

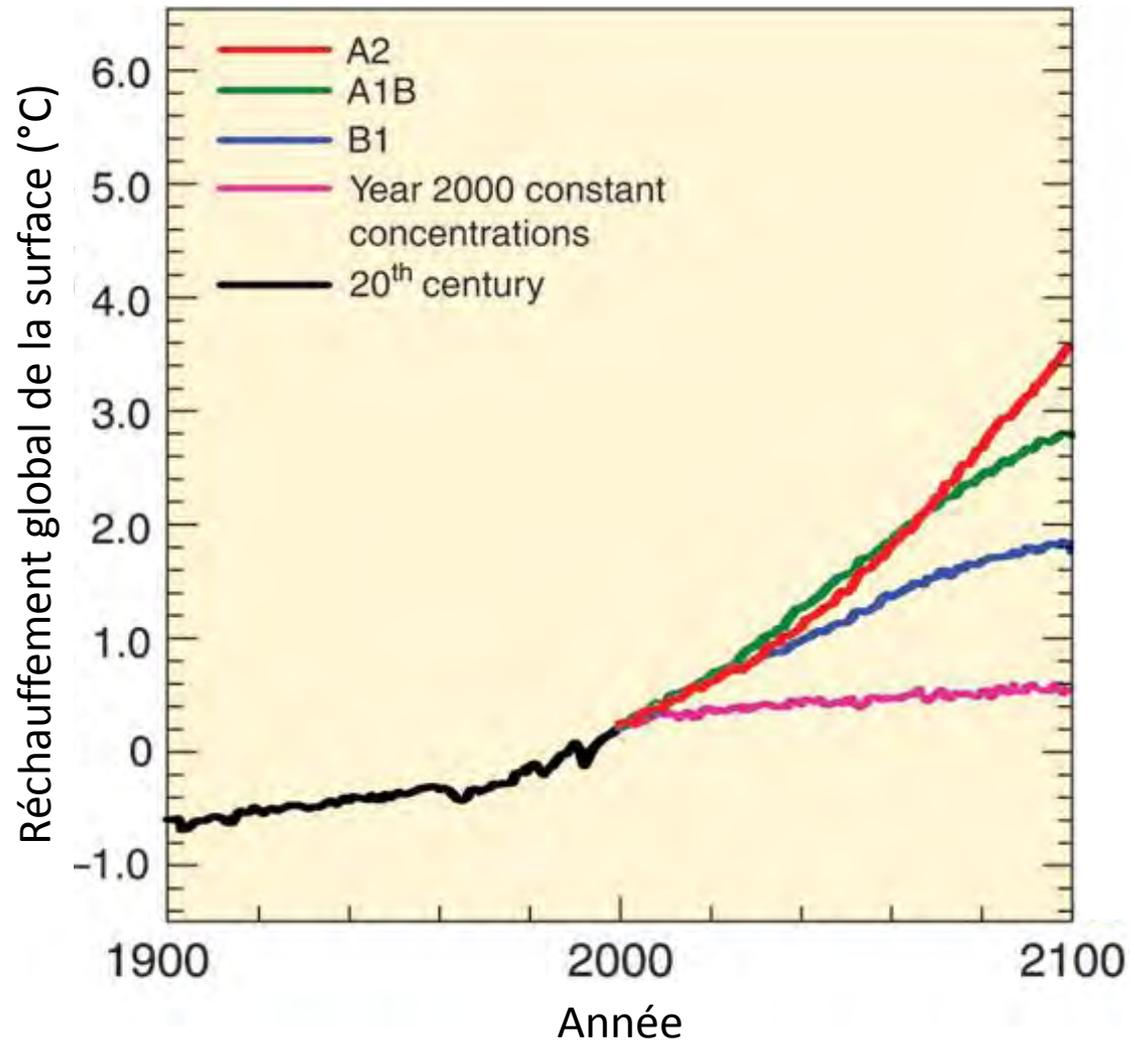
Génomique de l'adaptation au climat chez l'épinette blanche (*Picea glauca*)

Benjamin Hornoy, N. Pavy, S. Gérardi, S. Blais, F. Gagnon, J. Beaulieu, J. Bousquet



Introduction

Changement climatique : projections



Introduction

Devenir des arbres forestiers

Extinction



Introduction

Devenir des arbres forestiers

Extinction

Migration → assez rapide ?



Introduction

Devenir des arbres forestiers

Extinction

Migration → assez rapide ?

Adaptation



Introduction

Devenir des arbres forestiers

Extinction

Migration → assez rapide ?

Adaptation

Plasticité phénotypique → à court terme



Introduction

Devenir des arbres forestiers

Extinction

Migration → assez rapide ?

Adaptation

Plasticité phénotypique → à court terme

Adaptation génétique

→ assez rapide ? (au moins une génération)

→ diversité génétique ? corrélations ? ...

= architecture génétique des traits



Introduction

Génomique de l'adaptation

Adaptation

- quels gènes ? combien ? (Howe & Brunner 2005)
- phénomène multilocus : réseaux de gènes (e.g. Todaka *et al.* 2012)

Applications

- suivi de l'adaptation génétique et du potentiel adaptatif
- sélection variétale pour les reboisements



Introduction

L'épinette blanche

Importance écologique et économique

Conditions climatiques diverses

→ adaptation ?



Introduction

L'épinette blanche

Différenciation génétique des populations

→ croissance, phénologie, bois

→ liée au climat, longitude, latitude

(e.g. Li *et al.* 1997; Jaramillo-Correa *et al.* 2001; Namroud *et al.* 2008)



Introduction

Objectif

Trouver les gènes impliqués dans l'adaptation au climat chez l'épinette blanche; caractériser les relations entre ces gènes



Introduction

Objectif

Trouver les gènes impliqués dans l'adaptation au climat chez l'épinette blanche; caractériser les relations entre ces gènes

Approche de génomique des populations

1 – Echantillonner des arbres dans des sites à différentes températures



Introduction

Objectif

Trouver les gènes impliqués dans l'adaptation au climat chez l'épinette blanche; caractériser les relations entre ces gènes

Approche de génomique des populations

- 1 – Echantillonner des arbres dans des sites à différentes températures
- 2 – Balayer la diversité génétique le long du génome



Introduction

Objectif

Trouver les gènes impliqués dans l'adaptation au climat chez l'épinette blanche; caractériser les relations entre ces gènes

Approche de génomique des populations

- 1 – Echantillonner des arbres dans des sites à différentes températures
- 2 – Balayer la diversité génétique le long du génome
- 3 – Détecter les polymorphismes sous sélection



Introduction

Objectif

Trouver les gènes impliqués dans l'adaptation au climat chez l'épinette blanche; caractériser les relations entre ces gènes

Approche de génomique des populations

- 1 – Echantillonner des arbres dans des sites à différentes températures
- 2 – Balayer la diversité génétique le long du génome
- 3 – Détecter les polymorphismes sous sélection
- 4 – Etudier les gènes contenant ces polymorphismes

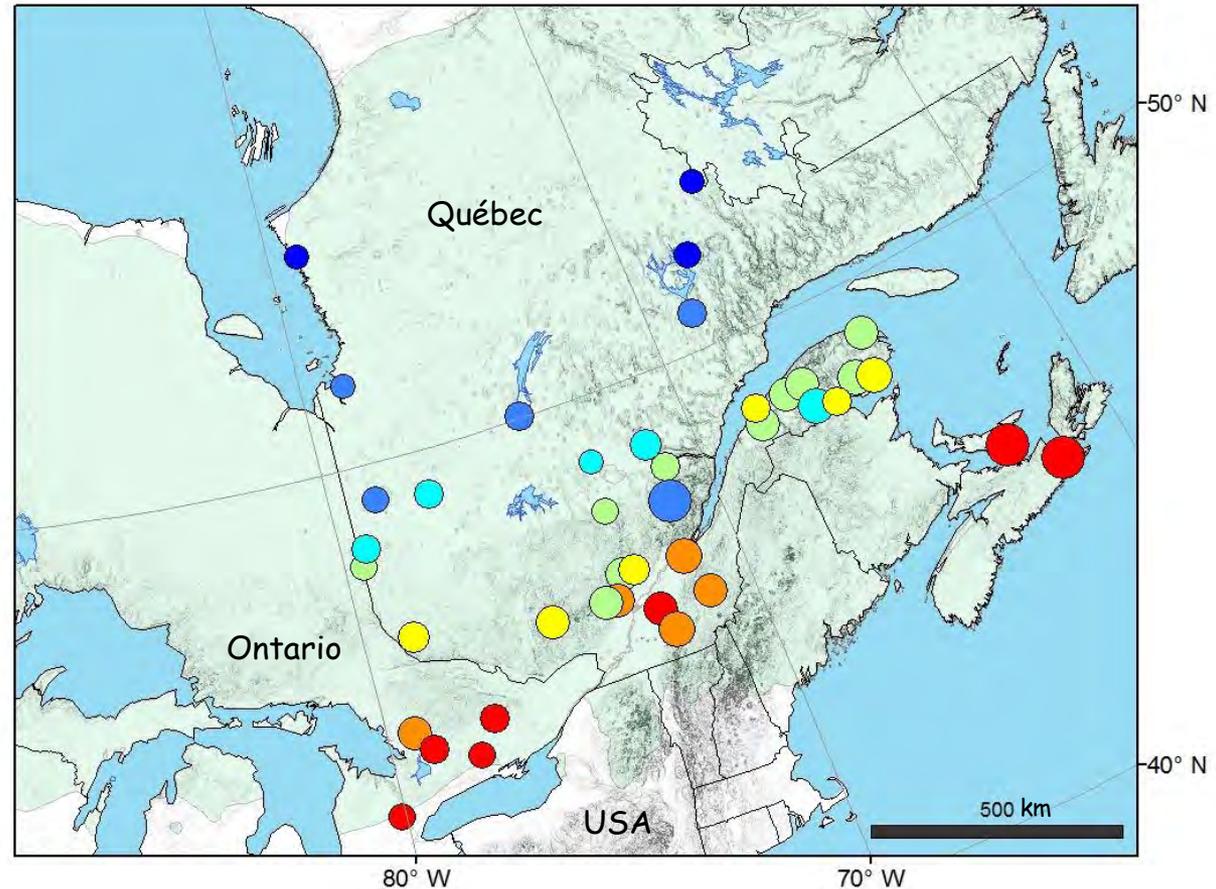
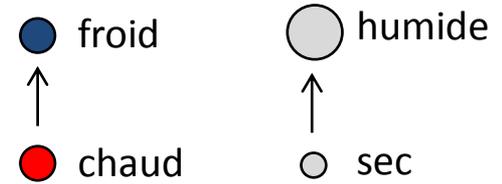


Méthodes

Echantillonnage

- 41 sites
- gradients climatiques

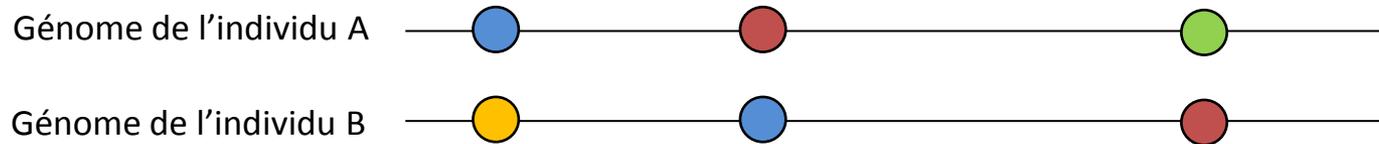
temp.: -4 à 7°C (moy. ann.)



Méthodes

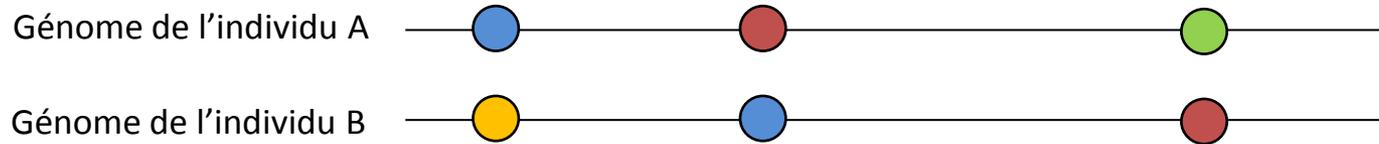
Balayage génomique

- 14,842 SNPs

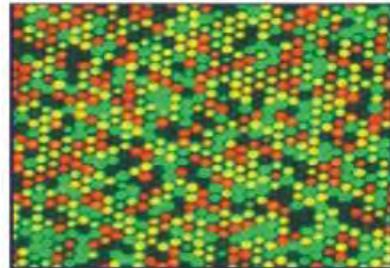


Balayage génomique

- 14,842 SNPs



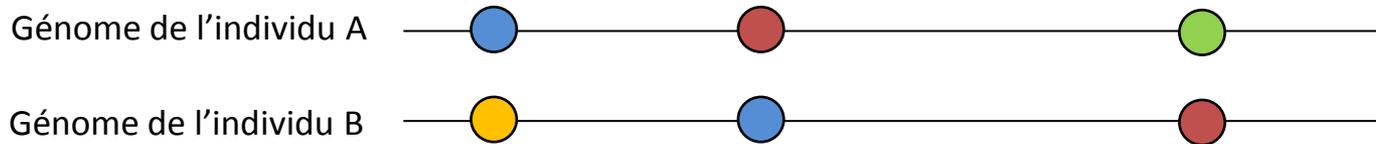
- 2 puces Illumina Infinium



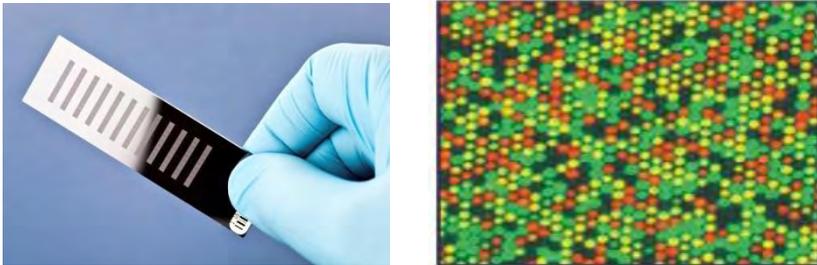
Méthodes

Balayage génomique

- 14,842 SNPs



- 2 puces Illumina Infinium



- Contrôles de qualité (GenTrain score, polym., call rate, MAF, F_{IS})

→ 11,085 SNPs dans 7,819 gènes (28% des gènes connus chez l'épinette blanche)

Méthodes

Analyses de génomique écologique

- Détection d'outliers
 - SNPs ayant une forte différenciation entre les populations

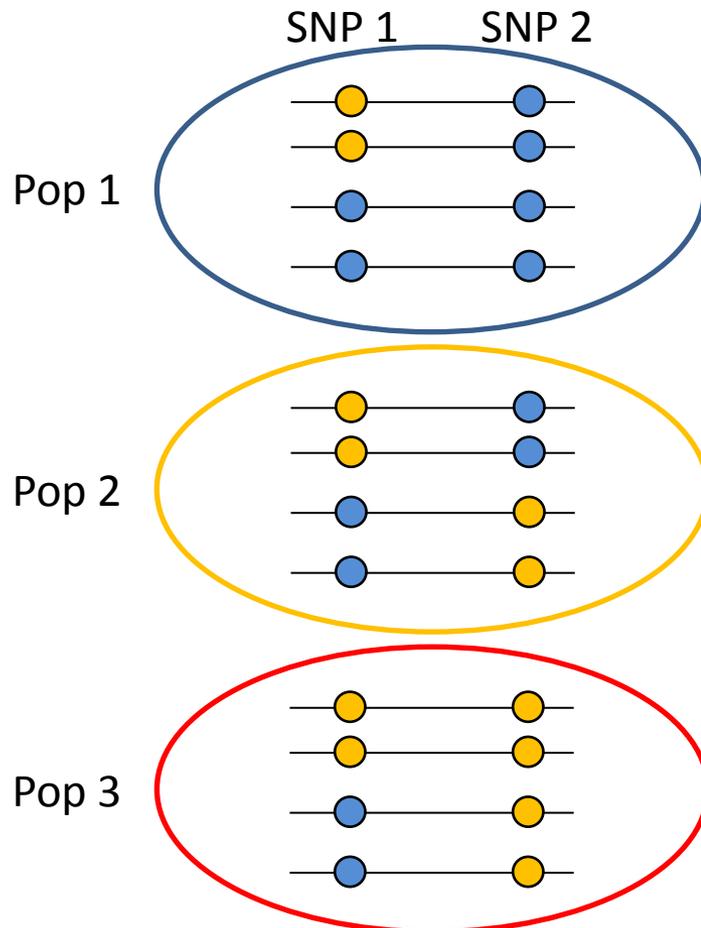


Méthodes

Analyses de génomique écologique

- Détection d'outliers

→ SNPs ayant une forte différenciation entre les populations

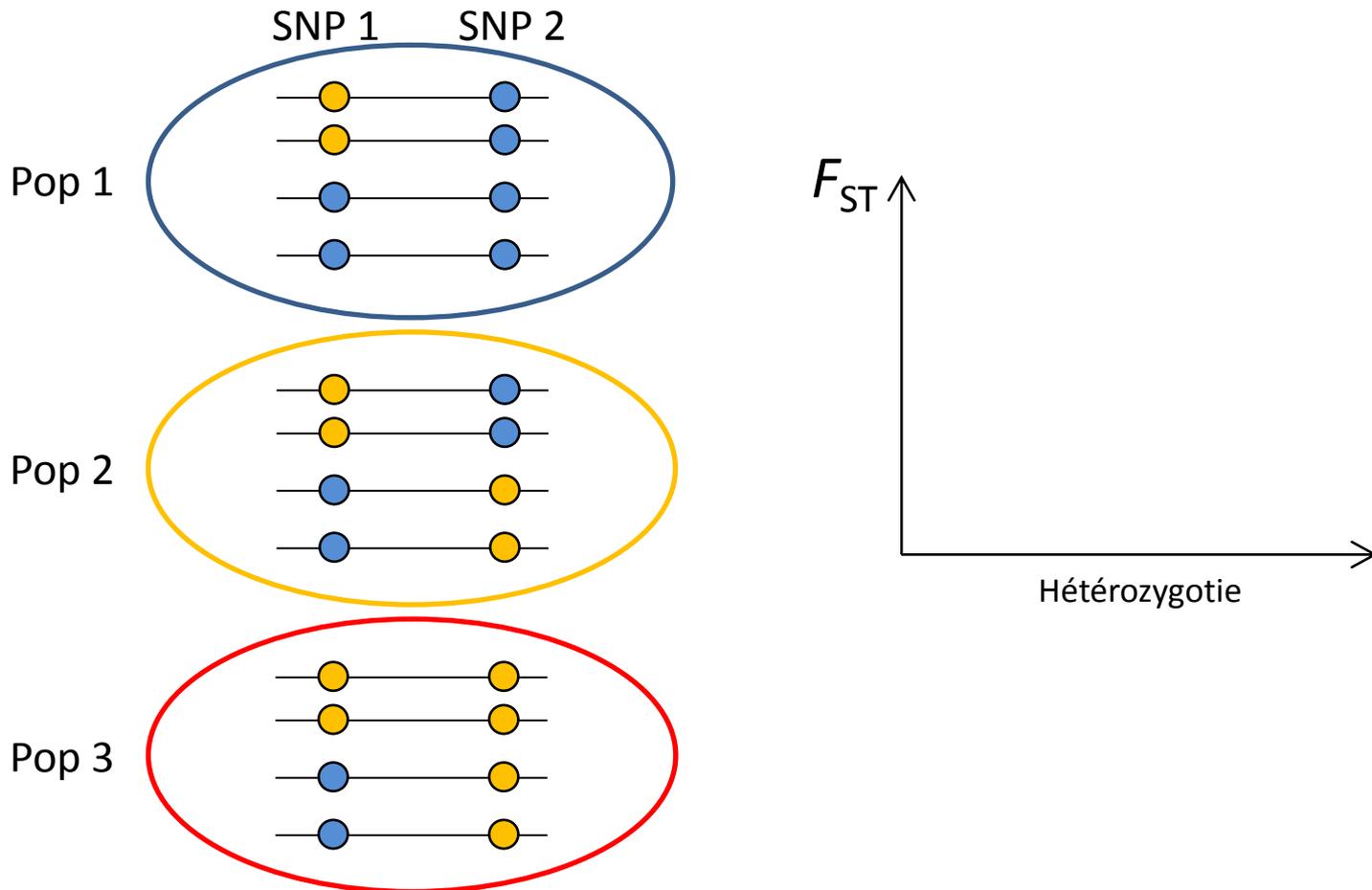


Méthodes

Analyses de génomique écologique

- Détection d'outliers

→ SNPs ayant une forte différenciation entre les populations

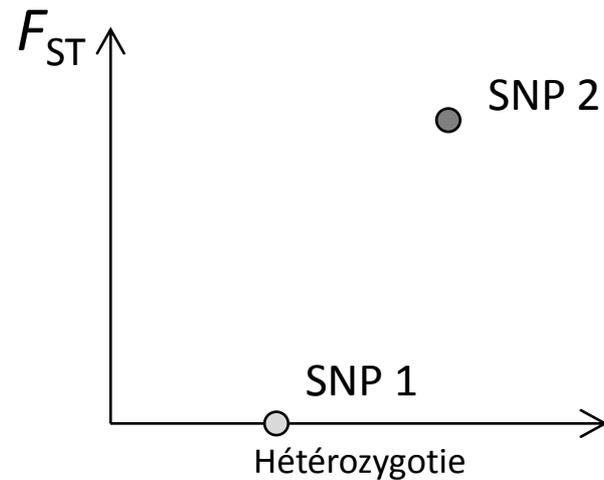
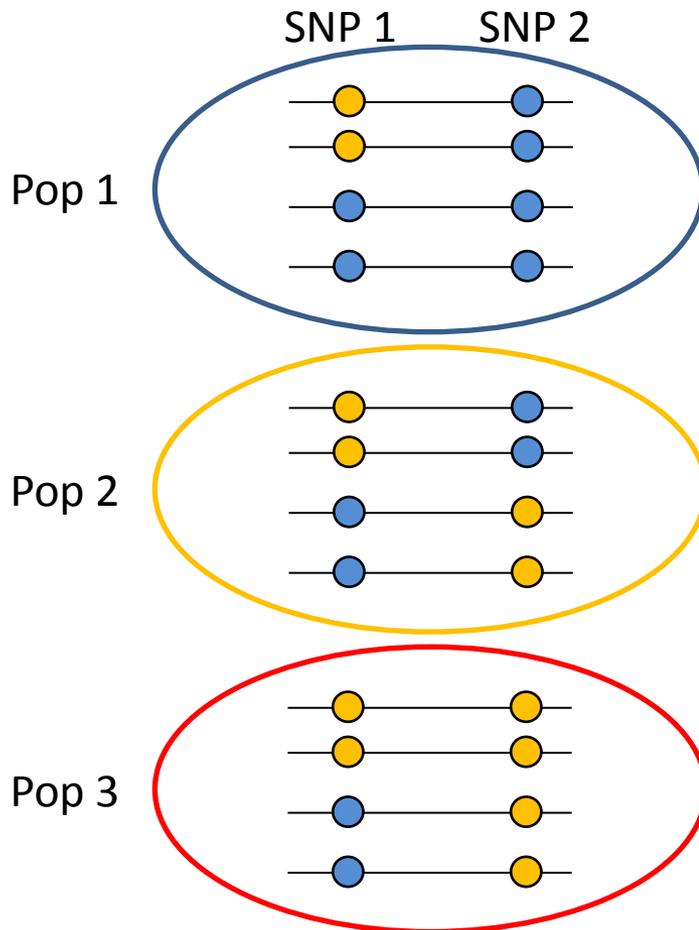


Méthodes

Analyses de génomique écologique

- Détection d'outliers

→ SNPs ayant une forte différenciation entre les populations

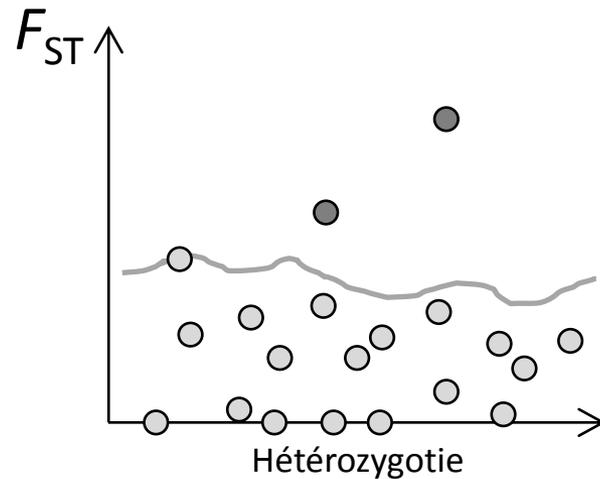
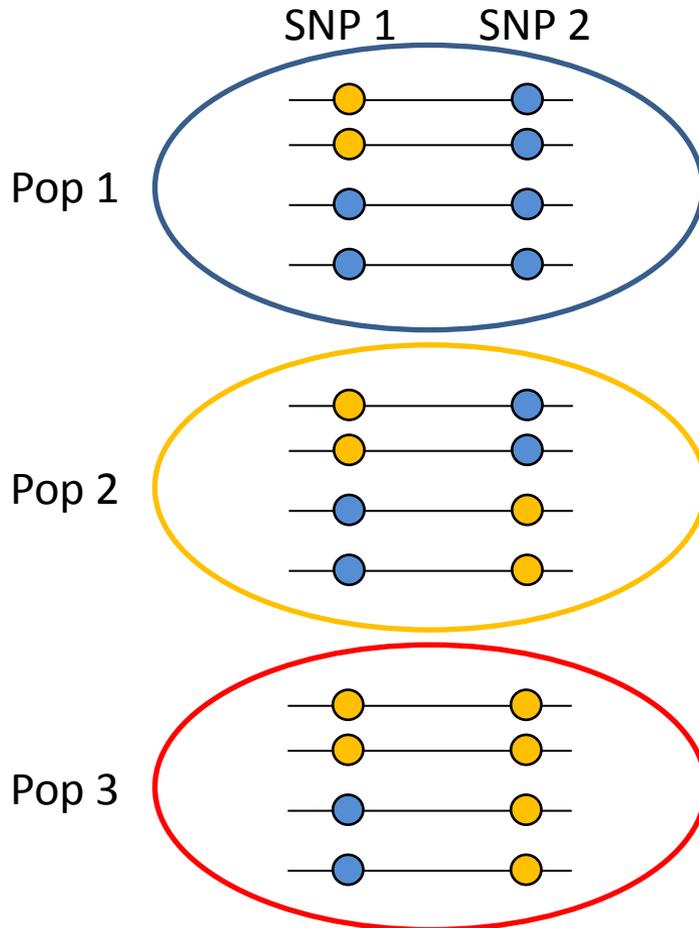


Méthodes

Analyses de génomique écologique

- Détection d'outliers

→ SNPs ayant une forte différenciation entre les populations



Méthodes

Analyses de génomique écologique

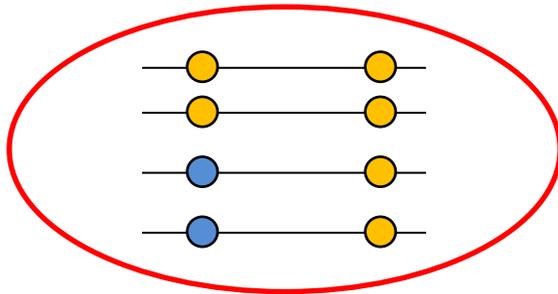
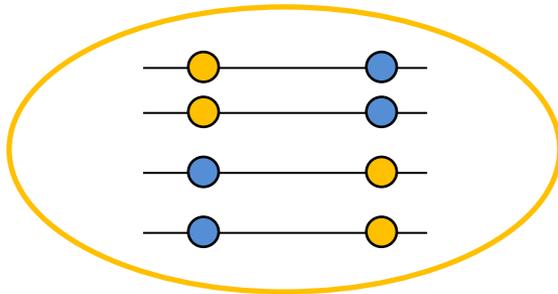
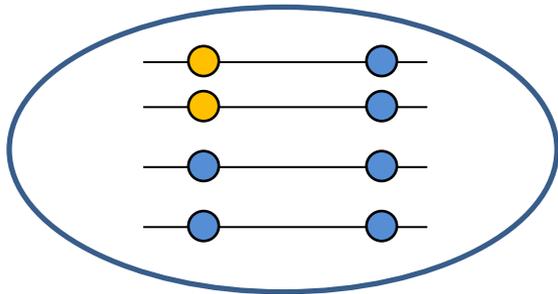
- Régression
 - entre la fréquence d'un allèle et une variable climatique

Méthodes

Analyses de génomique écologique

- Régression

→ entre la fréquence d'un allèle et une variable climatique

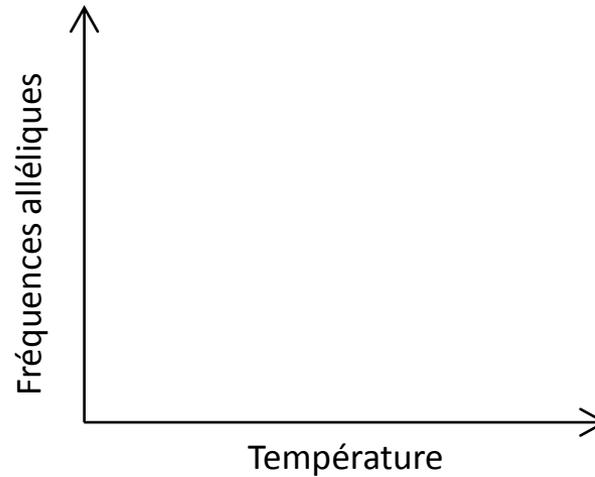
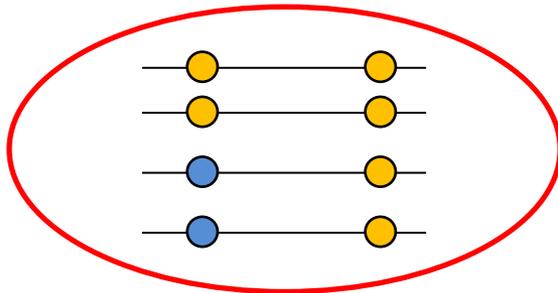
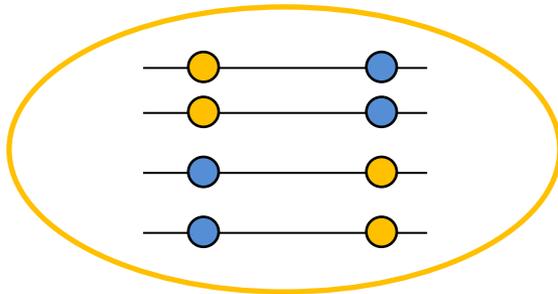
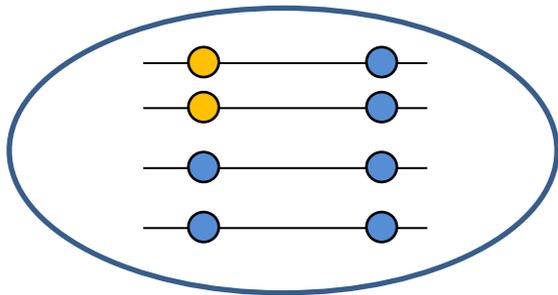


Méthodes

Analyses de génomique écologique

- Régression

→ entre la fréquence d'un allèle et une variable climatique

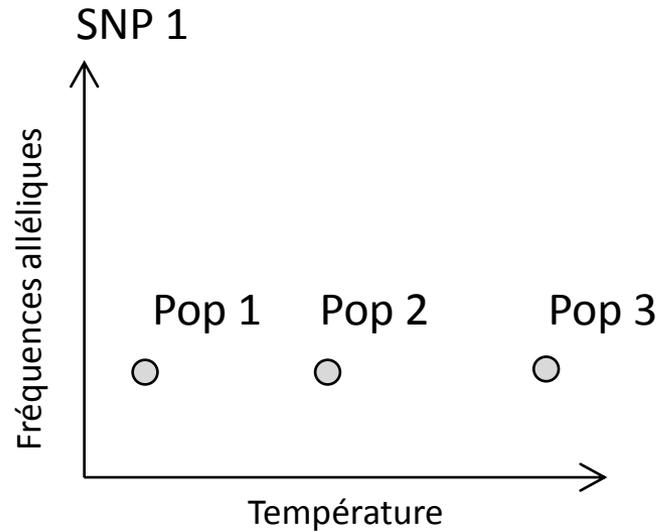
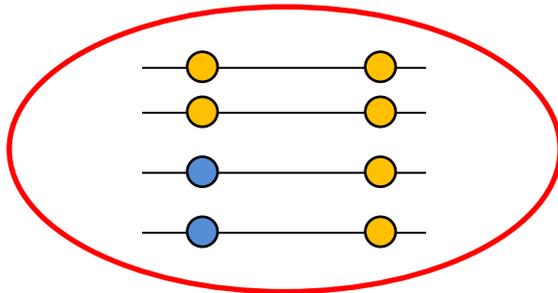
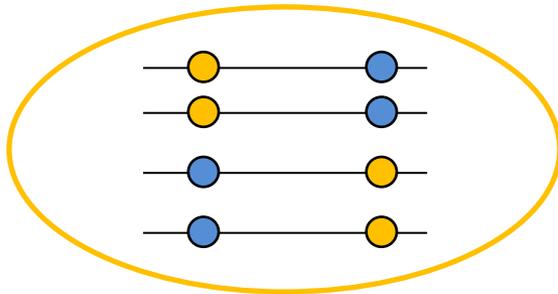
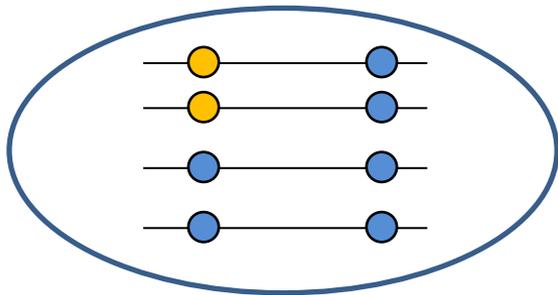


Méthodes

Analyses de génomique écologique

- Régression

→ entre la fréquence d'un allèle et une variable climatique

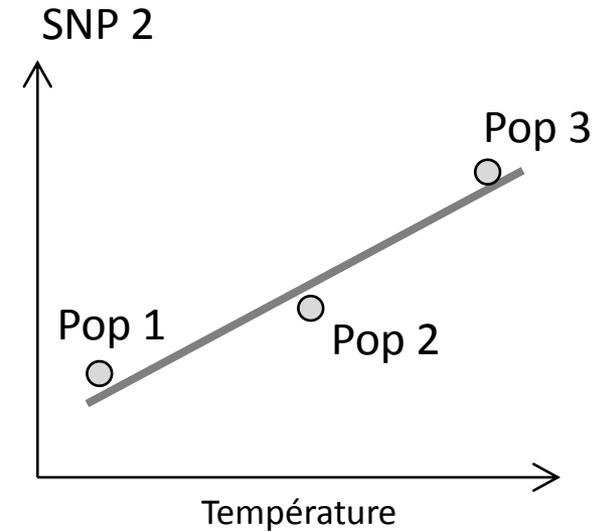
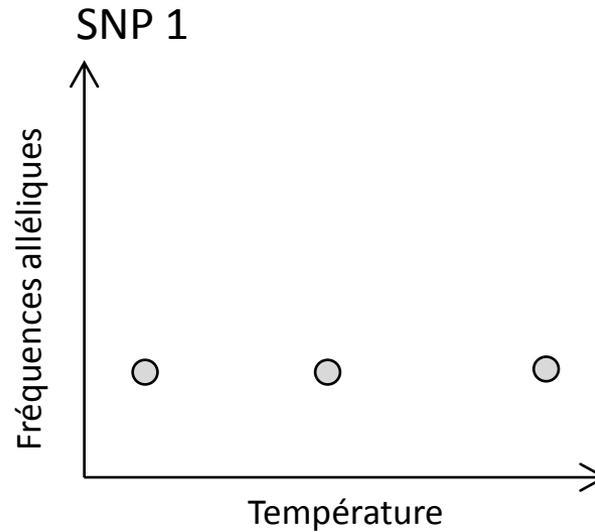
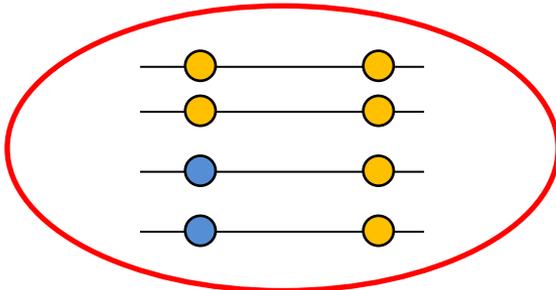
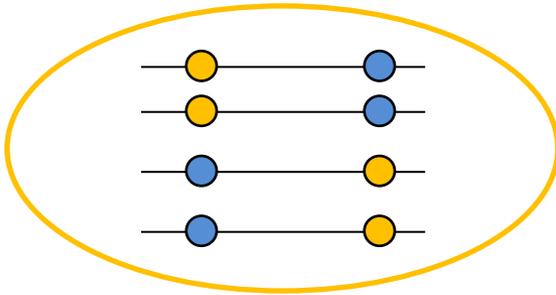
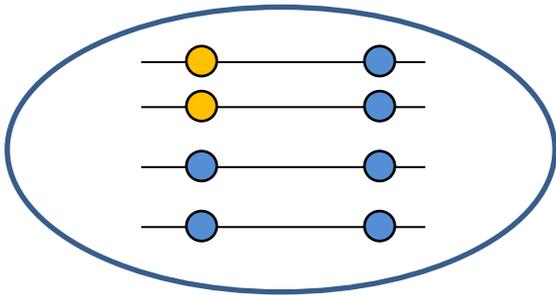


Méthodes

Analyses de génomique écologique

- Régression

→ entre la fréquence d'un allèle et une variable climatique

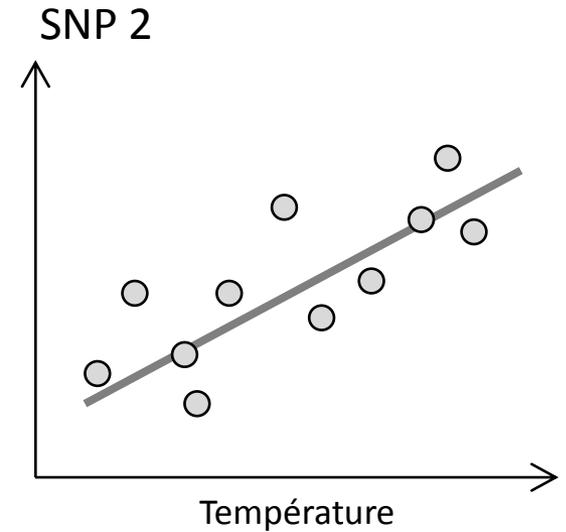
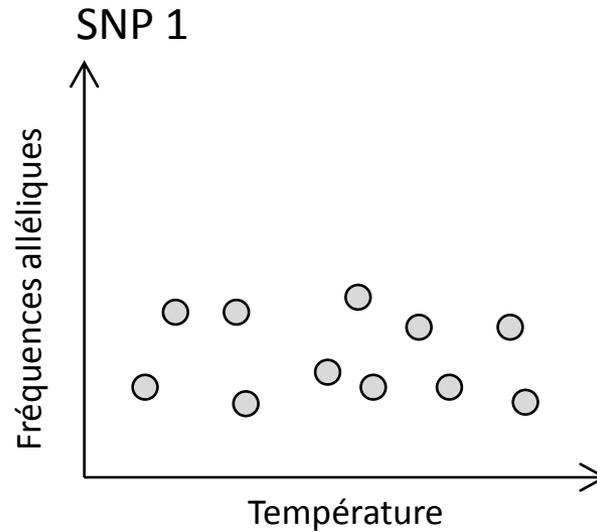
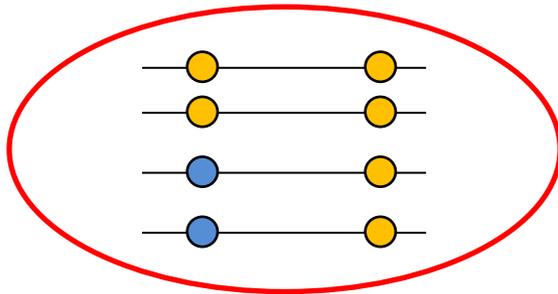
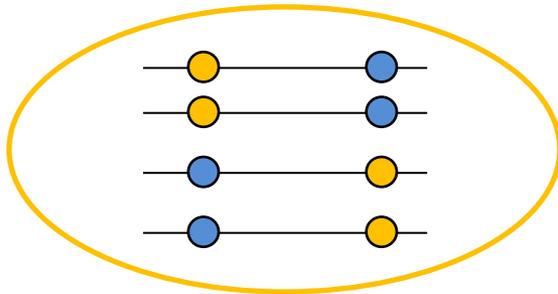
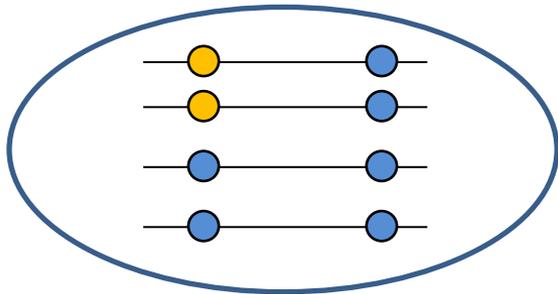


Méthodes

Analyses de génomique écologique

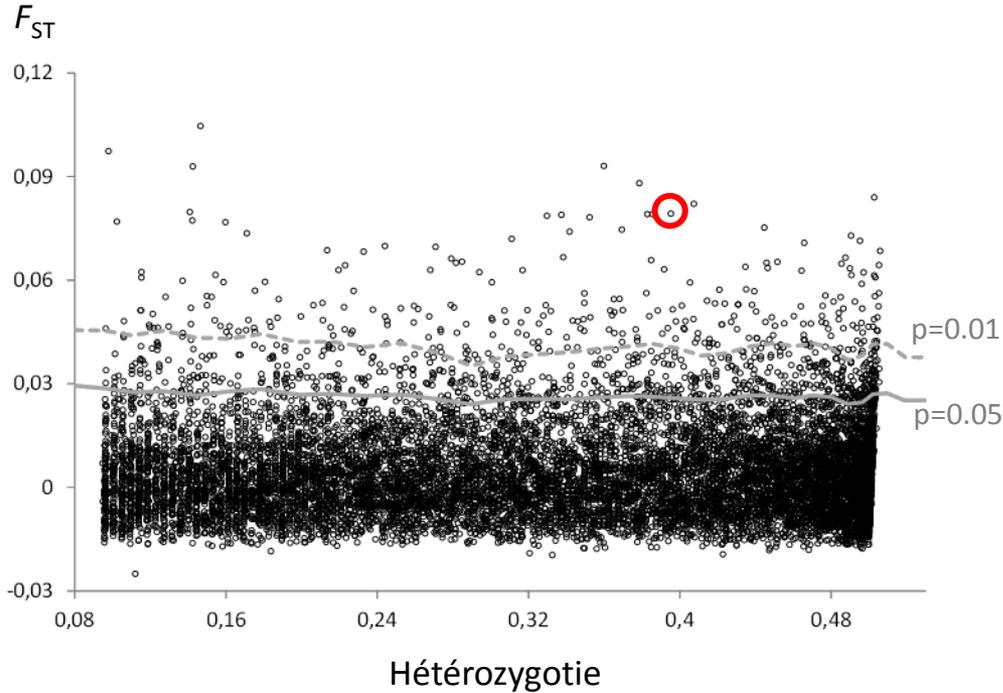
- Régression

→ entre la fréquence d'un allèle et une variable climatique

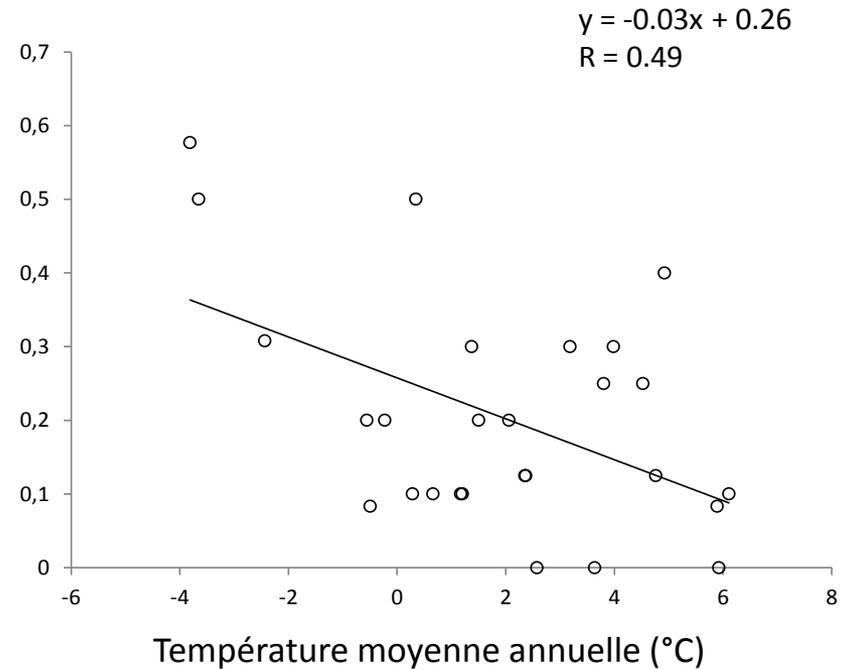


Résultats

Exemple de SNP associé à la température



Fréquence allélique



Résultats

Bilan du % de SNPs (**gènes**) significatifs

	ARLEQUIN P<0.01	BAYESCAN Bayes Factor >1	BAYENV Bayes Factor >1	Rég. P<0.01	Total
Température	1.5 (2.0)	2.1 (2.9)	1.9 (2.6)	4.7 (6.2)	8.6 (11.4)



Résultats

Bilan du % de SNPs (**gènes**) significatifs

	ARLEQUIN P<0.01	BAYESCAN Bayes Factor >1	BAYENV Bayes Factor >1	Rég. P<0.01	Total
Température	1.5 (2.0)	2.1 (2.9)	1.9 (2.6)	4.7 (6.2)	8.6 (11.4)

↓
888 gènes



Résultats

Familles des gènes détectés

- Gènes du métabolisme des sucres, ...
- Kinase, Caspase, ...
- Gènes liés aux stress chez *Arabidopsis* (chaleur, déshydratation, froid)
 - HSP20, AP2 domain, ABC transporter



Résultats

Trois gènes détectés par les 4 méthodes

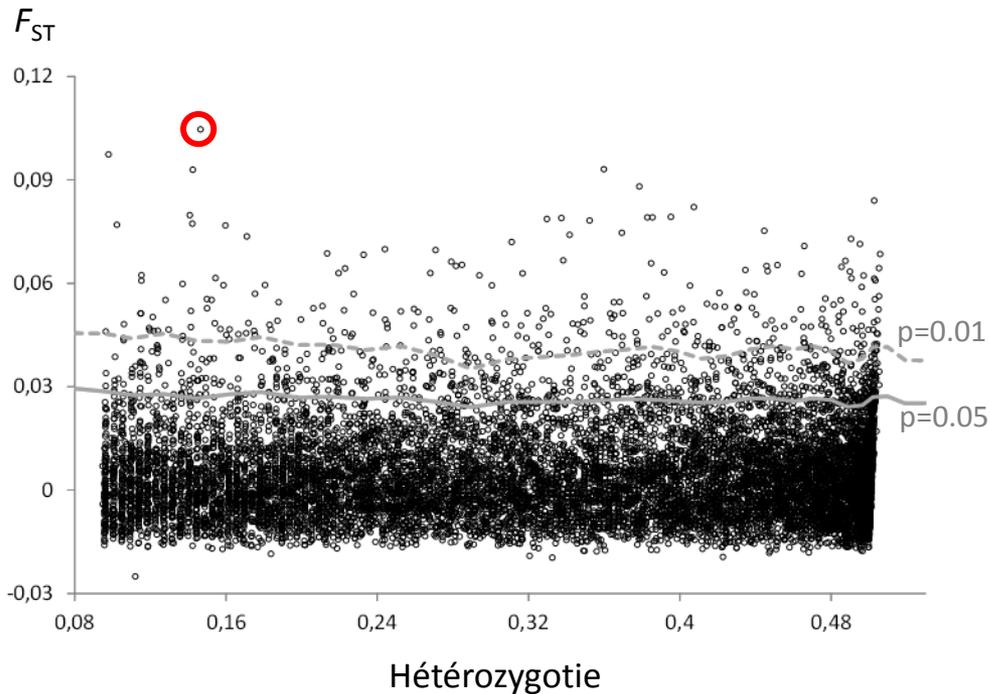
- Domaine kinase
 - phosphorylation
- Glycosyl-hydrolase (famille 9)
 - modification de la paroi
- Tubuline/FtsZ, domaine GTPase
 - division cellulaire et des organelles
 - réprimé par le froid chez *Arabidopsis thaliana*



Résultats

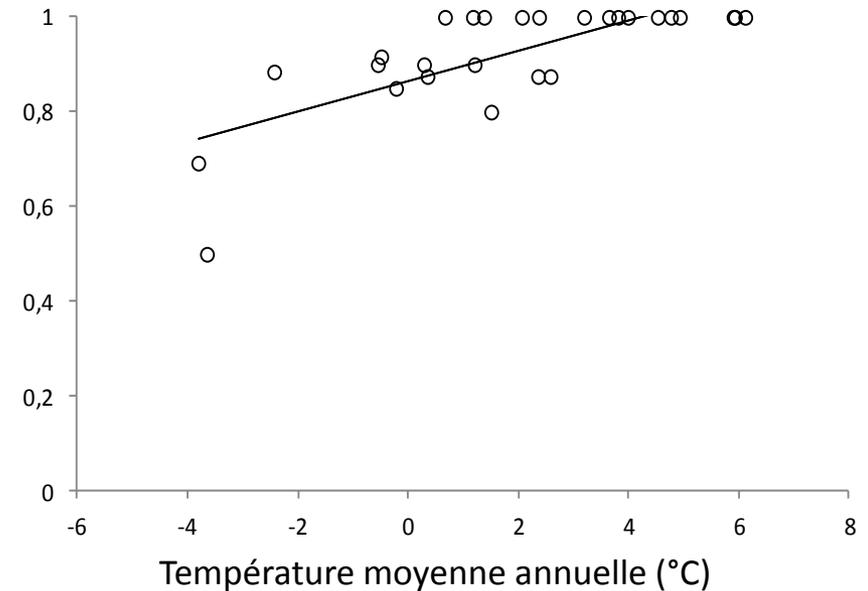
Tubuline

→ $F_{ST} = 0.10$ ($P=0.0001$)



Fréquence allélique

$$y = 0.03x + 0.86$$
$$R = 0.75$$



Conclusions et perspectives

Conclusions

- Plusieurs familles de gènes et fonctions liées à la température chez *P. glauca*



Conclusions et perspectives

Conclusions

- Plusieurs familles de gènes et fonctions liées à la température chez *P. glauca*

Perspectives

- Analyser d'autres paramètres climatiques (précipitation)



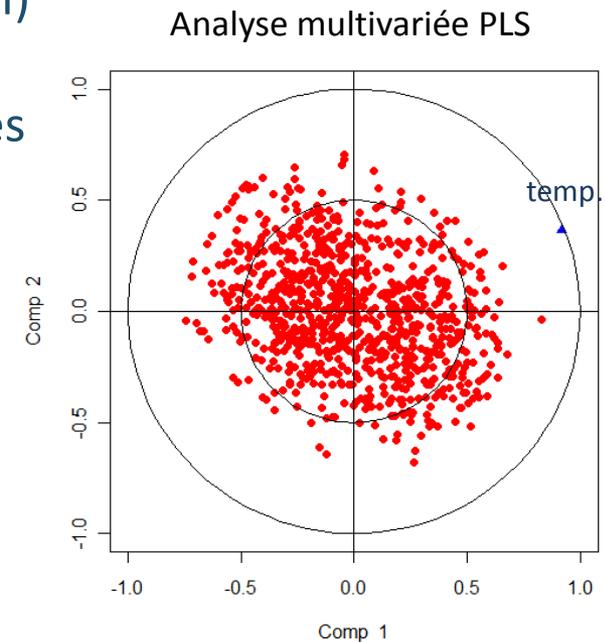
Conclusions et perspectives

Conclusions

- Plusieurs familles de gènes et fonctions liées à la température chez *P. glauca*

Perspectives

- Analyser d'autres paramètres climatiques (précipitation)
- Détecter des effets d'épistasie entre les gènes impliqués



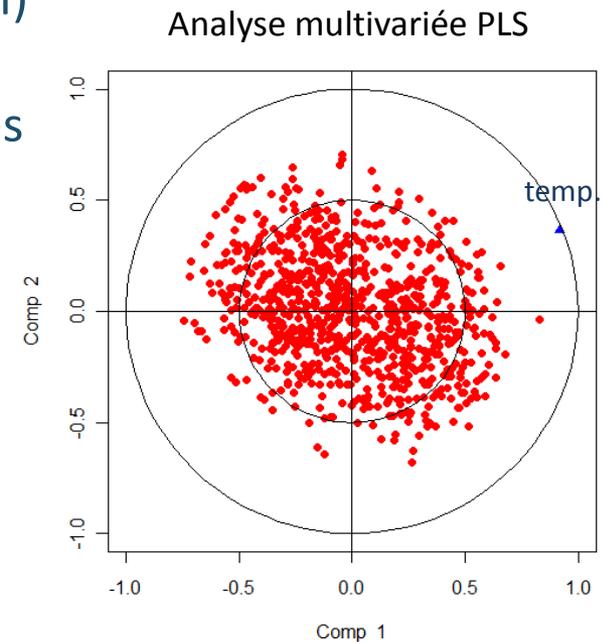
Conclusions et perspectives

Conclusions

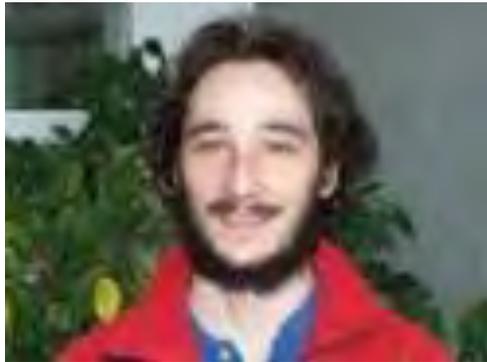
- Plusieurs familles de gènes et fonctions liées à la température chez *P. glauca*

Perspectives

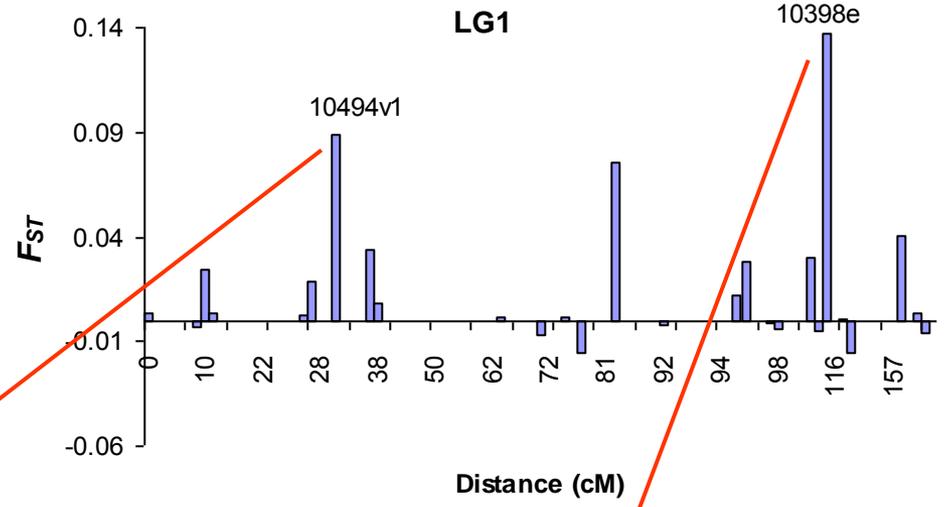
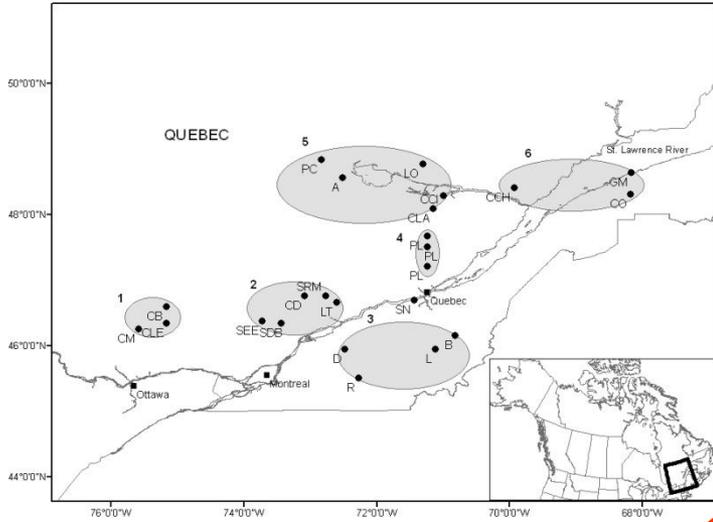
- Analyser d'autres paramètres climatiques (précipitation)
- Détecter des effets d'épistasie entre les gènes impliqués
- Identifier les voies métaboliques impliquées



Merci de votre attention

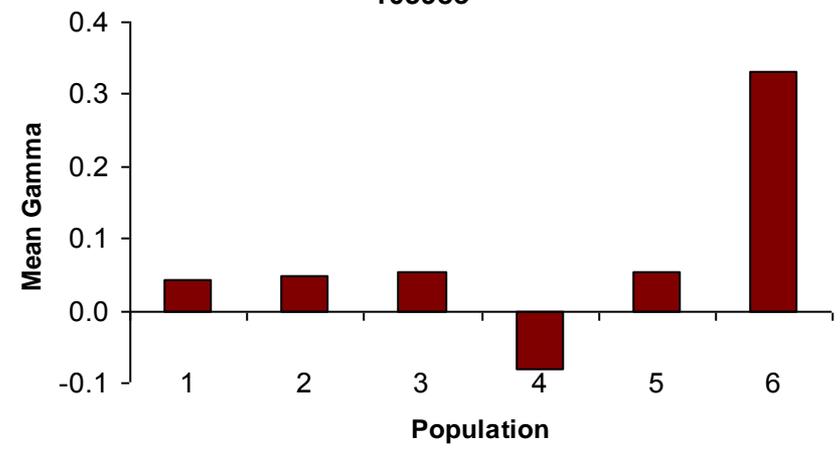
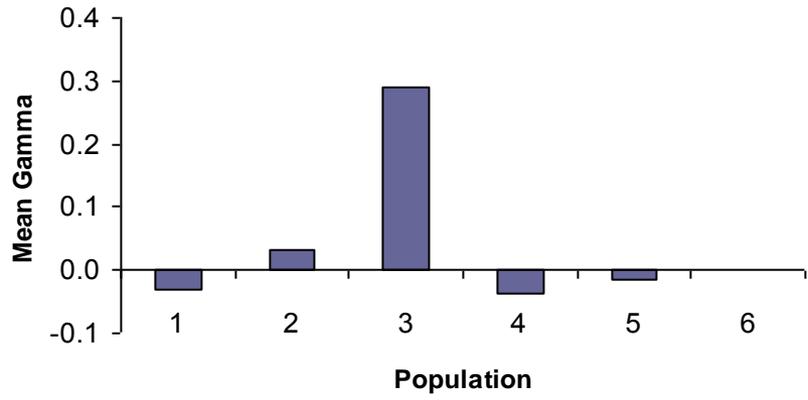


Méthodes



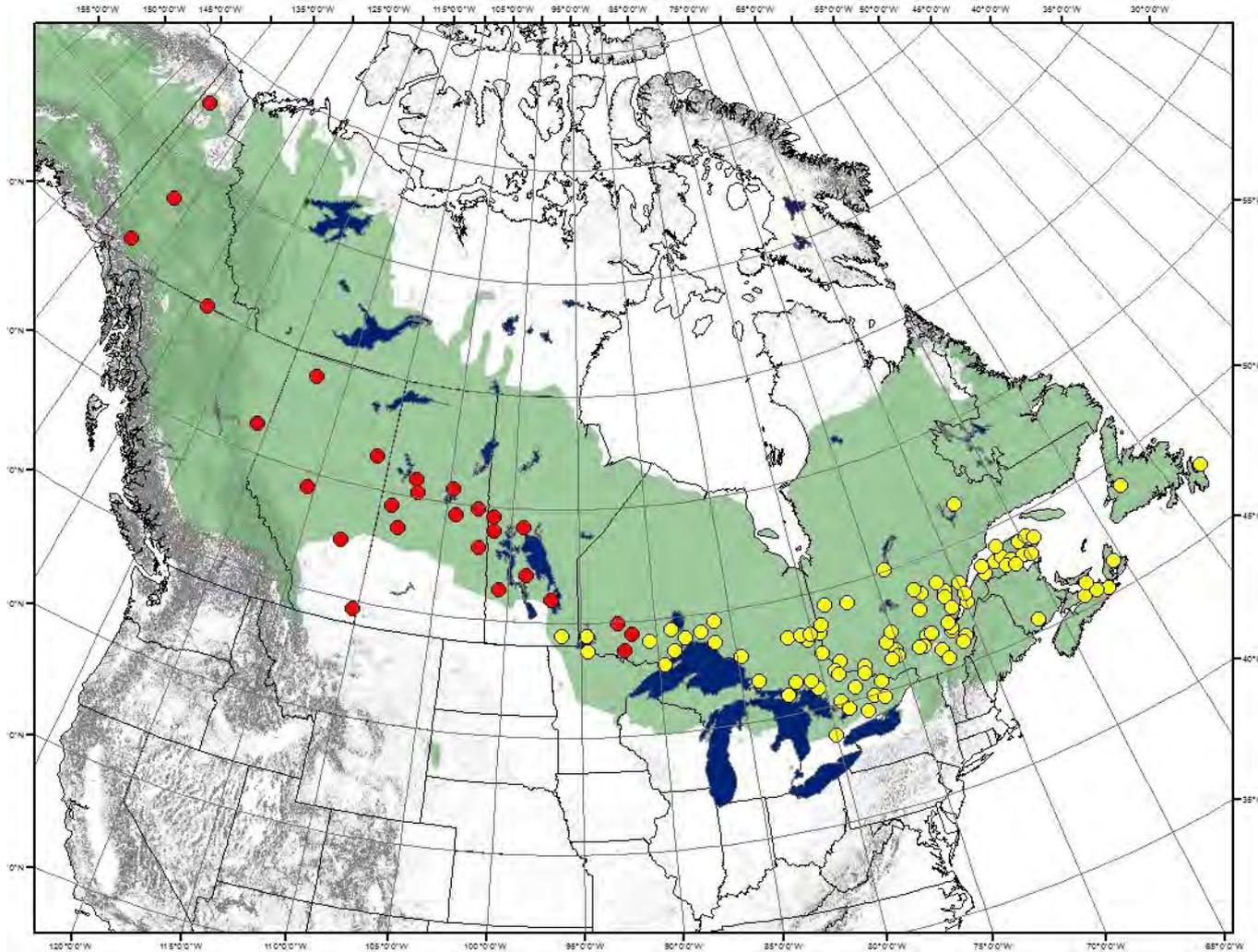
10494v1

10398e



Résultats

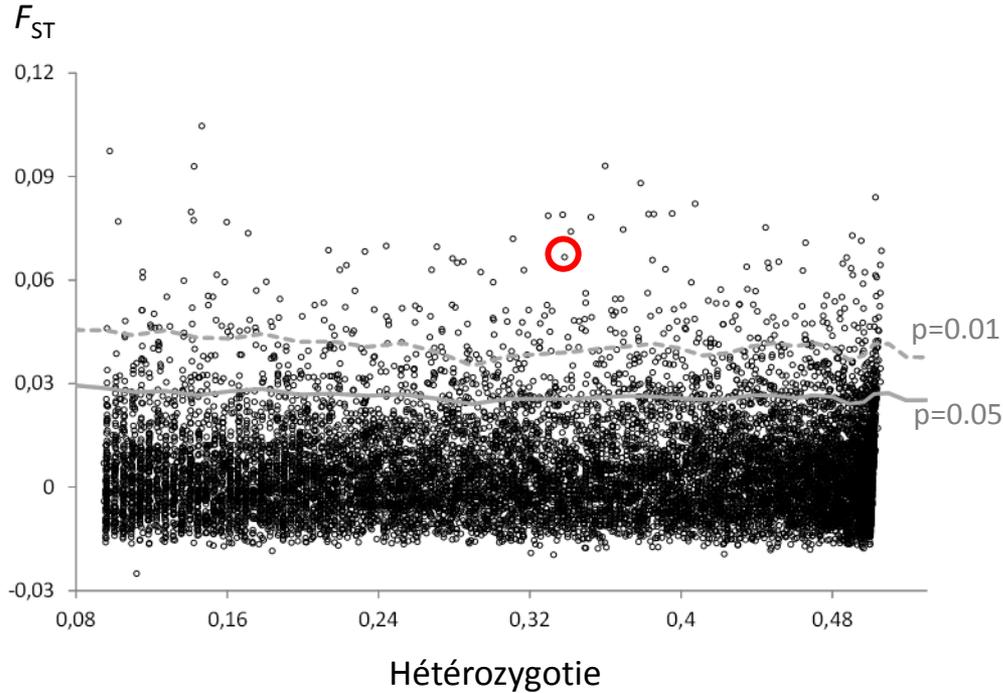
Structure génétique : regroupement Bayésien (BAPS) → $K=2$: deux lignées glaciaires



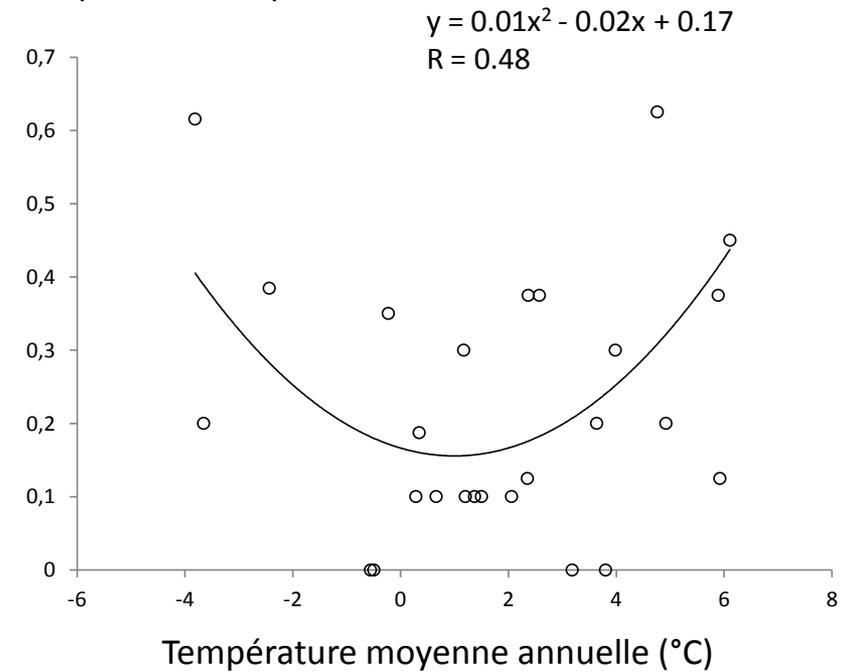
Résultats

Exemple de SNP associé à la température

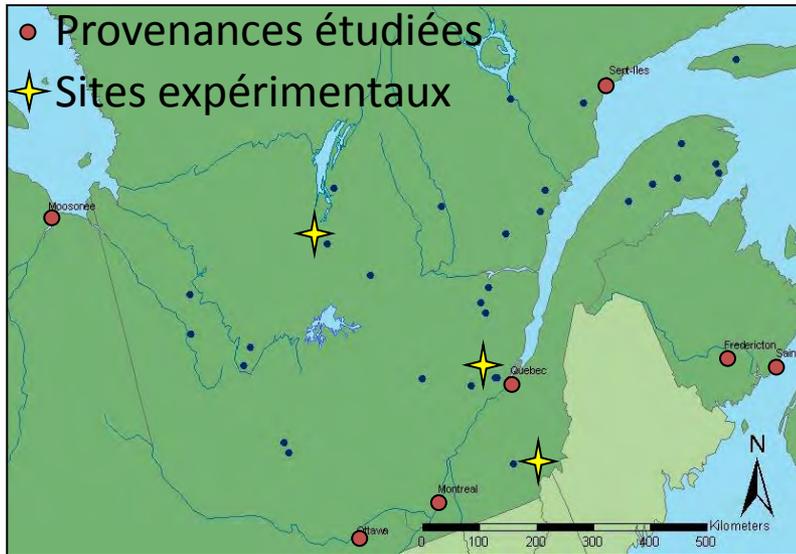
- relation quadratique



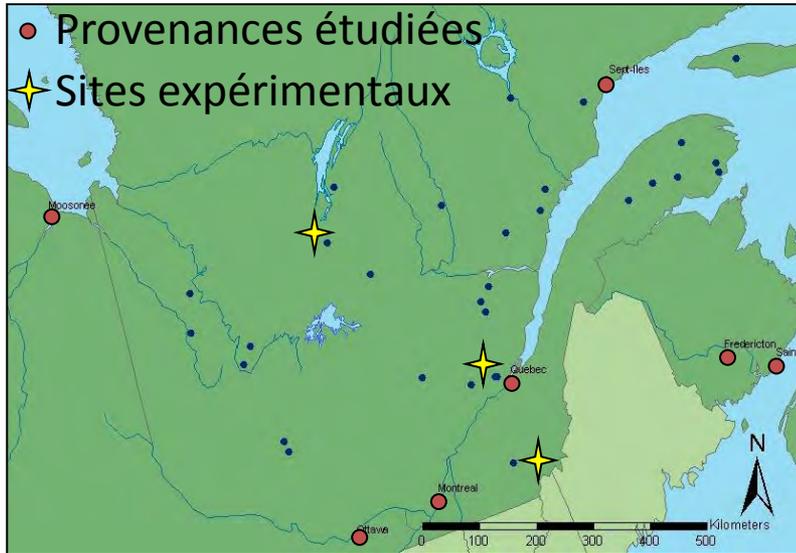
Fréquence allélique



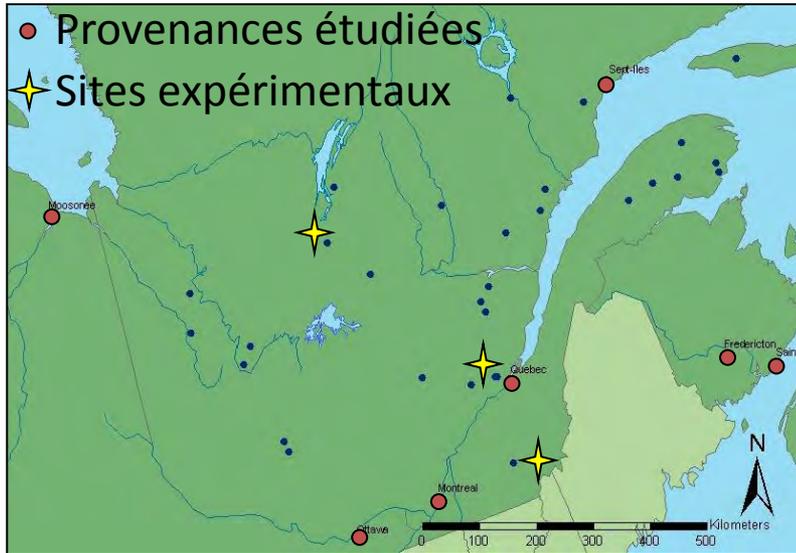
Introduction



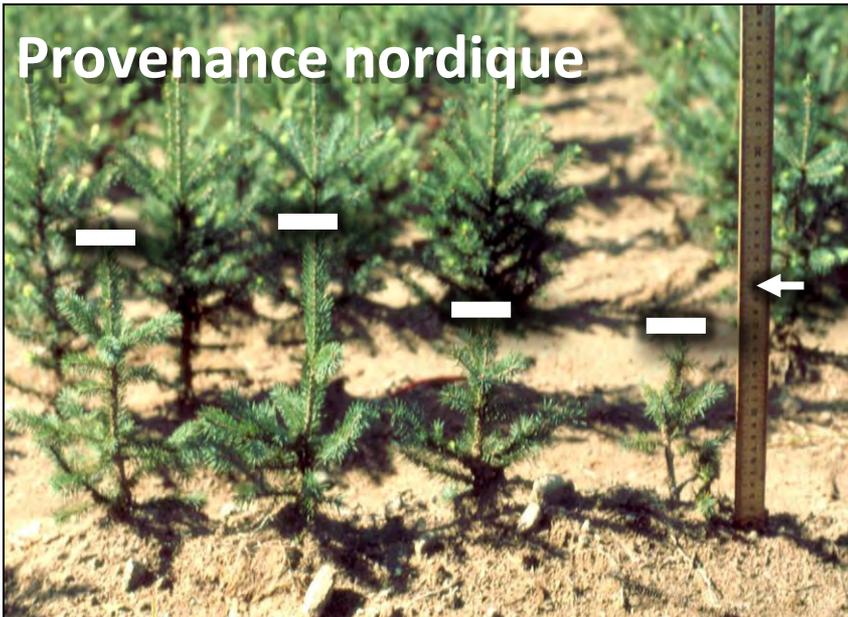
Introduction



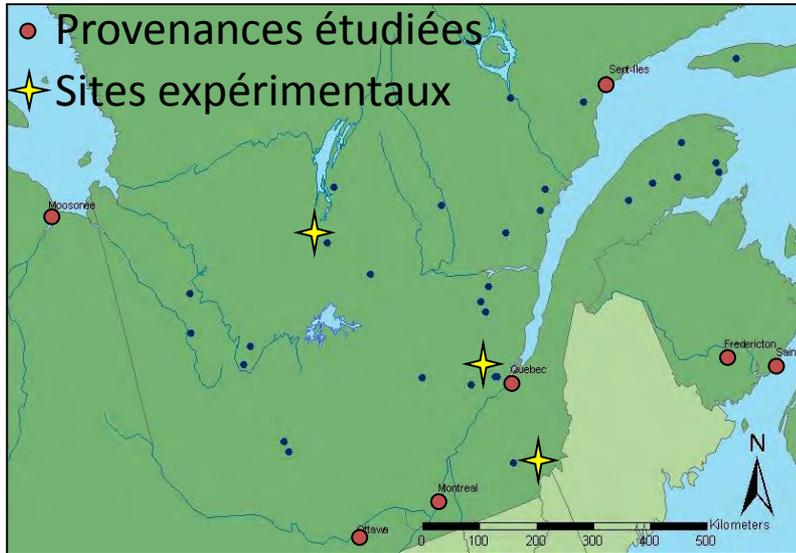
Introduction



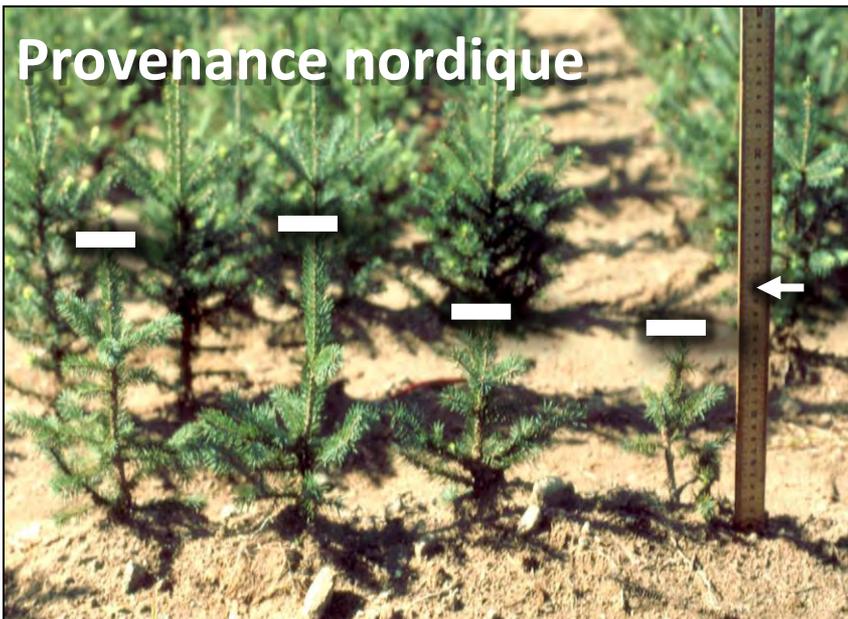
Provenance nordique



Introduction



Provenance nordique



Provenance méridionale

