

Profil géographique de la résistance contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette

G. J. Parent¹, I. Giguère¹, J. J. MacKay^{1,2}



¹Département des sciences du bois et de la forêt, Institut de biologie intégrative et des systèmes, Centre d'étude de la forêt, Université Laval, Québec, Québec

²Department of Plant Sciences, University of Oxford, Oxford, United Kingdom

Contexte

- Les végétaux utilisent une variété de mécanismes de défense pour limiter le ravage des herbivores.
- Les épinettes blanches (*Picea glauca*) résistantes à la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*) contiennent deux composés phénoliques soit le picéol et le pungéol. (Delvas et coll. 2011)
- Le picéol et le pungéol réduisent de moitié le taux de survie des larves de TBE lorsqu'il est ajouté à leur diète artificielle. (Delvas et coll. 2011)
- Un premier mécanisme de défense chimique a été identifié chez l'épinette blanche contre la TBE. L'enzyme PgβGLU-1 hydrolyse le glucose de la picéine et la pungénine pour former le picéol et le pungéol. (Mageroy, Parent, Germanos et coll. 2015)



Objectifs

- Identifier si ce mécanisme de défense est utilisé par d'autres espèces de conifère aussi ravagées par la TBE.
- Caractériser le profil géographique des épinettes blanches résistantes dans l'est de leur aire de répartition.

Matériel et méthodes

I. Mécanisme de défense chez les espèces ravagées

- Échantillonnage** : nouveau feuillage de sapin baumier (*Abies balsamea*, *Ab*, naturel, 6 provenances (p.)), d'épinettes noire (*P. mariana*, *Pm*, jardins commun, 6 p.), rouge (*P. rubens*, *Pr*, jardin commun, 3 p.) et de Norvège (*P. abies*, *Pa*, jardin commun, 6 p.) en 2014;
- Analyses en laboratoire** : séquençage d'ADN nucléaire, transcrits dosés par qPCR, composés phénoliques dosés par CL-UV (à venir).

II. Profil géographique des arbres résistants

- Échantillonnage** : nouveau feuillage d'épinette blanche dans 3 jardins communs (Fig. 1 Valcartier 2013, 25 p.; Mastigouche 2014, 42 p.; Sussex 2014, 32 p.);
- Analyses en laboratoire** : transcrits du gène dosés par qPCR, composés phénoliques dosés par CL-UV;
- Simulations de 1900-2014** : température moyenne, cycle de vie de la TBE (BIOSIM v1.0);
- Analyse statistiques spatiales** (ArcGIS v10.2.2) : points chauds, régressions itératives.

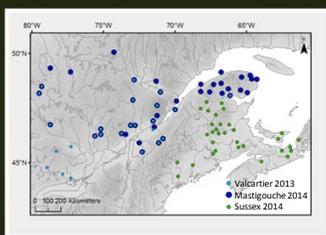


Figure 1. Provenances d'épinette blanche dans les 3 jardins communs

Résultats

I. Mécanisme de défense chez les épinettes et le sapin

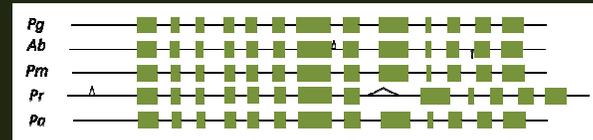
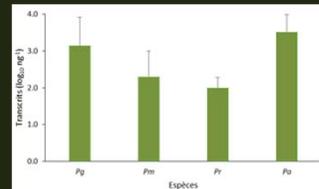


Figure 2. Structure du gène *Pgβglu-1*. Boîtes vertes : exons, lignes entre les boîtes vertes : introns, triangles vers le haut : insertion, triangles vers le bas : délétion.

- Toutes les espèces d'épinettes expriment le gène de résistance (*Ab* à venir). Les niveaux d'expression des épinettes blanche et de Norvège sont plus élevés que ceux des épinettes noire et rouge.

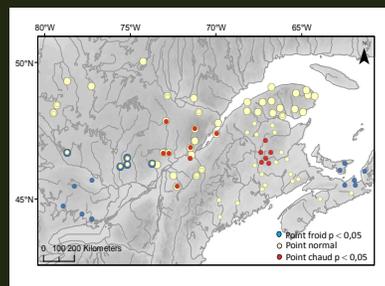
Figure 3. Expression du gène *Pgβglu-1*.



II. Profil géographique des épinettes blanches résistantes

Figure 4. Analyses de points chauds indépendantes pour les 3 jardins communs.

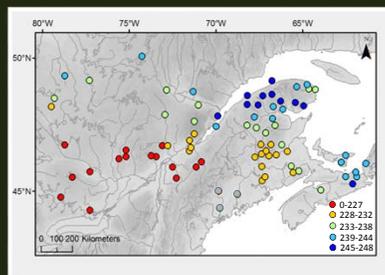
- Les points bleus ou rouges identifient les valeurs respectivement plus basses ou plus élevées que la valeur moyenne des provenances pour l'expression du gène *Pgβglu-1* (Québec) ou le picéol (ailleurs).



- La répartition des arbres résistants n'est pas aléatoire. Les épinettes blanches résistantes sont moins fréquentes dans le sud du Québec, l'est de l'Île du Prince-Édouard et le nord de la Nouvelle-Écosse. Les arbres résistants semblent aussi plus fréquents dans la Vallée du Saint-Laurent et dans le centre du Nouveau-Brunswick.

Figure 5. Jour julien de l'apparition de la moitié des larves de stade L2.

- Ce jour moyen a été modélisé d'après les variables climatiques de 1900 à 2014. Les classes représentent 5 quantiles.



- Les régressions itératives ont permis de déterminer que le cycle de vie de la tordeuse et les précipitations étaient des variables explicatives contrairement au type de peuplement et à l'élévation ($R^2 = 0,19$ à $0,36$).

Conclusions

- Le gène de résistance *Pgβglu-1* semble fonctionnel chez les autres espèces blanches ravagées par la TBE. Il semble toutefois moins exprimé chez les espèces plus distantes sur le plan phylogénétique.
- Les épinettes blanches résistantes sont plus fréquentes dans le nord de l'aire d'étude.
- Les variables expliquant le mieux la répartition non-aléatoire des épinettes blanches résistantes sont le cycle de vie de la TBE et les précipitations.
- Les épinettes blanches résistantes sont plus fréquentes dans les aires où le ravage par la TBE a été le plus intense durant les 70 dernières années au Québec. (MFFP)
- Le mécanisme de défense de l'épinette blanche semble jouer un rôle majeur pour la survie et la valeur adaptative dans l'aire où la pression de ravage par la TBE a été le plus intense dans le passé.

À venir

- Profil géographique des caractères associés à la résistance chez le sapin baumier et l'épinette noire. Est-ce que ces espèces ont des profils géographiques similaires à celui de l'épinette blanche?
- Profil de variation intra-annuelle des caractères associés à la résistance chez le sapin et les épinettes. La variation intra-annuelle de l'expression du gène *Pgβglu-1*, de la concentration en picéol et en pungéol chez l'épinette blanche est étroitement lié à l'ontogénie de la TBE (Germanos 2014). En est-il de même pour les autres espèces?
- Différence de survie entre les arbres résistants et non-résistants en forêt naturelle. Est-ce que la proportion d'arbres résistants augmentent entre le stade juvénile et les arbres matures ayant subi au moins une épidémie de TBE?

Remerciements

- Éric Baur, Jörg Bohlmann et Melissa Mageroy pour leurs commentaires constructifs.
- Martin Charest, Gaby Germanos, Gabriel Piette Lauzière, Jeanne Piette et David Vigneault Roussy pour leur aide sur le terrain et en laboratoire.
- MFFP : André Rainville et Guildo Gagnon pour l'aide du choix des échantillons; Louis Morneau et Jocelyn Domingue pour les discussions.
- SCF : Daniel Plourde et son équipe pour l'échantillonnage à la Station de recherche forestière de Valcartier, Rémi St-Amant pour BIOSIM.
- CEF : Pierre Racine pour ARCGIS
- J.D. Irving : Greg Adams, Andrew McCartney et Shona Millican pour leur aide du choix des échantillons et pour l'échantillonnage.



Références :

- Delvas, et al. (2011). "Phenolic compounds that confer resistance to spruce budworm." *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 141(1): 35-44.
- Germanos (2014). "Caractérisation d'un gène de résistance contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*) chez l'épinette blanche (*Picea glauca* (Voss.) Moeench)." *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 158: 1-11.
- Mageroy, Parent, Germanos, et al. (2015). "Expression of the β -glucosidase gene *Pgβglu-1* underpins natural resistance of white spruce against spruce budworm." *The Plant Journal* 81(1): 68-80.