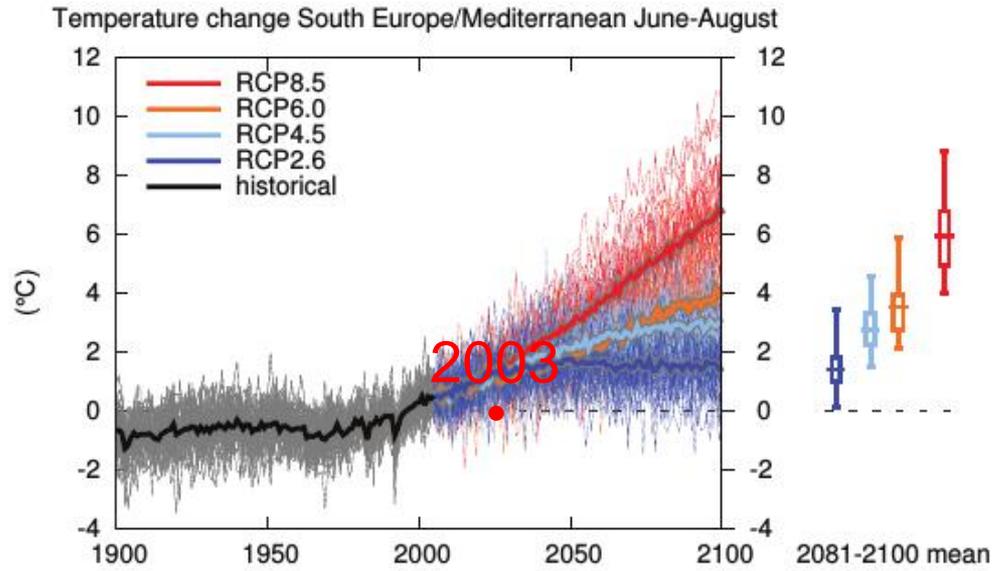


Les processus biologiques de réponse des arbres et forêts au changement climatique : adaptation et plasticité phénotypique

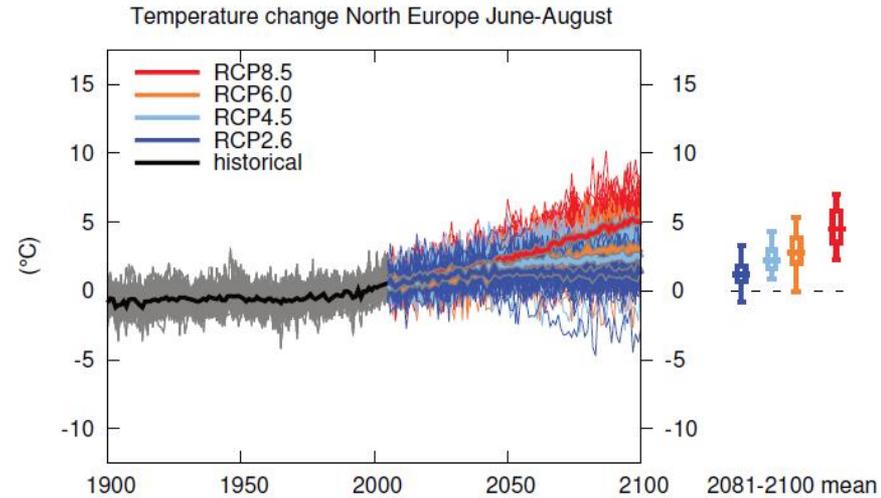
- ▶ B Fady, F Lefèvre, F Jean, H Davi, C Pichot, S Oddou-Muratorio
INRA – URFM, Ecologie des Forêts Méditerranéennes
Avignon, France



Températures estivales

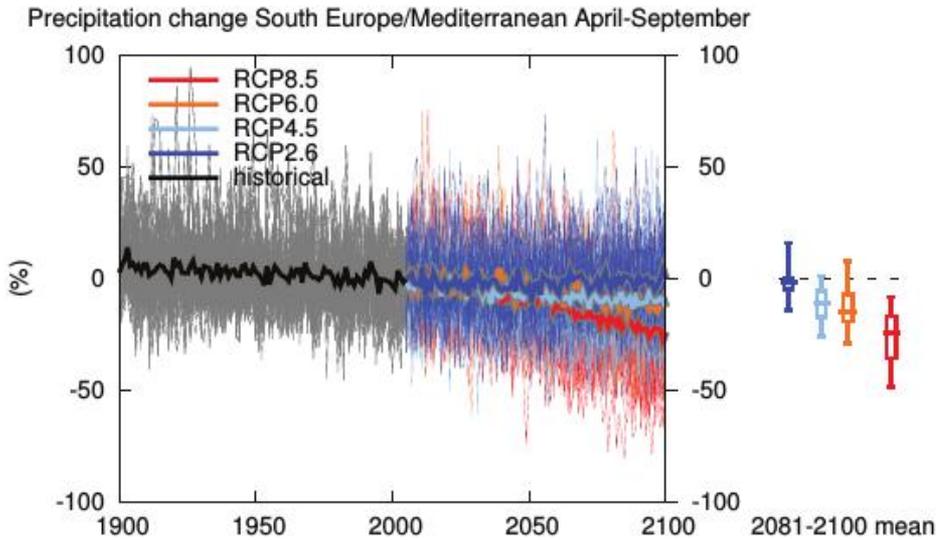


Europe du nord



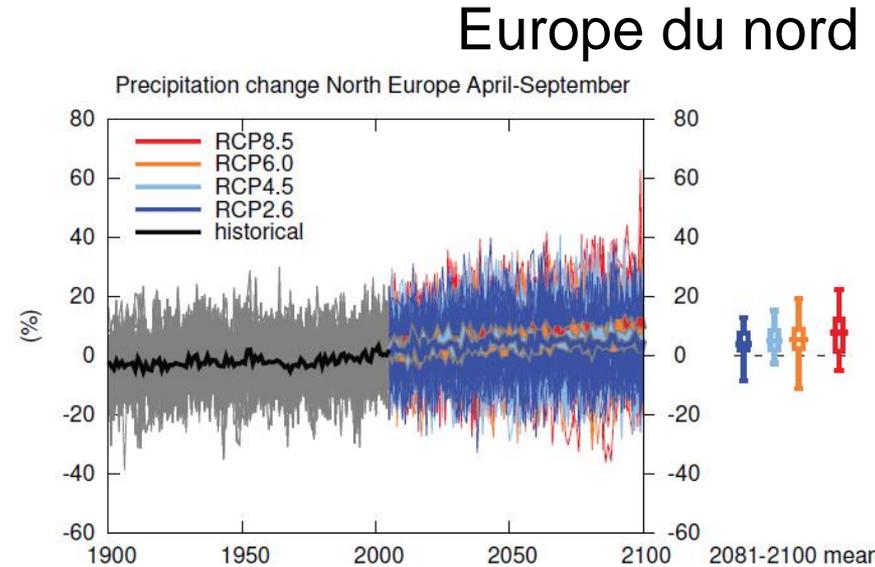
IPCC 2013

Précipitations estivales



Méditerranée :

- Hot-spot de changement
- Augmentation de la sécheresse estivale
- Moyennes et extrêmes
- Modèle et ressources pour d'autres régions



IPCC 2013

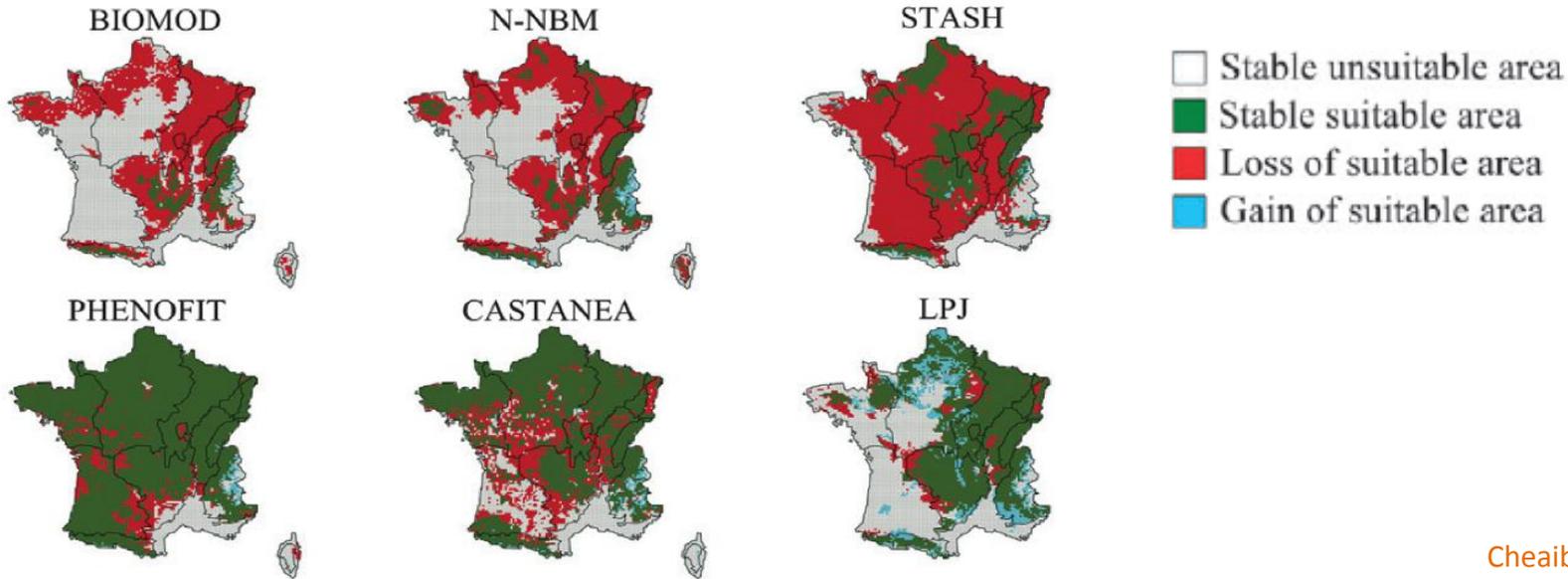
Le futur des forêts méditerranéennes est-il catastrophique ?

Dépérissement dans la sapinière (*Abies alba*) du Mont Ventoux (Vaucluse) après la canicule de 2003



Le futur des forêts méditerranéennes est-il catastrophique ?

Difficulté de prédiction des habitats des espèces : le cas du hêtre

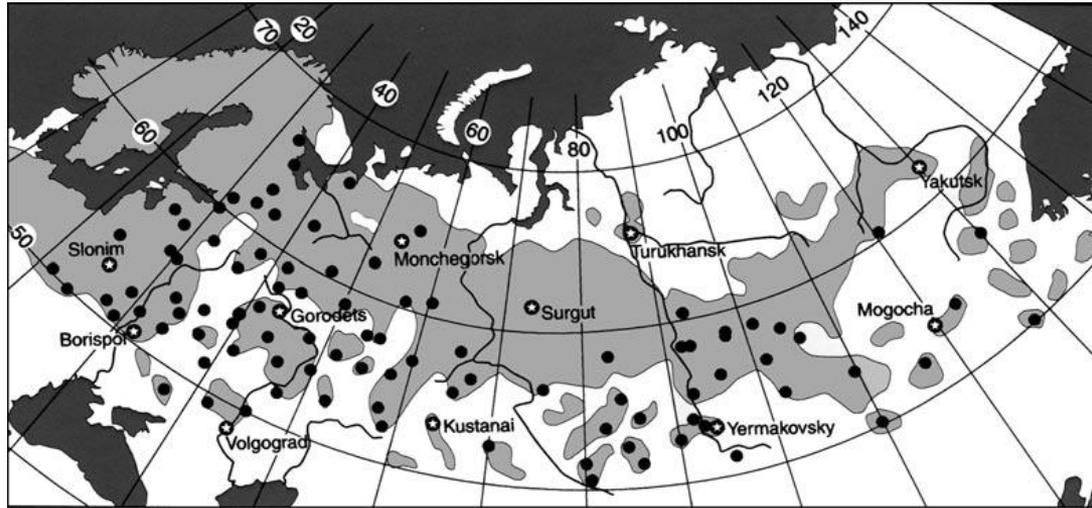


Cheaib et al. (Ecol Let) 2012

Les êtres vivants disposent de trois grandes stratégies pour faire face aux crises écologiques et ne pas être voués à l'extinction

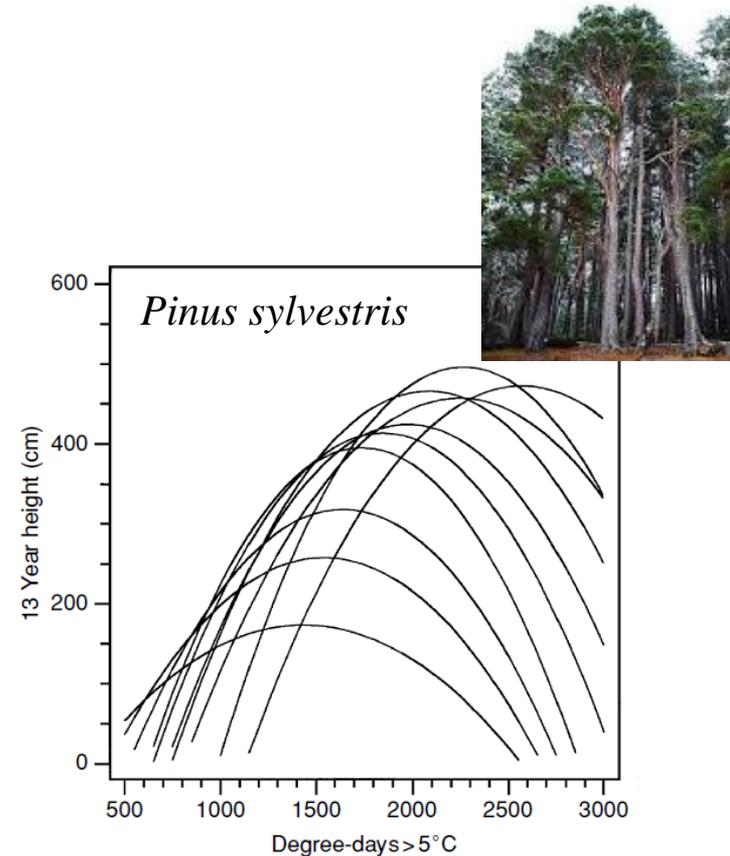
- **La plasticité phénotypique** (acclimatation) : les arbres peuvent survivre et continuer à pousser et se reproduire parce qu'ils ont des exigences écologiques flexibles.
- **l'adaptation au sens génétique** (différentes populations ont différentes propriétés / caractéristiques héritables) + (la génération d'arbres suivante possède des caractères différents, plus efficaces, après sélection naturelle).
- la «fuite» par la **migration** (les graines se dispersent au loin et germent dans des conditions plus favorables ou le pollen s'hybride avec une espèce ou un écotype plus résistant).

La plasticité phénotypique pour faire face aux changements climatiques

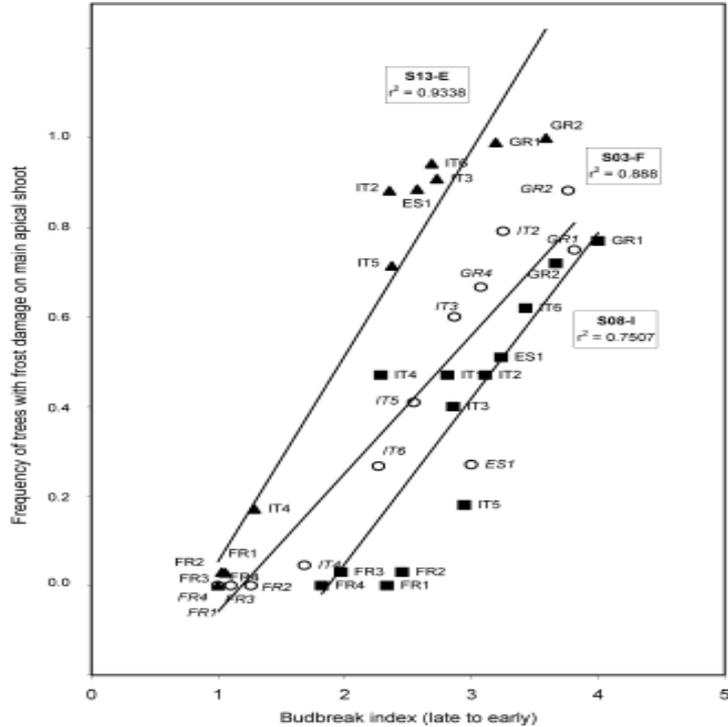


Les plantations comparatives / jardins communs : un outil expérimental remarquable pour mesurer la plasticité phénotypique

Rehfeldt et al. (GCB) 2002



L'adaptation pour faire face au changement climatique : les populations présentent des adaptations génétiques différentes

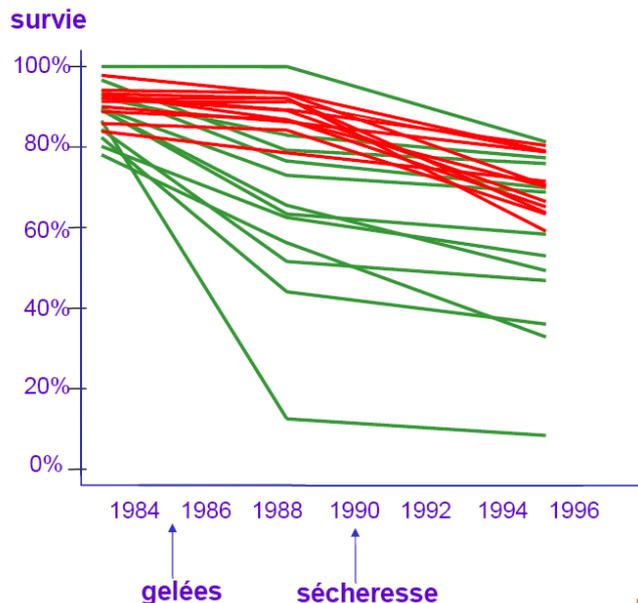


Un lien fort entre l'origine géographique, la date de débourrement et la sensibilité au gel tardif de printemps chez le noyer *Juglans regia* (3 jardins communs en France)

Fady et al. (NeFo) 2003

L'adaptation pour faire face au changement climatique : la diversité intra-spécifique peut être plus large qu'entre espèces différentes

Provenances de *Pinus halepensis* et *Pinus brutia*:
survie en plantation après deux événements climatiques majeurs



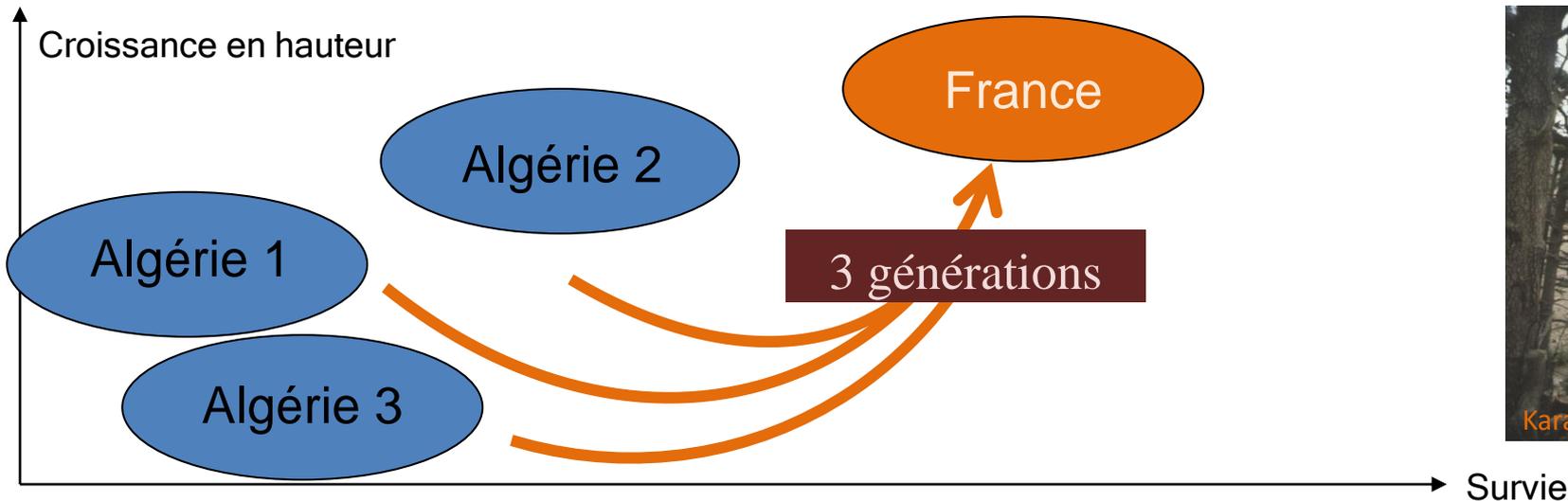
Bariteau (AFS) 1992

Les arbres forestiers ont une diversité génétique particulièrement grande du fait de leur histoire évolutive et de leur système de reproduction



L'adaptation pour faire face au changement climatique

Le cas de l'introduction du cèdre en France au 19^{ème} siècle



Sélection naturelle intense et mélange de gènes :

==> **un mécanisme efficace pour s'adapter à un nouveau milieu, utilisable par le forestier (flux de gènes assisté, renforcement assisté)**

Les arbres peuvent donc rapidement :

- s'acclimater,
- s'adapter,
- (- migrer ...)

... mais dans certaines limites !

Les limites de la plasticité phénotypique pour faire face aux changements climatiques

Dépérissements (*Abies alba* surtout) dans le Ventoux après la canicule de 2003



L'origine locale n'est pas forcément la meilleure, notamment quand le climat change

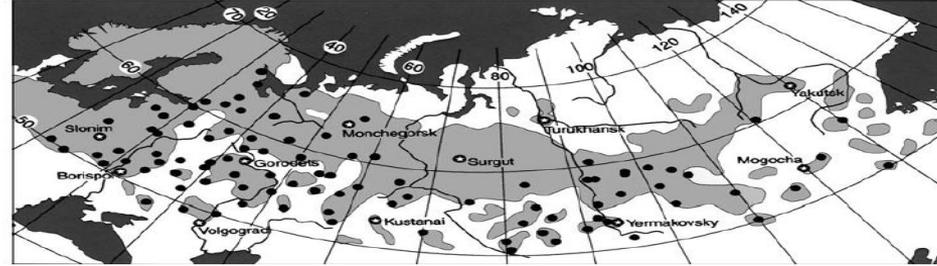
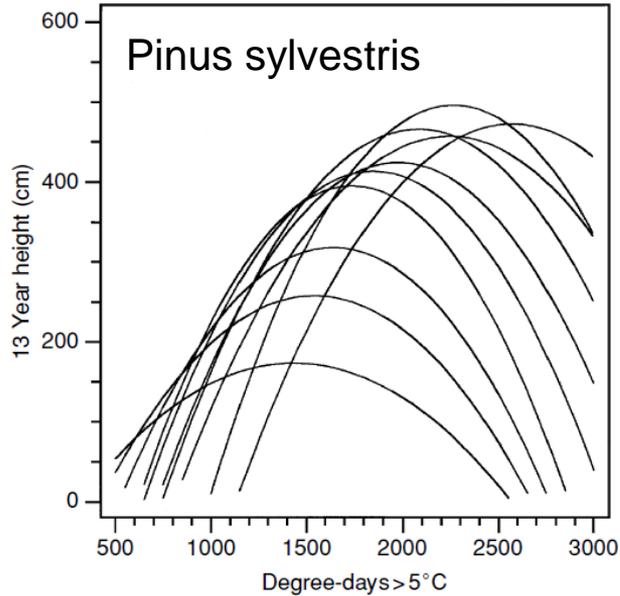
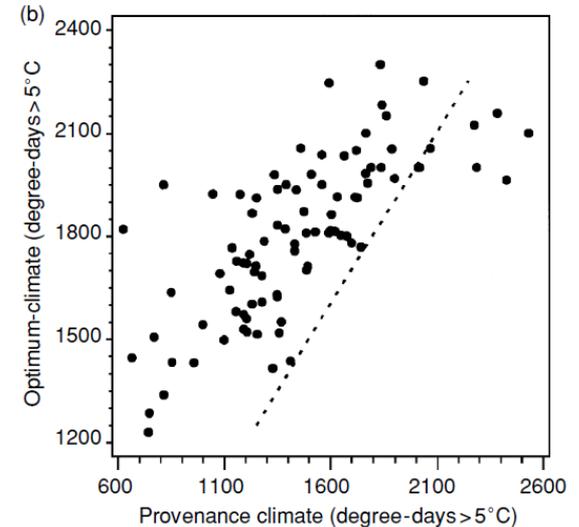


Fig. 1 Distribution (shading) of *P. sylvestris* (after Critchfield & Little, 1966) and location of populations (dots) sampled. Locations that are named are used throughout the paper to illustrate geographical effects.



Rehfeldt et al.
(GCB) 2002



Les limites de l'adaptation pour faire face aux changements climatiques : une question de vitesse

S'adapter à un habitat qui sera 300 m /km plus haut / loin

Croissance en hauteur

Algérie 1

Algérie 2

Algérie 3

France

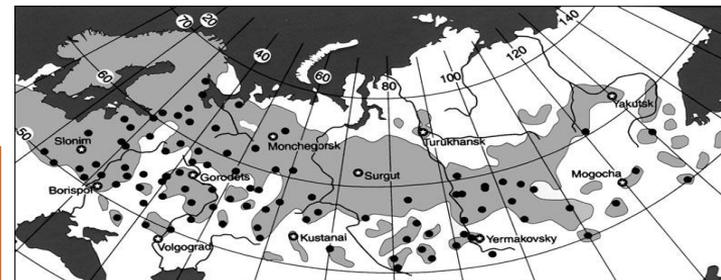
3 générations

Cedrus atlantica :
120 à 150 ans pour
s'adapter à un
nouvel habitat.

Karam et al. (in prep)

Pinus sylvestris : plus de 12 générations (> 600 ans) pour s'adapter
au climat de 2090

Rehfeldt et al. (GCB) 2002)

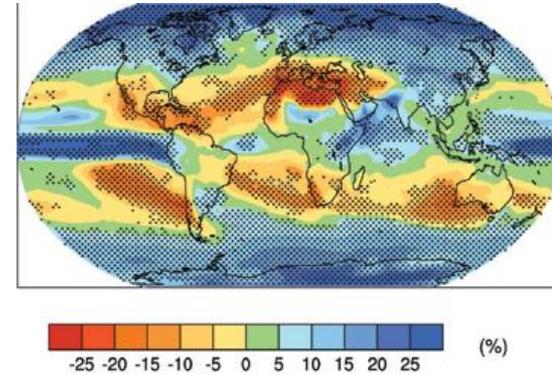
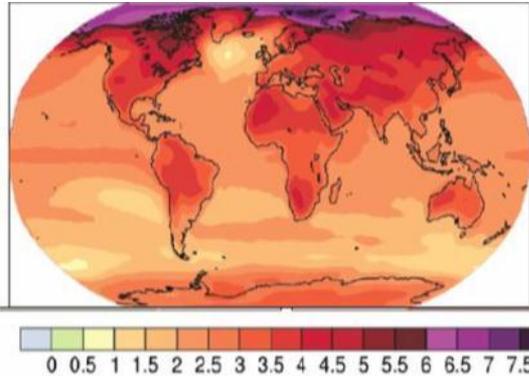


INRA
SCIENCE & IMPACT



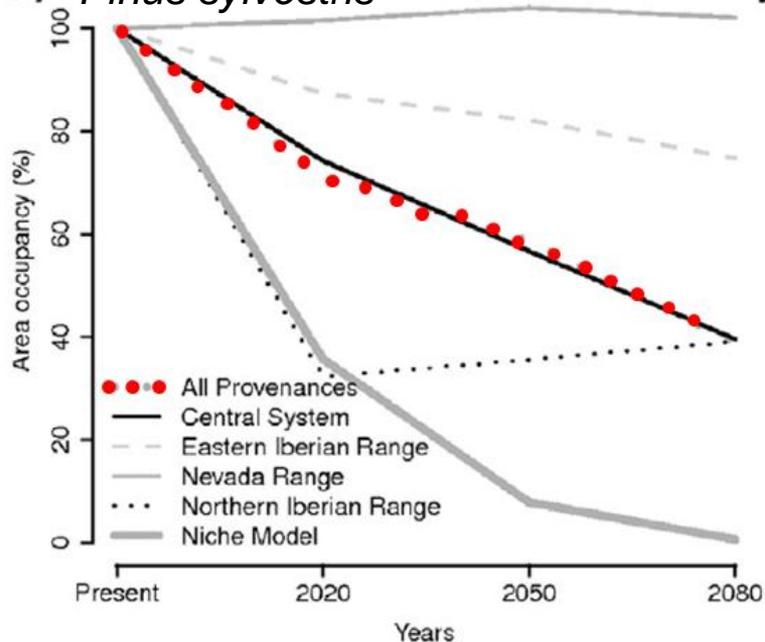
Que faire?

Des recherches sur les processus biologiques pour réfléchir à des pratiques de gestion plus « adaptatives » pour conserver et utiliser durablement les forêts et les ressources génétiques forestières

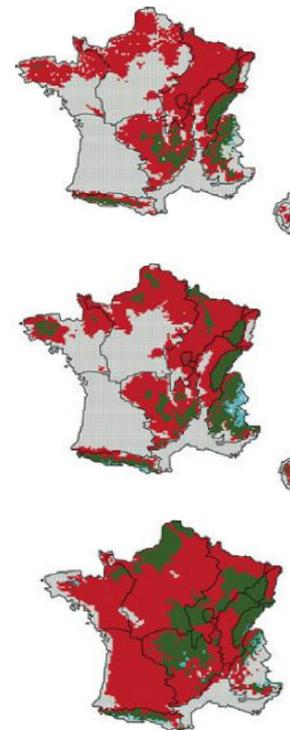
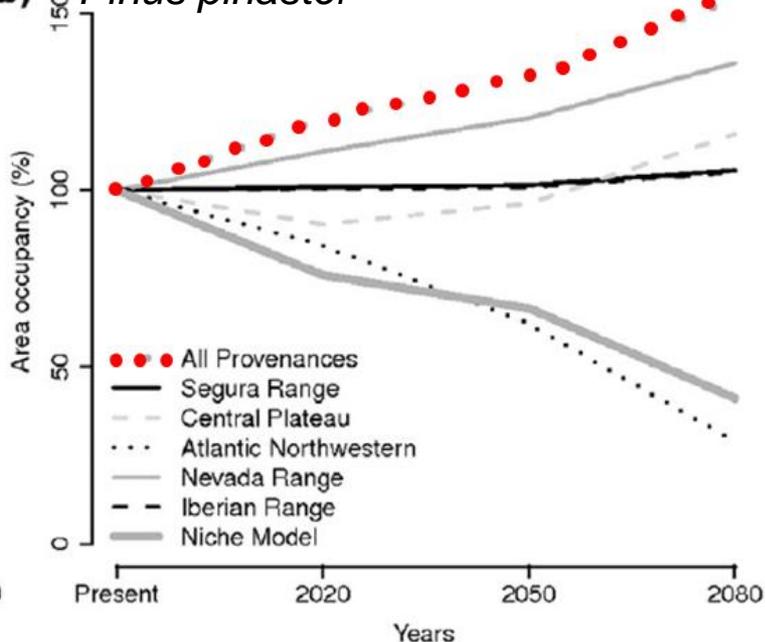


Prendre en compte la diversité génétique dans l'élaboration de scénarios

a) *Pinus sylvestris*



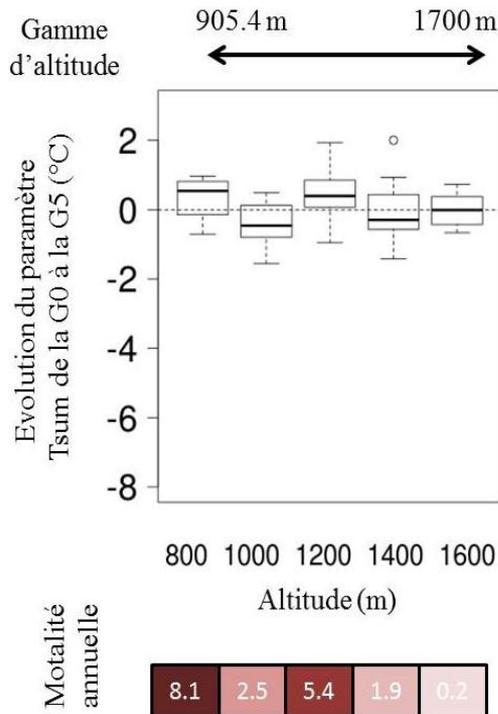
b) *Pinus pinaster*



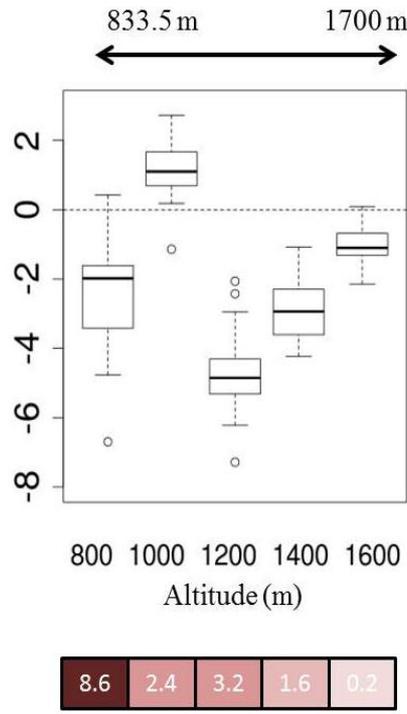
Benito-Garzón et al. (GEB) 2011

Modéliser pour simuler la capacité à s'adapter : le modèle PDG

A- Scénario neutre sans évolution



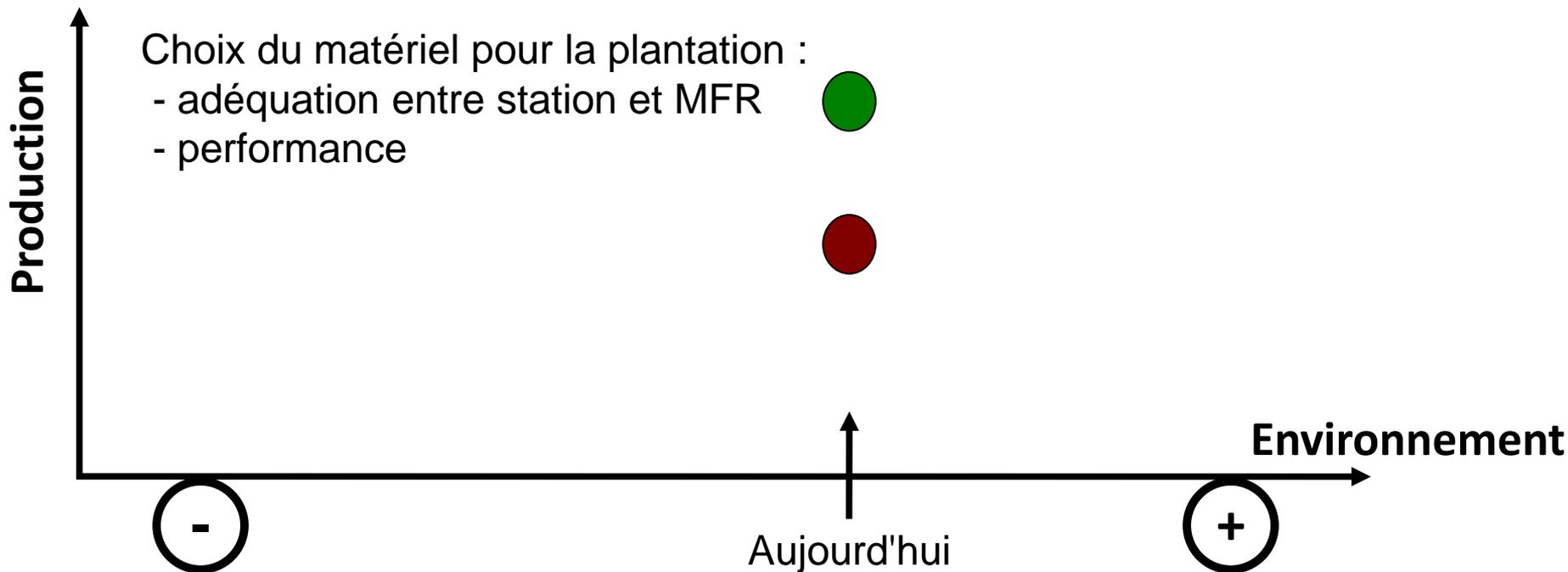
B- Scénario avec évolution génétique



Evolution génétique sur cinq générations d'un caractère déterminant la date de débourrement entre des populations situées à cinq niveaux altitudinaux le long d'un gradient altitudinal.

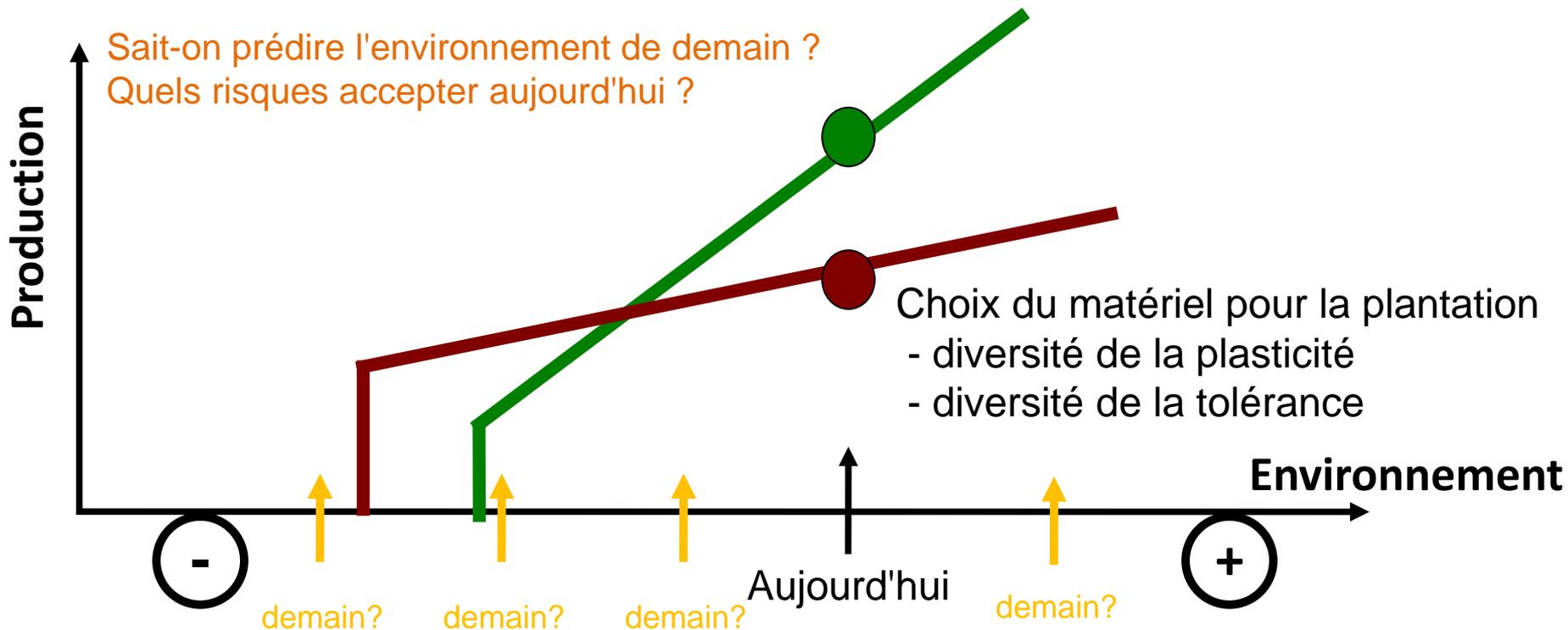
Oddou-Muratorio et Davi (Evol Applic) 2014

Utiliser en plantation des ressources adaptées pour aujourd'hui



Lefèvre (RFF) 2012

Utiliser en plantation des ressources adaptées pour demain : plasticité



Lefèvre (RFF) 2012

Adaptation et plasticité phénotypique : les enjeux scientifiques

- **Comprendre** les processus biologiques : adaptation et plasticité phénotypique (lien génotype – phénotype, comprendre les variations de l'environnement à diverses échelles, ...)
- Dédier des espaces à **l'expérimentation**. Partager les **données d'observation**. Assurer la **traçabilité** des mouvements et utilisation des MFR.

Adaptation et plasticité phénotypique : les enjeux de gestion

- Prendre en compte les changements climatiques dans la gestion des forêts. C'est un enjeu majeur notamment dans le sud de la France.
- Considérer les incertitudes et les extrêmes. La diversité intra-spécifique est une des solutions.
- Gestion des risques et anticipation : vision à court (plasticité) et long (diversité) termes.
- Préserver la diversité tout en favorisant l'adaptation
- Conserver les ressources génétiques forestières

Adaptation et plasticité phénotypique : les enjeux de gestion

- Gérer pour **augmenter la diversité** (le local n'est pas toujours le meilleur).
- Laisser place à la **sélection naturelle** tout en favorisant le brassage génétique (flux de gènes **naturels ou assistés** à l'échelle locale ou globale)
- Préserver et utiliser les **populations marginales** : sélection naturelle dans des conditions « extrêmes ».

Préserver la diversité tout en favorisant l'adaptation pour favoriser la résilience et résistance des forêts au changement climatique



Pinus nigra salzmannii dans les Gorges du Tarn