

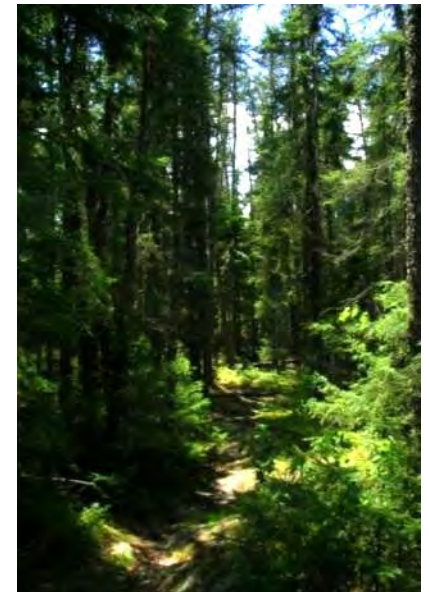
Génétique du paysage et dynamique des épidémies d'insectes

Patrick James

Université 
de Montréal

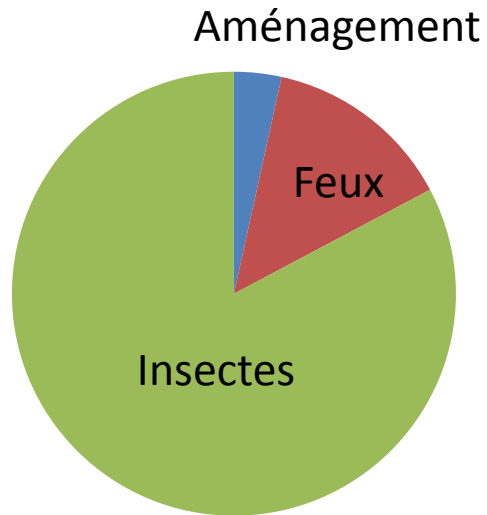
Les écosystèmes forestiers

- Complexes et multi-trophiques.
- Fournissent des services écosystémiques importants.
- Régis par de nombreux processus à échelles multiples.
- Dynamique stochastique.
- Synergie entre des processus incertains
- Dont les **épidémies des insectes...**



Épidémies d'insectes au Canada

Canada - Forêt boréale
16 x 10⁶ ha affectés
1980-1993



Policy and Economics Directorate,
Canadian Forest Service, Ottawa
<http://atlas.nrcan.gc.ca>

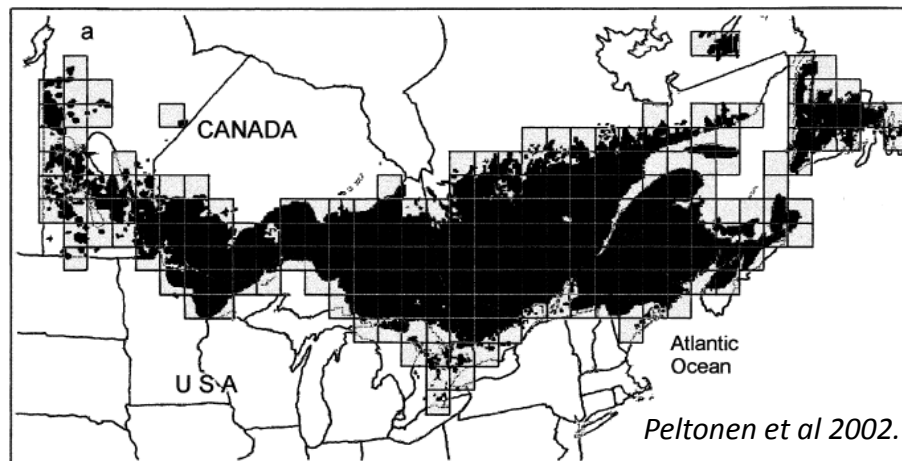
- Agent de perturbation important des forêts du Canada
 - (e.g., SBW, MPB, FTC).
- Dynamique façonnée par des facteurs multiples.
- À la fois créées et affectées par la structure spatiale du paysage
- **Le mouvement joue un rôle clé.**
- **Mouvement ~**

f (dispersion, contexte spatial)

La tordeuse des bourgeons de l'épinette

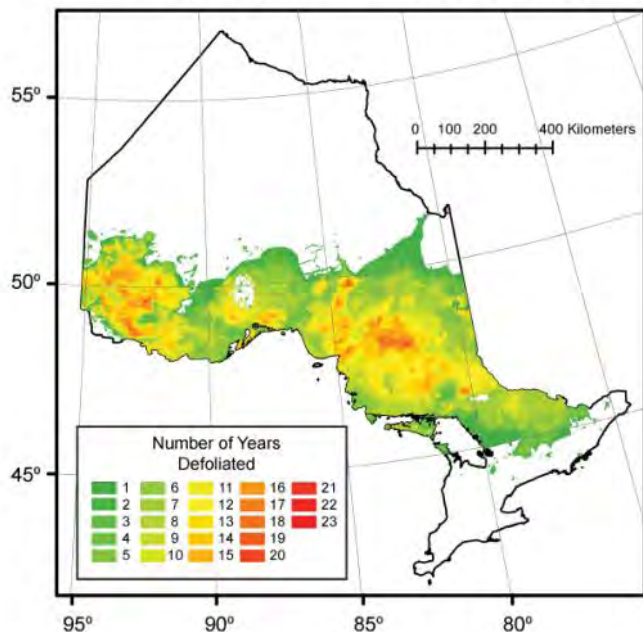
(*Choristoneura fumiferana*; TBE – [SBW])

- Défoliateur indigène des forêts boréales et mixtes.
- Se nourrit sur le sapin baumier et l'épinette.
- Cycle d'éruption des population de ~ 35 ans.
- Crée des structures complexes de mortalité des forêts, d'âge, et de composition.

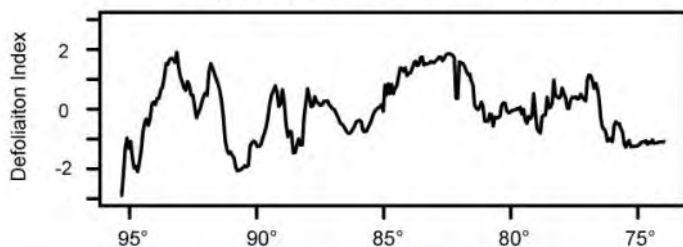


■ Indique les zones sensiblement défoliées au moins une fois entre 1945-1988

Cumulative Defoliation (1941-2001)



Longitudinal Cumulative Defoliation



Wavelet Power Spectrum

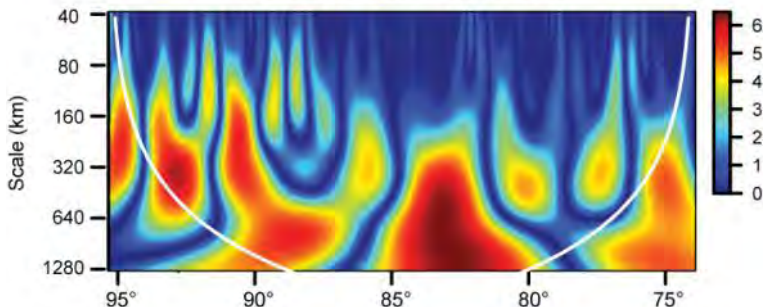
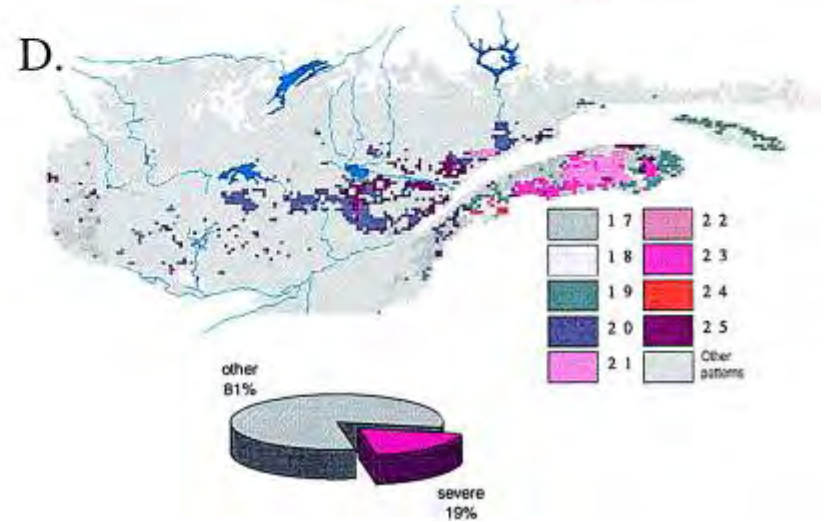
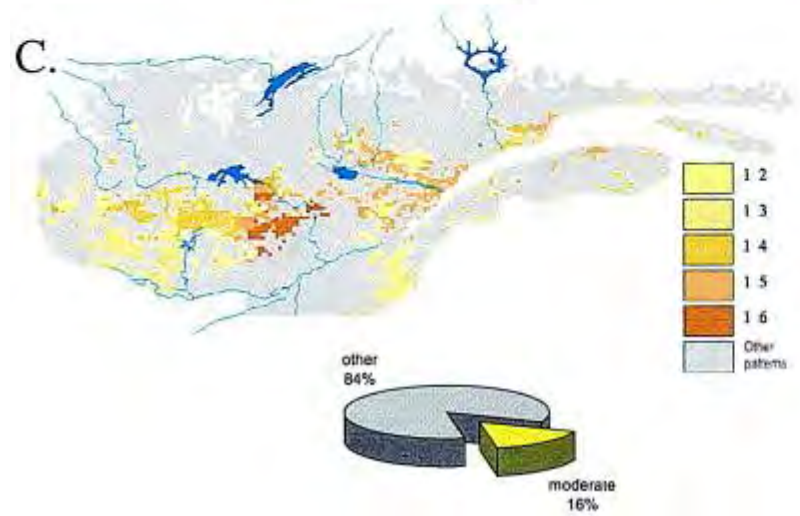
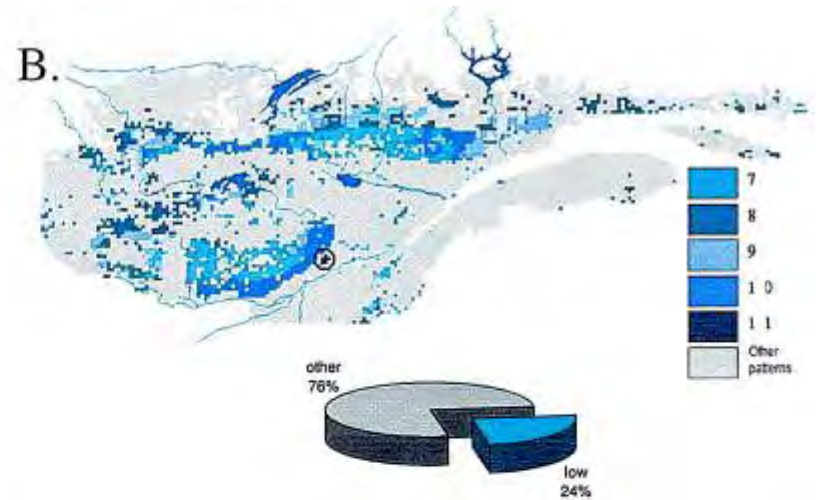
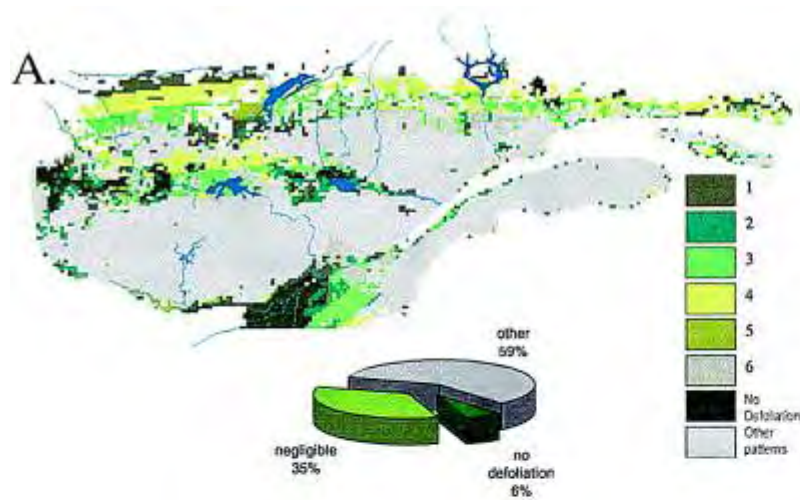


Fig. 1 – Défoliation cumulative de la TBE en Ontario (1941–2000). **Haut:** La carte représente le nombre total d’années de défoliation. **Milieu:** Défoliation cumulative représentée par transects longitudinaux par incréments de 5 km de large. **Bas:** Spectre d’énergie des ondelettes pour chaque période d’éclosion. Les couleurs plus chaudes représentent les régions dans l’espace à l’échelle de l’emplacement avec de grands coefficients d’ondelettes.

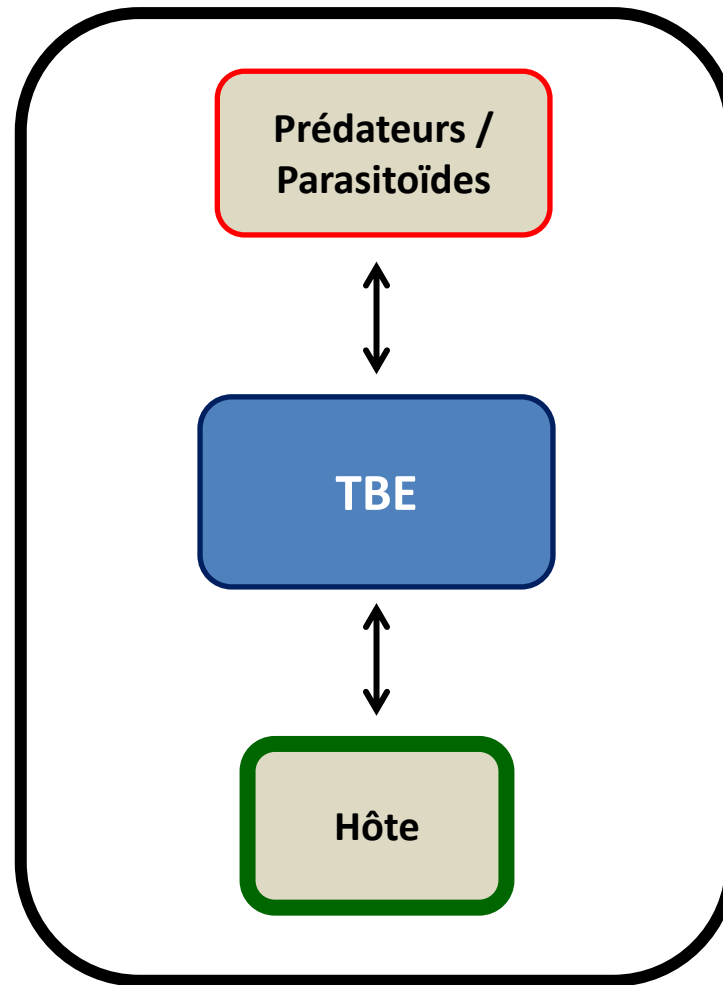
TBE au Québec



Défoliation – 1962-1992
Gray et al 2000.

Quelle est l'origine des épidémies?

Modèle des interactions tri-trophiques

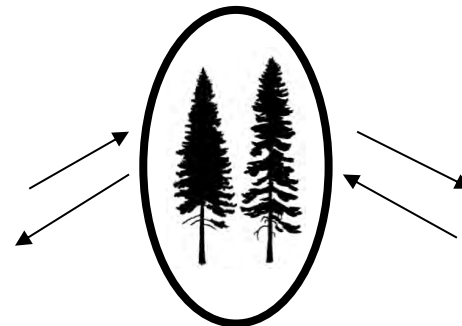


Climat / météo
(Effet « Moran »)

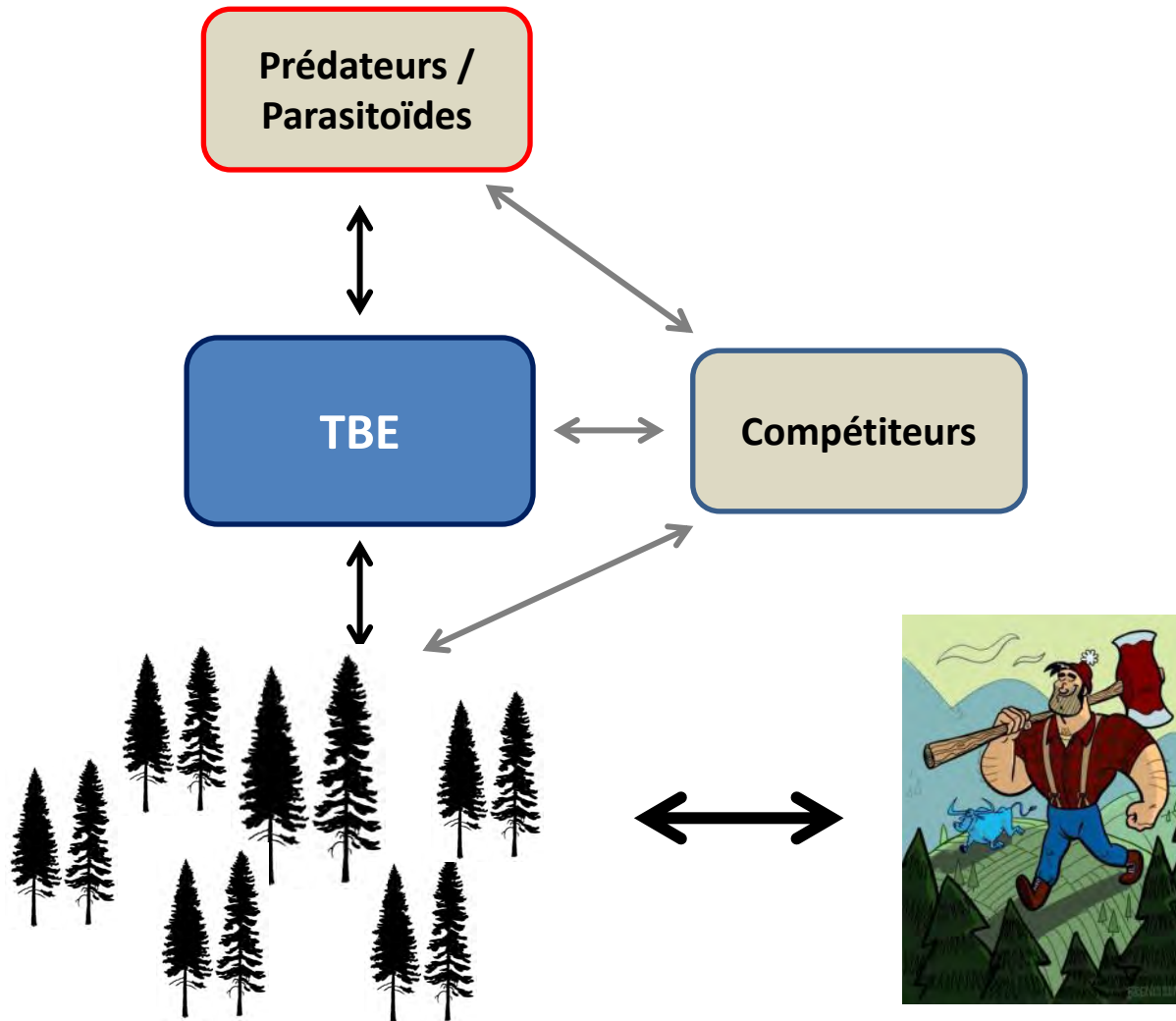
L'hypothèse sylvicole et les patrons spatiaux

- La structure forestière peut influencer sur la susceptibilité de la forêt à la TBE.
 - Miller & Rusnock 1993
- Les peuplements diversifiés ont tendance à démontrer une plus faible défoliation que les peuplements homogènes.
 - Su *et al.* 1996, Cappuccino *et al.* 1998, Eveleigh *et al.* 2007, Campbell *et al.* 2008, Smith *et al.* 2011.
- **La diversité augmente-t-elle la stabilité de l'écosystème?**

- **Mécanisme de parasitoïde?**



L'hétérogénéité spatiale et la dispersion



Patrons spatiaux causés par l'homme



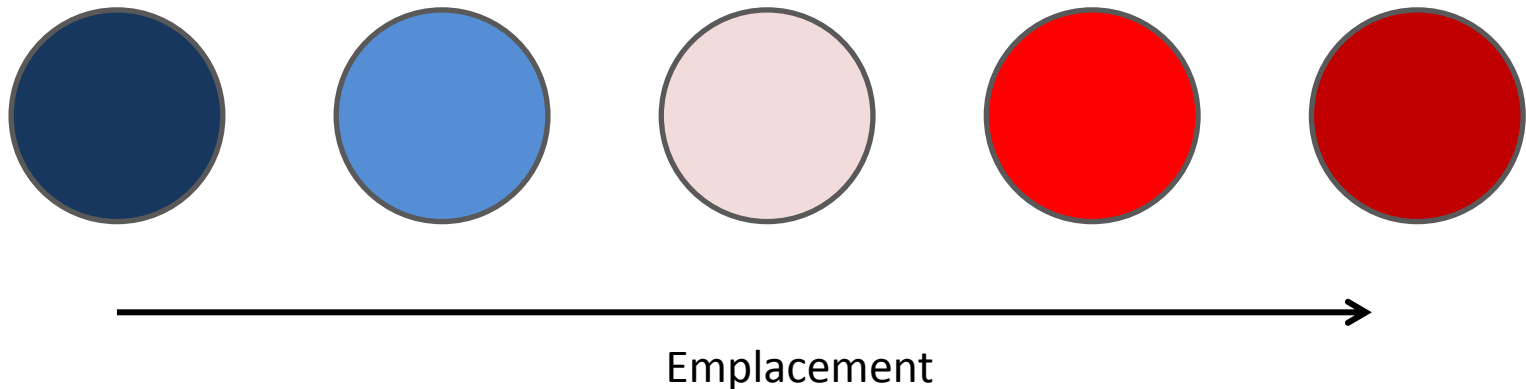
Les questions de recherche

1. **Quels sont les effets relatifs à la dispersion, aux parasitoïdes, au climat et à la forêt sur les épidémies de TBE?**
2. Quel est le rôle de la connectivité de la forêt et du paysage sur la connectivité génétique (dispersion)?
3. Comment cette connectivité influence-t-elle la dynamique des épidémies et la stabilité de l'écosystème?



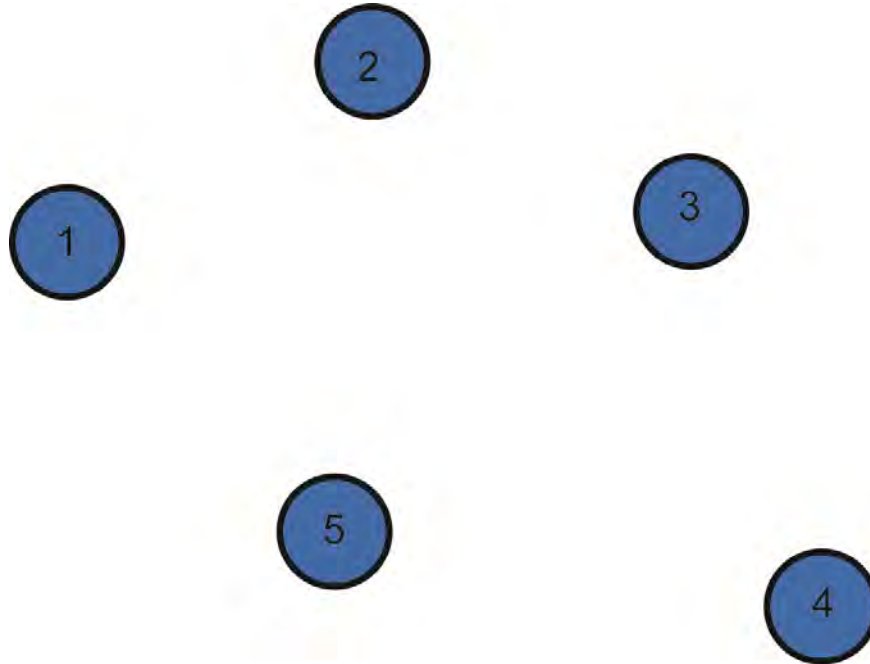
Génétique du paysage

- Combinaison de l'écologie du paysage et de la génétique des populations pour examiner comment les **éléments du paysage** affectent les flux de gènes (c.-à.-d., la dispersion).
 - Manel et al 2003, Holderegger and Wagner 2008

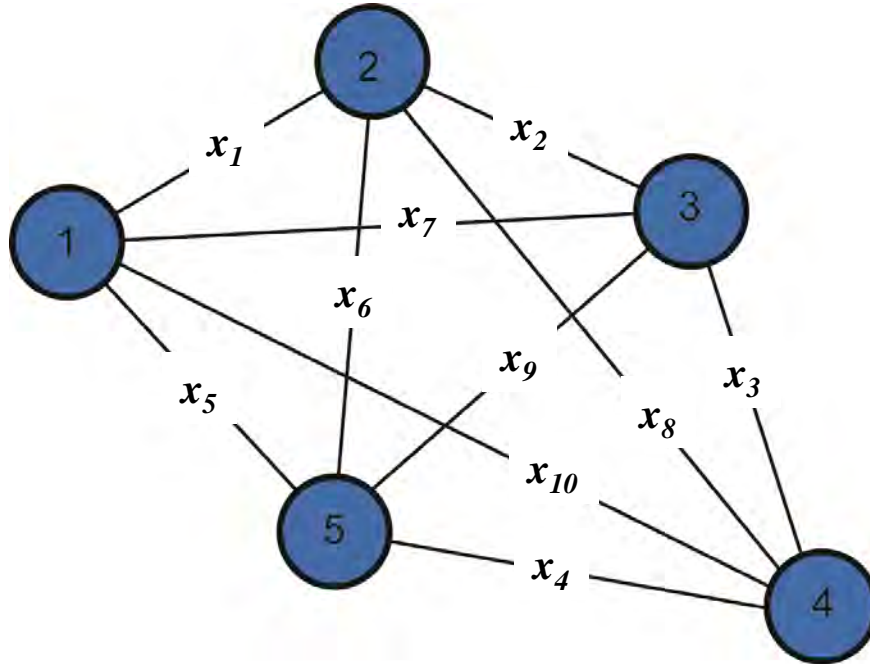


Théorie des graphes

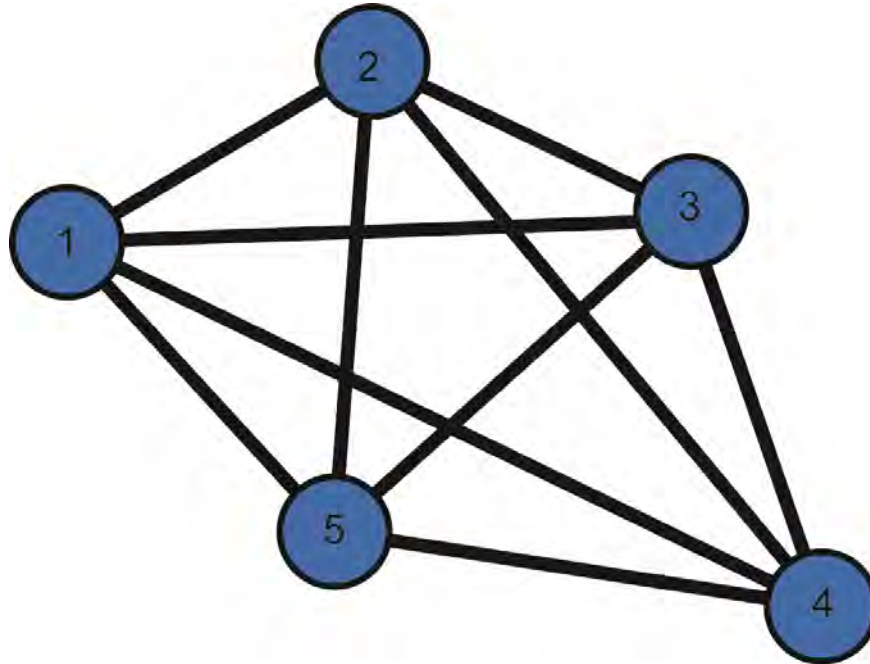
Noeuds et liens



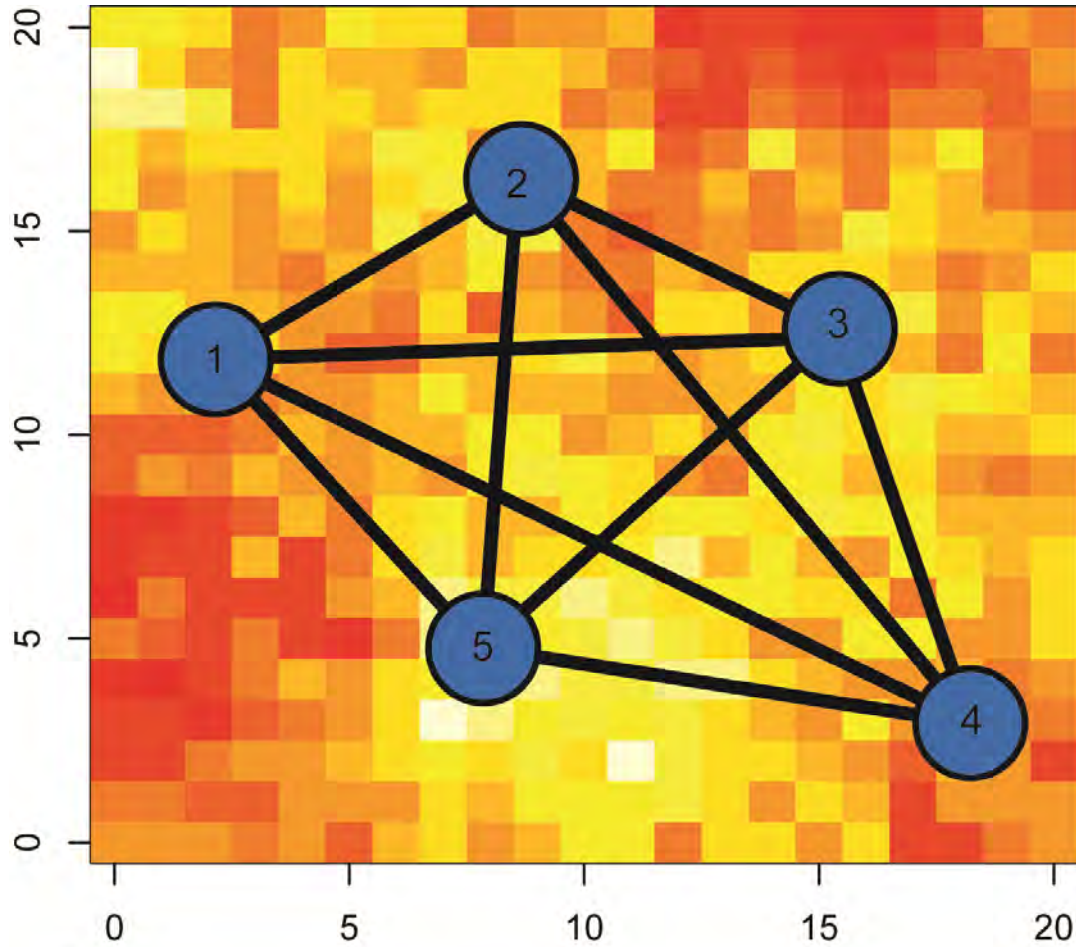
Noeuds et liens



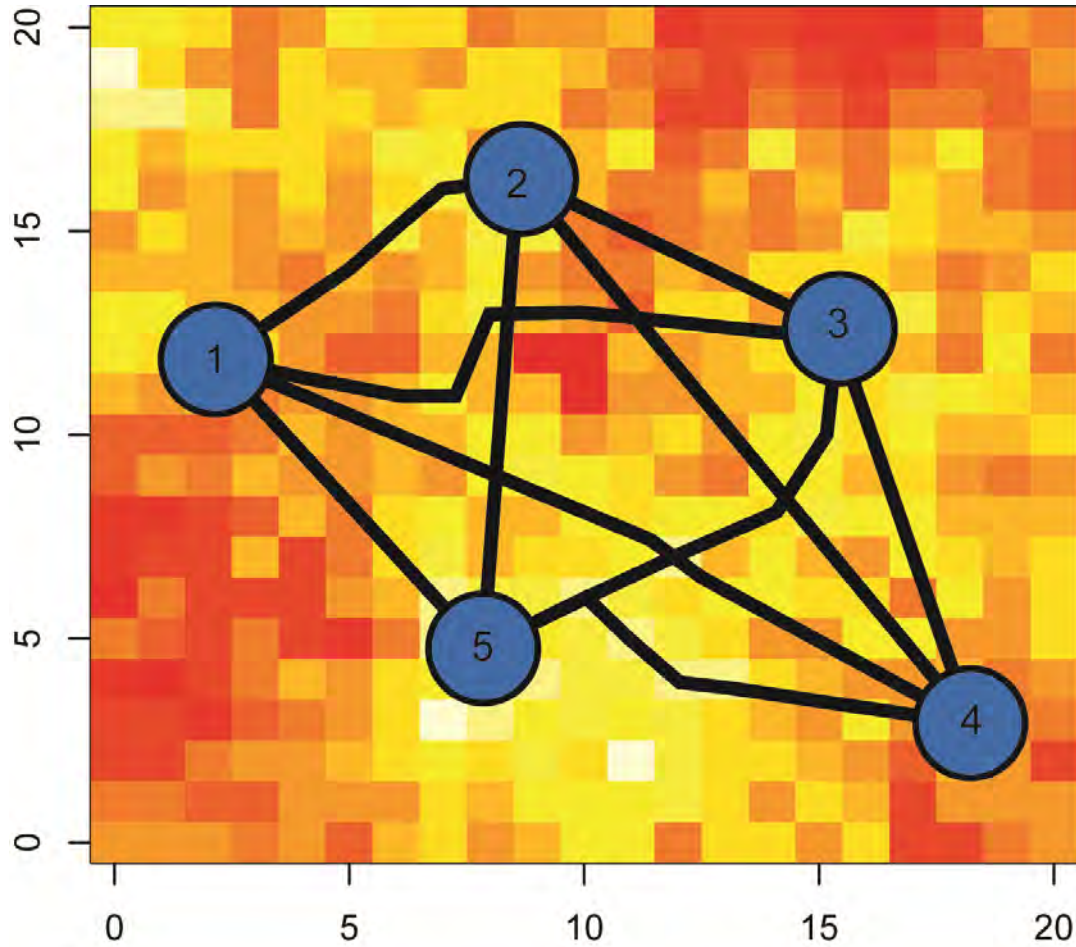
Génétique du paysage



Génétique du paysage



Génétique du paysage et les chemins de moindre coût

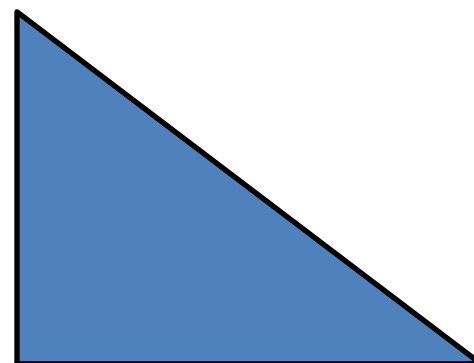


Analyse basée sur les liens

- Approprié pour les **données génétiques neutres**
- Permet d'évaluer la corrélation entre les distances génétiques et effectives → "**Génétique du paysage**" (Manel *et al.* 2003)
- Tests de Mantel, MRDM, et modélisation de causalité
- Ces questions sont liées à la **dispersion et au flux génétique**

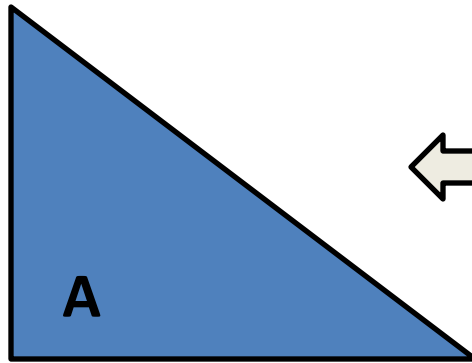
Matrice de distance

SITE	1	2	3	4	5
1	0	x_1	x_7	x_{10}	x_5
2	x_1	0	x_2	x_8	x_6
3	x_7	x_2	0	x_3	x_9
4	x_{10}	x_8	x_3	0	x_4
5	x_5	x_6	x_9	x_4	0

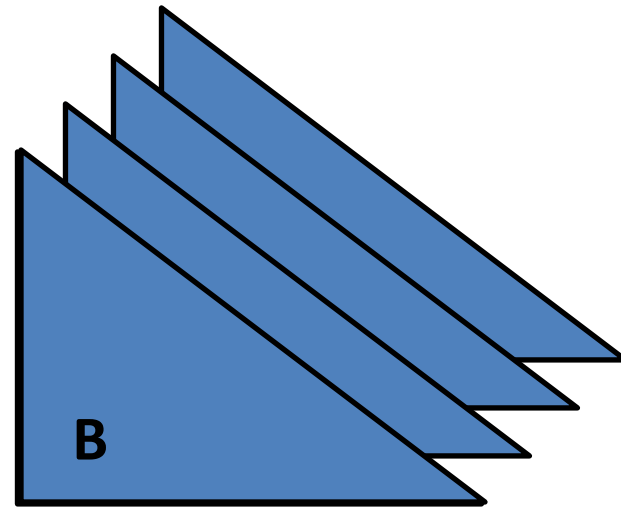


Corrélations entre les matrices de distance

Test de Mantel



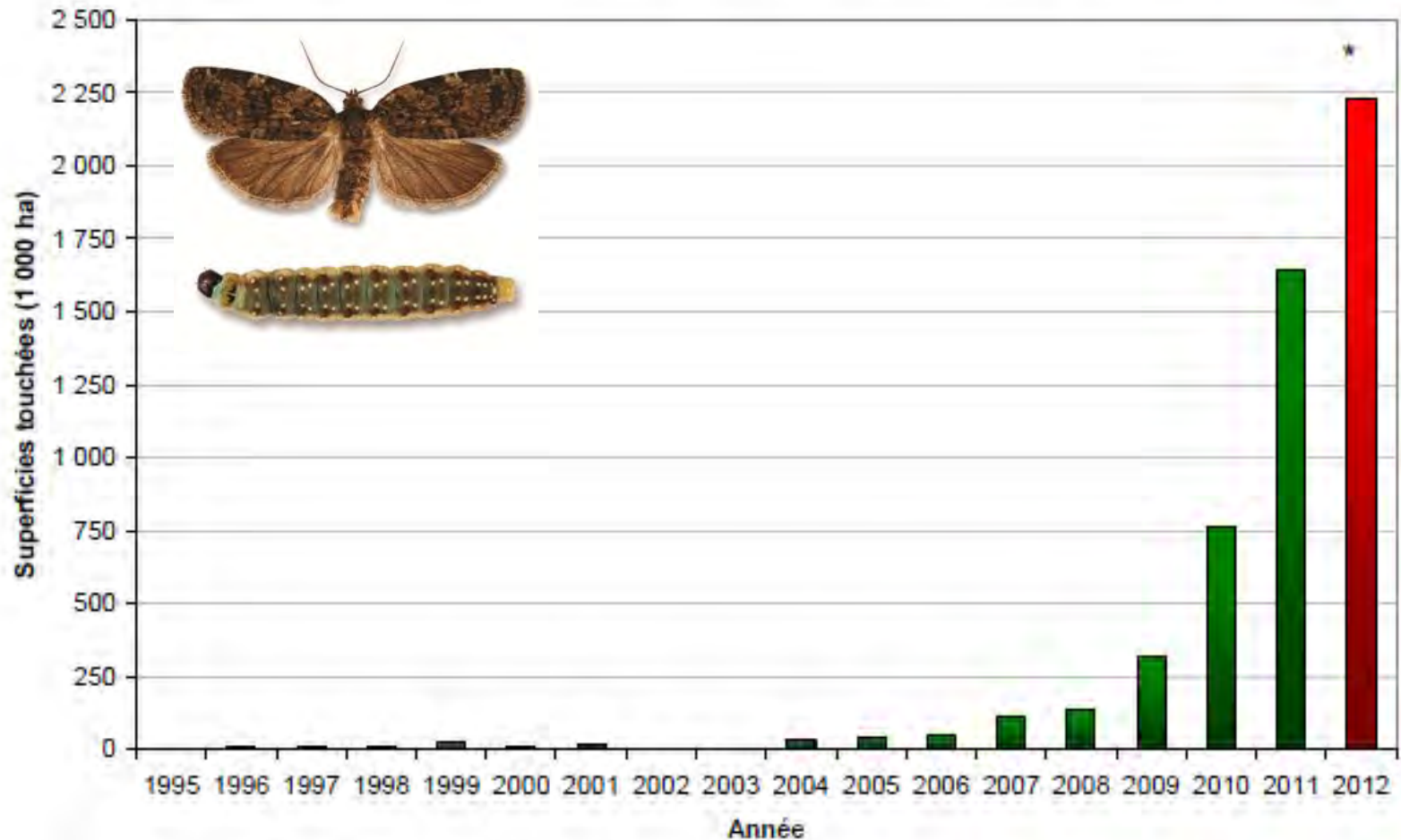
Distance génétique



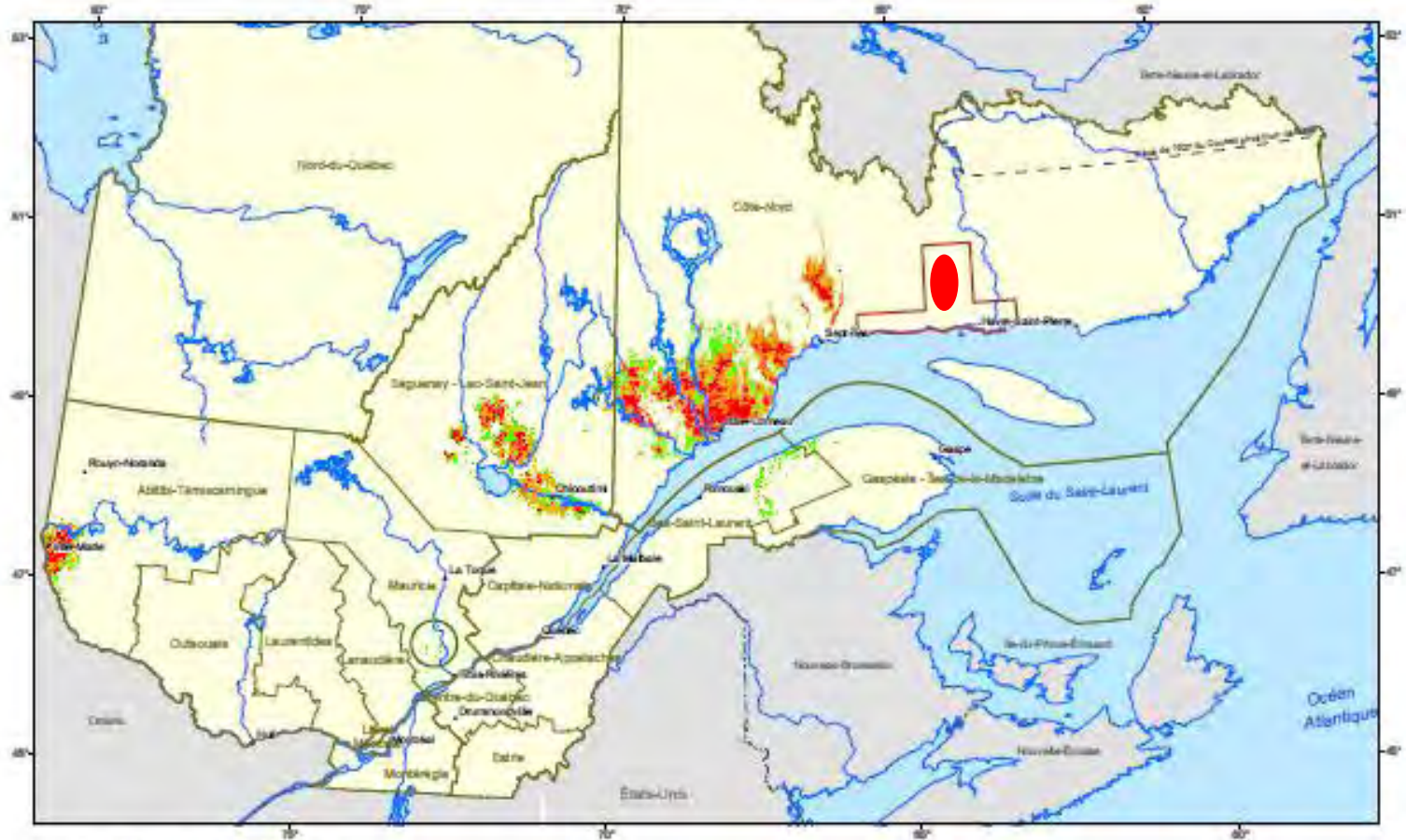
Distance géographique

Une épidémie actuellement en expansion

Superficies annuelles totales touchées par la tordeuse des bourgeons de l'épinette



Défoliation de la TBE au Québec - 2012



Québec méridional
 Tordeuse des bourgeons de l'épinette
 Défoliation annuelle 2012

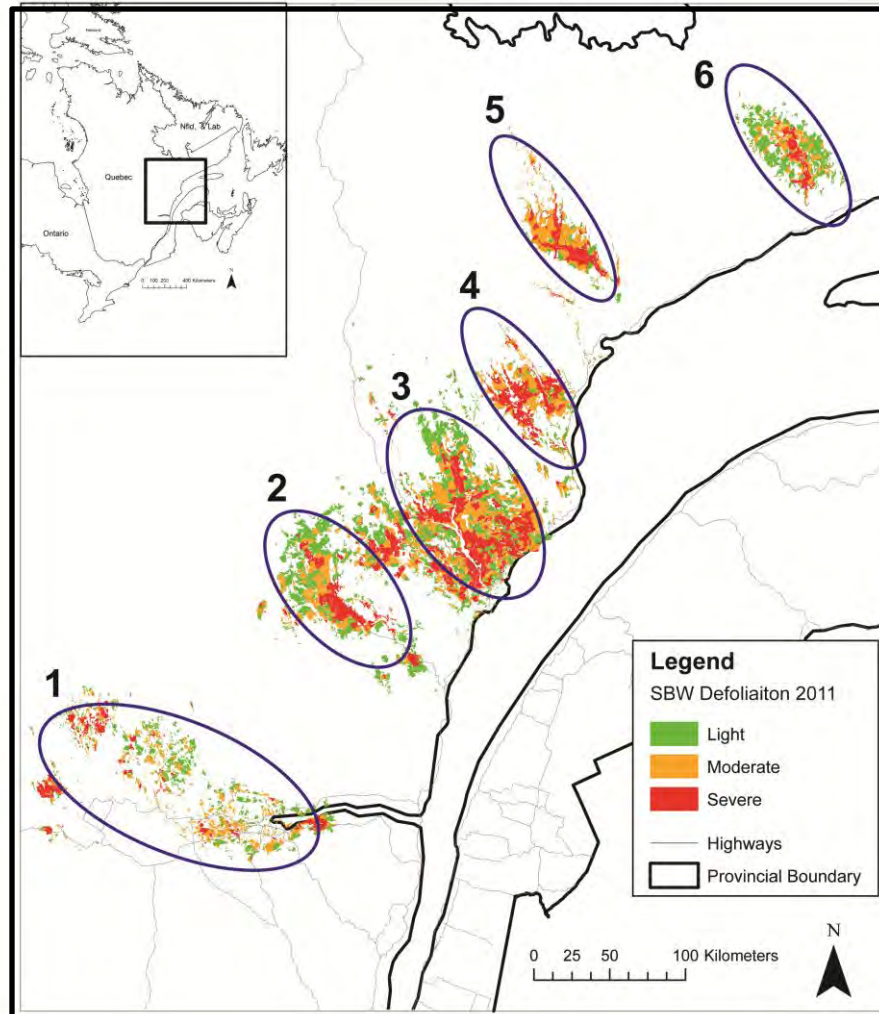
Source : Direction de la protection des forêts
 Région administrative : Conception confirmée de Lucien
 avec deux nouvelles données locales (50° et 55°)



Défoliation 2012 ■ Légère ■ Modérée ■ Grave

Limite de régions administratives
 Secteur non-survolé

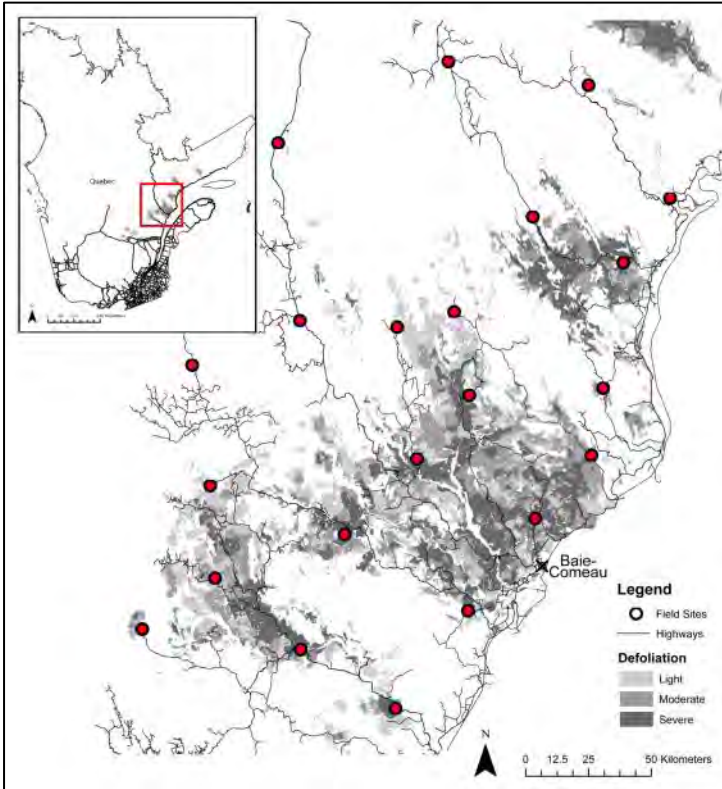
Défoliation de la TBE au Québec - 2012



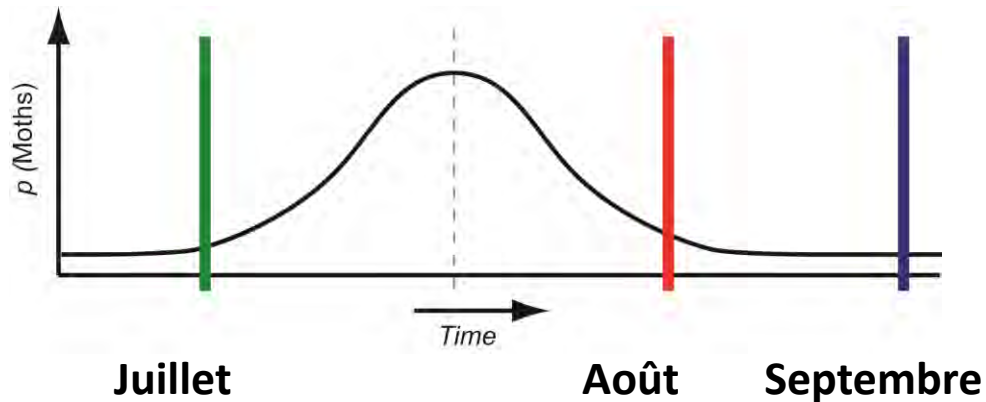
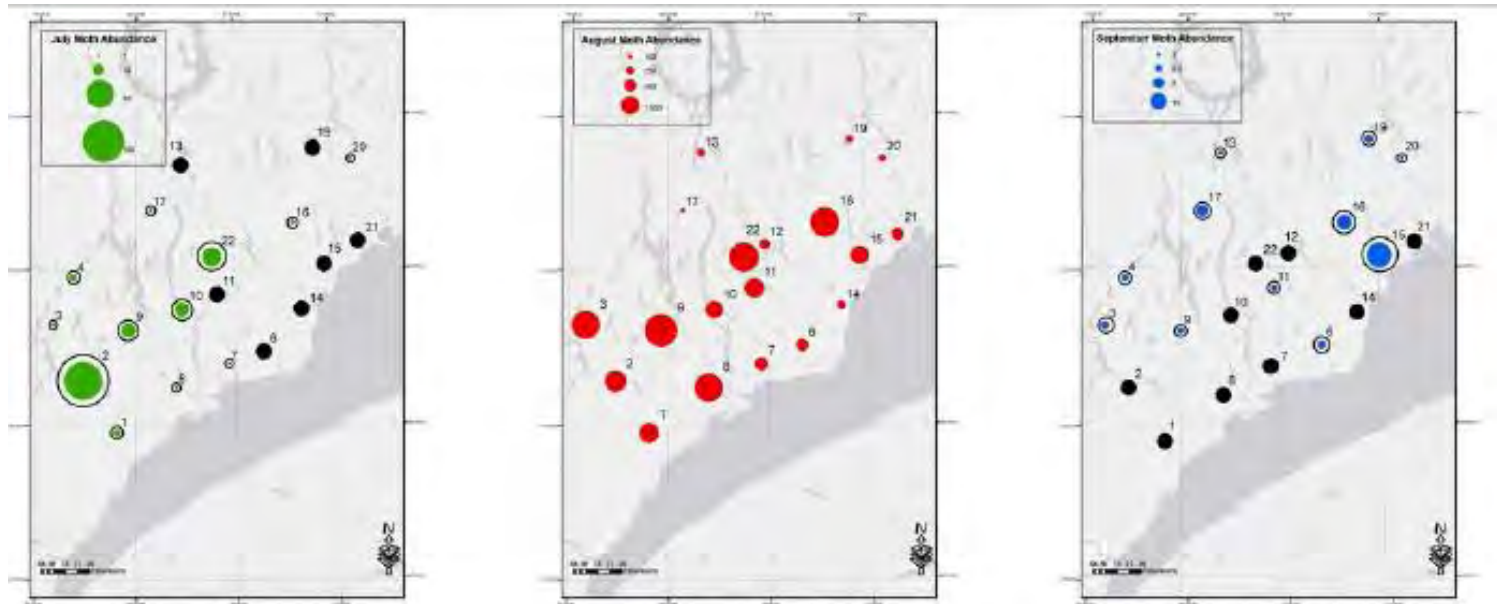
Stratégie d'échantillonnage

22 sites sur la Côte-Nord

1. Identifier les populations qui « résident » avec les larves.
2. Comparer la structure génétique des larves à celle des mites
3. Décrire la diversité parasitoïde à chaque site
4. Comparer la structure génétique de parasitoïdes clés (*G. fumiferanae*) à celle de la tordeuse **en fonction du paysage.**



Capture des mites et phénologie





Réseau trophique complet de la TBE

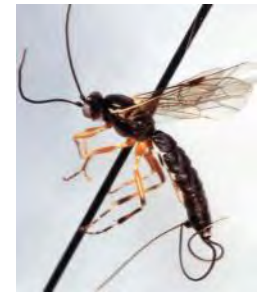
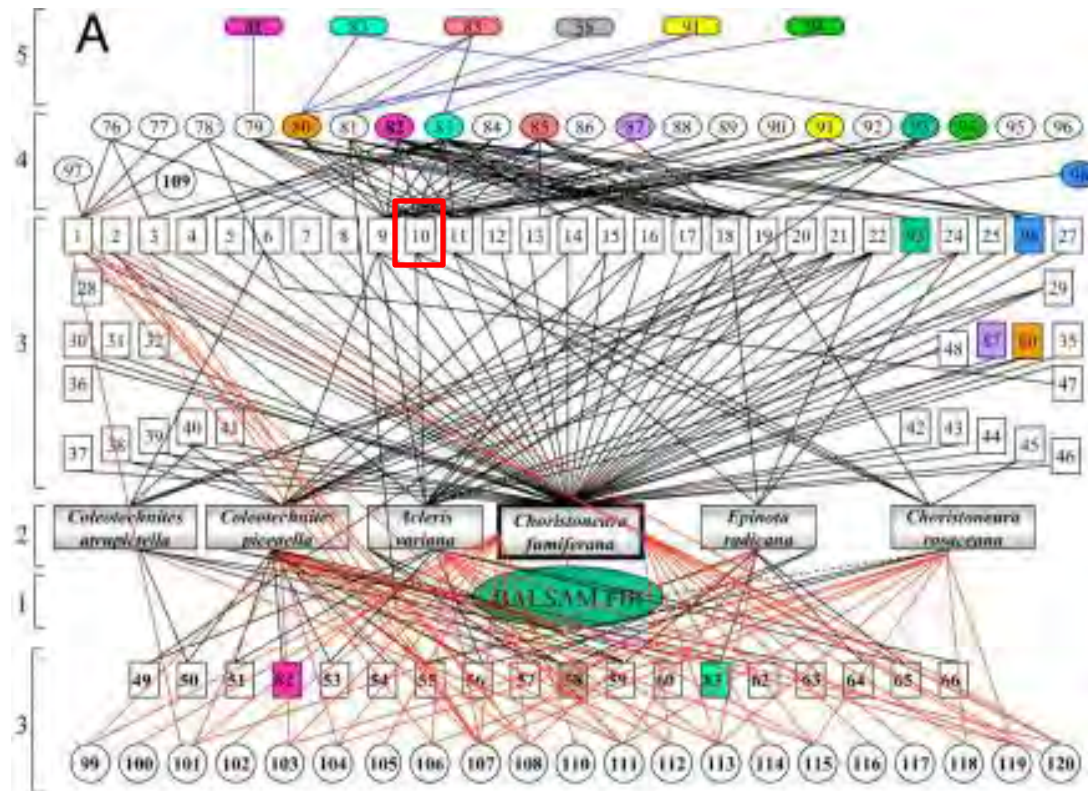
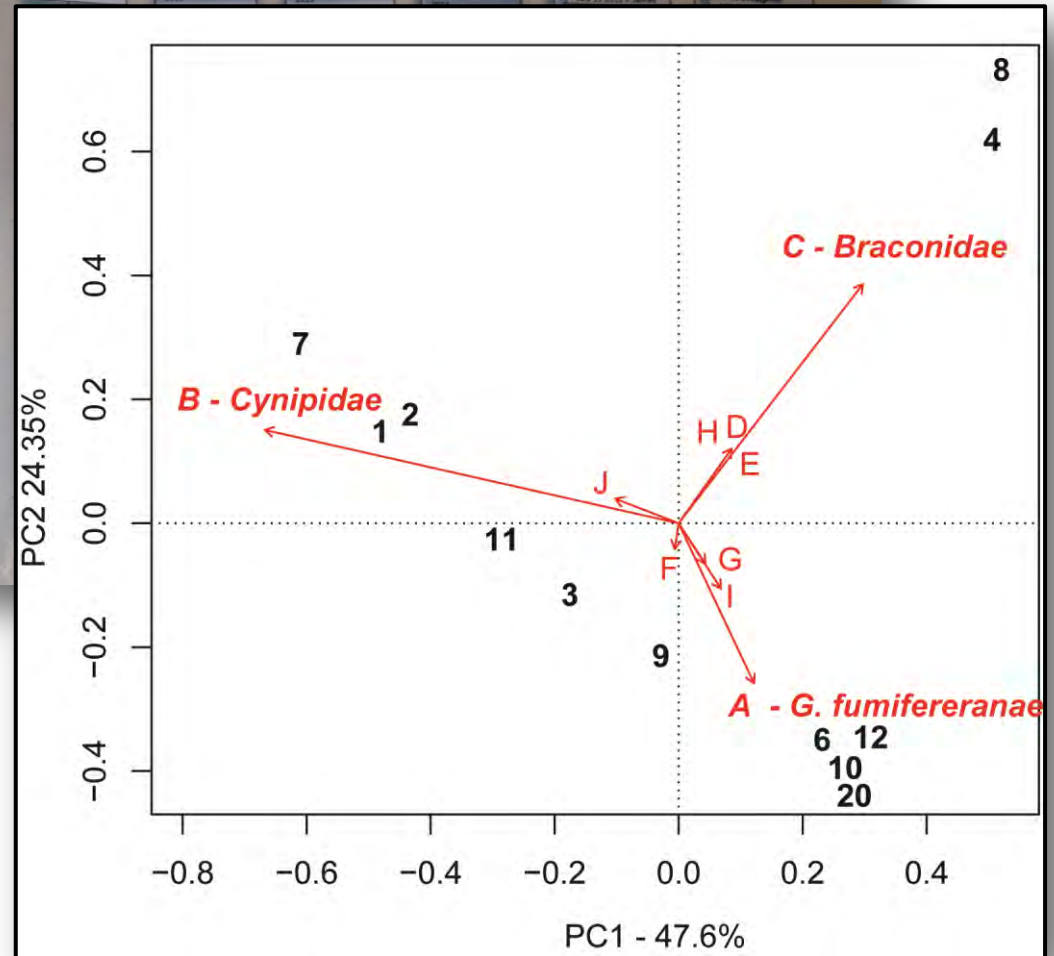
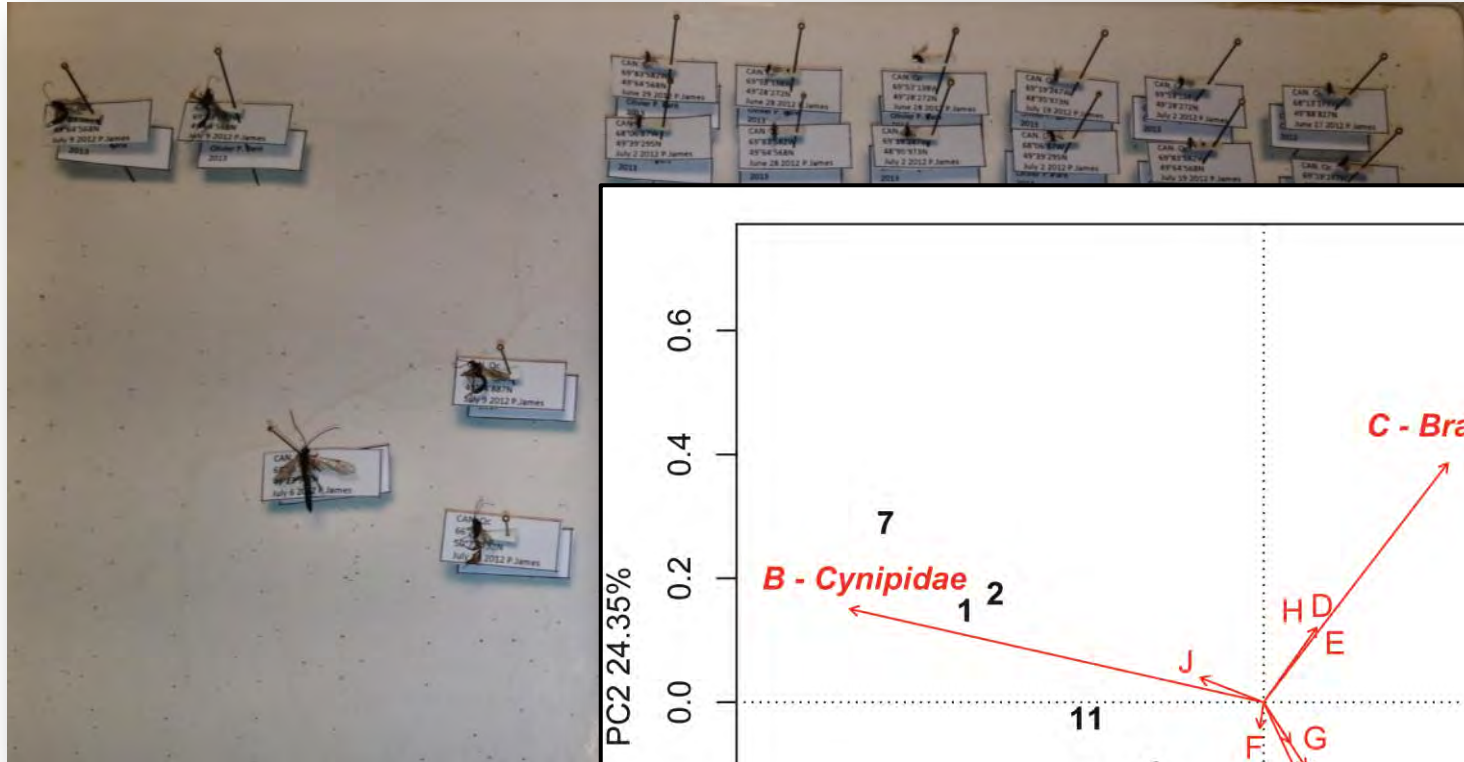
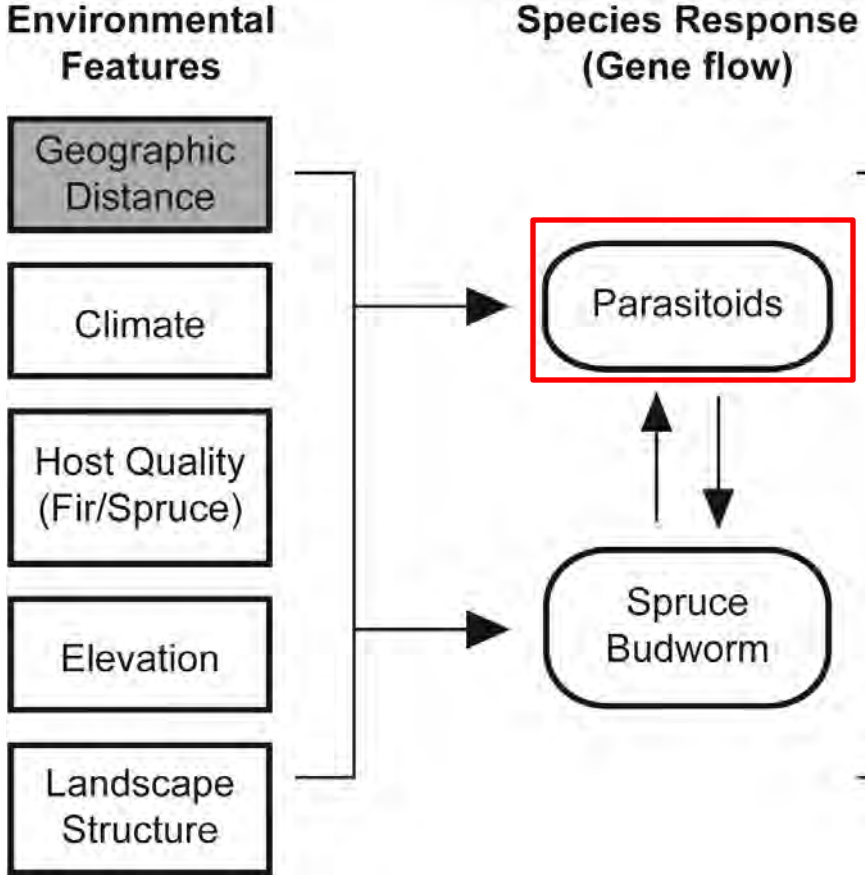


Fig 1. Eveleigh et al, 2007

Diversité des parasitoïdes

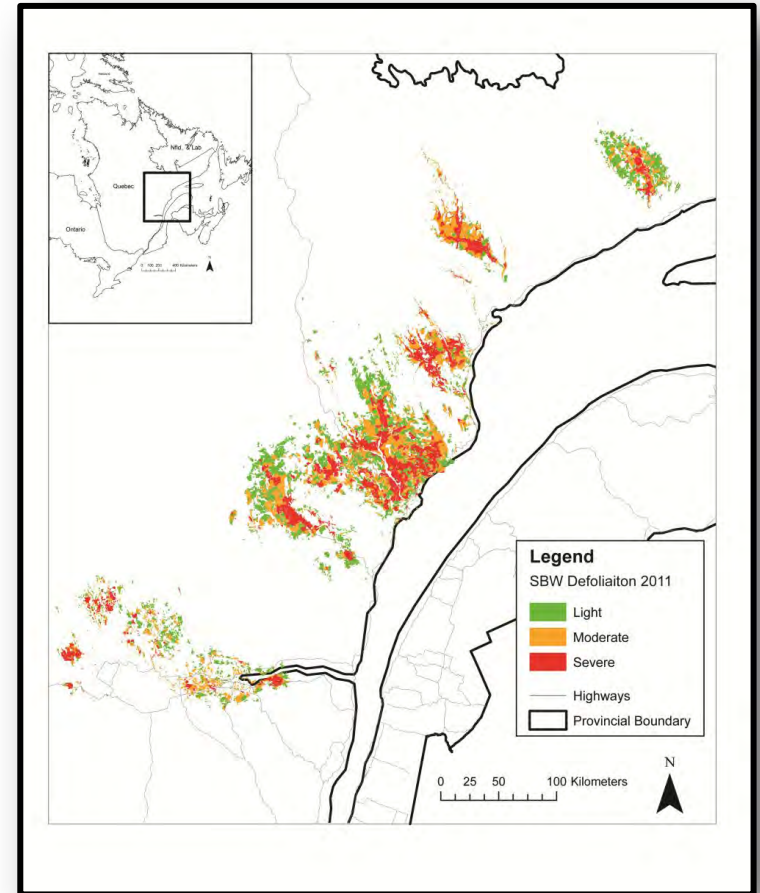
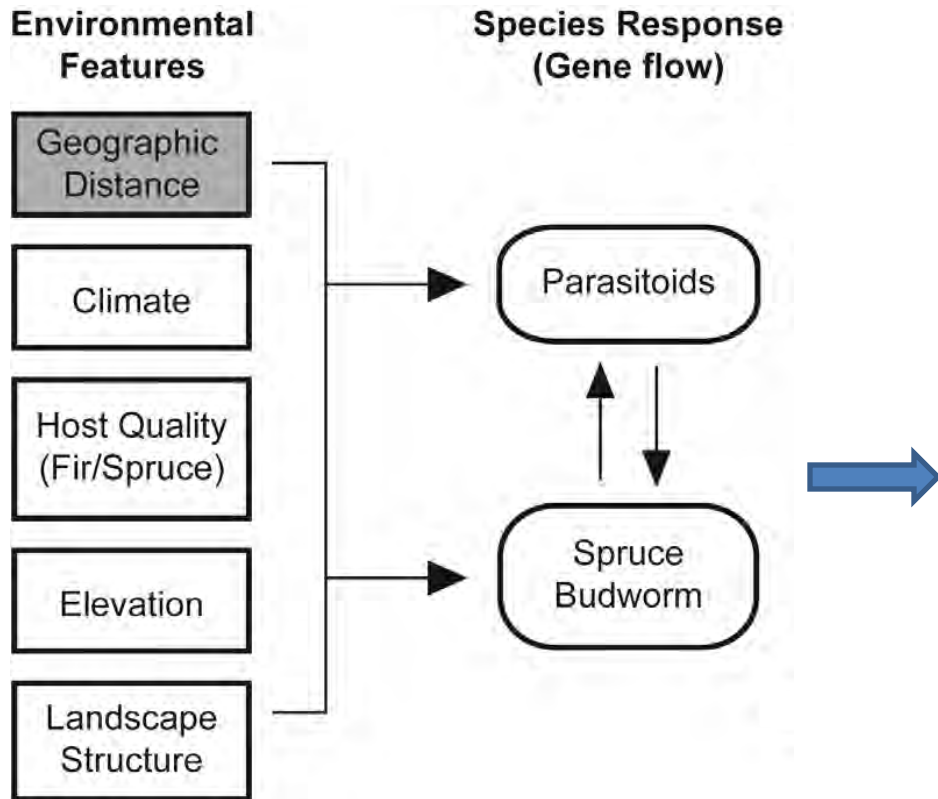


Génétique du paysage **intégrée** de la TBE



Glypta fumiferanae

Génétique du paysage **intégrée** pour mieux comprendre le risque



Remerciements

- Sciences biologiques - UdeM
- Olivier Pont-Briand Paré (UdeM)
- Laurent Alfalo (UdeM)
- Tricia Toth (UdeM)
- Michel Cusson (SCF)
- Lisa Lumley (SCF)
- Felix Sperling (UofA)
- Dan Kneeshaw (UQAM)
- Louis Morneau (QMNRF)
- Élise Filotas (TELUQ)
- Steve Walker (McMaster)
- Laura Timms (McGill)
- Ariane Denis-Blanchard (UdeM)



Merci!

