



HAL
open science

La diversité génétique des arbres forestiers permettra-t-elle à nos forêts de s'adapter aux changements climatiques ?

Catherine Bastien

► To cite this version:

Catherine Bastien. La diversité génétique des arbres forestiers permettra-t-elle à nos forêts de s'adapter aux changements climatiques ?. Les "Mardis de la Science" du Museum d'Histoire Naturelle d'Orléans, Centre Régional de Promotion de la Culture Scientifique, Technique et Industrielle de la Région Centre - Val de Loire (CCSTI). FRA., Feb 2014, Orléans, France. hal-02791823

HAL Id: hal-02791823

<https://hal.inrae.fr/hal-02791823v1>

Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**La diversité génétique des arbres
forestiers permettra t-elle à nos forêts de
s'adapter aux changements climatiques ?**



Catherine Bastien

UR0588

« Amélioration, Génétique et Physiologie forestières »
INRA-Val de Loire



- Une composante méconnue de la biodiversité : la diversité intra-spécifique
- les changements climatiques en cours et leurs impacts visibles sur nos forêts
- Les dilemmes évolutifs face aux changements climatiques
 - ✓ Extinction
 - ✓ Migration
 - ✓ Adaptation
- Comment pouvons nous accompagner les arbres forestiers à répondre à ces changements?

DIVERSITÉ BIOLOGIQUE :

Le concept de **diversité biologique**, ou **biodiversité**:

*« la variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la **diversité au sein des espèces et entre espèces** ainsi que celle des **écosystèmes** »*

(Article 2 de la Convention sur la Biodiversité, 1992).

Des espèces longévives.....



qui doivent s'adapter à des environnements changeants

Des espèces à reproduction sexuée **allogame** ...

Peuplier noir



Espèce dioïque

Pin sylvestre



Inflorescences séparées

Merisier



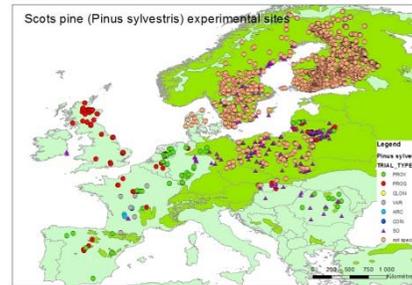
Un système d'auto-incompatibilité

favorable au brassage génétique

Diversité génétique et Adaptation locale

Une expérience de plus de 200 ans de tests de provenances

Echantillonnage
de l'aire d'origine



Comparaison dans plusieurs
environnements communs



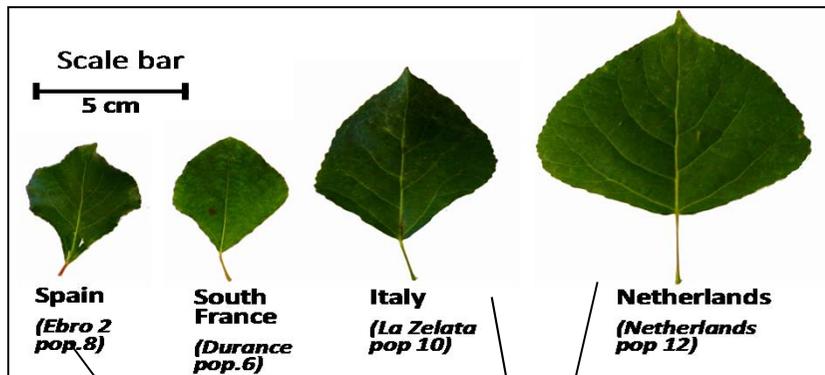
Observations/Mesures



Diversité génétique et Adaptation locale

Une diversité génétique individuelle maintenue dans les populations

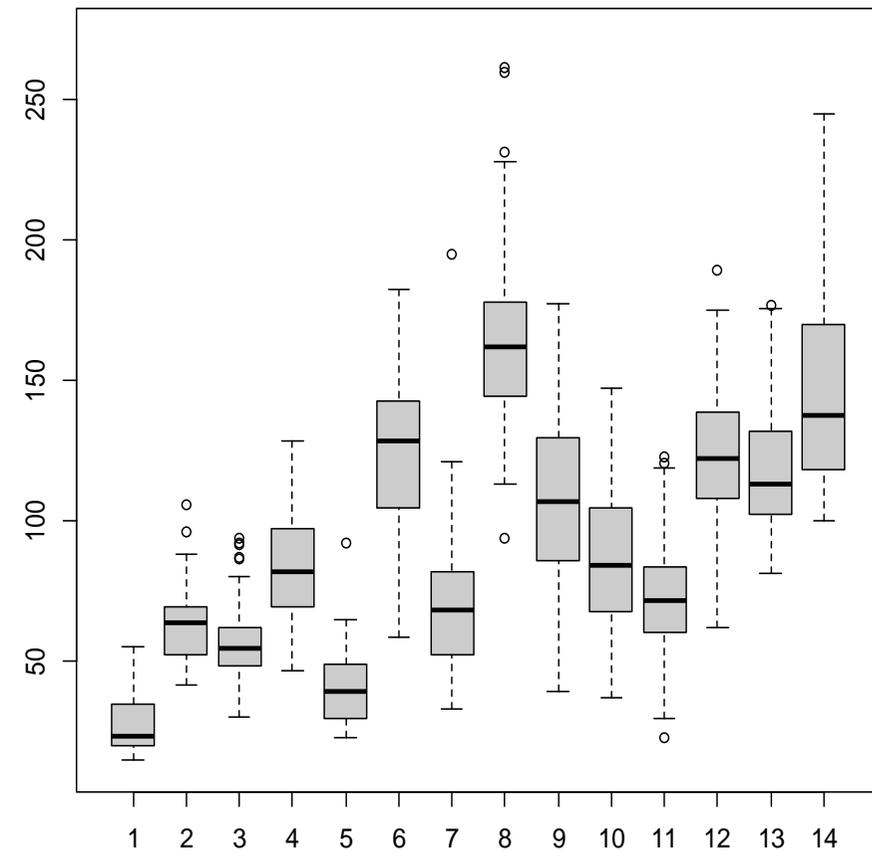
Surface foliaire, longueur pétiole, ...



Peuplier noir

Bastien et al, NOVELTREE

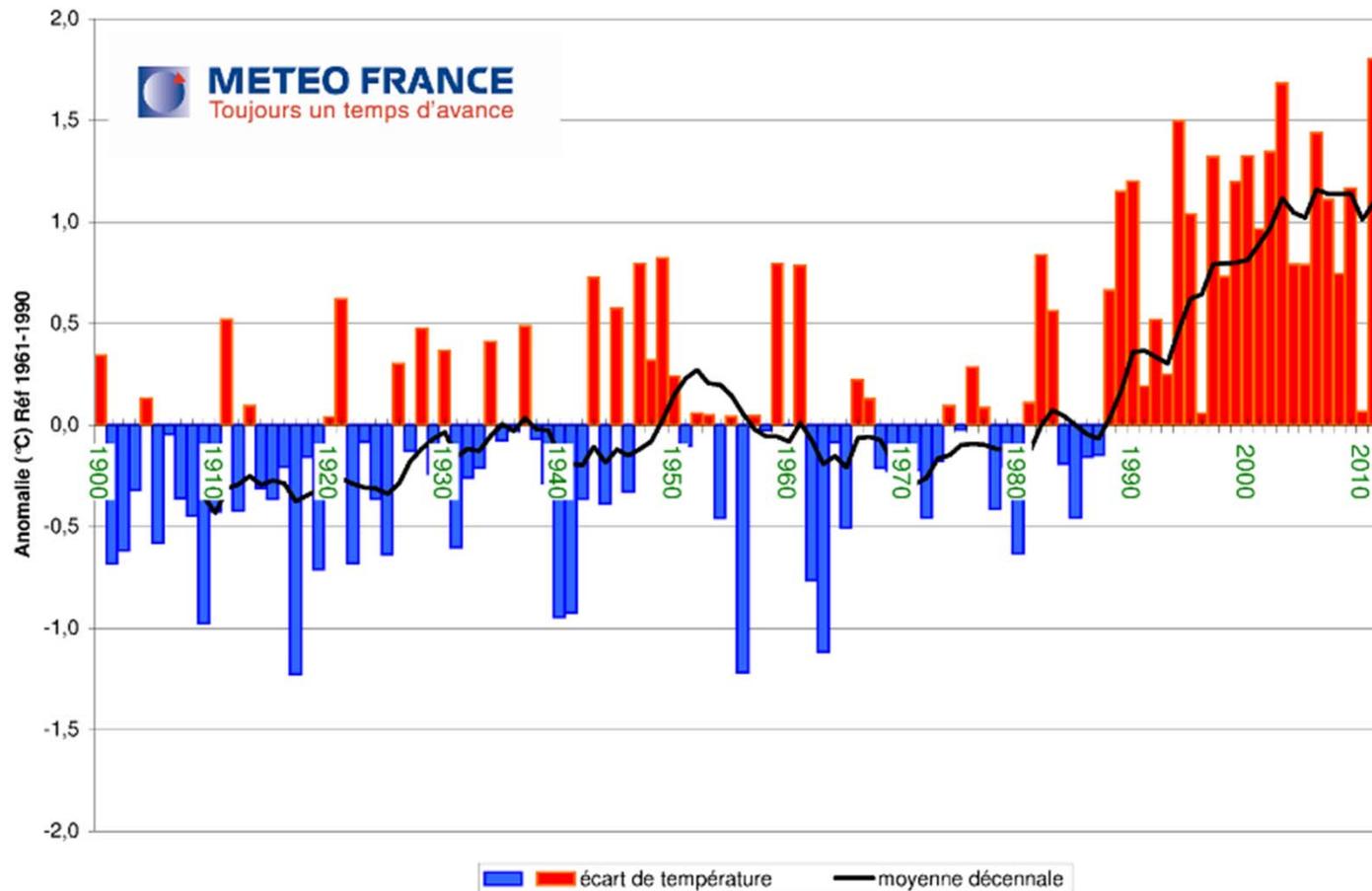
Surface foliaire (cm²)



- Une composante méconnue de la biodiversité : la diversité intra-spécifique
- **les changements climatiques en cours et leurs impacts visibles sur nos forêts**
- Les dilemmes évolutifs face aux changements climatiques
 - ✓ Extinction
 - ✓ Migration
 - ✓ Adaptation
- Comment pouvons nous accompagner les arbres forestiers à répondre à ces changements?

Evolution de la température moyenne en France

(Source Météo France)



« L'intensité (Δ /unité de temps) des changements climatiques annoncés n'a jamais été atteinte depuis le dernier réchauffement post-glaciaire !

Des impacts visibles sur les forêts en place

- Une augmentation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes



Martin

28 Décembre 1999

Alsace

80% des peuplements autochtones de pin sylvestre détruits



Klaus

24 Janvier 2009

Sud-Ouest

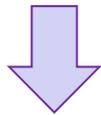
170 000 ha détruits à plus de 60%

Des impacts visibles sur les forêts en place

- Une augmentation des risques d'incendies de forêt

+22% entre 1961-1980 et
1980-2005

- Augmentation en
fréquence et intensité



- Les régimes de feu ont
tendance à toucher de
plus en plus des arbres
âgés



Des impacts visibles sur les forêts en place

- Des arbres âgés de grande taille dépérissent brutalement



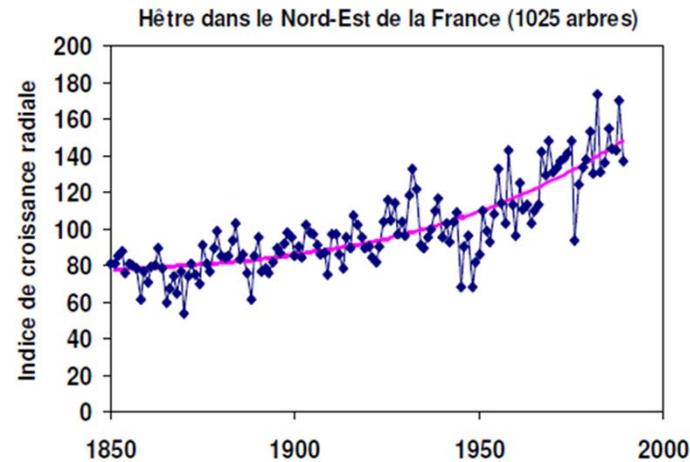
Sapin pectiné dès 2005
dans le Sud-Est



Chêne pédonculé en
forêt de Vierzon

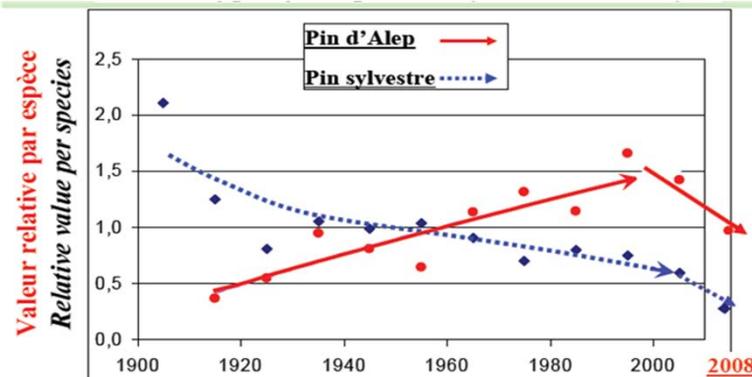
Des impacts visibles sur les forêts en place

- Une production primaire **accrue** dans les régions les plus froides



Bontemps et al,
INRA, 2005

- mais **en réduction** dans les régions les plus sèches

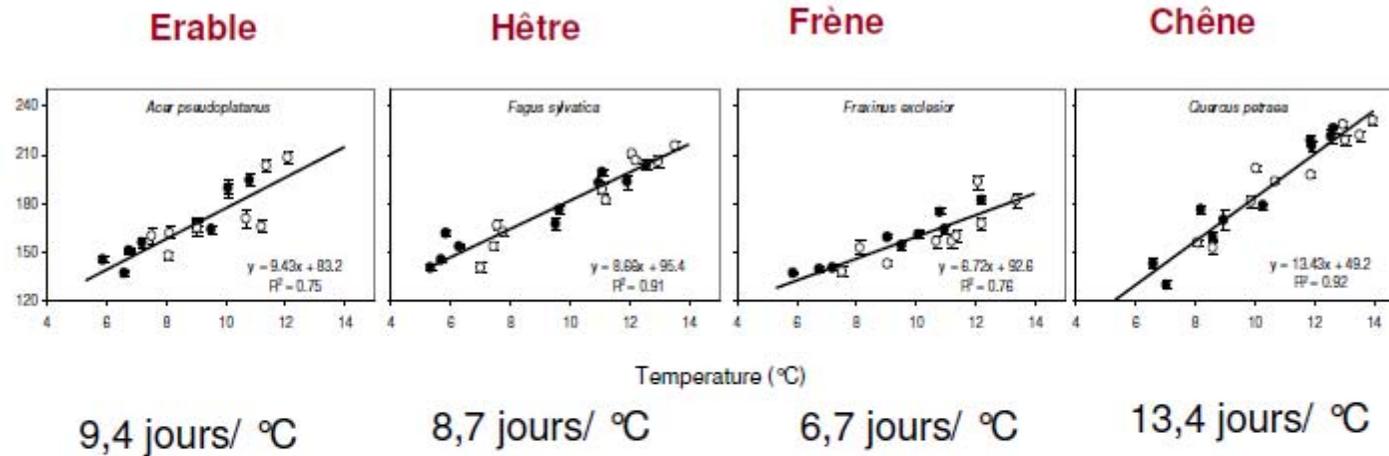


Michel Vennetier, IRSTEA
2010

Des impacts visibles sur les forêts en place

- variations de la **phénologie**

Longueur de la saison de végétation



Vitasse et al. 2009, Agricultural & Forest Meteorology 149: 735-744

Des impacts visibles sur les forêts en place

- Extension des aires de distribution des ravageurs

La chenille processionnaire
du pin

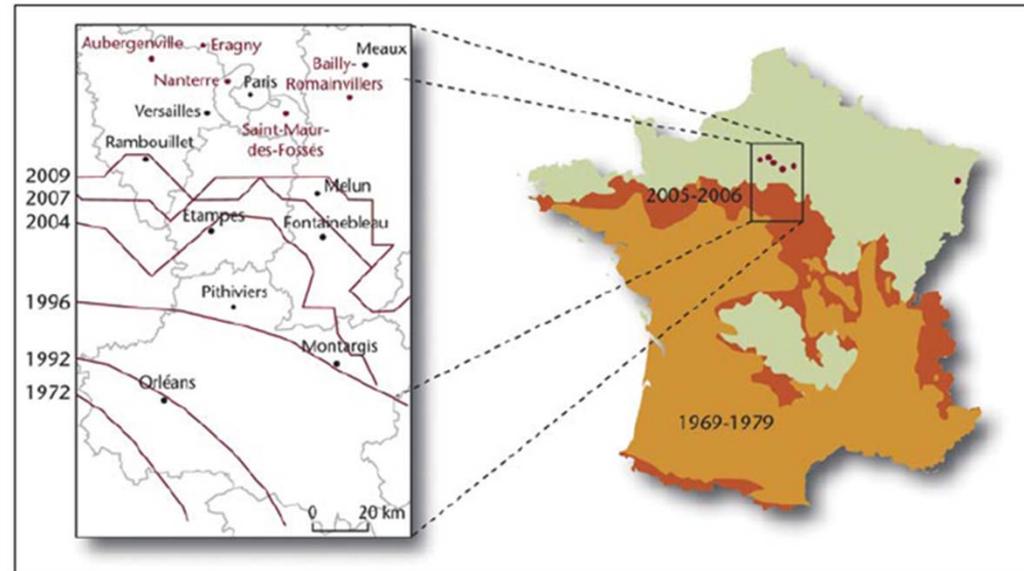


Figure 2 – Progression de la chenille processionnaire du pin en France et zoom sur les Régions Centre et Île-de-France. Les points rouges indiquent les foyers isolés.

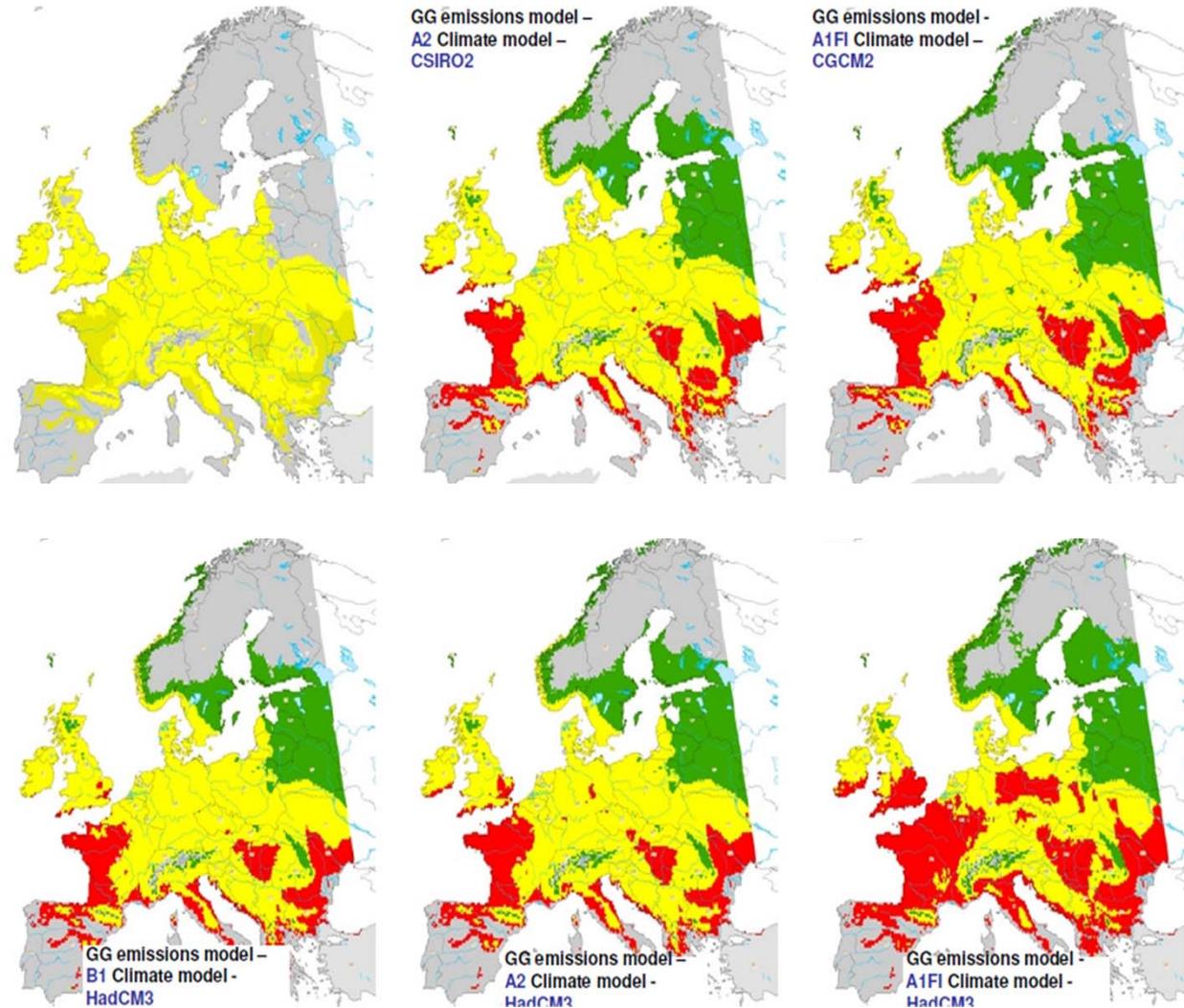
Elle migre vers le Nord à la vitesse
de 5,5km par an et en altitude à la
vitesse de 0,5m par an

Source INRA-Val de Loire: J Rousselet & C. Robinet

- Une composante méconnue de la biodiversité : la diversité intra-spécifique
- les changements climatiques en cours et leurs impacts visibles sur nos forêts
- **Les dilemmes évolutifs face aux changements climatiques**
 - ✓ **Extinction**
 - ✓ **Migration**
 - ✓ **Adaptation**
- Comment pouvons nous accompagner les arbres forestiers à répondre à ces changements?

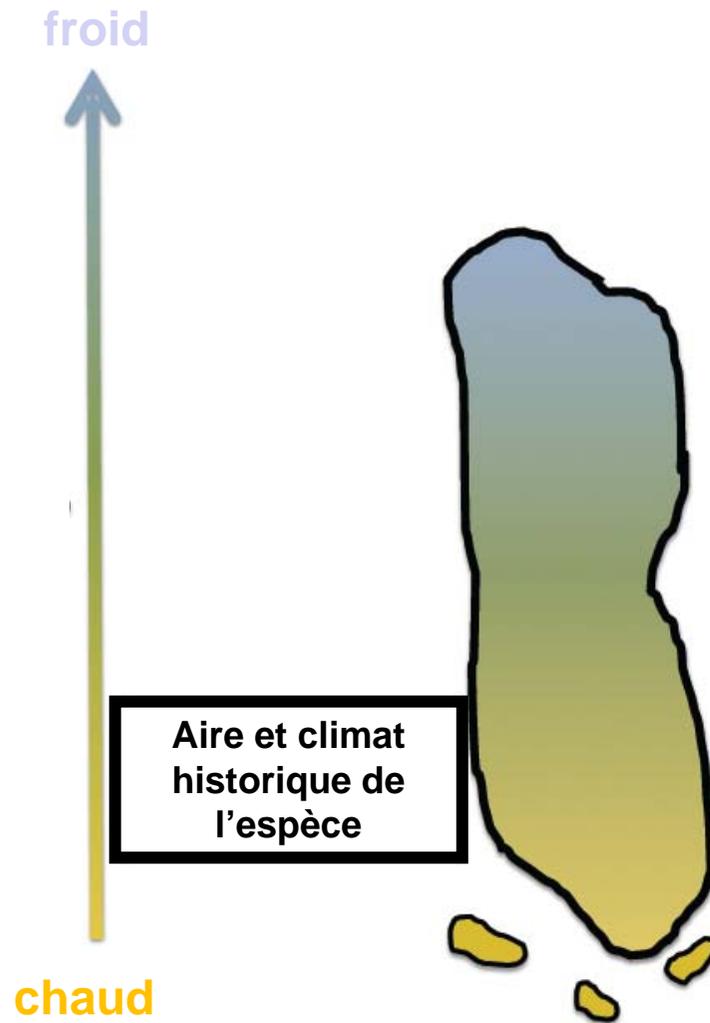
Les prédictions des modèles climatiques sur la base de la présence actuelle

Cas du chêne sessile
à
l'horizon 2080

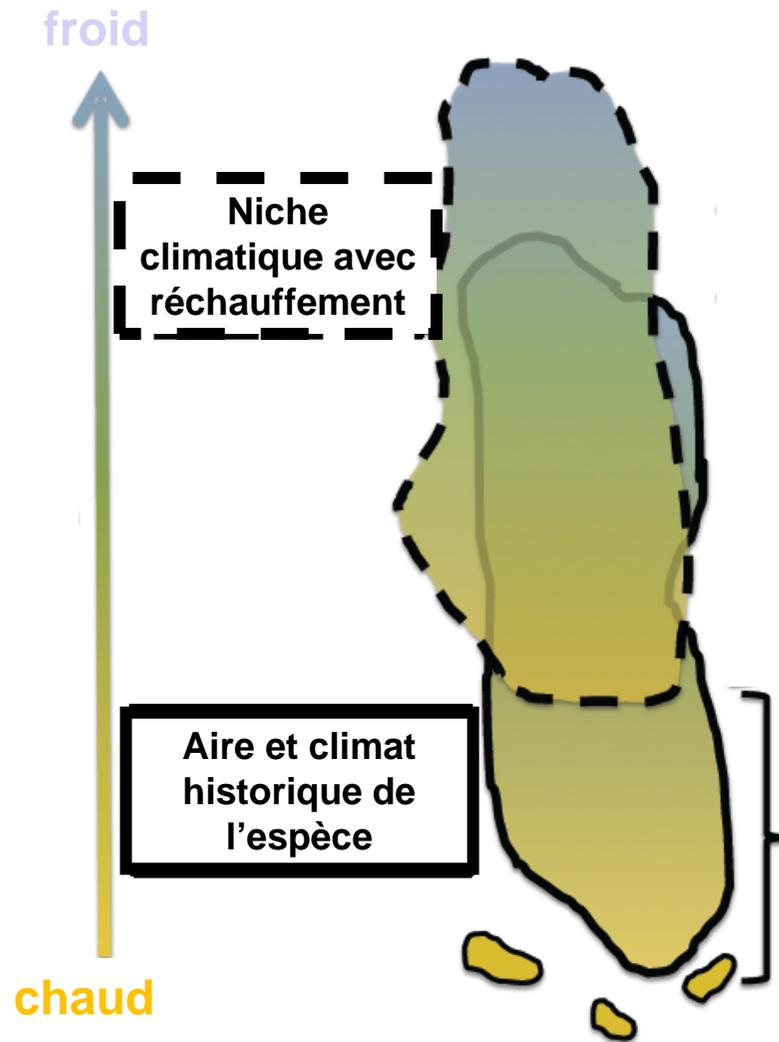


Thuiller W. 2003. *Global Change Biol.* 9: 1353–1362
Thuiller et al 2005. *PNAS* 102, 8245-8250

Les dilemmes évolutifs face aux changements climatiques



Les dilemmes évolutifs face aux changements climatiques



1- Disparaitre

fragmentation suivie d'extinction de populations locales

1- Disparaitre : Leçons du passé

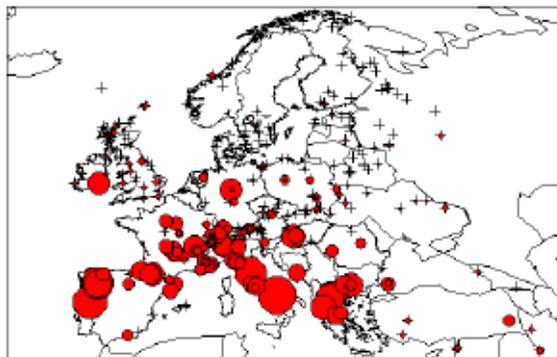
- Peu de disparition totale à la marge Sud des aires
- De fortes différenciations entre populations
- Une perte significative de diversité génétique intrapopulation



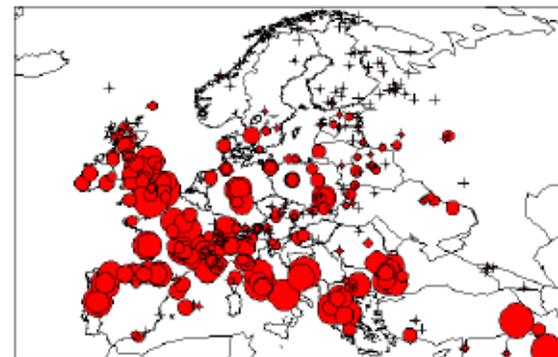
15 000 BP



13 000 BP

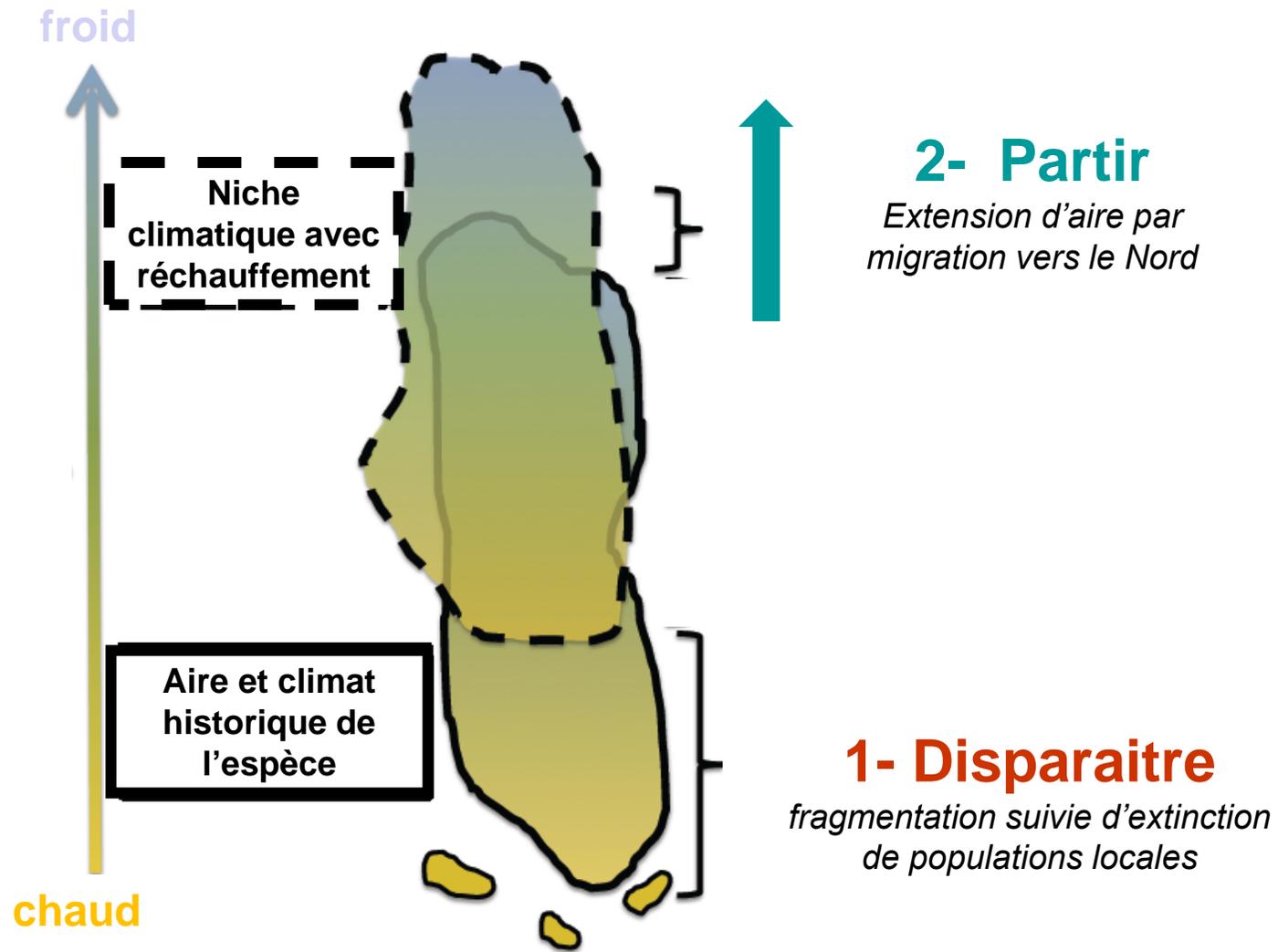


9 000 BP



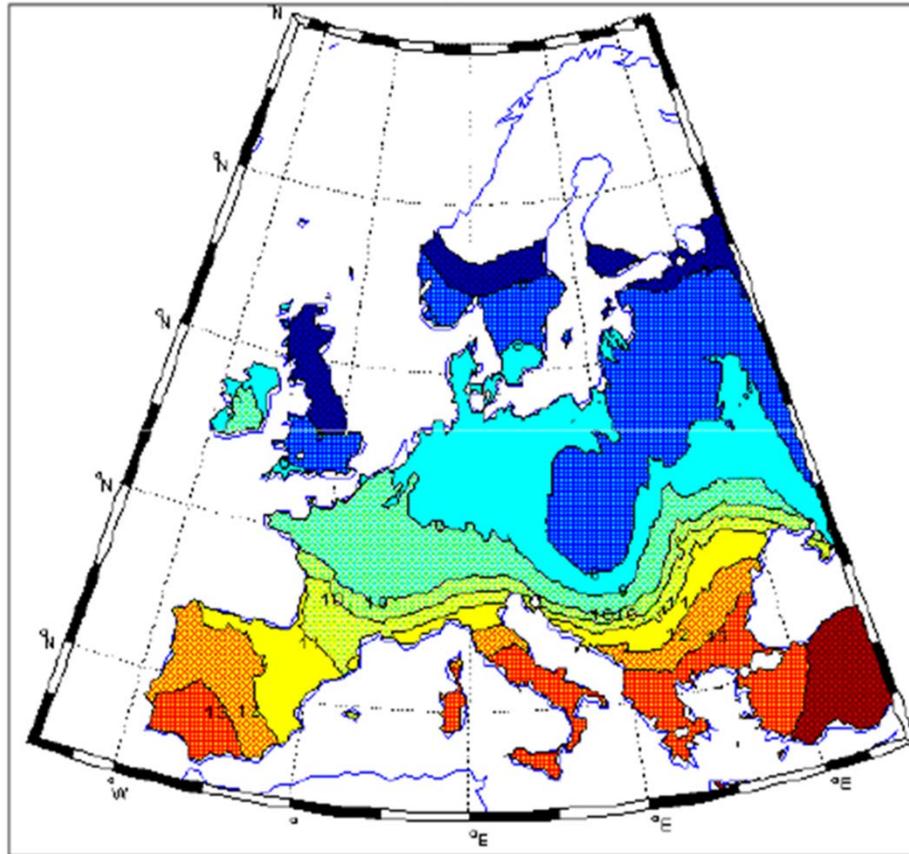
6 000 BP

Les dilemmes évolutifs face aux changements climatiques



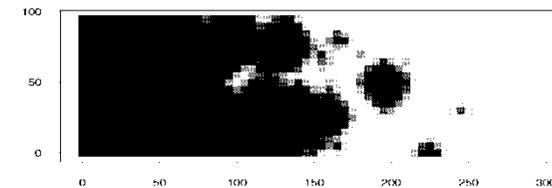
La migration naturelle est-elle une solution réaliste ?

- La migration postglaciaire moyenne a été de **400 mètres** par an



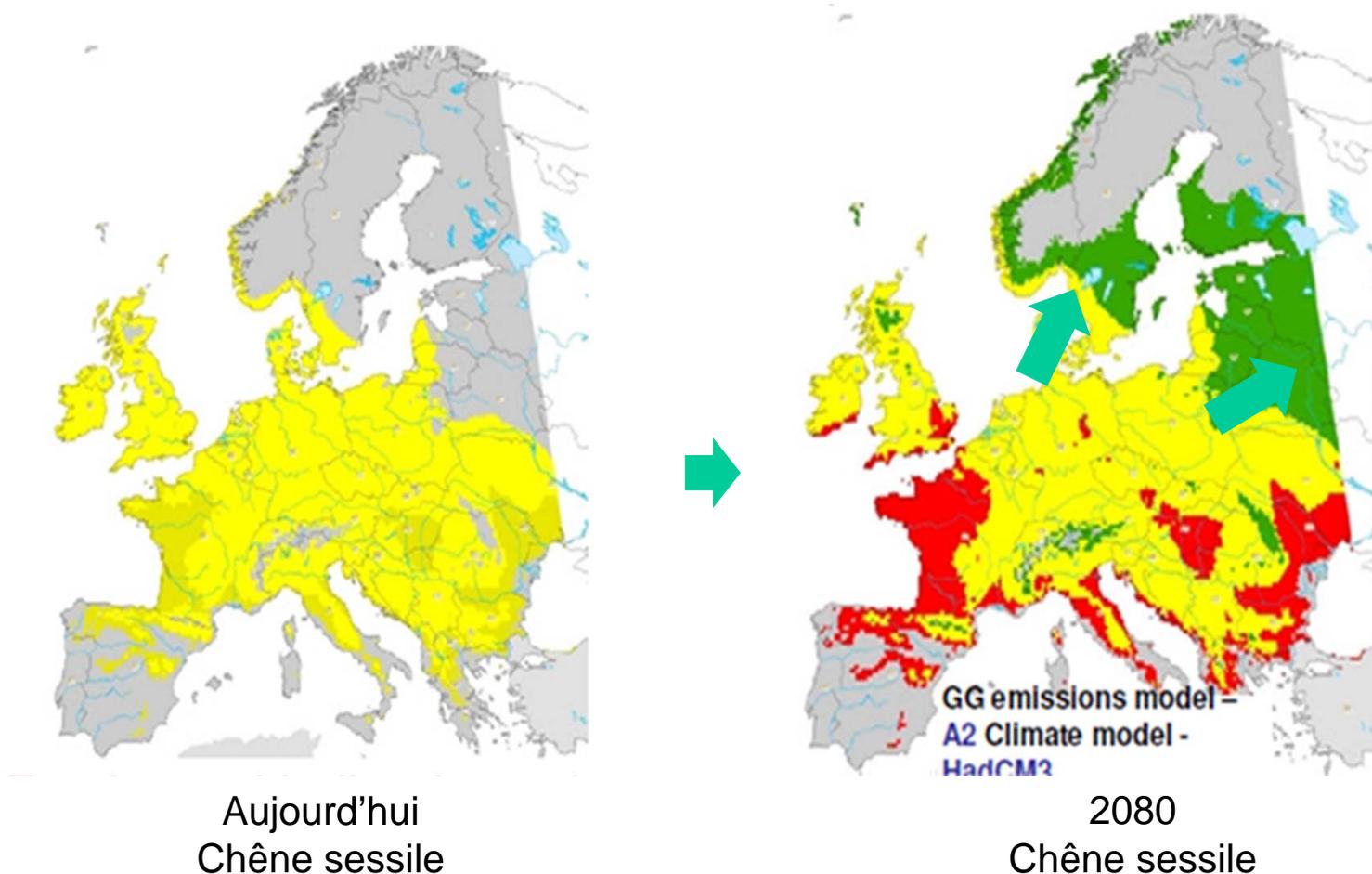
European Pollen Database,
Université Aix-Marseille

Modèle de dispersion
Diffusion
+
dispersion à longue distance

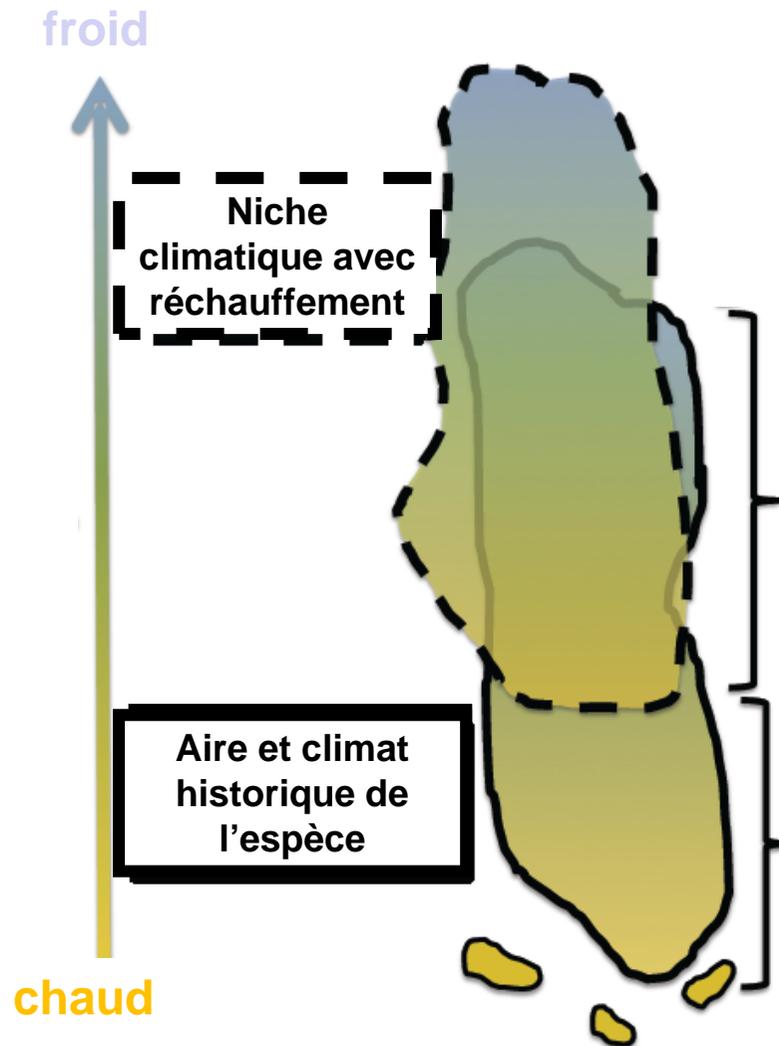


La migration naturelle est-elle une solution réaliste ?

- La migration nécessaire pour rejoindre les enveloppes bioclimatiques prédites dans 100 ans est de **5 à 7 km** par an



Les dilemmes évolutifs face aux changements climatiques



3- Rester

à court terme – 1 génération
s'acclimater en modifiant son
phénotype dans le nouvel
environnement subi
(**plasticité phénotypique**)

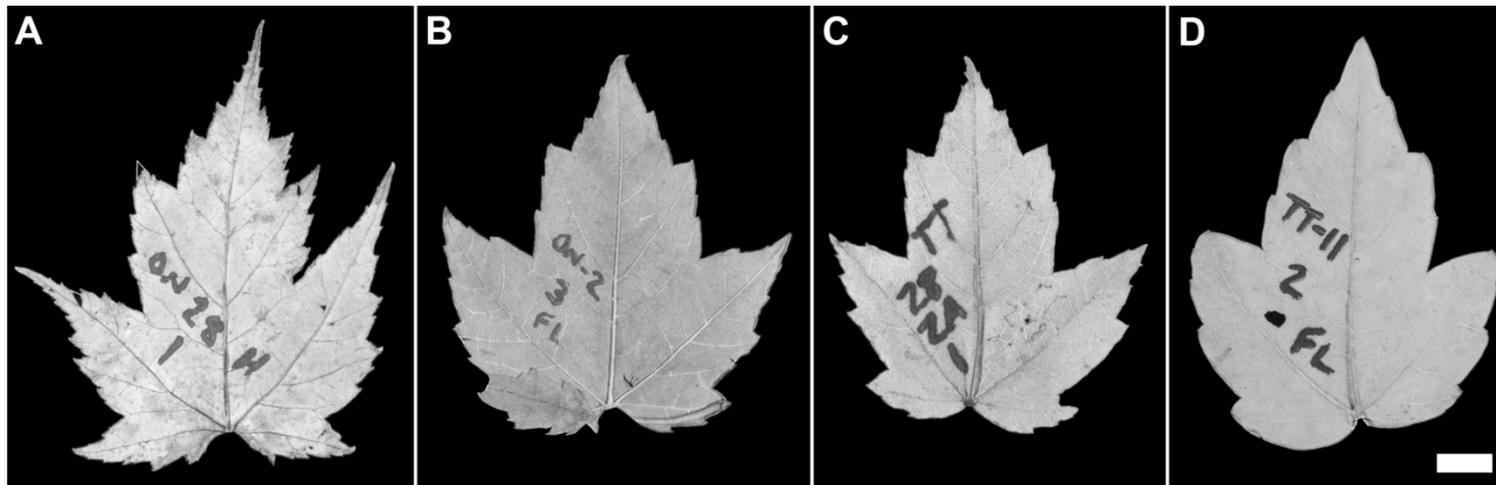
à long terme - >2 générations
évoluer grâce à la **sélection
naturelle** et retenir les
individus les mieux adaptés

3- Rester : solution à court terme

La plasticité phénotypique

=

Capacité d'un individu à produire différents phénotypes en fonction de l'environnement



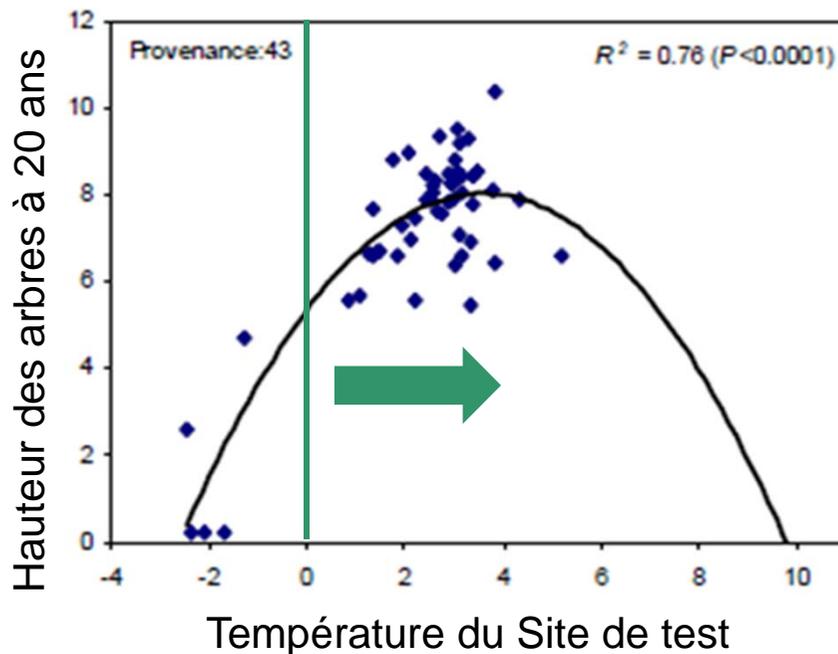
Acer rubrum – Royer et al 2009 Plos One



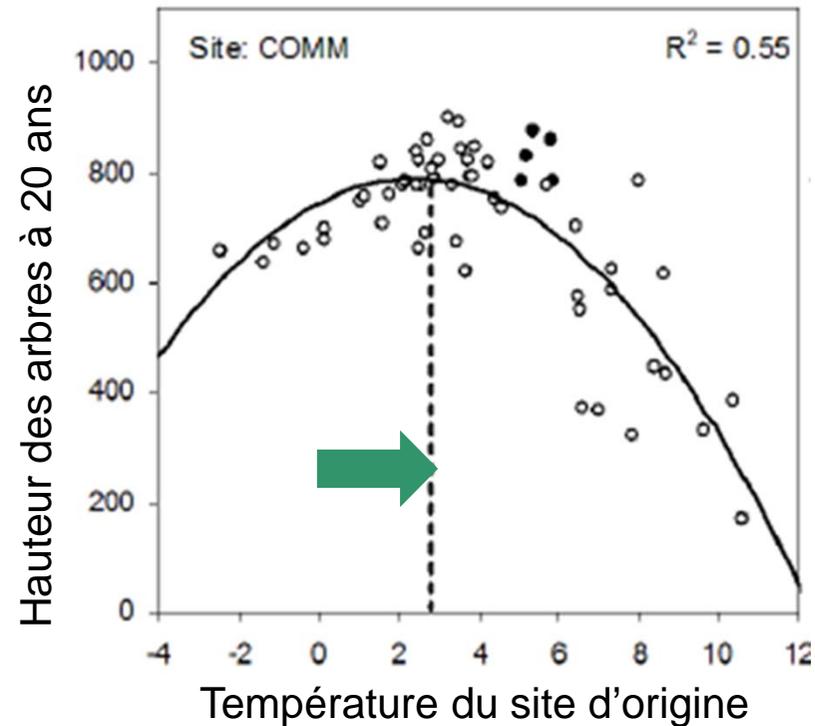
Température

3- Rester : solution à court terme

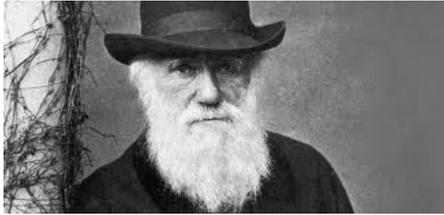
- Les réseaux de tests de provenances permettent de décrire cette plasticité et d'élaborer des conseils d'utilisation



Conditions d'utilisation
d'une origine donnée



Meilleure origine pour
un site donné

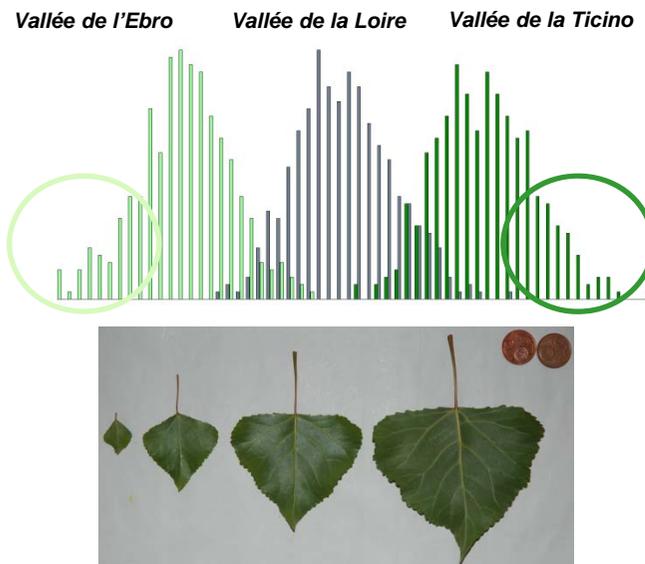


3- Rester : solution à long terme

L'adaptation génétique

=

évolution par **sélection naturelle** au sein d'une espèce,
nécessite plusieurs générations,
est possible si la diversité génétique est suffisante,
s'est révélée toutefois efficace en 1 génération (épicéa, chêne rouge)



Exemple Peuplier noir – Bastien et al, NOVELTREE

3- Rester : l'adaptation génétique

L'adaptation génétique se traduit par un changement des fréquences alléliques (signature moléculaire)

SNP = polymorphisme de l'ADN en une base

Gene variant 1.....ACCTGA**A**TACAGGATA.....

Gene variant 2.....ACCTGA**G**TACAGGATA.....

3 catégories d'individus

AA

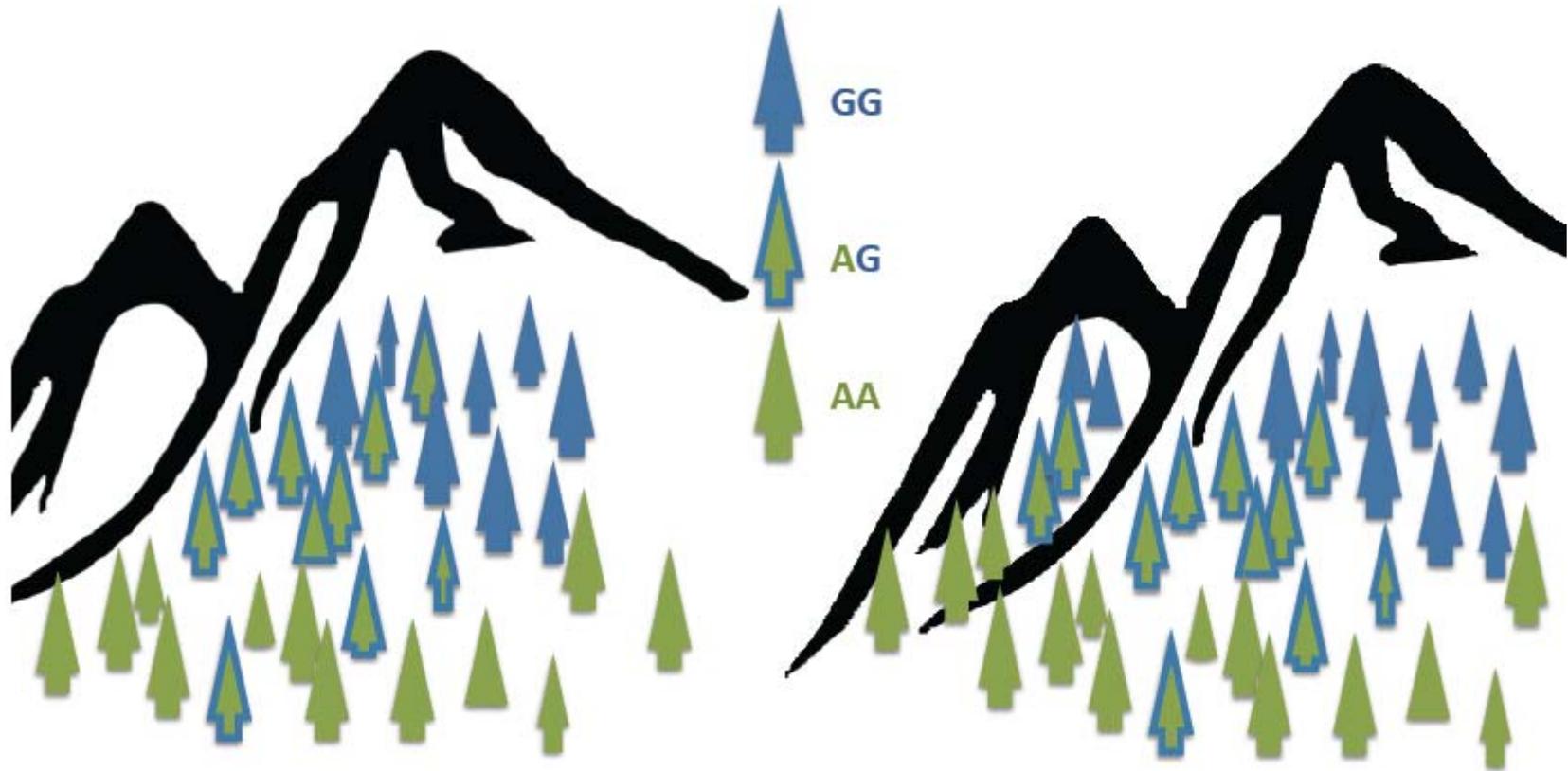
AG

GG



Comment la biologie moléculaire peut nous aider à comprendre et suivre l'adaptation génétique ?

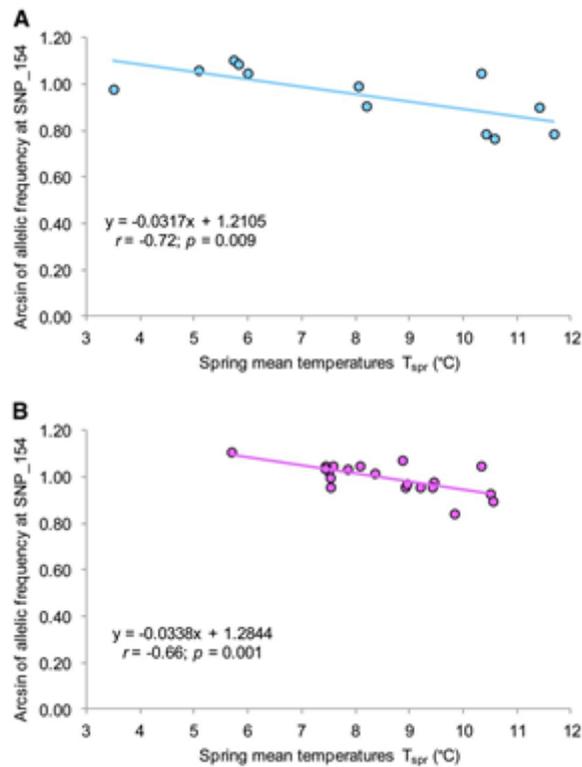
Corrélations entre $f(GG,AG,AA)$ et le climat d'origine des populations?



Comment la biologie moléculaire peut nous aider à comprendre et suivre l'adaptation génétique ?

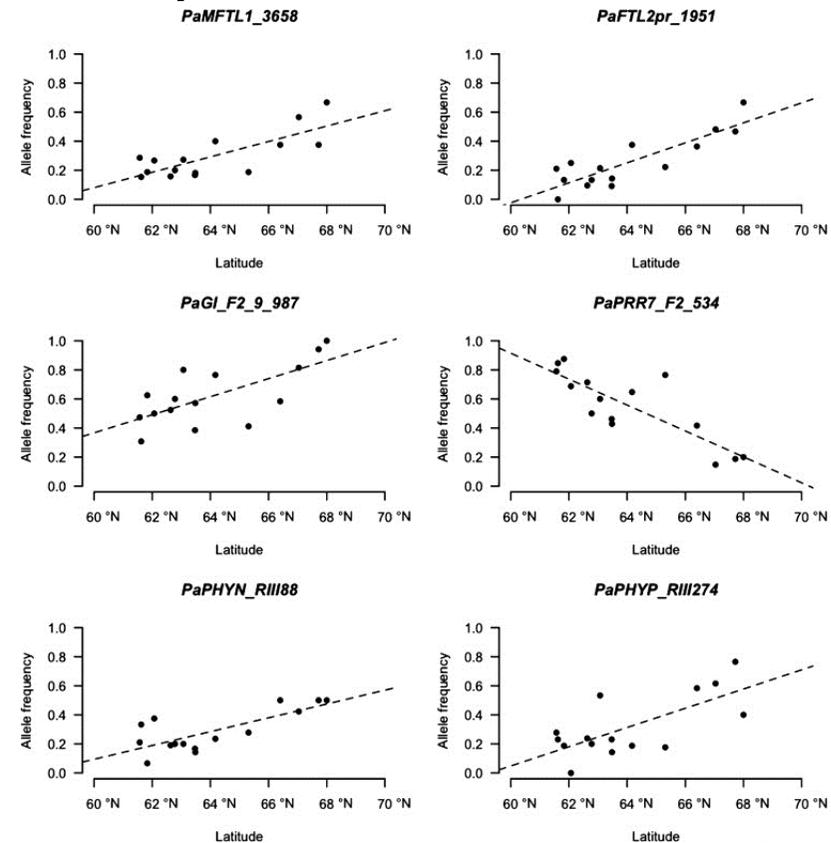
Des SNP « adaptatifs » dans des gènes candidats de « phénologie » montrent des variations clinales de leurs fréquences

Chêne



Alberto F J et al. Genetics 2013;195:495-512

Epicéa commun



Chen et al, Genetics 2012

- Une composante méconnue de la biodiversité : la diversité intra-spécifique
- les changements climatiques en cours et leurs impacts visibles sur nos forêts
- Les dilemmes évolutifs face aux changements climatiques
 - ✓ Extinction
 - ✓ Migration
 - ✓ Adaptation
- **Comment pouvons nous aider les arbres forestiers à répondre à ces changements?**

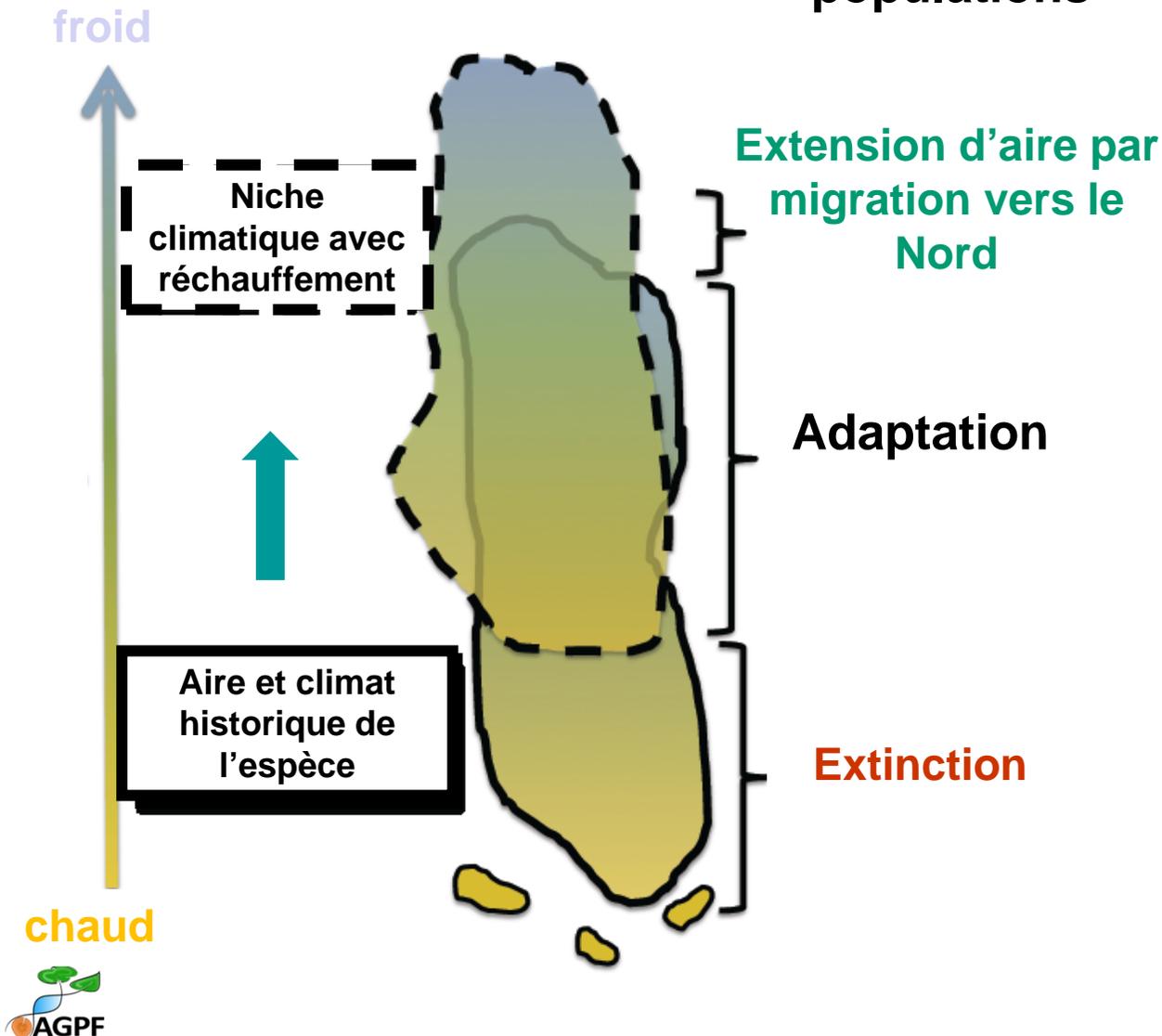
Quels risques prenons-nous à ne RIEN faire ?



- Perte de la productivité des forêts
- Réduction de la taille des populations et fragmentation
- Ralentissement de la réponse adaptative possible
- Disparition de populations originales en marge des aires de distribution et perte de diversité génétique
- Disparition d'habitats et pertes des services écosystémiques associés

Quelles interventions de gestion possible ?

Réponses des populations

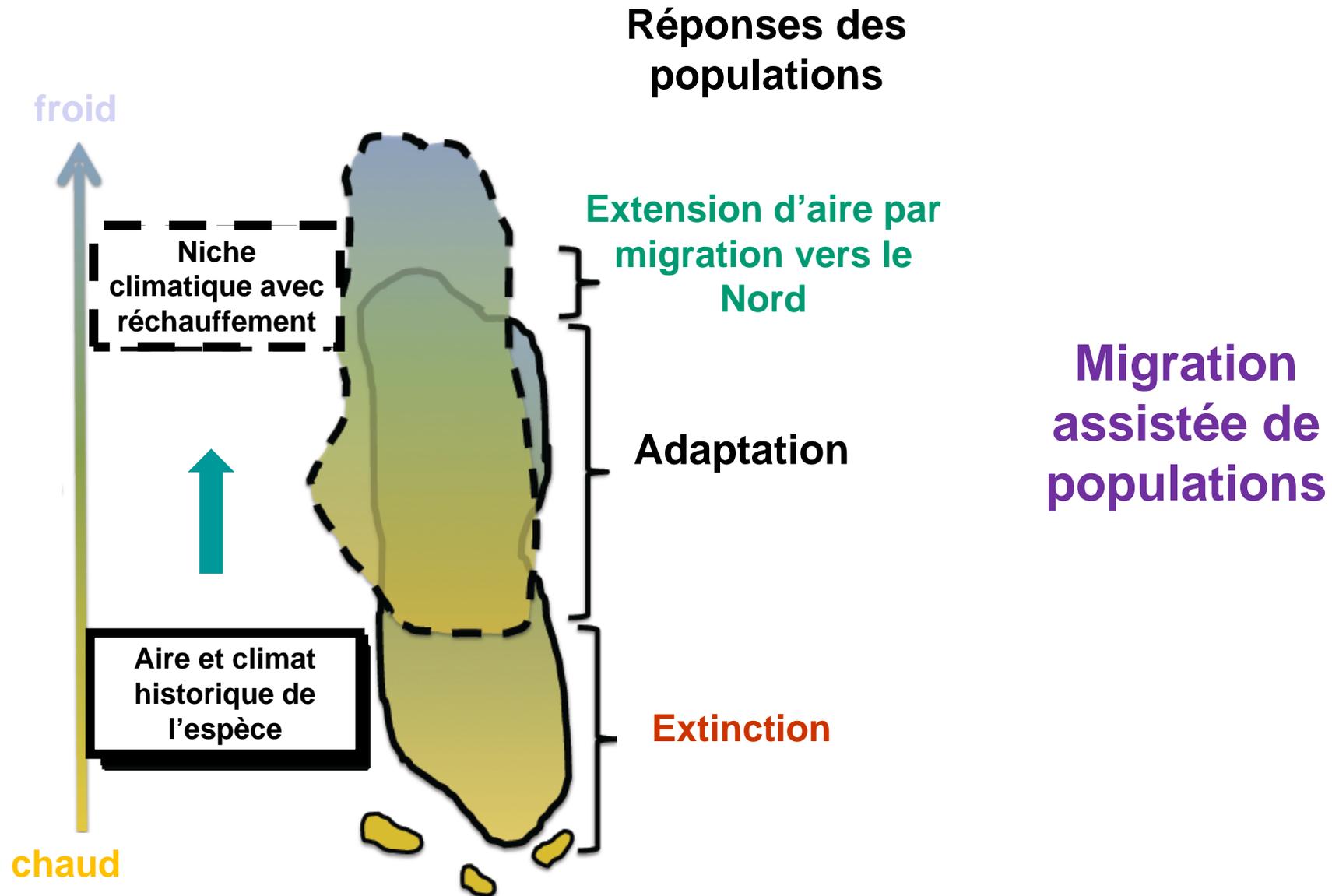


Extension d'aire assistée par plantations



**Exple du
Pin maritime
Pin laricio de Corse
Espèces méditerranéennes**

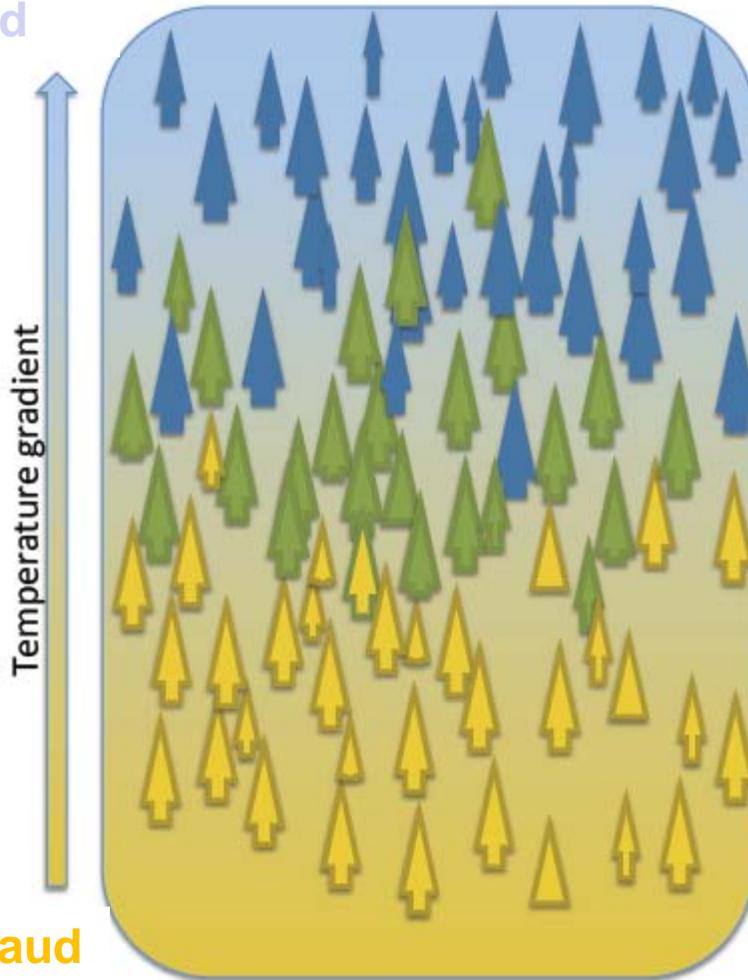
Quelles interventions de gestion possible ?



La migration assistée de populations

Aujourd'hui

froid



chaud

Au sein d'une espèce



Adapté aux t°
froides



Adapté aux t°
modérées



Adapté aux t°
chaudes

La migration assistée de populations

Que planter aujourd'hui ?

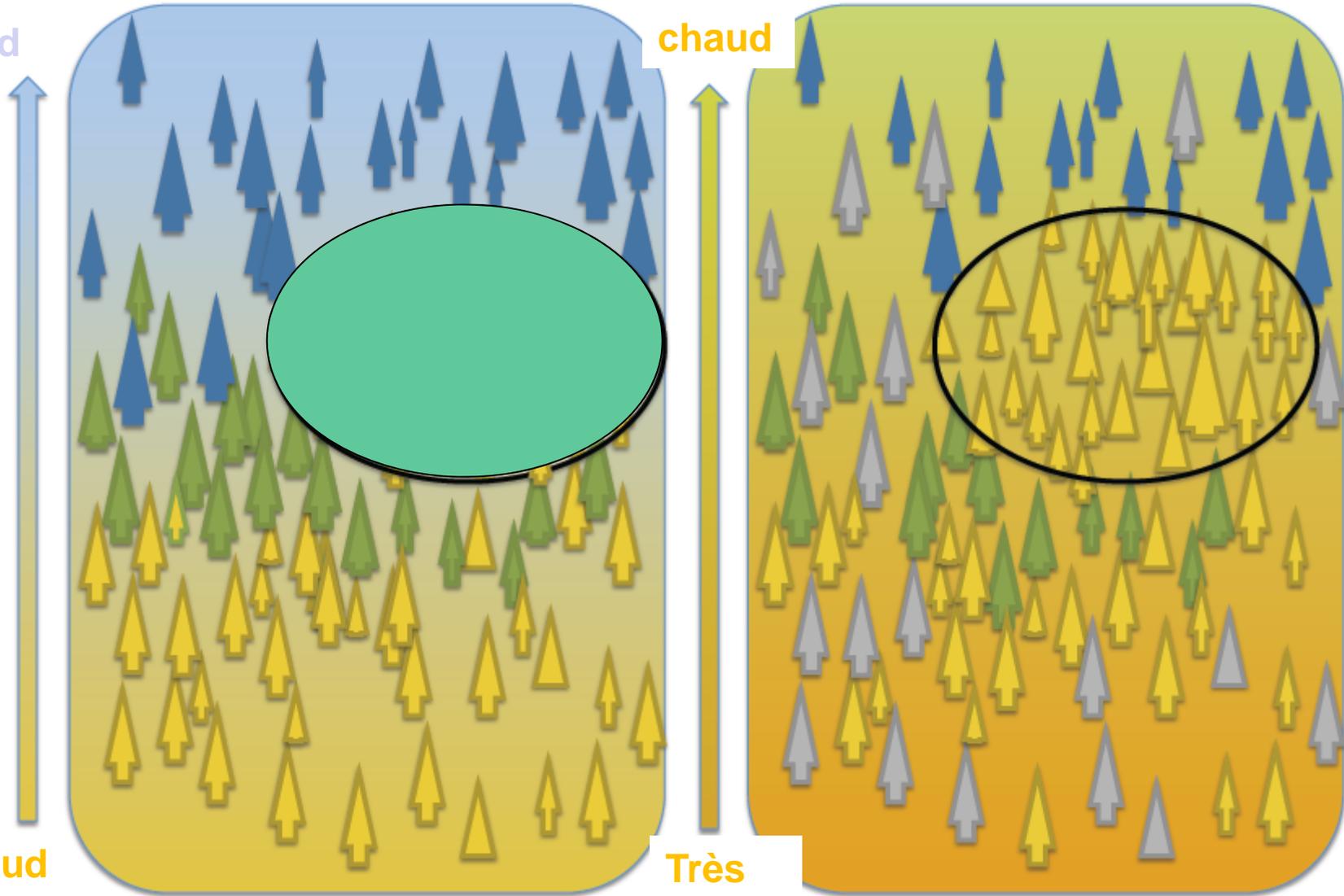
Penser au climat de demain

froid

chaud

chaud

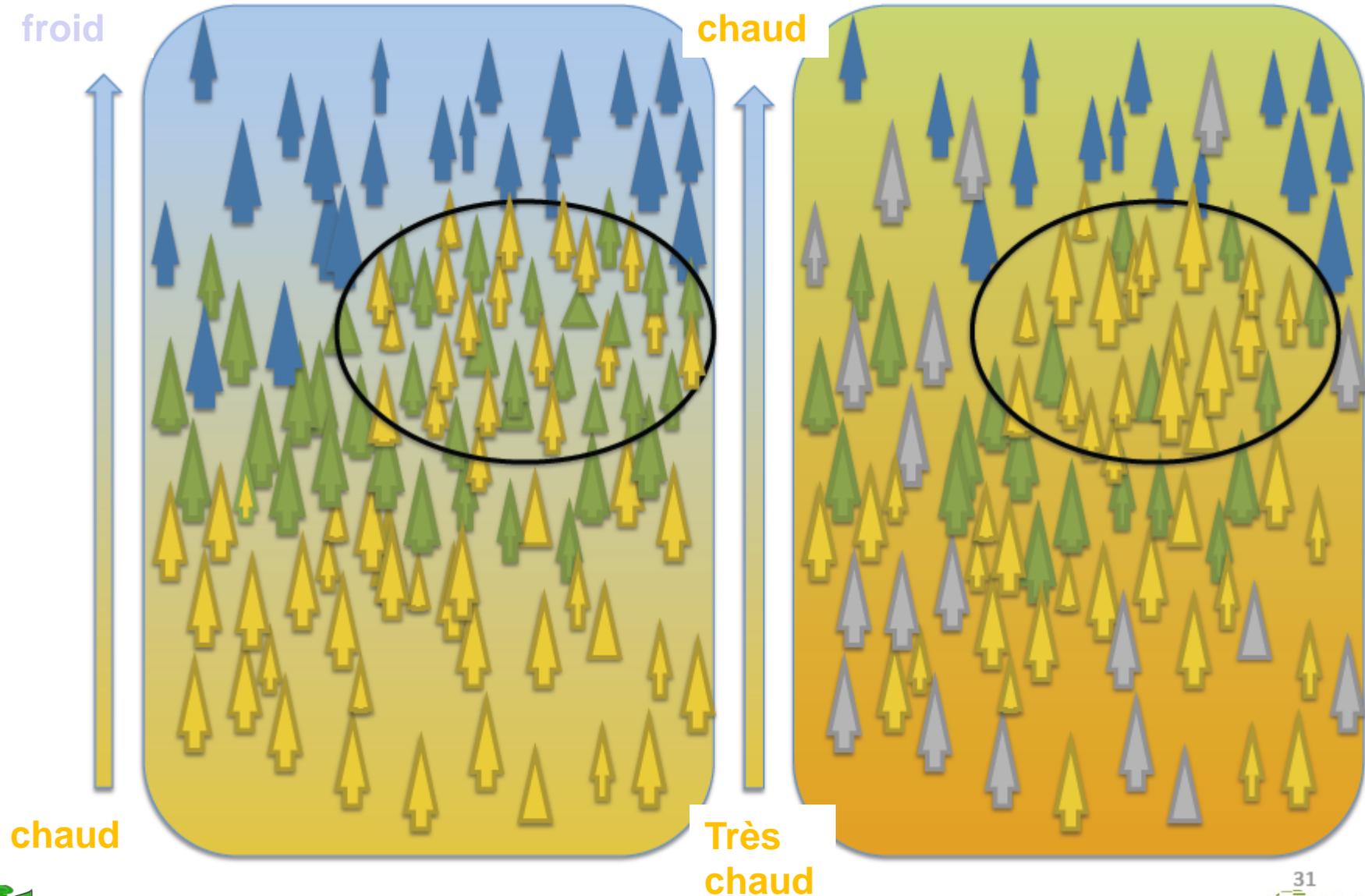
Très
chaud



La migration assistée de populations

Pourquoi ne pas planter un mélange de populations ?

En espérant augmenter la résilience des forêts



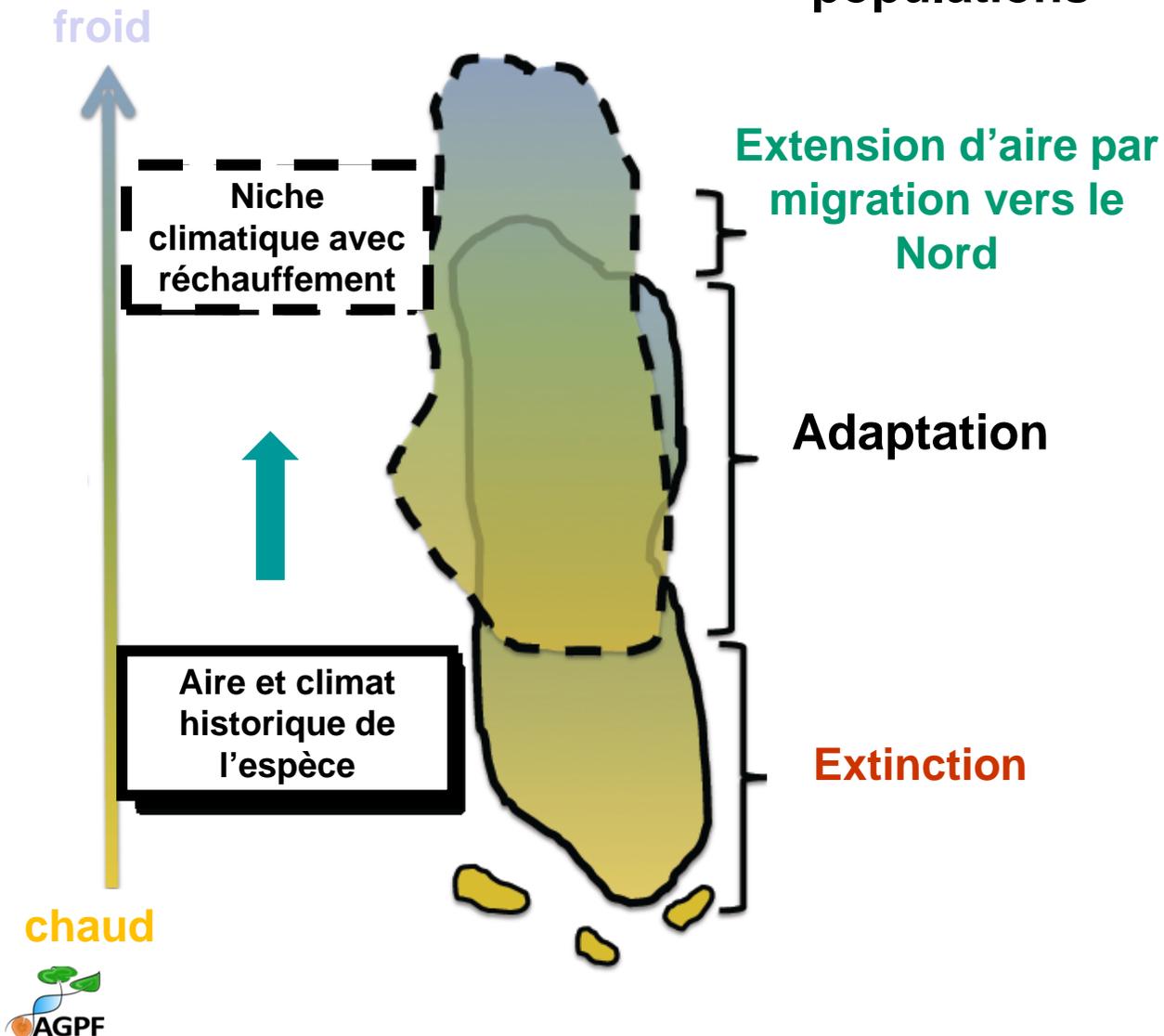
La migration assistée de populations

Déplacer les populations dans un environnement favorable dans les 50 à 100 prochaines années nécessite :

- de préparer des recommandations sur la base de relevés de performances dans les réseaux expérimentaux existants
- d'installer de nouveaux tests dans des environnements plus diversifiés
- de modifier la réglementation en vigueur
- de s'assurer de l'approvisionnement en graines et plants de qualité du matériel installé
- de s'assurer des possibilités de flux de gènes futurs
- d'assurer un suivi à moyen terme des transferts réalisés

Quelles interventions de gestion possible ?

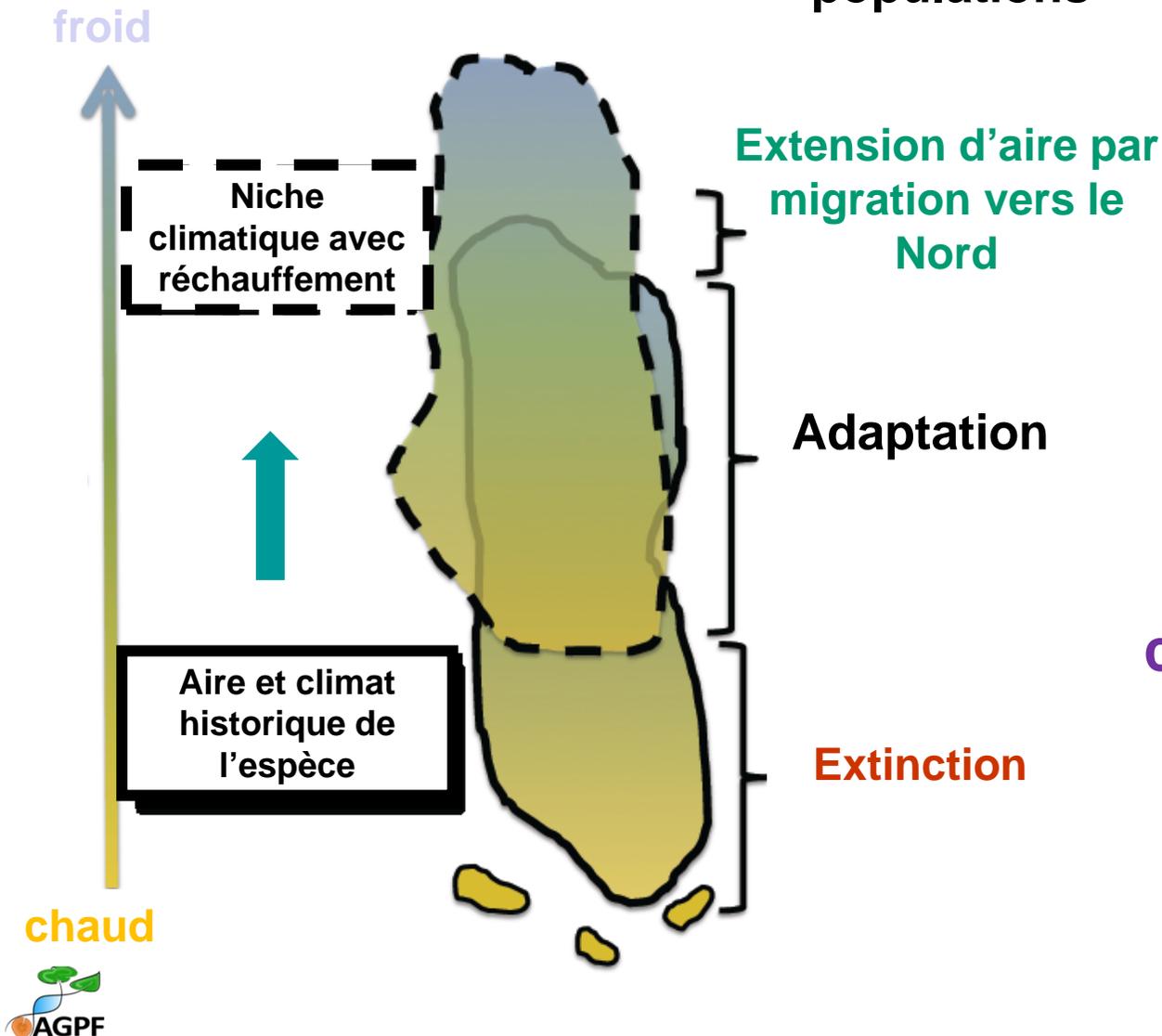
Réponses des populations



Développer de nouvelles variétés améliorées à infuser dans les populations

Quelles interventions de gestion possible ?

Réponses des populations



Actions de conservation *ex-situ*

Maintien de corridors et d'une taille efficace min.

Conclusions

1. Dans leur histoire, les arbres ont subi de manière récurrente des changements environnementaux majeurs
2. Les espèces d'aujourd'hui ont fait preuve de leur capacité de migration et d'adaptation
3. Les arbres ont développé des mécanismes évolutifs qui leur ont permis de s'adapter :
maintien d'une diversité génétique élevée, des flux de gènes importants, plasticité phénotypique

Conclusions

4. Ces mécanismes sont et seront sollicités par les changements climatiques en cours
5. Il n'est pas sûr que ces mécanismes naturels suffisent du fait du rythme accéléré des changements
6. L'homme, par des interventions raisonnées peut faciliter cette adaptation



Merci de votre attention