

Effets potentiels des changements climatiques sur les insectes et les maladies

Pierre Therrien

Direction de la protection des forêts

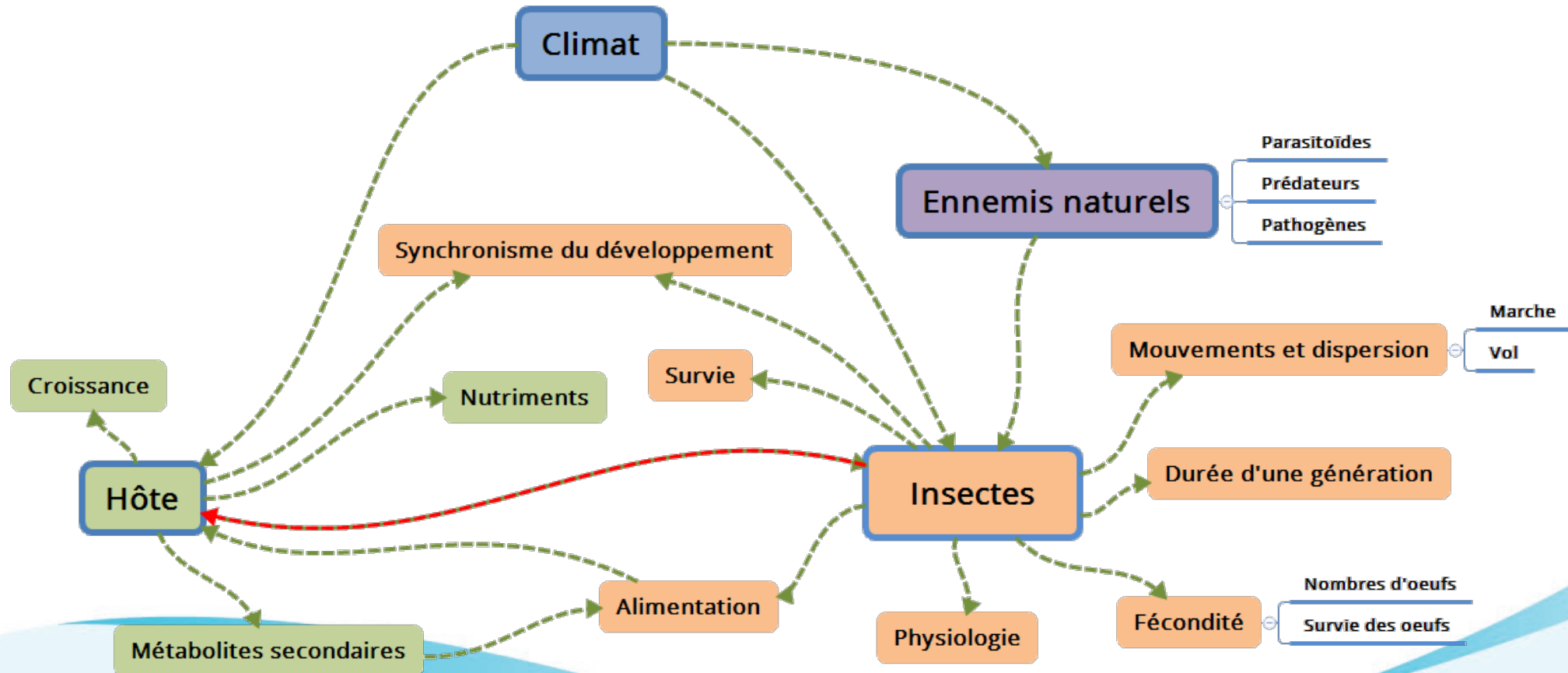
Plan de la présentation

- Insectes
 - Dynamique des populations d'insectes
 - Études de cas
 - Tordeuse des bourgeons de l'épinette
 - Arpenteuse de la pruche
 - Éléments à considérer dans une analyse
- Maladies
 - Effets possibles des changements climatiques



Insectes

Dynamique des populations d'insectes



Tordeuse des bourgeons de l'épinette

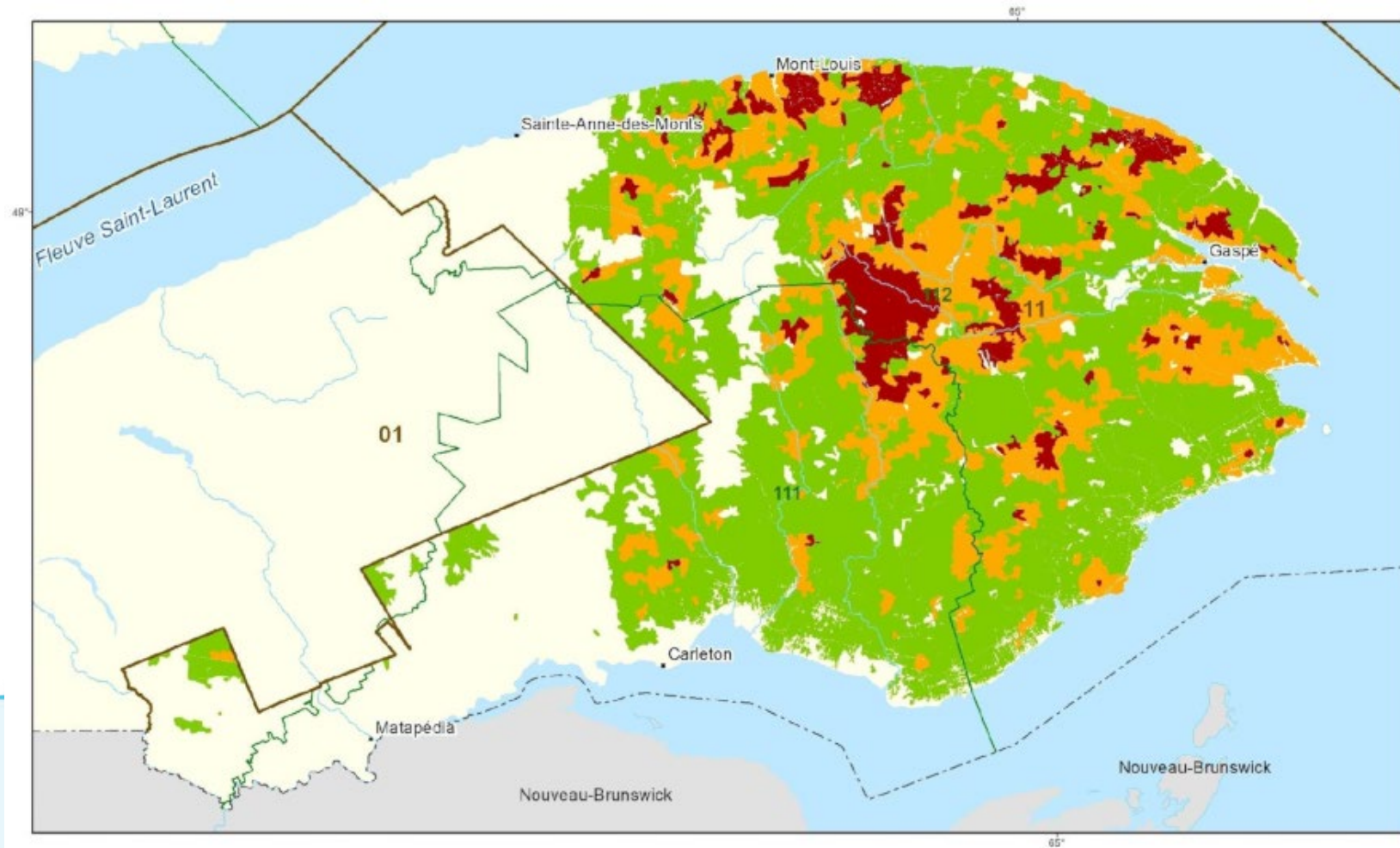


Tordeuse des bourgeons de l'épinette – Situation actuelle

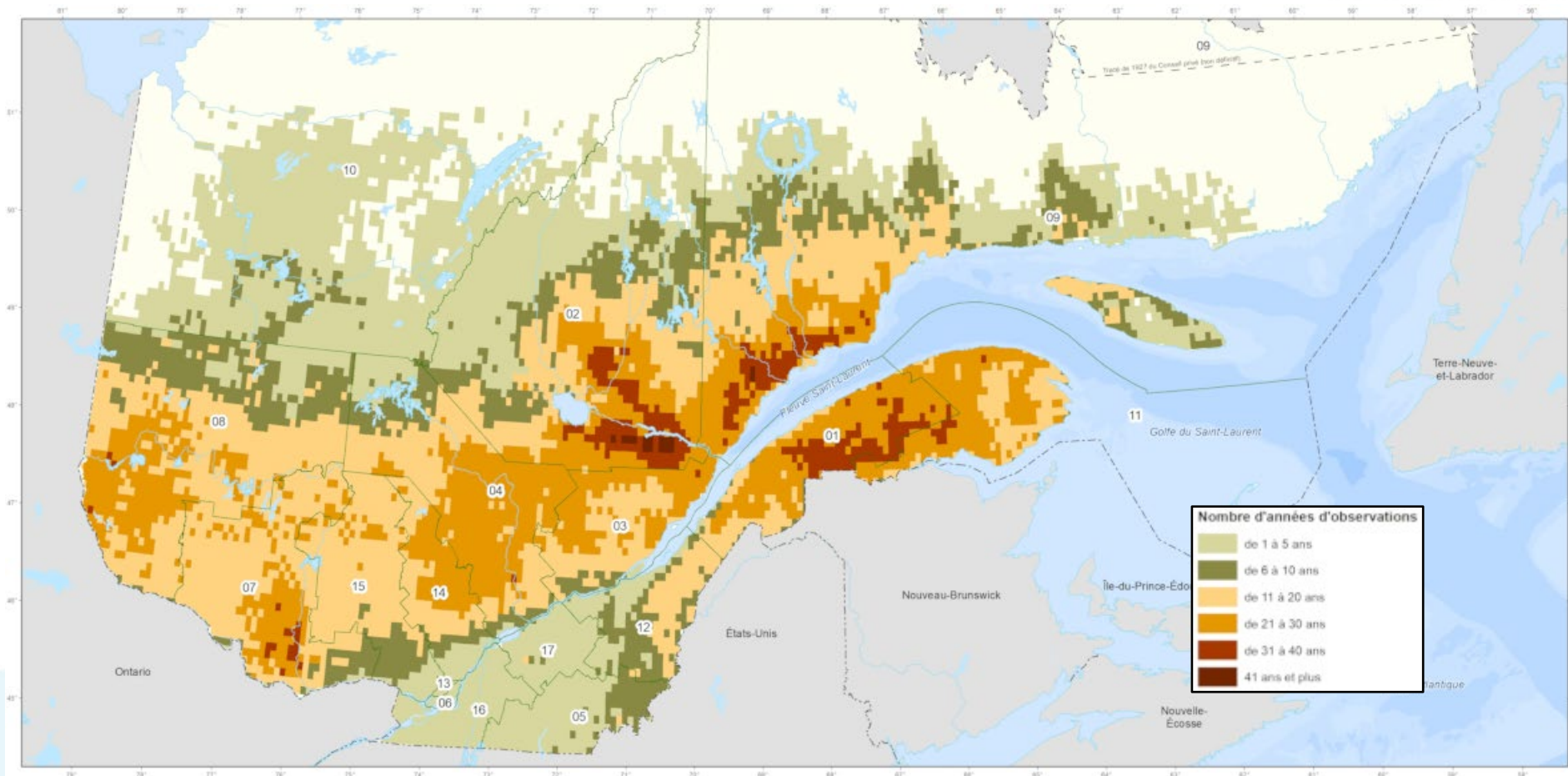
- Insecte indigène
- Sapin, épinette blanche, épinette rouge, épinette de Norvège, épinette noire, pruche, pin, mélèze
- Épidémies périodiques (~30 ans) de longue durée (15 ans ou plus)
- La mortalité peut apparaître après 5 ans de défoliation grave sur le sapin et 7 ans sur l'épinette blanche
- Les épidémies se terminent sous l'effet combiné de l'état de la forêt et des ennemis naturels



Défoliation en 2022

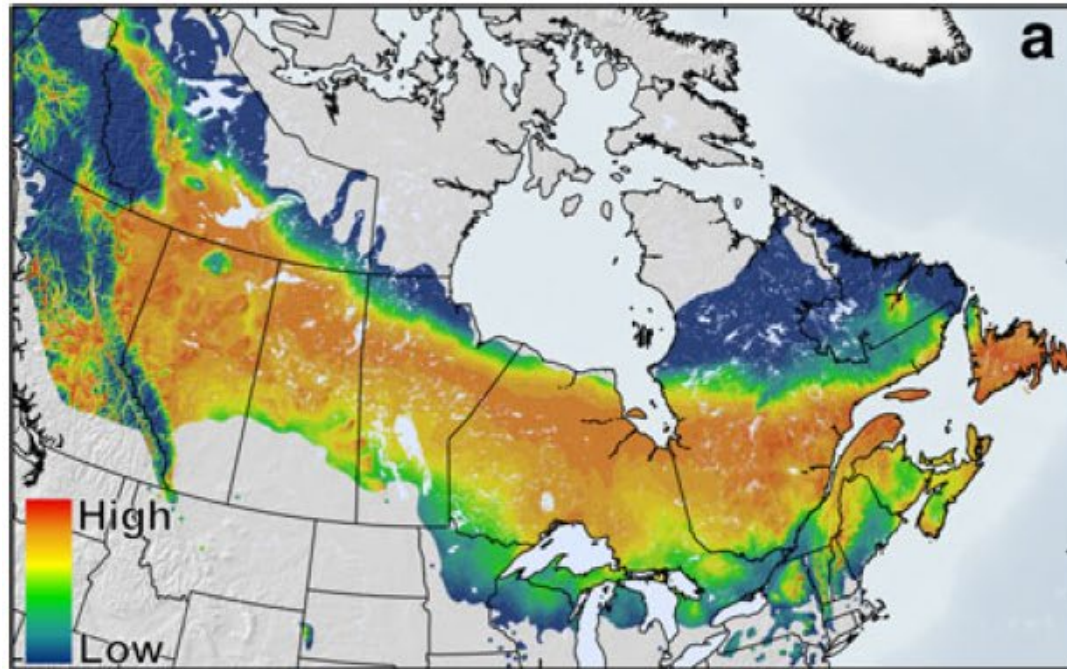


Nombre d'années de présence de la TBE (1938-2022)

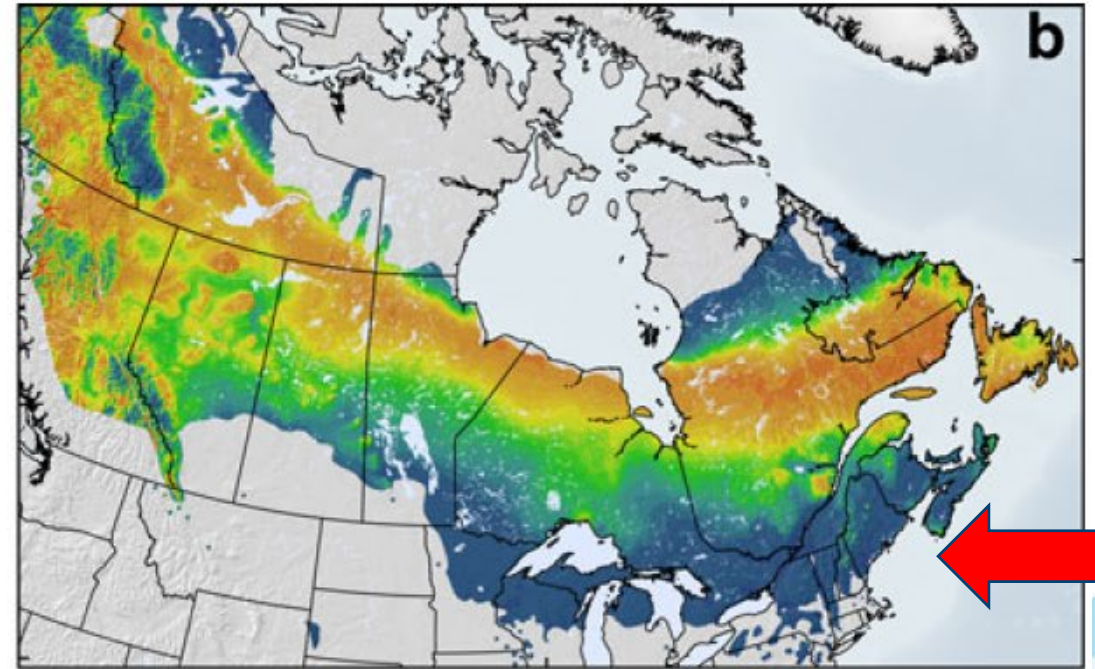


Déplacement de l'aire de distribution – Taux de croissance des populations de TBE

1971-2000



2041-2070



Régnière, St-Amant et Duval 2010

Évidences que les changements climatiques sont en cours

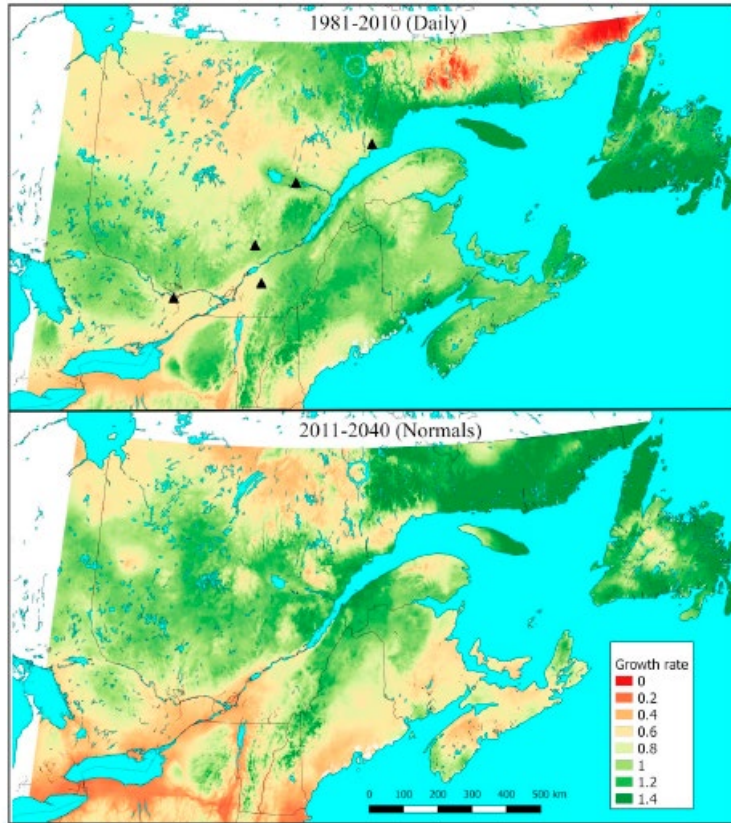
Début d'épidémie

	Épidémie 1968-1992	Épidémie actuelle
Québec	Outaouais (46° N)	Saguenay-Lac-Saint-Jean (48,5° N) Côte-Nord (49,3° N)
États du nord-est des États-Unis	Épidémie aussi présente	Toujours pas d'épidémie après 17 ans de présence au Québec

Le Nouveau-Brunswick n'est pas considéré dans la comparaison à cause de l'intervention hâtive

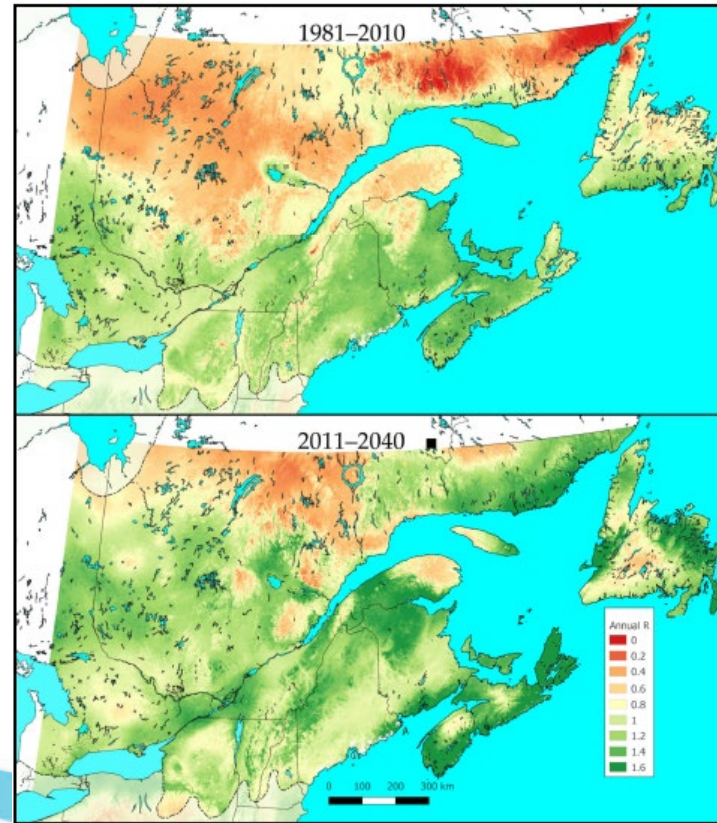
Taux de reproduction de 3 parasitoïdes des basses populations de TBE

Tranosema rostrale



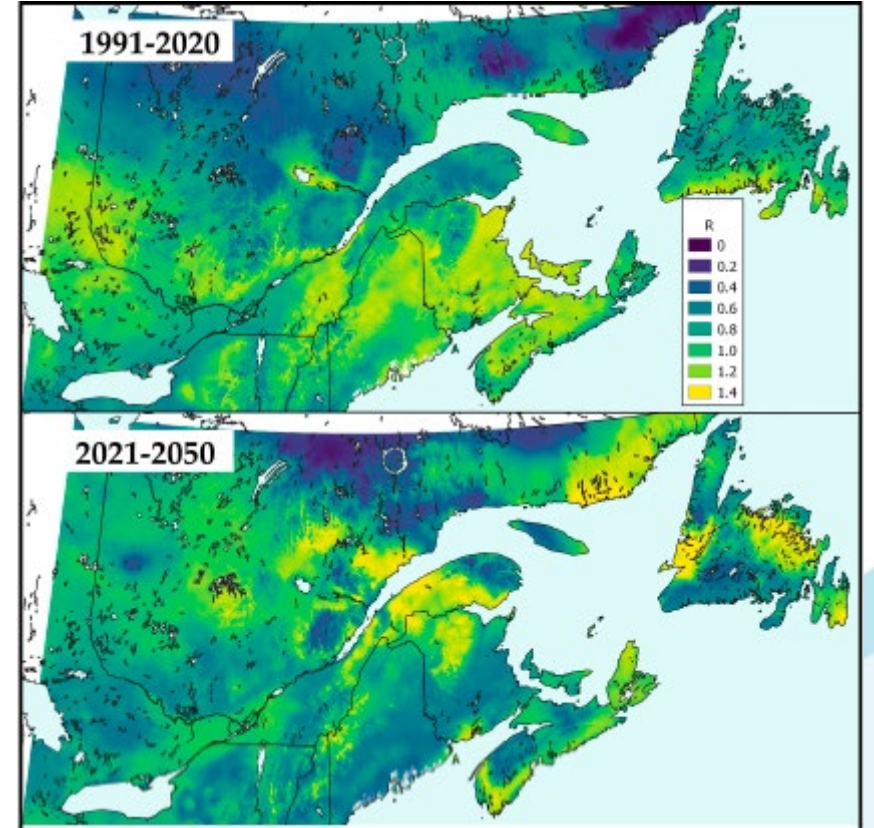
Régnière *et al.* 2020

Meteorus trachynotus



Régnière *et al.* 2021a

Actia interrupta



Régnière *et al.* 2021b

Effets probables sur la défoliation (Candau et Fleming 2011)

- Déplacement vers le nord de la limite nordique de la défoliation
- Réduction de la fréquence de défoliation au centre de la ceinture de distribution historique
- Persistance de la limite sud de défoliation

Autres effets probables – Tordeuse des bourgeons de l'épinette

- Changements dans la dynamique des populations de la TBE (effets des ennemis naturels)
- Changements dans la mortalité de peuplements causés par l'insecte via les effets du climat sur les essences hôtes
- Augmentation possible de la vulnérabilité de l'épinette noire (travaux de Pureswaran, De Grandpré, Kneeshaw)
- Effets indirects sur le régime de feux; les peuplements morts étant plus susceptibles aux incendies

Arpenteuse de la pruche

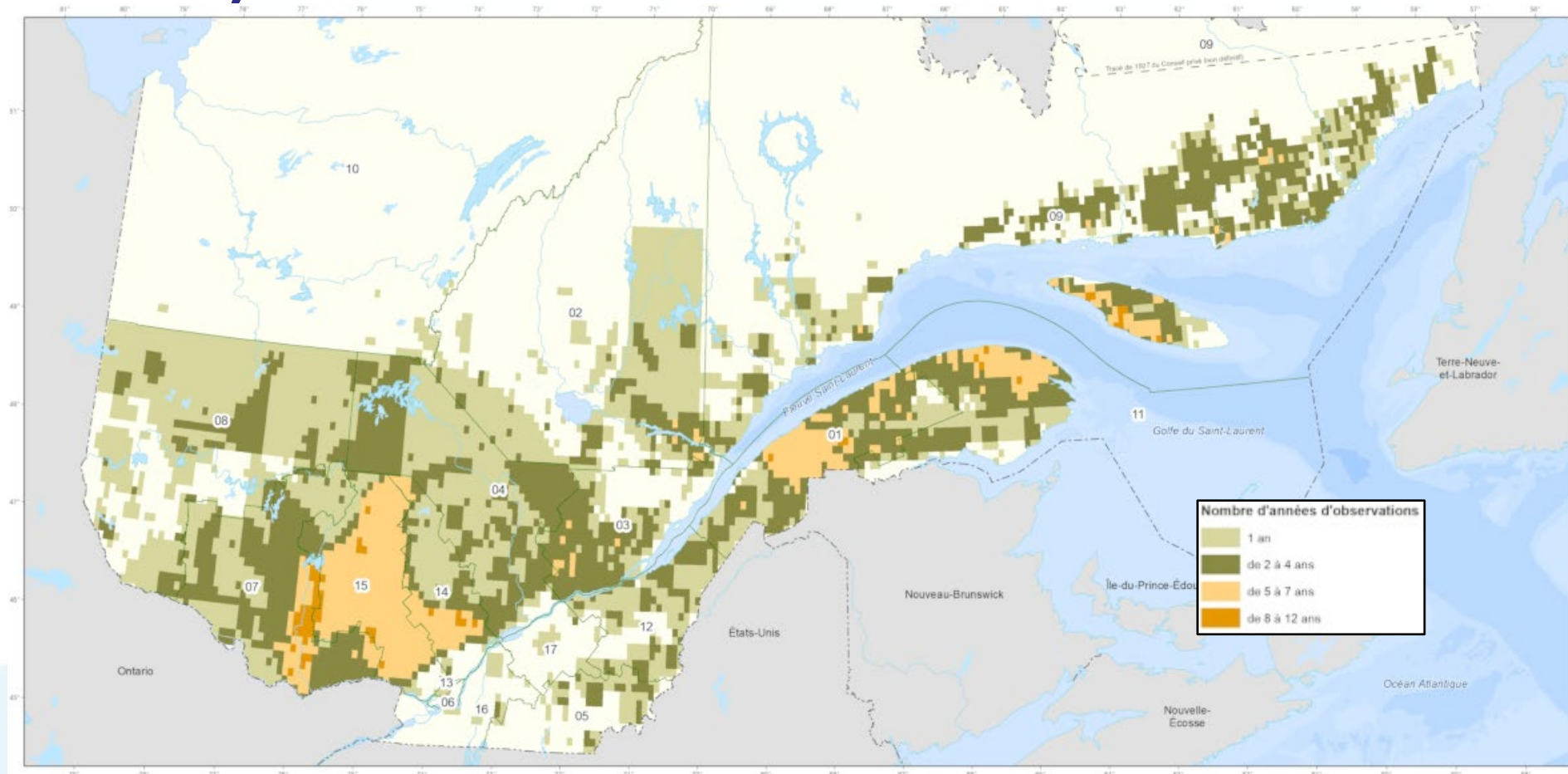


Arpenteuse de la pruche - Situation actuelle

- Insecte indigène
- Sapin, pruche, pin, épinette, thuya, mélèze
- Épidémies rarement plus longues que 3 ans localement. 5-6 ans à l'échelle du paysage
- La mortalité d'arbres peut survenir après 1 an de défoliation
- Le stress hydrique et les étés chauds et secs favorisent l'insecte
- Les épidémies se terminent sous l'effet combiné de l'état de la forêt, des conditions météorologiques et des ennemis naturels
- 2 biotypes: 4 stades larvaires au nord, 5 au sud



Nombre d'années de présence de l'arpenteuse de la pruche (1938-2023)

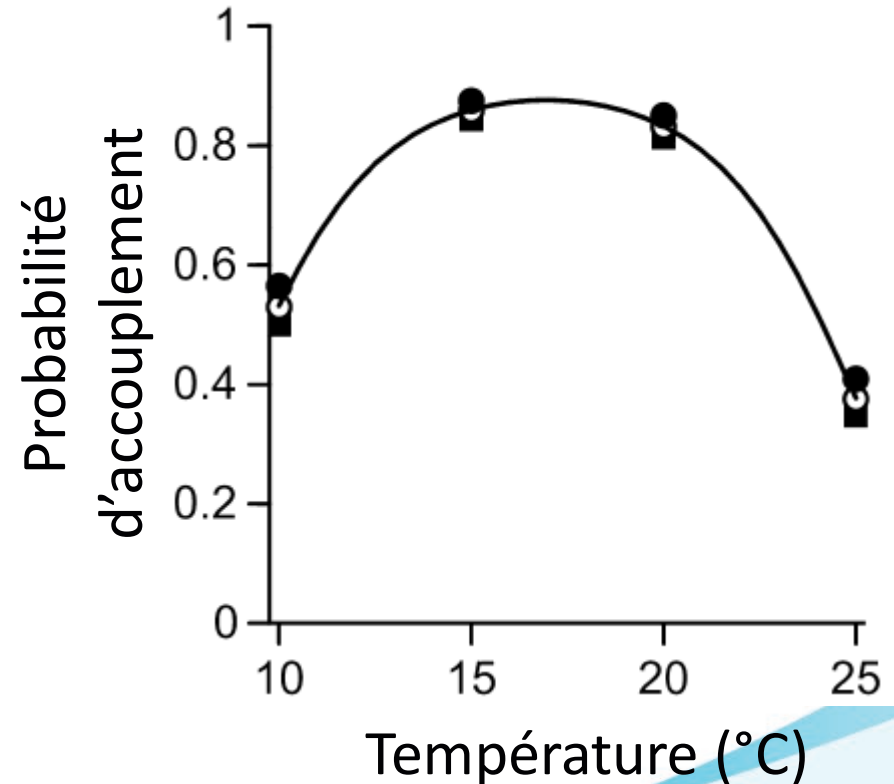


Distribution nord-américaine



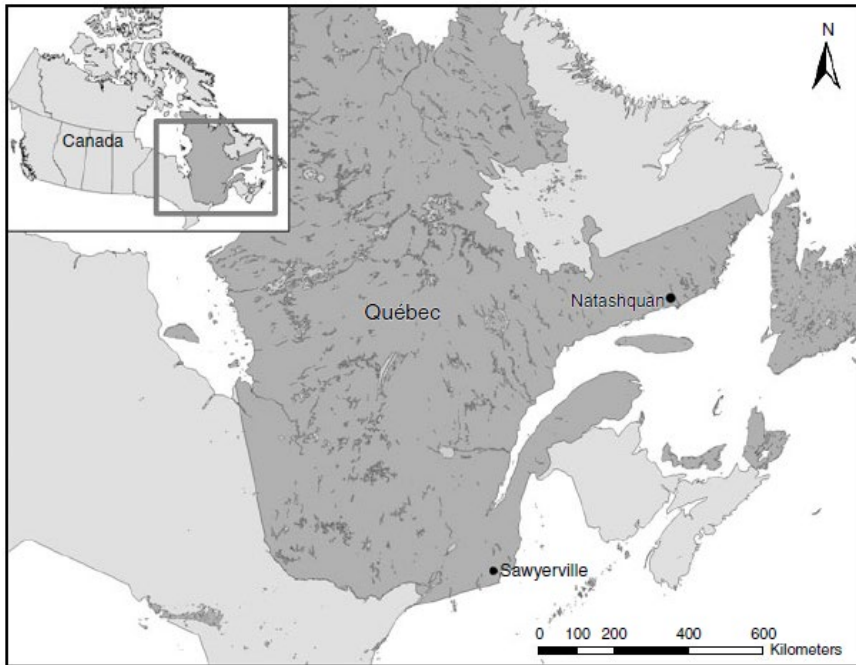
Effets de la température sur le succès de reproduction

- Les températures élevées influencent négativement:
 - Probabilité d'accouplement
 - Nombre d'œufs produits
 - Proportion d'œufs fertiles

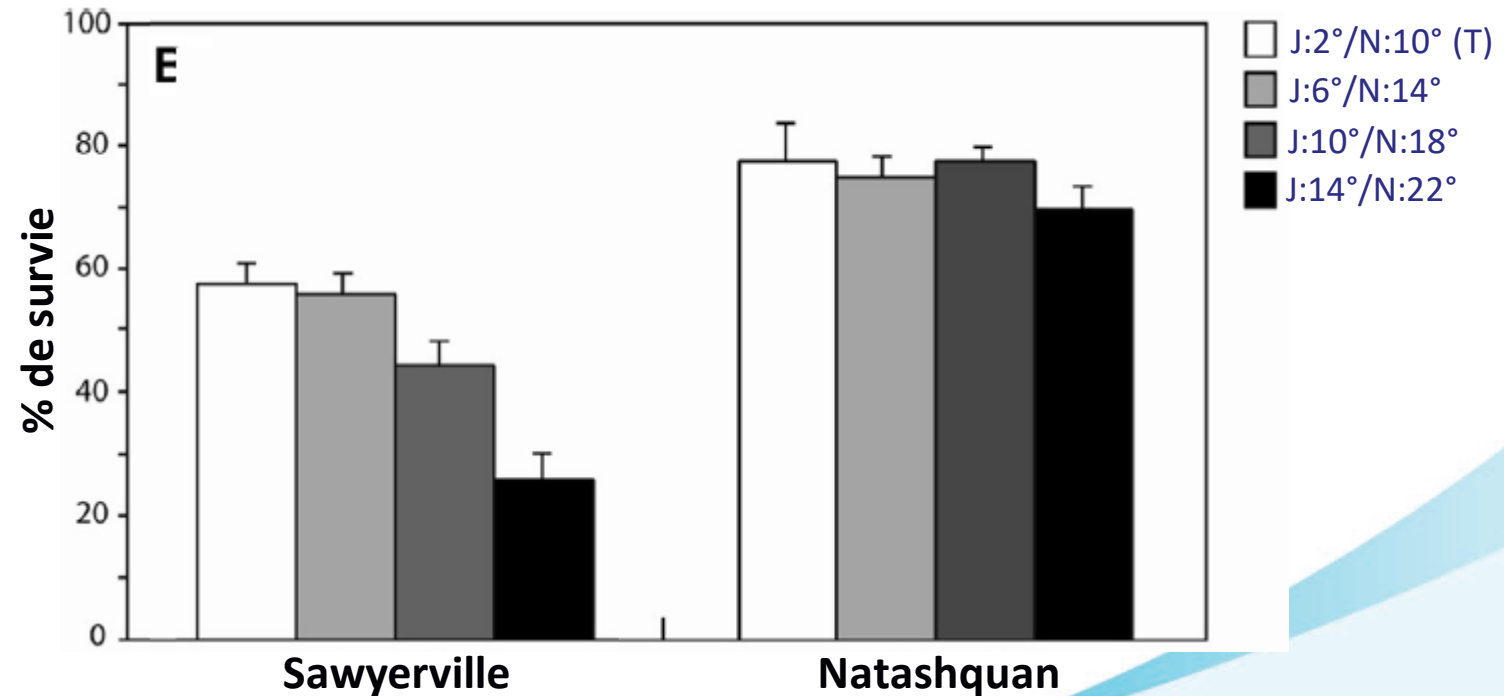


Delisle *et al.* 2016

Survie hivernale des œufs exposés à une vague de chaleur de 5 jours au début octobre



Berthiaume *et al.* 2009

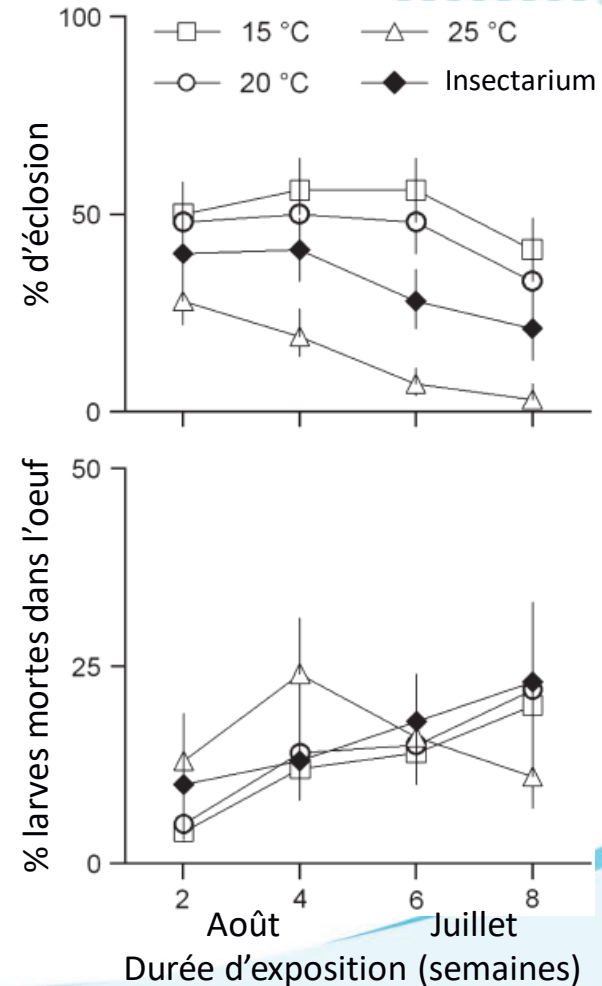


Vallières *et al.* 2015

Effets de la température et de la durée d'exposition sur l'éclosion des oeufs

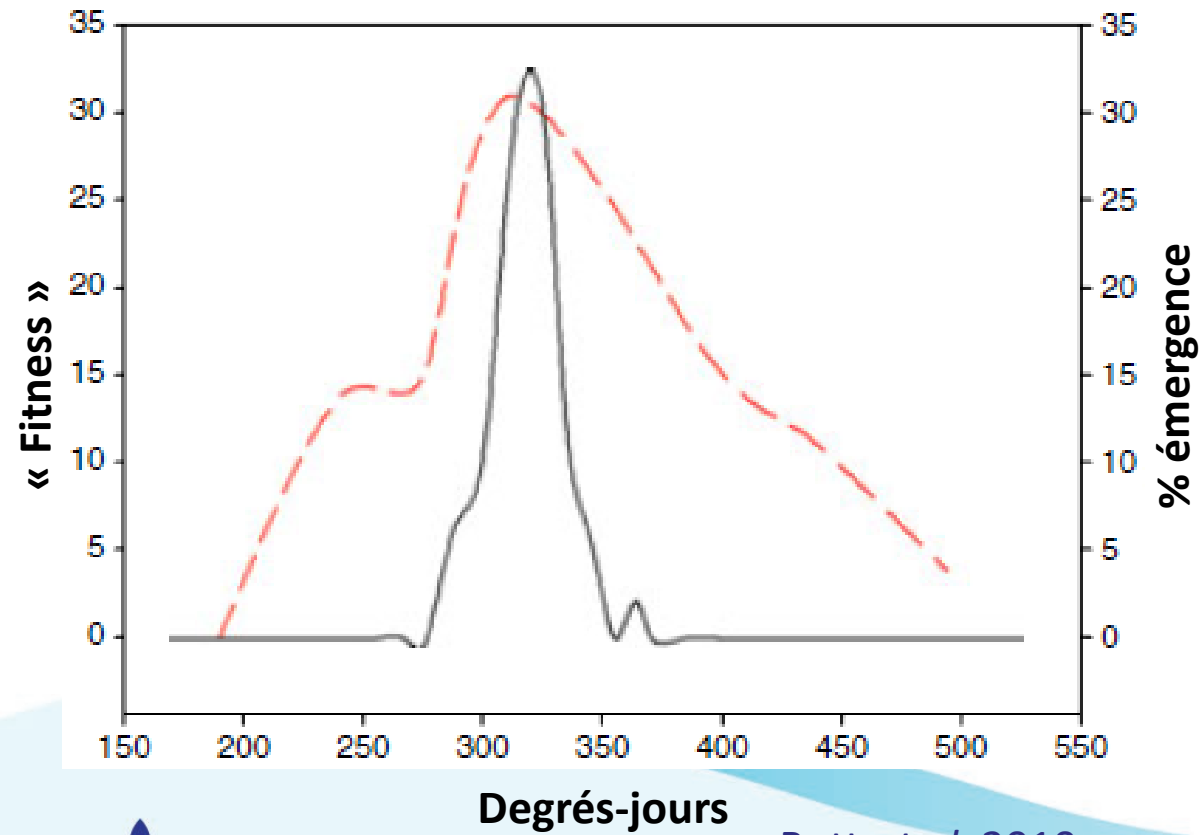
- Œufs pondus à 2 semaines d'intervalle du début juillet au 1^{er} septembre
- Exposés à 3 conditions de température
- Incubés à 15°C, J16:N8 h et 80% d'humidité relative ou placés dans un insectarium jusqu'au printemps suivant

Delisle *et al.* 2012

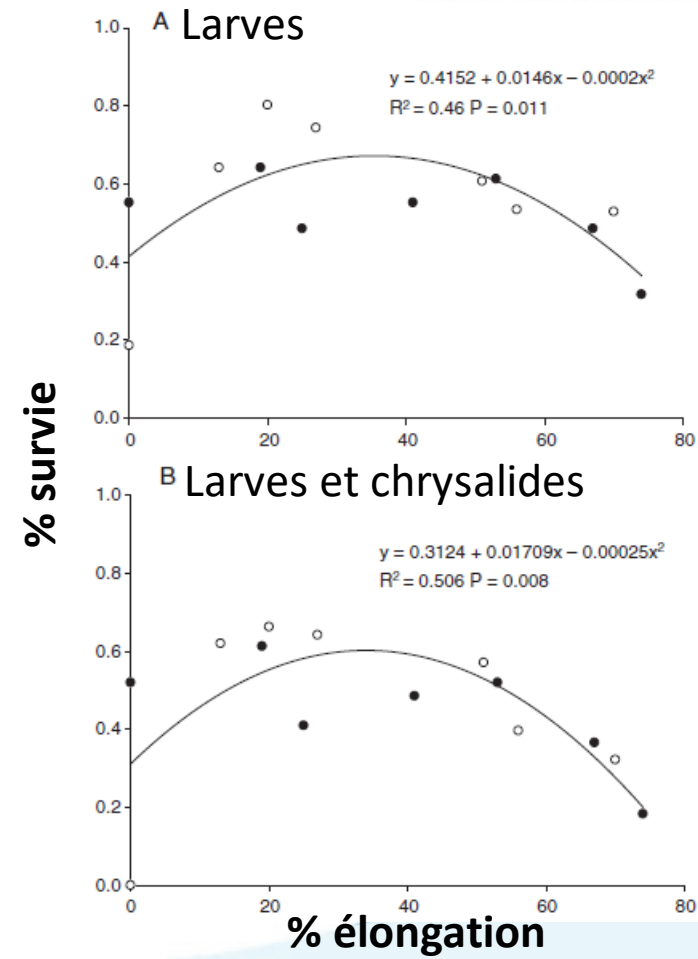


Influence de la phénologie du débourrement du sapin baumier

Fitness = survie moyenne x % ♀ x fécondité moyenne



Butt *et al.* 2010



Effets probables des changements climatiques – Arpenteuse de la pruche

- Déplacement de l'aire de distribution vers le nord sans contraction au sud
- Effets positifs sur la survie des larves et effets négatifs sur la reproduction
- Changements dans la dynamique des populations (effets des ennemis naturels)
- Changements dans la mortalité de peuplements causés par l'insecte via les effets du climat sur les essences hôtes
- Les biotypes ne réagiront probablement pas de la même façon



Éléments à considérer dans une analyse

Quelques éléments à considérer dans l'analyse – Insectes (1)

- Des informations des effets des changements climatiques existent seulement sur les principaux insectes
- Considérer d'abord les principaux insectes ravageurs. Entre autres:
 - Tordeuse des bourgeons de l'épinette
 - Arpenteuse de la pruche
 - Livrée des forêts
 - Spongieuse européenne
- Les insectes peuvent s'adapter rapidement
 - Plasticité phénologique (nombre de stades, tolérance aux températures froides)
 - Capacité d'évolution rapide (grande capacité de reproduction, générations courtes)
 - Grande capacité de dispersion (naturelle ou assistée)

Quelques éléments à considérer dans l'analyse – Insectes (2)

- Le stress accru sur les essences favorisera les insectes secondaires (dendroctones, scolytes, hylésines, longicornes)
- Surveiller les espèces exotiques envahissantes aux portes du Québec
 - Longicorne brun de l'épinette
 - Dendroctone méridional du pin
 - Puceron lanigère de la pruche
 - Longicorne asiatique (érablières)
 - Fulgore tacheté (érablières)
 - Flétrissement du chêne

Quelques éléments à considérer dans l'analyse - Insectes (3)

- Grande probabilité de migration vers le nord des aires de distribution
 - Limitée par l'aire de distribution de ses hôtes
 - Se méfier des insectes qui ont une grande variété d'hôtes
 - Si l'aire de distribution occupe une bande étroite, il y aura probablement une régression au sud
- Si l'insecte est présent aux États-Unis sur les mêmes essences, l'effet pourrait être similaire au Québec dans le futur
- Consulter les entomologistes/pathologistes
- S'attendre à l'inattendu



Maladies

Effets possibles des changements climatiques (partiels)

- Effets directs:
 - Croissance et reproduction accrues
 - Modifications aux taux de transmission, de dispersion et d'infection
 - Modifications à la survie hivernale
- Effets indirects:
 - Valeur nutritive, allocation des ressources et susceptibilité des hôtes
 - Distribution, cycle vital et phénologie des insectes vecteurs
 - Distribution des hôtes primaires et secondaires

Dukes *et al.* 2009

Références (1)

- Berthiaume, R., É. Bauce, C. Hébert et J. Brodeur (2009). Host tree age as a selective pressure leading to local adaptation of a population of a polyphagous Lepidoptera in virgin boreal forest. *Bull. Entomol. Res.* **99** : 493-501.
- Butt, C., D. Quiring, C. Hébert, J. Delisle, R. Berthiaume, É. Bauce et L. Royer (2010). Influence of balsam fir (*Abies balsamea*) budburst phenology on hemlock looper (*Lambdina fiscellaria*). *Ent. Exp. & App.* **134** : 220-226.
- Candau, J.-N. et R. A. Fleming, 2011. Forecasting the response of spruce budworm defoliation to climate change in Ontario. *Can. J. For. Res.* **41** : 1948–1960.
- Dukes *et al.* 2009. Responses of insect pests, pathogens, and invasive plant species to climate change in the forests of northeastern North America: What can we predict? *Can. J. For. Res.* **39** : 231-248.
- Delisle, J., L. Royer, M. Bernier-Cardou et A. Labrecque (2012). Impact of increasing temperatures and exposure duration on egg hatch in the hemlock looper, *Lambdina fiscellaria*. *Ent. Exp. & App.* **144** : 231-243.
- Delisle, J., M. Bernier-Cardou et G. Laroche (2016). Reproductive performance of the hemlock looper, *Lambdina fiscellaria*, as a function of temperature and population origin. *Ent. Exp. & App.* **161** : 219-231.

Références (2)

- Régnière, J. et R. St-Amant (2012). Predicting insect distributions under climate change from physiological responses: spruce budworm as an example. *Biol. Invasions* **14** : 1571-1586.
- Régnière, J., M. L. Seehausen et V. Martel (2020). Modeling Climatic Influences on Three Parasitoids of Low-Density Spruce Budworm Populations. Part 1 : *Tranosema rostrale* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Forests* **2020**, 11, 846; doi:10.3390/f11080846.
- Régnière, J., R. Saint-Amant, J.-C. Thireau, P. Therrien, C. Hébert et V. Martel. (2021a). Modeling Climatic Influences on Three Parasitoids of Low-Density Spruce Budworm Populations. Part 2 : *Meteorus trachynotus* (Hymenoptera: Braconidae). *Forests* **2021**, 12, 155; doi.org/10.3390/f12020155.
- Régnière, J. J.-C. Thireau, R. Saint-Amant et V. Martel (2021b). Modeling Climatic Influences on Three Parasitoids of Low-Density Spruce Budworm Populations. Part 3 : *Actia interrupta* (Diptera: Tachinidae). *Forests* **2021**, 12, 1471; doi.org/10.3390/f12111471.
- Vallières, R., S. Rochefort, R. Berthiaume, C. Hébert et É. Bauce (2015). Effect of simulated fall heat waves on cold hardiness and winter survival of hemlock looper, *Lambdina fiscellaria* (Lepidoptera: Geometridae). *J. Insect Physiol.* **73** : 60-69.