sulfuryl (Ren *et al.* 2011). Ce fumigeant est homologué dans quelques pays, mais pas encore au Canada, sa solubilité dans l'eau inquiète. Des études supplémentaires sont nécessaires pour déterminer son efficacité. En fait, des travaux de recherches sont planifiés pour évaluer l'efficacité de EDN pour éradiquer la flétrissure du chêne sur des grumes infectées par l'équipe de Adam Taylor en collaboration avec Jennifer Juzwik. (Juzwik, communication personnelle).

4.2.1.5. Phosphine

Ne semble pas efficace pour éradiquer le champignon (Schmidt et Christopherson 1997). Juzwik est du même avis (Juzwik, communications personnelles).

4.2.2. Le traitement du bois et des grumes infectés à la chaleur, à la vapeur ou par séchage au séchoir

Considérant que la fumigation utilise des produits toxiques, des alternatives ont été explorées pour éradiquer le champignon.

4.2.2.1. Traitement à l'eau chaude

Des études ont démontré que placer des grumes dans des bassins d'eau chaude pouvait éliminer des insectes et des champignons. Jones (1973) a démontré que le trempage dans l'eau chaude de grumes de chêne rouge (*Quercus rubra*, *Q. velutina* et *Q. Coccinea*) éliminait *B. fagacearum* selon les traitements suivants:

- Immersion complète des grumes dans l'eau chaude à 49°C ou plus pour au moins 12 heures;
- Immersion complète des grumes dans l'eau chaude à 43°C ou plus pour au moins 48 heures;

Cependant, opérationnellement, le maintien de grands bassins d'eau chaude est à considérer (Armstrong *et al.* 2014).

4.2.2.2. Séchage à l'air chaud

Jones (1973) a démontré que l'exposition dans l'air chaud de grumes de chêne rouge (*Quercus rubra*, *Q.velutina* et *Q. Coccinea*) éliminait *B. fagacearum* selon les traitements suivants:

- Exposition complète des grumes dans de l'air chaud à 54 °C ou plus pour au moins 24 heures;
- Exposition complète des grumes dans de l'air chaud à 43 °C ou plus pour au moins 48 heures;

4.2.2.3. Traitement à la vapeur sous vide

Des études récentes ont démontré l'efficacité de l'utilisation de vapeur d'eau sous vide pour éliminer *B. fagacearum* de billes de chêne rouge infectées naturellement et artificiellement (Juzwik *et al.* 2019) (

Tableau 5) sans toutefois compromettre la qualité des billes. En effet, (Chen *et al.* 2017) ont démontré que le traitement à la vapeur sous vide de billes et de bois de chauffage de frêne n'affectait pas la qualité du bois par le traitement de 30 minutes à 56 °C durant de 5,5 à 14,5 heures pour atteindre la température au centre des billes et de 80 à 137 minutes pour le bois de chauffage. (Chen *et al.* 2014) ont aussi démontré que le traitement à 56°C sous vide pendant 30 minutes n'avait aucun effet sur la couleur du contreplaqué de chêne rouge. (Chen *et al.* 2016) ont également démontré que la qualité des billes de chêne rouge n'était pas affectée par le traitement à vapeur sous vide. La faisabilité opérationnelle à grande échelle devra être démontrée, quoique certaines compagnies offrent des services (exemple: **https://phytovac.com/**), compagnie dont Chen est partenaire (voir courriel au tableau 2). Au niveau de l'efficacité pour éradiquer la *B. fagacearum*, l'étude de Juzwik *et al.* 2019 a été réalisée à partir de grumes de dimension variant de 24 à 61 cm de diamètre et de 1,7 à 1,9 m de longueur, naturellement et artificiellement infectées par *B. fagacearum* provenant d'un peuplement forestier de la région de East Farmington au Wisconsin. Le traitement à la vapeur a pour objectif d'atteindre une certaine température pour une certaine durée de temps à une profondeur de 5 cm dans l'aubier, profondeur correspondant à l'épaisseur de l'aubier et la zone d'envahissement par le champignon. Leurs résultats démontrent une éradication complète du champignon. Ce traitement à la profondeur ciblée, a abouti à l'éradication de *B. fagacearum* viable sur une période plus courte que celle rapportée par (Jones 1973) pour le traitement à l'eau chaude (49 °C pendant 12 heures pour atteindre l'éradication). Ce dernier a également utilisé des rondins de longueur et de diamètre inférieurs à ceux utilisés dans cette étude. Pour estimer le temps nécessaire pour atteindre une température désirée au centre des grumes, des modèles et des équations ont été développés (Simpson 2001, 2006), quoique le temps pour éradiquer *B. fagacearum* est inférieur puisqu'il n'est pas nécessaire d'atteindre une température élevée jusqu'au centre de la bille. Le traitement à la vapeur sous vide est une méthode efficace et rentable de chauffage de pièces de bois rond et rectangulaire (Simpson 2001). En outre, la pénétration dans le bois soumis à la chaleur par la vapeur sous pression négative est supérieure à la pénétration limitée des grumes par fumigeants chimiques tels que le fluorure de sulfuryle et le bromure de méthyle (Tubajika et Barak 2011). D'autres avantages pour envisager l'utilisation du traitement à la vapeur sous vide comparés à la fumigation chimique inclus le niveau minimal de nuisance à l'environnement, la réduction des risques pour la santé humaine et le temps de traitement potentiellement plus rapide.

Tableau 5. Utilisation de la vapeur sous vide pour éradiquer B. fagacerarum

Étude	Méthode	Résultats	Limites
Juzwik *et al.* (2019)	- Grumes de chêne rouge naturellement infectées et artificiellement - Évaluation du temps pour atteindre température de 56 ºC ou 60 ºC 5 cm de profondeur - Vide de 100 mg inital et monté à 200 mg lorsque température atteinte ; vapeur inséré à 85 ºC - Mesurage du champignon avec inoculation et provenant de différentes positions (intérieures et extérieures) - Calcul de l'énergie nécessaire	-Pathogène non isolé ou détecté à 60 ºC pour 60 min ou 56ºC pour 30 min lorsque la température à 5cm était atteinte, soit après 6.9 h pour 56 ºC et 8.6 h pour 60 ºC -énergie de kwh pour ºC: 21-29); pour 60 ºC: 34-38kwh	Traitement prometteur, mais la faisabilité opérationnelle doit être évaluée

4.2.3. Autres traitements physiques :

Le champignon a besoin d'humidité pour pouvoir former le tapis mycélium. Campbell et French (1955) ont démontré que l'humidité devait se trouver entre 37 % et 45 % pour que la formation du tapis mycélium se produise au printemps et entre 44 % à 53 % sous les tapis formés à l'automne. Une baisse d'humidité peut donc diminuer ou empêcher la formation du tapis mycélium. Le séchage est donc un moyen pour prévenir le risque.

4.2.3.1. Écorçage

Puisque le champignon se développe entre l'écorce et le cambium, l'écorçage peut limiter la croissance du champignon en accélérant le séchage. Plusieurs documents de vulgarisation indiquent d'enlever l'écorce du bois de chauffage pour limiter le champignon, car ce dernier ne survit pas bien lorsque le bois sèche, il est mis dans des conditions adverse ou mis en compétition avec d'autres champignons. L'écorçage permet de prévenir le tapis mycélium de se former, mais il faut que l'écorçage soit réalisé avant que ce dernier ait eu le temps de se former, soit à la fin de l'été, l'automne ou l'hiver suivant la mort de l'arbre. Même en forêt, il a été montré que l'annelage pouvait empêcher le champignon de se développer, mais pas toujours au complet (Greene et al. 2008).

L'écorçage peut être un moyen de diminuer le risque de formation de tapis mycélium en plus de diminuer l'habitat pour des insectes vecteurs (p. ex. scolytes). Par contre, *B. fagacearum* a été isolé sur du bois coupé jusqu'à 24 semaines après être scié et sur des matériaux d'empaquetage, mais à des très faible quantité (voir Gibbs et French 1980). De plus, des tapis mycéliens peuvent se former sur les écorces si ces dernières sont placées dans des conditions humides (Curl 1955), mais pas en milieu sec.

Cependant, la plupart des grumes sont en général écorcées la même journée qu'elles sont coupées à l'usine et l'entreposage de grumes écorcées peut être problématique sur la qualité des bois (Simpson et Ward 1991). L'écorçage peut être réalisé en forêt, avant le transport ou à l'usine. Cependant, l'écorçage peut occasionner des problèmes tel que la gestion des écorces, le bris des billes lors de la manutention et du transport (= baisse de qualité) (Armstrong *et al.* 2014).

Robinet *et al.* (2016) ont évalué le risque d'entrée de *B. fagacearum* à partir de différents modèles selon lesquels soit les grumes sont importées (chênes rouge et blanc) avec ou sans écorce et avec fumigation, soit l'importation de chêne blanc avec ou sans écorce et non fumigé, soit l'importation de chêne rouge et blanc sans écorce. Plusieurs paramètres ont été inclus dans les modèles d'analyse. L'écorçage avant importation était la mesure simulée la plus effective. Cette mesure affectait non seulement le volume de bois infecté, mais aussi la probabilité de sortie d'insecte (scolytes).

L'écorçage est un moyen actuellement proposé dans la réglementation et c'est un moyen qui diminue le risque de croissance ou survie du champignon. Cependant, l'écorçage doit être fait *le plus rapidement possible* pour limiter les chances que des vecteurs aient le temps de venir sur les grumes. Dans la réglementation, il est actuellement mentionné que l'écorçage doit être réalisé dans un délai de 30 jours (période du 1 avril au 31 juillet). Pour l'importation de bois à l'automne et en hiver, le délai d'écorçage ne semble pas problématique puisque les vecteurs ne sont pas présents pendant cette période. Cependant, si le bois est reçu au printemps, en été ou au début de l'automne, il n'est pas connu si le délai de 30 jours est trop long, mais une chose est certaine, *plus vite le bois est écorcé, plus le risque diminue.* Des suivis devraient être réalisés avec des trappes à insectes pendant ces périodes. Autre fait primordial à noter, l'écorçage accélère le dessèchement des grumes, qui peuvent alors craquer et se détériorer. Ceci limite passablement la période d'entreposage après écorçage.

4.3. TRAITEMENT POUR CONTRÔLER LES VECTEURS

Plusieurs insectes vecteurs potentiels se trouvent au Canada, dont des nitidules et des scolytes. Si des grumes présentent des champignons et sont entreposées dans les cours à bois, il y a un risque que des insectes locaux soit attirés par les grumes infectées et transmettent le champignon sur des chênes à proximité de la cour à bois. Pour limiter les risques de transmission de *B. fagacearum* par les insectes vecteurs, un moyen est de rendre les grumes inaccessibles aux insectes.

4.3.1. Méthode d'entreposage des grumes

4.3.1.1. Recouvrement d'une toile

Plusieurs articles et notes d'information de différents États américains donnent des recommandations pour l'entreposage du bois de chauffage de chêne. Par exemple, Cummings Carlson *et al.* (2010) indiquent que les arbres morts avec écorce devraient être écorcés, mis en copeaux ou coupés et fendus pour accélérer le séchage. Ils suggèrent d'entreposer les bûches au soleil et de les entourées d'une bâche de plastique de 4 millimètres d'épaisseur. Ils suggèrent de sceller le plastique à la base des cordes de bois pour que ce soit le plus possible à l'abri de l'air et empêcher les insectes d'avoir accès au bois (figure 5). Ils suggèrent que si le bois n'est pas brûler le premier hiver, de laisser la toile de plastique jusqu'à la fin de l'été suivant (1 an après coupe). L'utilisation d'un plastique pâle est recommandée pour éviter que les insectes se trouvant déjà sur les buches trouvent facilement les trous dans la toile. D'un point de vue plus industriel, est-il possible d'exclure les grumes dans une cour à bois avec une toile? Certains auteurs montrent des exemples de grumes confinées sous une bâche de plastique scellée hermétiquement (Anonyme 2004; Laybourne et Jarret 2003). Dans ce rapport, les avantages et inconvénients sont discutés ainsi qu'une estimation des coûts de mise en place qui sont similaires à l'arrosage des grumes. Des méthodes de suivis sont nécessaires pour s'assurer de l'étanchéité de la toile qui pourrait se faire percer par les rongeurs. De plus, selon (Anonyme 2004), il semble difficile de pouvoir réutiliser la toile.

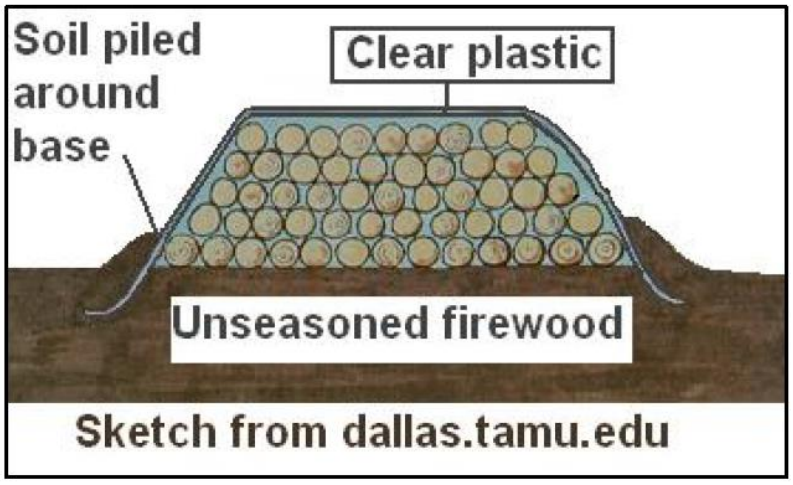

Figure 5. Exemple de positionnement de toile recouvrant des buches de chênes[7]

4.3.1.2. Recouvrement avec de la neige

La plupart des références décrivant la neige comme moyen de protection des billes sont réalisées pour limiter la croissance des larves et des insectes déjà présents dans les billes. Whitehead *et al.* (2008) ont réalisé une synthèse en 2008 sur le potentiel d'utilisation de la neige pour protéger la qualité des billes de pin mortes du dendroctone dans l'Ouest Canadien pour limiter la progression des insectes. Leur synthèse donne des exemples concrets sur l'utilisation de la neige au Québec, en Finlande et en Alberta. Au Québec et à Chapais, des billes endommagées par le feu ont été entreposées sous une couche de neige recouverte d'écorce pour limiter le développement des longicornes. La compagnie a entreposée plus de 60 000 m^3 sur plusieurs plateformes. Dans cet exemple, le recouvrement de neige permettait de garder le bois gelé beaucoup plus longtemps (de mai à juillet) sans que des insectes se développent. Une étude réalisée en Alberta par le Canadian Wood Fibre Centre et FPInnovations avec la compagnie Canadian Forest Products Ltd. à Grande Prairie à démontrer que le bois restait gelé jusqu'au mois d'août. En Europe, cette technique est utilisée sur du bois sain. Par exemple, en Finlande, plus de 3 million de m^3/an sont entreposés sous la neige. Des essais sur le bois récolté et de récupération au Manitoba, en Ontario et au Québec ont démontré que le bois conservait un taux d'humidité élevée et développait aucun signe de pourriture ou de dommage par les insectes (Nader 2003 dans Whitehead et al. 2008).

Au niveau des coûts de mise en œuvre, Nader (2005 dans Whitehead et al 2008) a documenté les coûts d'entreposage, de récupération et les bénéfices pour les opérations de récolte et à l'usine. Selon leur étude, en 2004, il en coûtait entre 1,20 à 3,30 \$/m^3 pour construire l'entreposage de

[7] (source (Anonyme 2007)

neige et de 0,30 à 1,30 $/m^3$ pour récupérer le bois. Les compagnies ont réalisé des économies et profits en entreposant du bois avec un bénéfice net de 1,10 à 2,60 $/m^3$.

Donc, la neige permet de conserver l'humidité et la qualité des billes tout en empêchant le développement des insectes, si ces derniers sont déjà présentes, tel que des scolytes. Il est supposé que les faibles températures permettraient aussi de limiter la croissance du champignon de la flétrissure s'il était présent et que la couche de neige agirait de barrière physique pour les insectes vecteurs. Si l'entreposage à moyen et long terme est prévu, l'utilisation de la neige peut être une option intéressante pour les grumes de chênes reçues tard à l'automne, en hiver et au début du printemps lorsque l'utilisation de ces grumes est prévue plus tard au cours de l'été.

4.3.1.3. Immersion des grumes

Les grumes peuvent être entreposées sous l'eau, ce qui empêche l'accès aux insectes sans toutefois altérer la qualité du bois (Simpson et Ward 1991). Des installations spécialisées sont cependant nécessaires et une récupération et traitements des eaux aussi.

4.3.1.4. Arrosage (aspersion) des billes

L'arrosage des grumes peut être réalisé pour conserver la qualité du bois. Par contre, l'arrosage doit être en continue pour s'assurer que le bois est imbibé d'eau et en anaérobie. Il n'est cependant pas connu si l'arrosage permet de limiter l'accès aux grumes par les insectes vecteurs. Simpson et Ward (1991) indique que l'arrosage n'apporte pas de protection contre les insectes même si l'arrosage semble plus efficace que le séchage (Simpson et Ward 1991). Est-ce que l'arrosage limite la croissance du champignon de la flétrissure et la formation de coussinet? L'analyse des références ne permet pas d'apporter une réponse claire, mise à part que les conditions de cultures du champignon sont généralement en aérobie.

4.3.1.5. Écorçage des grumes entreposées

Tel que vue dans la section sur les traitements physiques, l'écorçage peut limiter le développement des champignons tout en limitant les insectes qui attaquent le bois rond avec écorce, tel que des scolytes (voir revue par (Leal *et al.* 2010) et par Armstrong *et al.* (2014) . Puisque le champignon se développe entre l'écorce et le cambium, l'écorçage peut limiter la croissance du champignon en accélérant le séchage. Même en forêt, il a été montré que l'annelage pouvait empêcher le champignon de se développer, mais pas toujours au complet (Greene *et al.* 2008). Cependant, la plupart des grumes sont écorcées la journée même qu'ils sont coupées à l'usine et l'entreposage de grumes écorcées peut être problématique sur la qualité des bois (Simpson et Ward 1991).

4.3.1.6. Recouvrement de débris de bois (brin de scie)

À part l'utilisation possible de copeaux de bois, brin de scie et d'écorce comme couche isolante sur la neige pour recouvrir les grumes, aucune référence n'a été trouvée sur l'utilisation pour recouvrir directement les grumes pour les isoler des insectes.

4.3.2. Contrôle des insectes :

4.3.2.1. Traitements insecticides des grumes

Il est possible de traiter les grumes avec un insecticide pour éviter les dégâts causés au bois par des piqûres et la colonisation par des scolytes, cependant, l'efficacité et la persistance des insecticides sont limitées (moins de 2 mois) (Flot et Vautherin 2002).

4.3.2.2. Utilisation d'appâts pour attirer et contrôler les insectes vecteurs

Plusieurs insectes peuvent visiter les grumes de chênes infectées et potentiellement transmettre le champignon vers d'autres chênes, dont des nitidules et des scolytes. Existe-t-il une manière d'attirer préférablement ces insectes vers des appâts au lieu qu'ils soient attirés vers les grumes de chênes infectées?

Plusieurs appâts ont été développés et testés pour attraper des insectes vecteurs dont les nitidules (Appel *et al.* 1986; Dowd *et al.* 1992; Jagemann *et al.* 2018; Kyhl *et al.* 2002). Cependant, ces appâts sont en général utilisés pour déterminer s'il y a présence de nitidules et non pour attraper tous les nitidules. Des trappes sont utilisées dans des champs agricoles pour réduire les population de nitidules, mais pas pour les éliminer (James *et al.* 1996). Pour les scolytes, des travaux ont été réalisés pour le contrôle par des trappes et les densité diminuent (Lindgren et Frase 1994). Donc, selon les références consultées, l'utilisation de trappes avec appâts pour attirer les insectes est bonne pour déterminer leur présence, pour diminuer les populations en champs, mais pas pour empêcher que les insectes trouvent les grumes. De plus, l'utilisation de trappes avec appâts peut attirer des insectes près des grumes qui ne seraient pas nécessairement venus.

5. RECOMMANDATIONS SUR LES MOYENS A PRIVILEGIER POUR LA LUTTE

Aucune méthode ne permet d'éliminer le risque à 100%. Cependant, plusieurs méthodes d'atténuation peuvent être utilisée pour permettre de diminuer les risques et de rendre peu probable l'introduction de la flétrissure du chêne.

Trois thèmes sont abordés dans cette section de recommandations, les moyens à privilégier pour les grumes, les autres moyens et les pistes de recherche.

5.1. RECOMMANDATIONS SUR LES MOYENS A PRIVILEGIER POUR LES GRUMES TRANSPORTEES.

Il importe probablement ici de distinguer deux situations : les grumes provenant de régions infectées et les grumes provenant de régions où il n'y pas de détection actuellement.

Dans le premier cas, les grumes doivent être traitées. Étant donné que le meilleur moyen a longtemps été l'utilisation de la fumigation avec le bromure de méthyle, mais que sa toxicité et ses importants dommages ont entrainé son interdiction, sauf dans des cas d'exportation particuliers, il est recommandé :

1. De considérer le *traitement le plus sécuritaire*, soit le traitement de vapeur (bien documenté), et ce, avant l'importation au Canada. Des solutions commerciales seraient prêtes à utiliser. Par contre, cette approche entraîne des coûts supplémentaires pour le fournisseur qui pourrait être tenté de vendre son bois ailleurs et ainsi restreindre l'approvisionnement des usines canadiennes. L'option d'installer au Canada des centres de traitement des bois est également possible. Tout comme les autres traitements de fumigation, les coûts sont actuellement prohibitifs.
2. Si les bois ne sont pas traités avant importation :
   3.1. De continuer à appliquer le règlement d'écorçage dans la cour d'usine, qui semble un *compromis acceptable*. C'est une méthode qui peut être assez facilement intégrée dans le processus de sciage ou de déroulage. Par contre, la durée entre l'arrivée et l'écorçage semble varier selon les régions, soit de 2 à 4 semaines : le principe serait de *diminuer au minimum ce délai*. Certains considèrent également de restreindre la période de l'année pour l'entreposage en fonction de l'écologie du champignon, soit d'éviter les périodes de propagation (comme la fin du printemps et l'été). Le cas échéant, l'option de recouvrir les grumes seraient une option à considérer dans ces périodes.

3.2. Des traitements permettant d'isoler ou de confiner les grumes des vecteurs semblent également des options à considérer pendant les périodes critiques (ne s'applique pas à la fin de l'automne et à l'hiver). Des emplacements isolés dans les cours à bois seraient peut-être nécessaires.

3.3. De maintenir les distances recommandées entre le lieu d'entreposage et la forêt à proximité. Idéalement, il serait important d'identifier s'il y a présence de chêne rouge dans cette forêt.

Dans le second cas, tel que pratiqué actuellement, il est recommandé :

4. De ne pas adopter de mesures particulières.
5. Par contre, l'ACIA pourrait s'assurer d'un système agile d'informations permettant de contraindre rapidement l'approvisionnement, à la lumière de nouvelles régions ou fournisseurs infectés.

5.2. AUTRES MOYENS POUR LIMITER LA PROPAGATION

D'autres moyens sont recommandés pour limiter la propagation :

6. De poursuivre ou d'instaurer des programmes d'éducation pour déceler et traiter rapidement les cas qui pourraient apparaître en forêt. Certains modèles Ontariens sont intéressants à utiliser.
7. D'instaurer des contraintes très strictes pour la circulation des bois comme le bois de chauffage. Malgré les contrôles de l'ACIA,
8. De mettre en place des systèmes de suivi et de détection de la maladie autour des cours à bois.
9. De s'assurer d'inclure les petits joueurs qui s'approvisionne en chêne dans la sensibilisation et les actions de protection.
10. La possibilité d'installer une usine de traitement pour les bois du marché intérieur si la flétrissure est détectée dans la forêt au Canada.

5.3. IDENTIFICATION DES NOUVELLES PISTES DE RECHERCHE

Considérant que le *benchmark* actuel est l'écorçage des grumes et que les nouvelles hypothèses doivent y être comparées, il est recommandé de :

11. Poursuivre la recherche dans les domaines suivants.
    - Une évaluation approfondie de la faisabilité technique et économique de la méthode à la vapeur sous vide au Canada.

- La recherche sur les nouveaux produits alternatifs au bromure de méthyle (comme l'iodure de méthyle et EDN).
- L'évaluation de l'écorçage comme moyen préventif opérationnel systématique.
- La gestion des différents risques dans les chaînes d'approvisionnement, notamment :
    - La durée de l'entreposage avant écorçage en période de propagation.
    - La période d'entreposage (devrait-on éviter la période du 1 avril au 30 juillet) ?
    - La distance entre les empilements et la forêt
    - La solidité du critère décisionnel : état contaminé ou pas.
    - Les vérifications phytosanitaires d'industriels avec de petits volumes de chêne rouge.
- La détection de la maladie dans les piles de bois des cours d'usine.
- L'exploration de méthodes comme l'utilisation de neige artificielle pour confiner les grumes.

12. Dresser un portrait des différents importateurs et de la forêt entourant les cours à bois.

6. CONCLUSION

Le projet a permis d'identifier et documenter les pratiques actuellement expérimentées pour limiter la propagation du champignon et des vecteurs. Des recommandations sur les moyens à privilégier sont proposées, incluant les nouvelles pistes de recherche s'il y a lieu.

Par ailleurs, la gestion du risque demeure une priorité. Prévenir coûtera probablement moins cher que guérir. Nous avons mentionné quelques étapes ou situations moins documentées ou plus à risques, qui seraient à explorer.

REFERENCES

Acia. 2018a. Bretziella fagacearum (précédemment nommé Ceratocystis fagacearum) (Flétrissement du chêne) - Fiche de renseignements. Gouvernement du Canada. Disponible sur http://www.inspection.gc.ca/vegetaux/phytoravageurs-especes-envahissantes/maladies/fletrissement-du-chene/fiche-de-renseignements/fra/1325629194844/1325632464641 [consultée le 5 mars 2019].

Acia. 2018b. Flétrissement du chêne Ceratocystis fagacearum- Protocole d'enquête- Révision 2018-01-25. Agence canadienne d'inspection des aliments. 11.p.

Allen, E., M. Noseworthy, et M. Ormsby. 2017. Phytosanitary measures to reduce the movement of forest pests with the international trade of wood products. Biological Invasions. 19: 3365-3376.

Anonyme. 2004. Guide technique sur la récolte et la conservation des chablis. Par l'équipe de spécialistes de l'Action Concertée QLK5-CT2001-00645 STODAFOR. 106.p.

Anonyme. 2007. Guidelines to Prevent the Spread of Oak Wilt through The Transport of Contaminated Firewood. 1.p.

Appel, D.N., K. Andersen, et R.J. Lewis. 1986. Occurrence of Nitidulid Beetles (Coleoptera: Nitidulidae) in Texas Oak Wilt Centers. Journal of economic entomology. 79: 1276-1279.

Armstrong, J., D. Brash, et B. Waddell. 2014. Comprehensive literature review of fumigants and disinfestation strategies, methods and techniques pertinent to potential use as quarantine treatments for New Zealand export logs. 184.p.

Banks, H.J. 2002. Alternatives to methyl bromide for durables and timber. *In* The Remaining Challenges: Proceedings of the International Conference on Alternatives to Methyl Bromide, March 5-8 2002. *Édité*. Office for Official Publications of the European Communities, Luzxemboug, Seville, Spain. pp. 83-87.

Campbell, R.N., et D.W. French. 1955. Moisture Content of Oaks and Mat formation by the Oak wilt Fungus. Forest Science. 1: 265-270.

Canada. 2019. Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone et les halocarbures de remplacement DORS/2016-137 - version 12 mars 2019. *Édité par* Ministère de la justice, http://lois-laws.justice.gc.ca.

Cfia. 2011. D-99-03: Phytosanitary Measures to Prevent the Entry of Oak Wilt Disease (Ceratocystis fagacearum (Bretz) Hunt) from the Continental United States. 5 p.

Chen, Z., M. White, et R. Mack. 2014. Vide and Steam as a Phytosanitary Treatment for Hardwood Veneer Logs. *In* 2014 Annual Meeting. *Édité par* National Plant Board, St. Louis, Missouri.

Chen, Z., M. White, et Z. Qiu. 2017. Investigation of Vide and Steam Treatments to Heat Treat and Sanitize Firewood-Grade Ash Logs and Ash Firewood. Forest Products Journal. 67: 258-265.

Chen, Z., M.S. White, et R. Mack. 2016. Using vide and steam to sanitize hardwood veneer logs for export (Phase II). Department of Sustainable Biomaterials at Virginia Tech and USDA/APHIS.: 73.p.

Corrigan, J. 2018. Preparing Ontario for an invasive disease: A review of oak wilt management strategies in the Great Lakes region of the United States Faculty of Forestry. University of Toronto. A capstone project. 22.p.

Cummings Carlson, J., A. Jeff Martin, et K. Scanlon. 2010. Oak wilt management- what are the options. 6.p.

Curl, E.A. 1955. Natural availability of Oak wilt inocula. Natural history division buletin of Illinois. 26: 278-321.

Dowd, P.F., R.J. Bartelt, et D.T. Wicklow. 1992. Novel Insect Trap Useful in Capturing Sap Beetles (Coleoptera: Nitidulidae) and Other Flying Insects. J. Econ. Entomol. 85: 772-778.

Eccc. 2017. Recueil des engagements du Canada aux accords internationaux sur l'environnement.

Protocole de Montréal relatif aux substances qui appauvrissent la couche d'ozone (Protocole à la Convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone). Gouvernement du Canada. 3 p.

Efsa Panel on Plant Health, M. Jeger, C. Bragard, D. Caffier, T. Candresse, E. Chatzivassiliou, K. Dehnen-Schmutz, G. Gilioli, J.-C. Grégoire, J.A. Jaques Miret, A. Macleod, M. Navajas Navarro, B. Niere, S. Parnell, R. Potting, T. Rafoss, V. Rossi, G. Urek, A. Van Bruggen, W. Van Der Werf, J. West, S. Winter, J. Boberg, P. Gonthier, et M. Pautasso. 2018. Pest categorisation of Bretziella fagacearum. EFSA Journal. 16: 1-30.

Flot, J.-L., et P. Vautherin. 2002. Le traitement des chablis - t r a n s p o rt e t c o n s e rva tion Des stocks de bois à conserver en forêt ou hors forêt. Rev. For. Fr. LIV - numéro spécial 2: 136-144.

Gearman, M.B. 2018. Mapping the Potential Distribution of Oak Wilt (Ceratocystis fagacearum) in East Central and Southeast Minnesota Using MaxentGeography and Planning. St. Cloud State University. 57.p.

Gibbs, J.N., et D.W. French. 1980. The transmission of oak wilt. 17.p.

Greene, T.A., C.M. Reemts, et D.N. Appel. 2008. Efficacy of Basal Girdling to Control Oak Wilt Fungal Mat Production in Texas Red Oak (Quercus buckleyi) in Central Texas. Southern Journal of Applied Forestry. 32: 168-172.

Hassett, M., J. Kotary, et R. Cole 2018. New York State Oak Wilt Management Plan. Division of Lands and Forests Bureau of Invasive Species and Ecosystem Health Oak Wilt Response. 16.p.

Hutchinson, C.M., M.E. Mcgiffen Jr, H.D. Ohr, J.J. Sims, et J.O. Becker. 2000. Efficacy of methyl iodide and synergy with chloropicrin for control of fungi. Pest Management Science. 56: 413-418.

Jagemann, S.M., K.F. Raffa, J. Juzwik, et P.C. Tobin. 2018. Seasonal and Regional Distributions, Degree-Day Models, and Phoresy Rates of the Major Sap Beetle (Coleoptera: Nitidulidae) Vectors of the Oak Wilt Fungus, Bretziella fagacearum, in Wisconsin. Environmental Entomology. 47: 1152-1164.

James, D.G., R.J. Bartelt, et C.J. Moore. 1996. Mass-trapping of Carpophilus spp. (Coleoptera: Nitidulidae) in stone fruit orchards using synthetic aggregation pheromones and a coattractant: Development of a strategy for population suppression. Journal of chemical ecology. 22: 1541-1556.

Jones, T.W. 1973. Killing the oak wilt fungus in logs. Forest Products Journal. 23: 52-54.

Juzwik, J., J. Cummings-Carlson, et K. Scanlon. 2010. *Risk analysis and guidelines for harvest activities in wisconsin oak timberlands to minimize oak wilt threat*. *In* Advances in Threat Assessment and Their Application to Forest and Rangeland Management. *Édité par* John M. Pye, H. Michael Rauscher, Yasmeen Sands, Danny C. Lee, et Jerome S. Beatty, Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest and Southern Research Stations:. pp. 599-607.

Juzwik, J., A. Yang, Z. Chen, M. White, S. Shugrue, et R. Mack. 2019. Vide Steam Treatment Eradicates Viable Bretziella fagacearum from Logs Cut from Wilted Quercus rubra. Plant Disease. 103: 276-283.

Koch, K.A., G.L. Quiram, et R.C. Venette. 2010. A review of oak wilt management: A summary of treatment options and their efficacy. Urban Forestry & Urban Greening. 9: 1-8.

Kyhl, J.F., R.J. Bartelt, A. Cosse, J. Juzwik, et S.J. Seybolp. 2002. Semiochemical-Mediated flight Responses of sap beetle vectors of oak wilt, Ceratocystis fagacearum. Journal of Chemical Ecolog. 28: 1527-1547.

Lamarche, J., A. Potvin, G. Pelletier, D. Stewart, N. Feau, D.I.O. Alayon, A.L. Dale, A. Coelho, A. Uzunovic, G.J. Bilodeau, S.C. Brière, R.C. Hamelin, et P. Tanguay. 2015. Molecular Detection of 10 of the Most Unwanted Alien Forest Pathogens in Canada Using Real-Time PCR. PLOS ONE. 10: e0134265.

Laybourne, A., et P. Jarret. 2003. Le stockage par ensilage étanchetient ses promesses. ONF. 32-36.p.

Leal, I., E. Allen, L. Humble, S. Sela, et A. Uzunovic. 2010. Phytosanitary risks associated with the global movement of forest products: A commodity-based approach. 52.p.

Lindgren, B.S., et R.G. Frase. 1994. Control of ambrosia beetle damage by mass trapping at a dryland log sorting area in British Columbia. The foresty chronicle. 70: 159-163.

Macdonald, W.L., E.L. Schmidt, et E.J. Harner. 1985. Methyl bromide eradication of the oak wilt fungus from red and white oak logs. Forest Products Journal. 35: 11-16.

Miller, R.B., J.T. Quirk, et D.J. Christensen. 1985. Identifying white oak logs with sodium nitrite. Forest products journal. 35: 33-38.

O'brien, J.G., M.E. Mielke, D. Starkey, et J. Juzwik. 2017. How To Identify, Prevent, and Control Oak Wilt. 31.p.

Oepp. 2017. Commodity-specific phytosanitary measures Mesures phytosanitaires par marchandise PM 8/5 (1) Quercus. Bulletin OEPP. 47: 452-460.

Pizano, M., et J. Banks. 2009. Methyl Bromide in the Forest Industry – Use and alternatives. Montreal Protocol on Substances that deplete the ozone layer, QPS Taskforce, Technology and Economic Assessment Panel, 2009. 7.p.

Ren, Y., B. Lee, et B. Padovan. 2011. Penetration of methyl bromide, sulfuryl fluoride, ethanedinitrile and phosphine into timber blocks and the sorption rate of the fumigants. Journal of Stored Products Research 47: 63-68.

Robinet, C., J.C. Douma, D. Piou, et W. Van Der Werf. 2016. Application of a wood pathway model to assess the effectiveness of options for reducing risk of entry of oak wilt into Europe†. Forestry: An International Journal of Forest Research. 89: 456-472.

Sc. 2016. Projet de décision d'homologation PRD2016-30 - Fluorure de sulfuryle. Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire. 59 p.

Schmidt, E.L. 1982. Methyl bromide eradication of the oak wilt fungus from lumber. International Journal of Wood Preservation 2: 123-126.

Schmidt, E.L. 1983. Minimum temperatures for methyl bromide eradication of Ceratocystis fagacearum in red oak log pieces. Plant Disease 67: 1338-1339.

Schmidt, E.L., et T.L. Amburgey. 1997. Iodomethane as a methyl bromide alternative for prevention of non-microbial enzyme stain (gray stain) of hardwoods by log fumigation. Forest Products J. 47: 88-90.

Schmidt, E.L., et E.R. Christopherson. 1997. Effects of fumigants on parenchyma viability in red oak log sections Forest Products J. . 47: 61-63.

Schmidt, E.L., J. Juzwik, et B. Schneider. 1997. Sulfuryl fluoride fumigation of red oak logs eradicates the oak wilt fungus. B. Holz als Roh- und Werkstoff. 55: 315-318.

Schmidt, E.L., M.M. Ruetze, et D.W. French. 1982. Methyl bromide treatment of oak wilt infected logs: laboratory and preliminary field fumigations. Forest Products Journal. 32: 46-49.

Seabright, K., A. Taylor, A. Yang, J. Juzwik, et M. Furtado. 2017. Efficacy of Methyl Bromide and SulfurylFluoride Against the Oak Wilt Fungus in Logs. *In* 2017 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions. *Édité par* Methyl Bromide Alternative Outreach (MBO), San Diego.

Simpson, W.T. 2001. Heating times for round and rectangular cross sections of wood in steam. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 103.p.

Simpson, W.T. 2006. Estimating heating times of wood boards, square timbers, and logs in saturated steam by multiple regression Forest Products J. 56: 26-28.

Simpson, W.T., et J.C. Ward. 1991. *Dry kiln operator's manual*. *In* Agriculture handbook. *Édité*. U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, Wis. pp. vi, 274 p.

Tubajika, K.M., et A.V. Barak 2006. Efficacy of sulfuryl fluoride and methyl bromide against wood-inhabiting fungi. ***In*** 2006 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions. p. 8.

Tubajika, K.M., et A.V. Barak. 2011. Fungitoxicity of Methyl Iodide, Sulfuryl Fluoride, and Methyl Bromide to Ceratocystis fagacearum in Red Oak, Maple, Poplar, Birch and Pine Wood. American Journal of Plant Sciences. Vol.02No.02: 8.

Uk. 2015. Rapid Pest Risk Analysis (PRA) for Ceratocystis fagacearum. Forest Research. 23.p.

Usda. 2016. T312-Oak Logs and Lumber, Treatment Manual Version:01/2019-23. USDA. p.

Uzunovic, A., A. Mukherjee, P. Elder, et S.W. Myers. 2017. Rapid Screening of Sulfuryl Fluoride as a Potential Phytosanitary Treatment for a Broad Selection of Fungi Relevant to Forestry. Forest Products Journal. 67: 4-12.

Whitehead, R.J., W.L. Wagner, et J.A. Nader. 2008. Storing beetle-killed logs under snow to reduce losses after mountain pine beetle attack. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service,Canadian Wood Fibre Centre. 23.p.

Woodward, R.P., et E. Schmidt. 1995. Fungitoxicity of Sulfuryl fluoride to *Ceratosystis fagacearum* In vitro and in wilted red oak log sections. Plant. Dis. 79: 1237-1239.

Wu, C.P., G.Y. Chen, B. Li, H. Su, Y.L. An, S.Z. Zhen, et J.R. Ye. 2011. Rapid and accurate detection of Ceratocystis fagacearum from stained wood and soil by nested and real-time PCR. Forest Pathology. 41: 15-21.

Yang, A., et J. Juzwik. 2017. Use of Nested and Real-Time PCR for the Detection of Ceratocystis fagacearum in the Sapwood of Diseased Oak Species in Minnesota. Plant Disease. 101: 480-486.

Yang, A., J. Juzwik, M. White, Z. Chen, S. Shugrue, et R. Mack 2017. Vide steam as a promising alternative to methyl bromide for killing Ceratocystis fagacearum in Quercus rubra logs for global export. ***In*** 2017 APS Annual Meeting Abstracts of Presentations, San Antonio, Texas. p. 47.

Yang, A., K. Seabright, J. Juzwik, S. Myers, et A. Taylor. 2018. Survival of the oak wilt fungus in logs fumigated with sulfuryl fluoride and methyl bromide. Forest Products Journal. 0: null.

ANNEXE 1 : LISTE DES PRINCIPAUX IMPORTATEURS DE BOIS DE CHENE BRUT

440391 Bois bruts - chêne
Tous les pays (SH6)
Principaux importateurs canadiens en 2016

Nombre de entreprises : 16

Nom de l'entreprise (en ordre alphabétique)	Ville	Province	Code postal
A D BERNIER INC	Lambton	Québec	G0M 1H0
AMEX BOIS FRANC INC	Plessisville	Québec	G6L 2Y7
BOIS ACER INC.	Mansonville	Québec	J0E 1X0
BOIS PELADEAU INC	Laval	Québec	H7K 3B5
COMMONWEALTH PLYWOOD CO. LTD./ LA COMPAGNIE COMMONWEALTH PL	Sainte-Thérèse	Québec	J7E 2X1
J.M. CHAMPEAU INC.	Saint-Malo	Québec	J0B 2Y0
LES BOIS POULIN INC	Lac-Drolet	Québec	G0Y 1C0
LES PLANCHERS MERCIER DRUMMONDVILLE INC	Drummondville	Québec	J2C 6L8
MULTIBOIS F.L. INC.	Woburn	Québec	G0Y 1R0
PRODUITS FORESTIERS ST-ARMANDINC	Saint-Armand	Québec	J0J 1T0
SCIERIE BOIS ST-FRANCOIS INC	Saint-François-du-Lac	Québec	J0G 1M0
SCIERIE DION & FILS INC	Saint-Raymond	Québec	G3L 1S1
SCIERIE GVL INC.	Wotton	Québec	J0A 1N0
SCIERIE LECLERC ET TREMBLAYINC	Dixville	Québec	J0B 1P0
SCIERIE PREVERCO INC.	Sainte-Anne-du-Sault	Québec	G0Z 1C0
VEXCO INC	Plessisville	Québec	G6L 2Y6

Les « principaux importateurs » sont les entreprises qui, ensemble, interviennent pour jusqu'à 80 % de la totalité des importations (en termes de $) d'un produit particulier provenant du pays sélectionné et pour l'ensemble du Canada. La liste exclut le nom de particuliers ainsi que les importateurs dont le numéro d'importateur n'est pas disponible ou pour lesquels le pays d'origine est inconnu. L'importateur n'est pas nécessairement l'utilisateur final du produit.

Pour les importateurs non-résidents, le nom de l'État est posté pour une addresse aux États-Unis, mais aucun code postal n'est affiché.

Source :
https://www.ic.gc.ca/app/scr/ic/sbms/cid/productReport.html?hsCode=440391&lang=fra