



Les nouveaux ennemis potentiels de nos forêts sous surveillance

Collaboration SCF-ACIA

Jean Bérubé

Service canadien des forêts

Centre de foresterie des Laurentides





There are known knowns. These are things we know that we know. There are known unknowns. That is to say, there are things that we know we don't know. But there are also unknown unknowns. There are things we don't know we don't know.

Donald Rumsfeld





Les maladies connues





- *Cryphonectria parasitica*
- Introduit vers 1900 aux É.-U.
-matériel végétal vivant
- Essence dominante dans le nord-est des É.-U.
est maintenant presque disparue



Rouille vésiculeuse du pin blanc



- *Cronartium ribicola*
- Introductions multiples au début du 20^e siècle
-semis importés
- Réduction importante des volumes et problèmes de régénération



Chancre scléroderrien race européenne



- *Gremmeniella abietina*
- Introductions multiples vers 1940-1950
-semis importés
- Mortalité importante de la régénération





- *Sirococcus clavignenti-juglandacearum*
- Introduit au Wisconsin vers 1940-1950
-matériel végétal vivant
- Menace la survie de cette essence



Solange Simard DEPF



Source: Nicolas Nadeau-Thibodeau



- *Nectria coccinea* var. *faginata*
- Introduit en 1911 à Halifax
- Mortalité importante



Source: Nicolas Nadeau-Thibodeau



- *Phytophthora ramorum*
- Introduit en Californie (~1990)
- Mortalité importante de chênes
- Menace pour les mélèzes et sapins





- *Ceratocystis fagacearum*
- Introduit à la fin du 19^e siècle
- Présent à la limite de la frontière canadienne
- Mortalité importante par contact racinaire





- Plus de sept maladies forestières majeures introduites au 20^e siècle
- Sur hôtes vivants (Plant for Planting)
- Problème : les champignons sont ‘invisibles’
- Pathogènes en phase latente
- Champignons asymptomatiques
-endophytes





- 56°C pour 30 minutes ou fumigation
- Bois d'emballage ou d'arrimage
- Efficace contre les insectes ou les pathogènes saprotrophes
 - Maladie hollandaise de l'orme



- Vivants dans les tissus de l'hôte
- Ne sont pas une maladie dans le pays d'origine (chancre du noyer)
- Ne sont pas réglementés Canada
- Ne sont pas soumis à la norme ISPM # 15
- Les inspecteurs ne peuvent intercepter ce qui est invisible ou asymptomatique
- Inconnus de la science



- Une nouvelle introduction fongique dévastatrice pour nos essences forestières à tous les 20 ans.
- Augmentera avec les échanges croissants avec la Chine.
 - les espèces forestières chinoises sont génétiquement proches des nôtres.
 - source importante de nouveaux champignons ayant le potentiel de devenir des maladies émergentes une fois introduits dans un nouvel habitat.
- La **prévention** est le concept clé car l'éradication est virtuellement impossible



- Donner à l'ACIA une alerte précoce (~image radar) des nouveaux champignons exotiques introduits au pays.
 - fréquence d'introduction
 - espèces, genres et familles de ces pathogènes
 - arbres hôtes les plus affectés
 - pays, exportateurs, ports d'entrée
- Aider les inspecteurs de l'ACIA à mieux cibler leurs interventions.
- Découvrir de nouveaux champignons exotiques et évaluer leur potentiel à devenir des maladies émergentes.

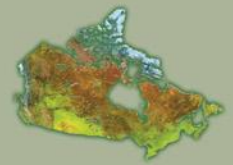




- Collaboration avec les inspecteurs de l'ACIA
- Dans le contexte des inspections de routine
- Ne se substitue pas au laboratoire de diagnostic de l'ACIA



- Matériel
 - feuilles/aiguilles, branches, ramilles, boutures,
 - asymptomatiques**
 - plantes ligneuses
 - de l'hémisphère nord
- Méthode
 - clonage direct de l'ADN, pas de culture en petri
 - pour accéder aux champignons "invisibles"
 - identification basée sur la séquence et non sur des sondes
 - espèces nouvelles et inconnues de la science



- Projet pilote au Québec depuis 2008
 - 2008
 - 61 échantillons, 54 hôtes, 24 pépinières
 - 4 pays (USA 52, France 4, Hollande 3, Thaïlande 2)
 - 2009
 - 27 échantillons, 23 hôtes, 10 pépinières, tous USA
 - 2010
 - 62 échantillons, 40 hôtes, 13 pépinières, tous USA
- Total 150 échantillons (141 USA)



Extraction ADN total des feuilles, bourgeons, écorce et bois



Amplification des ADN fongiques avec ITS1F- ITS4



Clonage des amplicons pour révéler la biodiversité



Séquençage de l'ADN



Identification des espèces par BLAST dans Genbank



Homologie de séquence avec des espèces ou genres pathogènes pour évaluer le risque potentiel



- 1845 clones fongiques
- 267 taxons “espèces” (contigs 98% d’homologie)
- Très diverses phylogénétiquement
 - 96 genres, 44 familles, 33 ordres
 - 17 classes et 5 embranchements



- 267 taxons
- 119 taxons identifiés à l'espèces dans GB
- 75 taxons identifiés à genre
- 22 taxons identifiés à la famille
- 26 taxons identifiés à l'ordre
- 20 taxons identifiés à la classe
- 6 taxons identifiés à l'embranchement

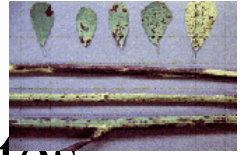


- 119 identifiés à l'espèce
 - aucune menace immédiate
 - Ophiostoma polonica*, *Chalara fraxinea*
- 148 taxons non identifiés à l'espèce
 - 75 taxons identifiés au genre
 - nouvelle espèce? Pas encore dans GB
 - 73 totalement nouveaux à la science (famille, ordre...)
- ces 148 taxons représentent une menace inconnue





- 121 taxons associés à des pathogènes cosmopolites
 - Phoma herbarum*, *Hormonema dematioides*
- 71 taxons associés à des genres non pathogènes
- 29 taxons ayant un faible potentiel d'impact
- 16 taxons ayant un potentiel d'impact modéré ****
 - trois taxons à risque sur le genre *Acer*
- 31 taxons ne pouvant être évalués à cause de leur faible homologie de séquence avec une famille ou un genre
 - inconnus inconnus





- 11,3 (min 7, max 20) taxons fongiques par échantillon
- 29 % des échantillons de l'ACIA possédaient au moins un taxon avec un potentiel d'impact faible ou modéré
- 9 % des échantillons de l'ACIA possédaient au moins un taxon ne pouvant être évalué
- 62 % des échantillons de l'ACIA étaient libres de taxons avec un potentiel à être un pathogène



- Ce système donne un aperçu des genres et familles de champignons introduits au Canada
- Aucune menace immédiate, mais 16 taxons à risque modéré



- Le Canada est le premier pays à rechercher des maladies émergentes potentielles sur du matériel végétal asymptomatique.
- Un échantillonnage d'un ordre de grandeur supérieur est nécessaire pour avoir une image valable de la situation.
- Le système démasque des inconnus et nous commençons à être capables de les évaluer.



- Séquençage haut débit
- Pyroséquençage Roche 454
 - 1 000 000 séquences par ronde
 - Idéal pour 96 échantillons pour 1/8 ronde
 - 125 000 séquences, 1 300 séq./échant.
 - 13 \$ par échantillon
- Champignons indigènes (métagénomique)
 - nécessaire pour déterminer ce qui est exotique
 - 135 contigs/singletons sur 6 branches de sapin



- ACIA : J.G. Champagne, Louis-Philippe Vaillancourt
- 20 inspecteurs: Isabelle Méduri, Luc Duchesne, Véronique Boucher, Jean-Yves Authier, Geneviève Morin, Denis Laurence, Simon Proteau, Yves Dubreuil, Carole Thérien, Marie-Claude Laurin, Breana Bourbeau, Marc Poitras, Sophie Bélanger-Comeau, Marie-Anne Langevin, Lisandre Blanchet, Sylvie Rousseau, Josée Laroche, Francis Paquette, Patrick Bilodeau.
- SCF: J. Dubé, Aurore Lenglet, Julien Ponchart, Baptiste Pétiot