



**HAL**  
open science

# Gestion des ressources génétiques forestières dans le contexte du changement climatique

Francois Lefèvre

► **To cite this version:**

Francois Lefèvre. Gestion des ressources génétiques forestières dans le contexte du changement climatique. 2008, 60 p. hal-02811682

**HAL Id: hal-02811682**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02811682>**

Submitted on 6 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.

# Gestion des ressources génétiques forestières dans le contexte du changement climatique.

François Lefèvre,  
INRA, Ecologie des Forêts Méditerranéennes, Avignon  
Commission nationale RGF



# Plan de l'exposé

1 enjeux, contexte historique

2 spécificités biologiques des arbres forestiers

3 de la biologie des populations à la gestion des RGF

4 prise en compte du changement climatique

5 réseaux de conservation des RGF en France et en Europe

6 orientations actuelles de la recherche



# Gestion des ressources génétiques

- **1 objectif général:**
- préserver le potentiel d'adaptation des espèces ou des populations sur le long terme
  - pour nos besoins futurs, voire de nouvelles utilisations
  - pour la santé des écosystèmes liés à la forêt dans le contexte du changement global

# Gestion des ressources génétiques

- **1 objectif général:**
- préserver le potentiel d'adaptation des espèces ou des populations sur le long terme
  - pour nos besoins futurs, voire de nouvelles utilisations
  - pour la santé des écosystèmes liés à la forêt dans le contexte du changement global
- **3 voies complémentaires**
  - pratiques de gestion durable des forêts
  - réseaux d'espaces protégés
  - réseaux spécifiques de conservation in situ ou ex situ

# Des engagements nationaux et internationaux convergents

## **1. Conservation des ressources génétiques dans le cadre de la gestion durable des forêts**

- Initiative scientifique 1985
- Commission nationale 1989
  
- Conférence Ministérielle pour la Protection des Forêts en Europe (32 pays) 1990
- Programme EUFORGEN 1993

# Des engagements nationaux et internationaux convergents

## 2. Conservation de la biodiversité

- Convention sur la Diversité Biologique Rio 1992
- Stratégie pan-européenne pour la biodiversité
- Stratégie nationale pour la biodiversité
  - programme biodiversité forestière = politique forestière
  - + plan d'action forestier national + plan d'action forêt tropicale

# Des enjeux majeurs

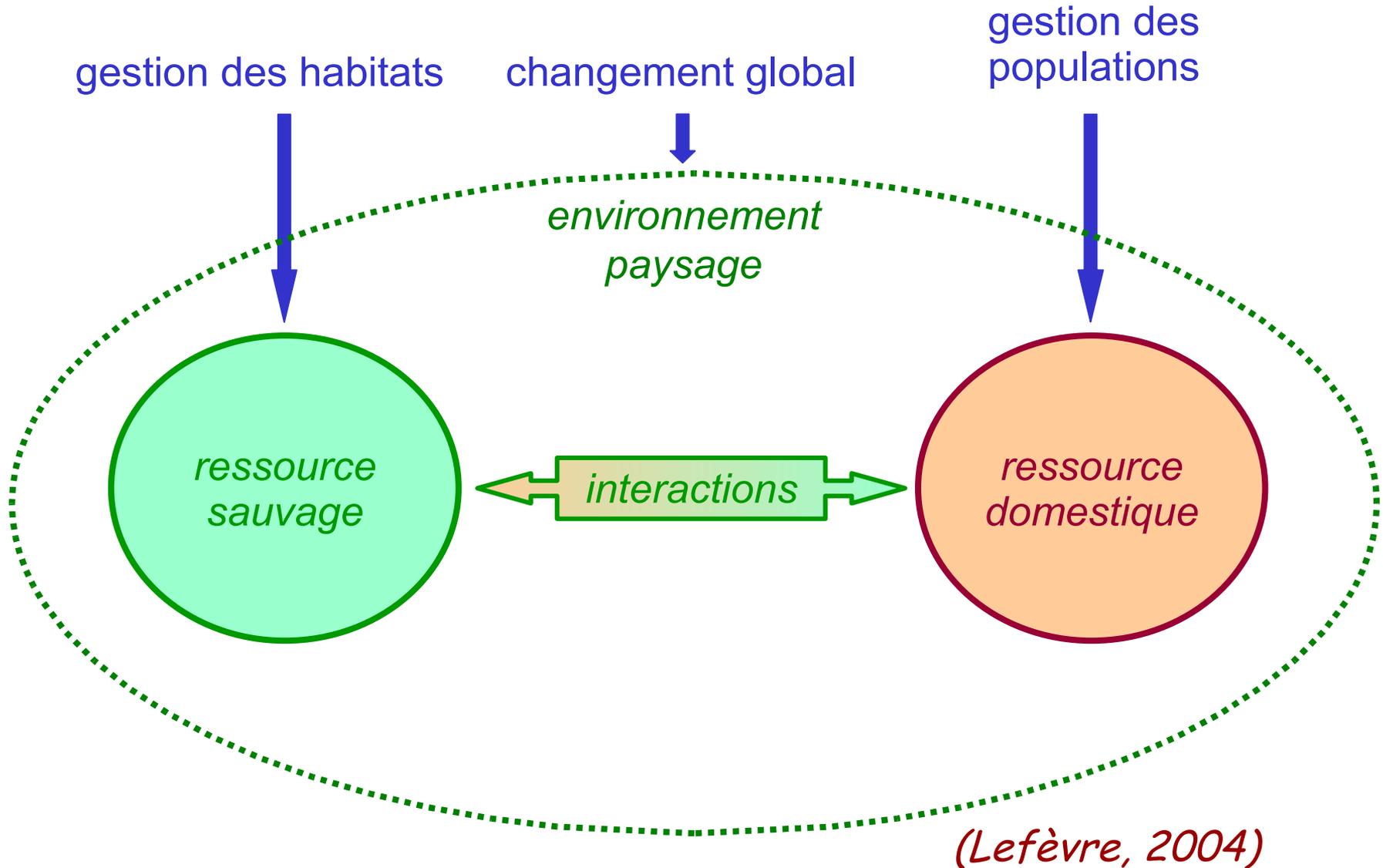
- **La gestion durable des forêts**

Mêmes questions aux différentes échelles nationales, européenne, mondiale ?

- **Le nouveau contexte du changement climatique**

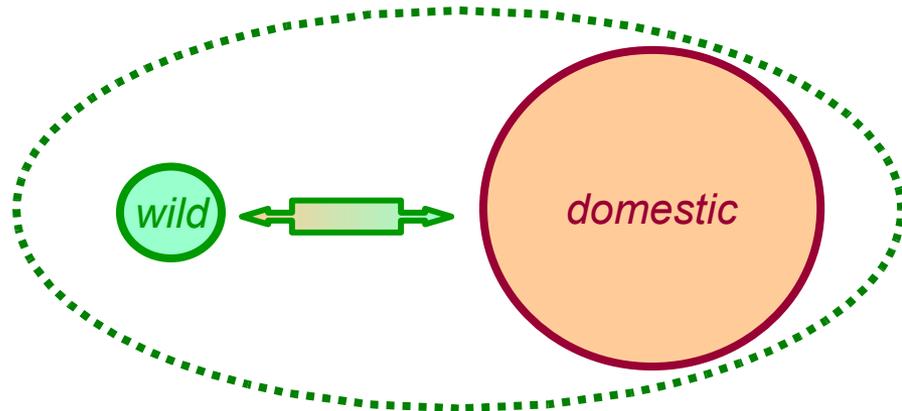
Nouveaux objectifs, nouveaux concepts, nouvelles stratégies pour les RGF?

# Un modèle général pour les ressources génétiques...

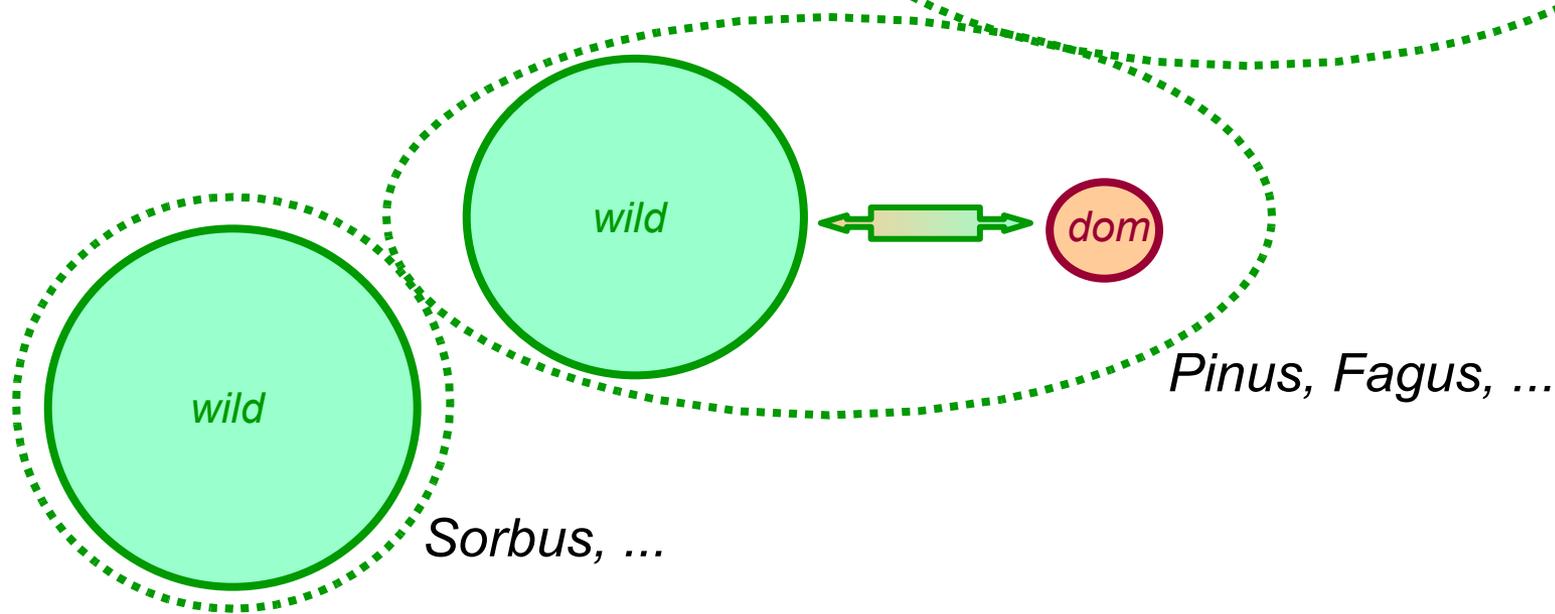
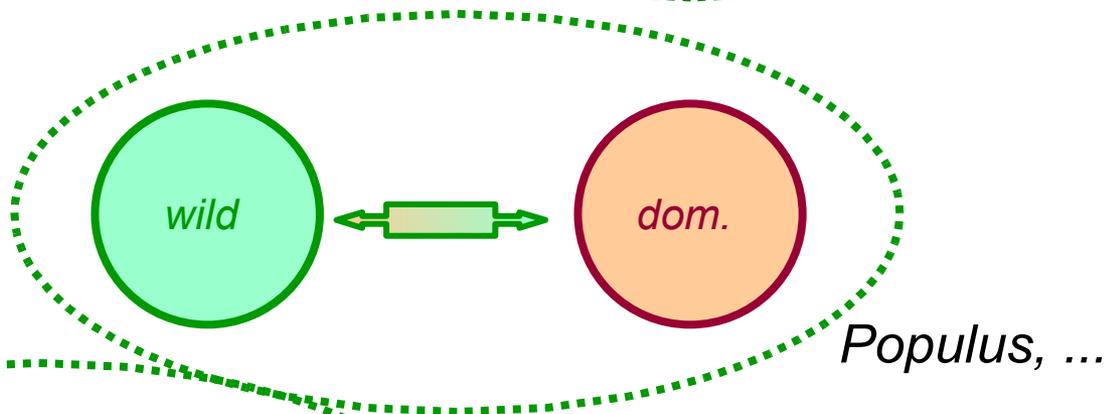


des situations diverses...

grandes cultures



ressources forestières





## Plan de l'exposé

1 enjeux, contexte historique

2 spécificités biologiques des arbres forestiers

3 de la biologie des populations à la gestion des RGF

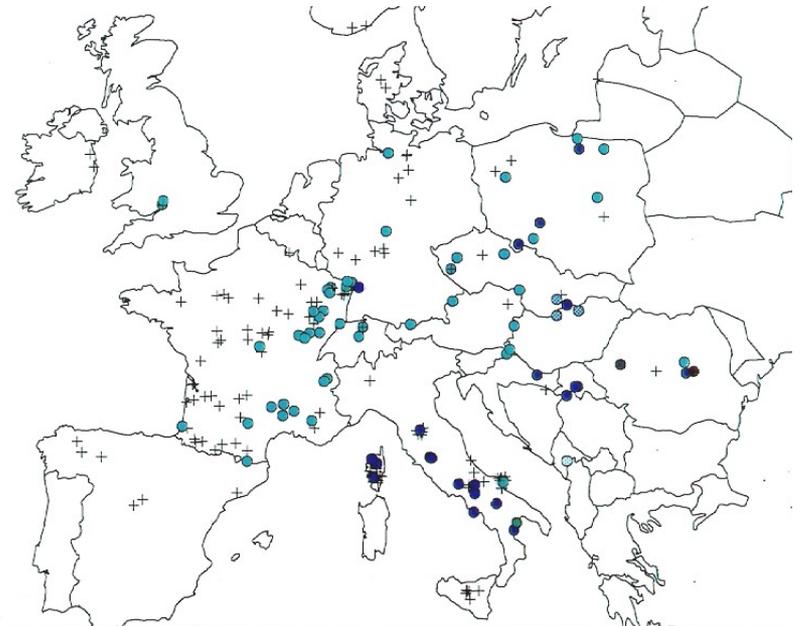
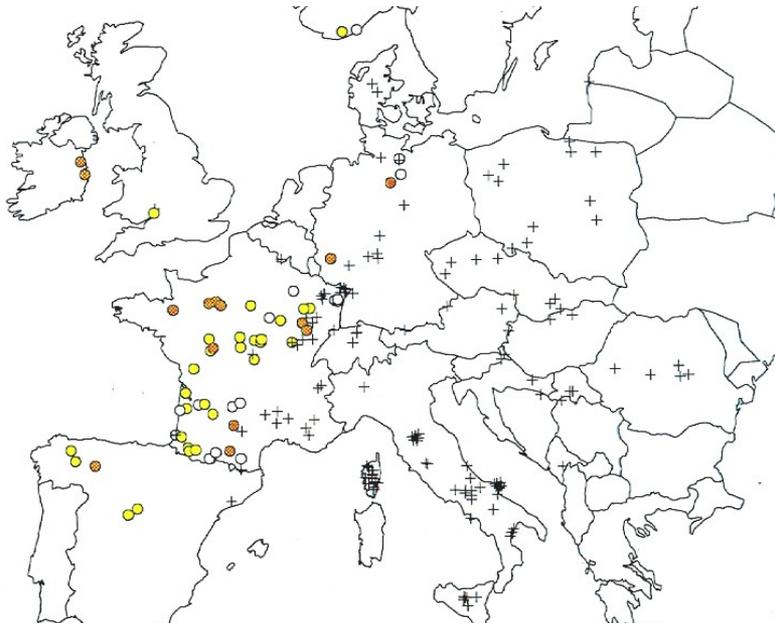
4 prise en compte du changement climatique

5 réseaux de conservation des RGF en France et en Europe

6 orientations actuelles de la recherche



# Une histoire récente



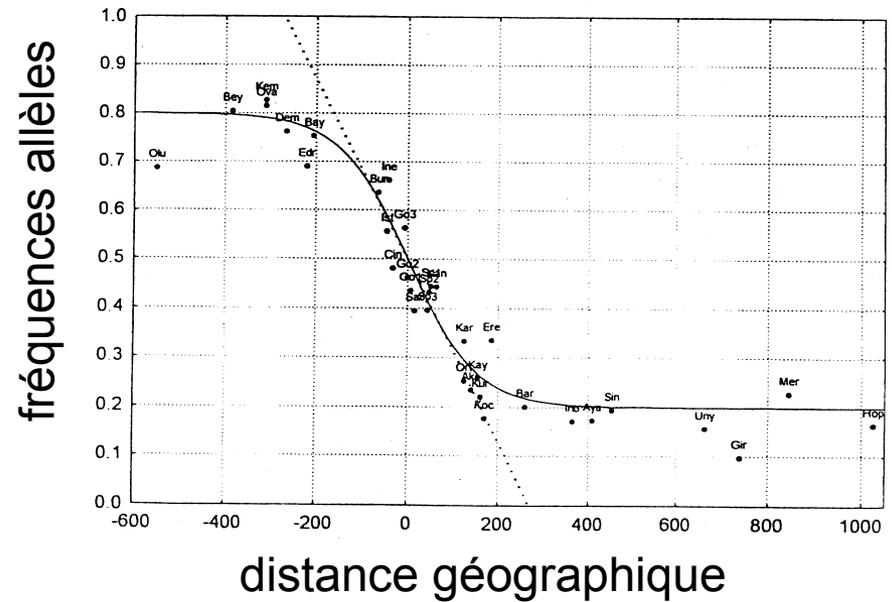
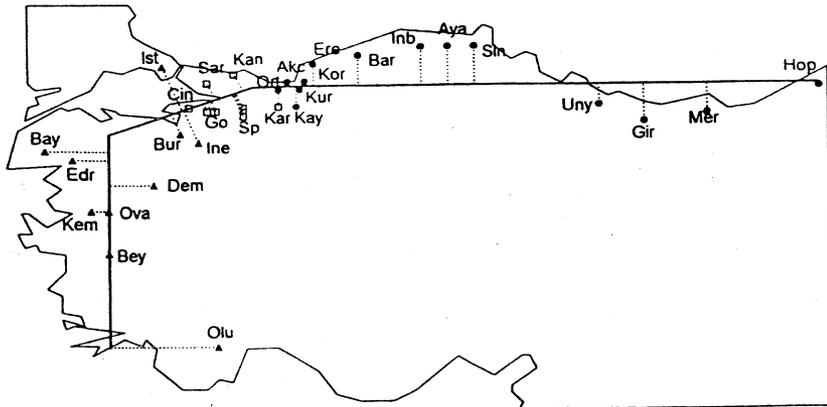
Lignées chloroplastiques chez les chênes

*(Démasure, 1996)*

*La trace des voies de recolonisation est encore visible sur la diversité actuelle*

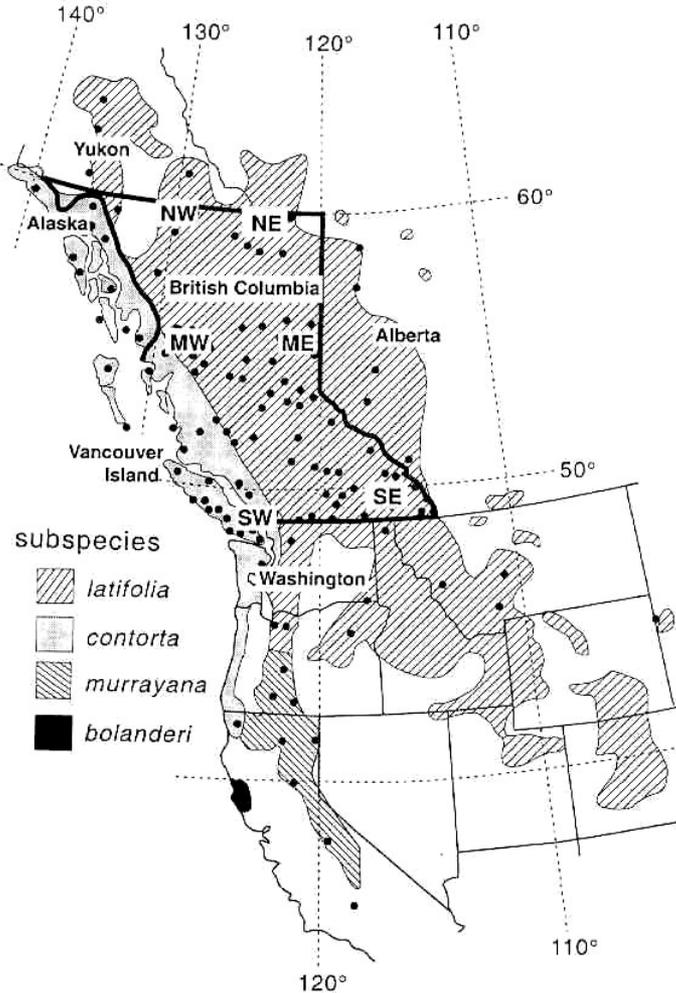
# Une histoire récente (nb générations): ex. re-colonisation

Les effets de l'histoire de la recolonisation sont visibles sur l'organisation de la diversité actuelle

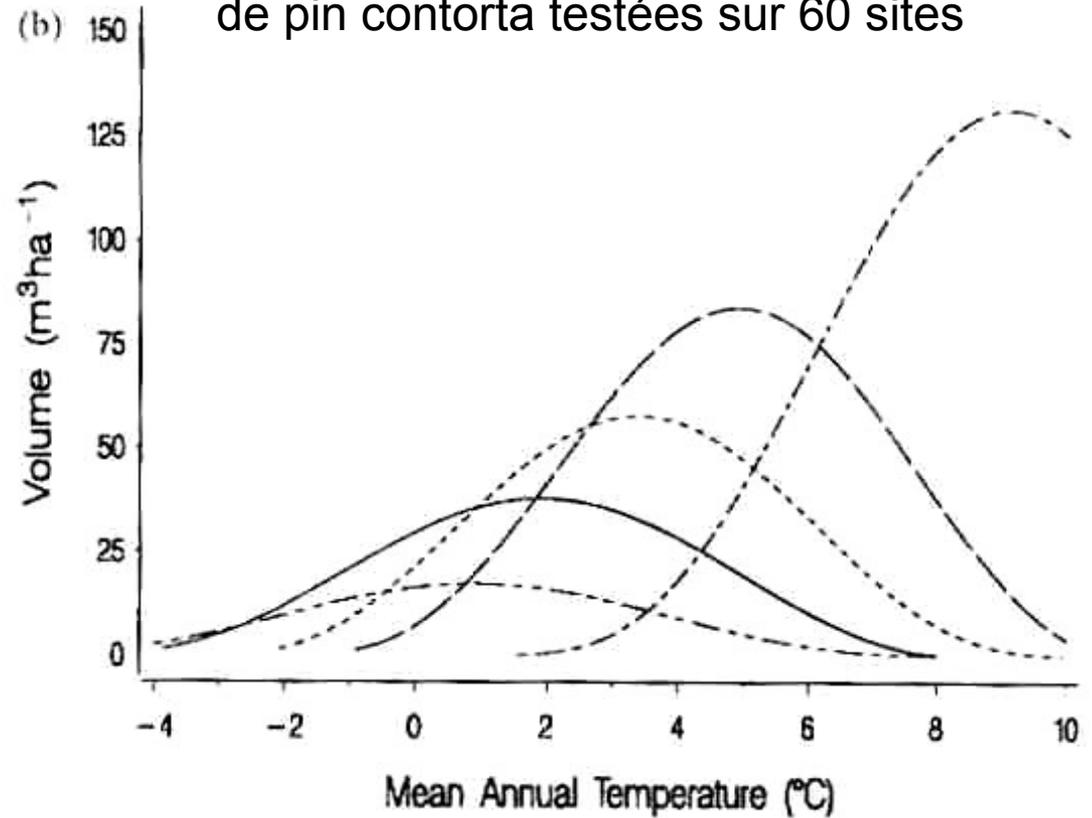


*Villani et al., (1999)*

# Des adaptations locales marquées : clines adaptatifs



fonction de réponse de 142 populations de pin contorta testées sur 60 sites

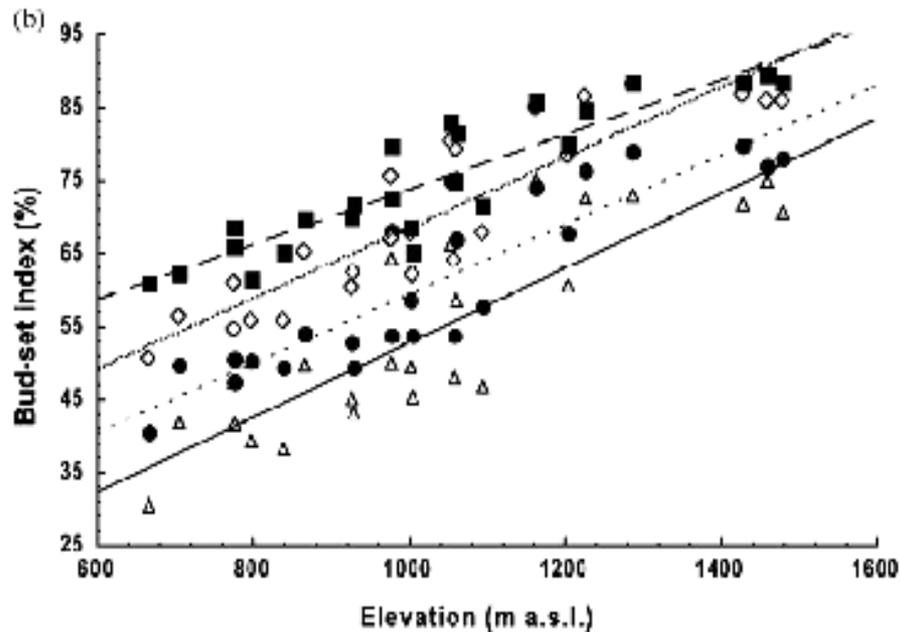


(Rehfeldt et al, 2001)

# Des adaptations locales marquées : clines adaptatifs

sur caractères adaptatifs

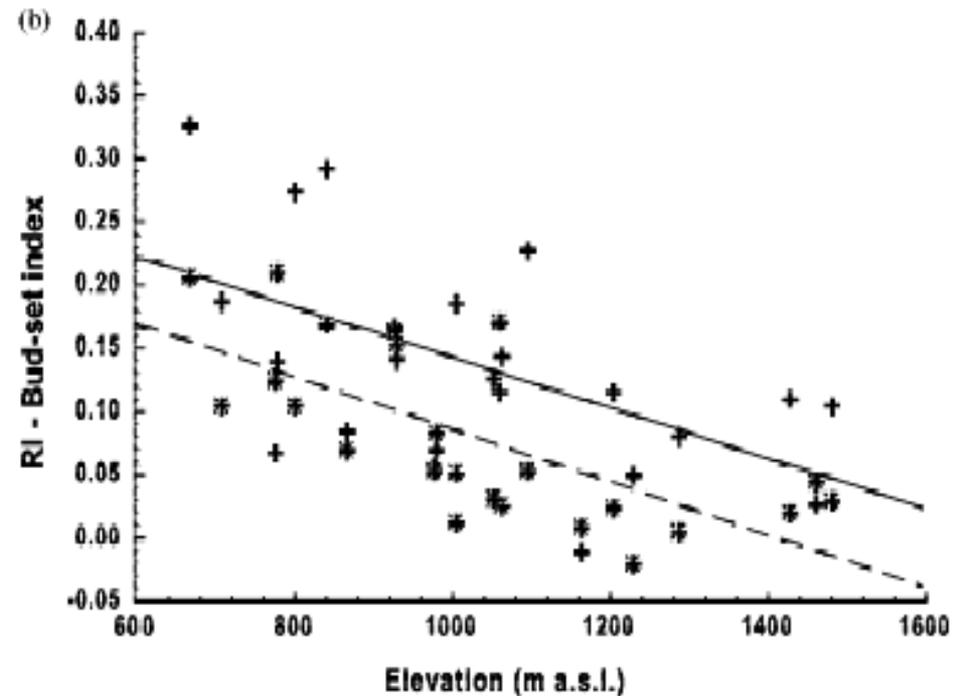
% fermeture des bourgeons



T<sub>1</sub> : 18/12 normal    ▲  
T<sub>2</sub> : 18/12 stress    ●  
T<sub>3</sub> : 24/18 normal    ◇  
T<sub>4</sub> : 24/18 stress    ■

sur la plasticité

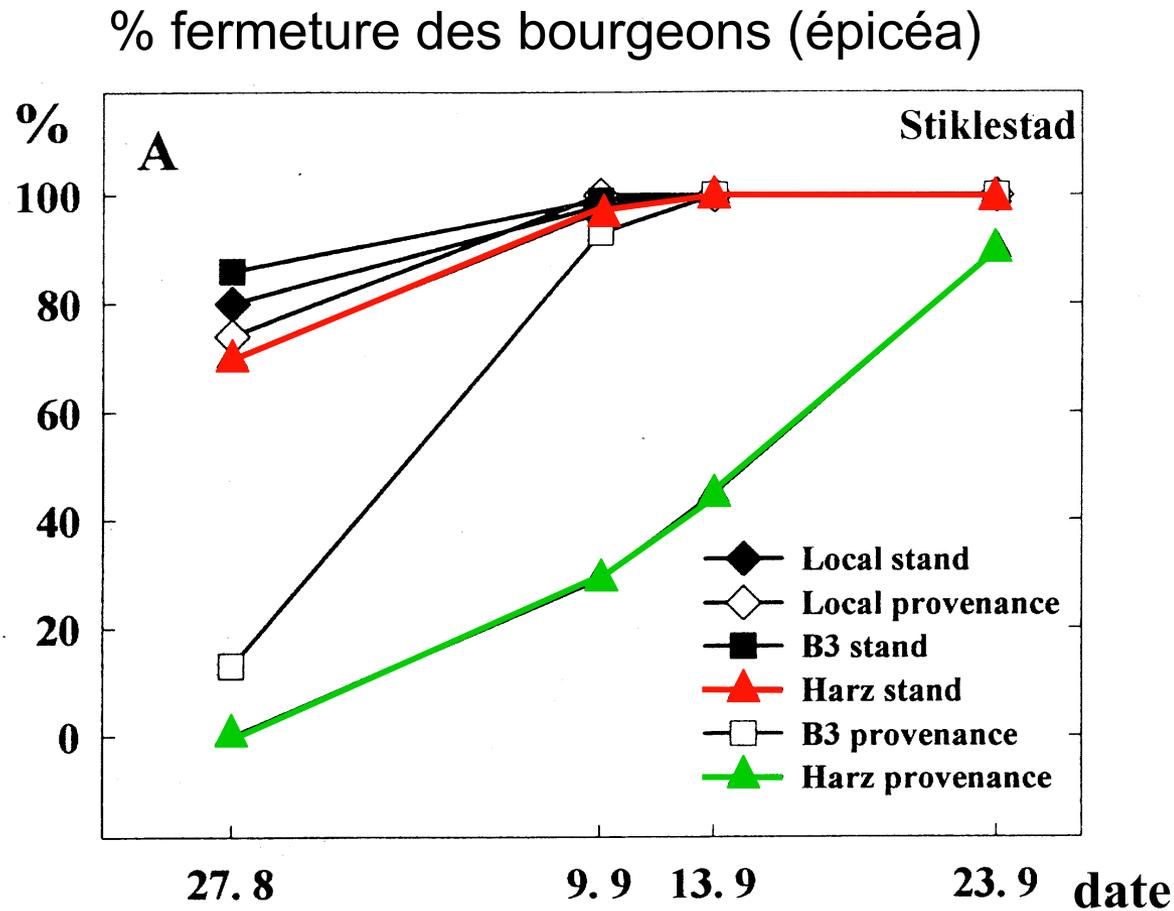
réponse au stress (%)



18/12    +    24/18    \*

*(Modrzyński & Eriksson, 2002)*

# Des évolutions adaptatives rapides sont possibles



*(Skroppa & Kohman, 1997)*

# les arbres ont gardé une diversité génétique importante

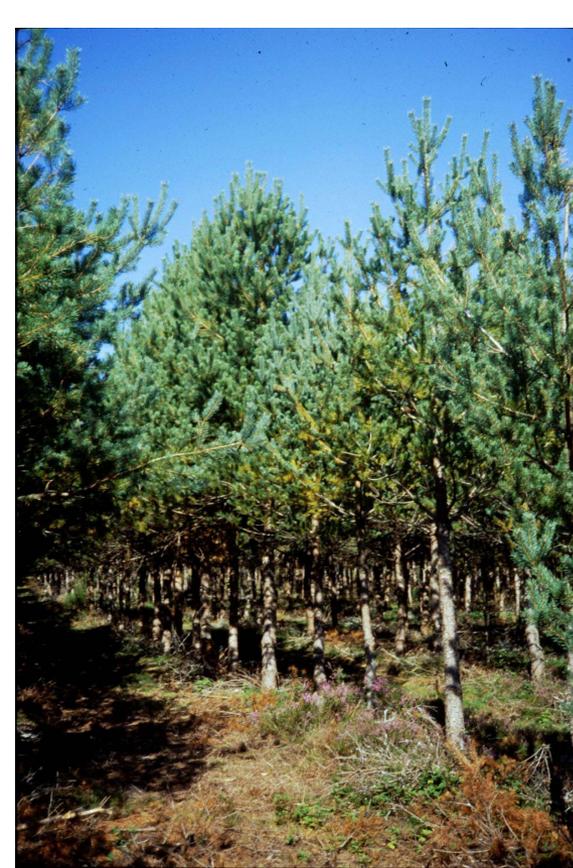
trees      annual  
plants

---

nb species	196	226
mean nb pop.	9.2	18.1
mean nb loci	18.1	16.2
He	<b>0.177</b>	0.154
Hs	<b>0.148</b>	0.101
Gst	<b>0.084</b>	0.355

---

*(Hamrick et al., 1992)*

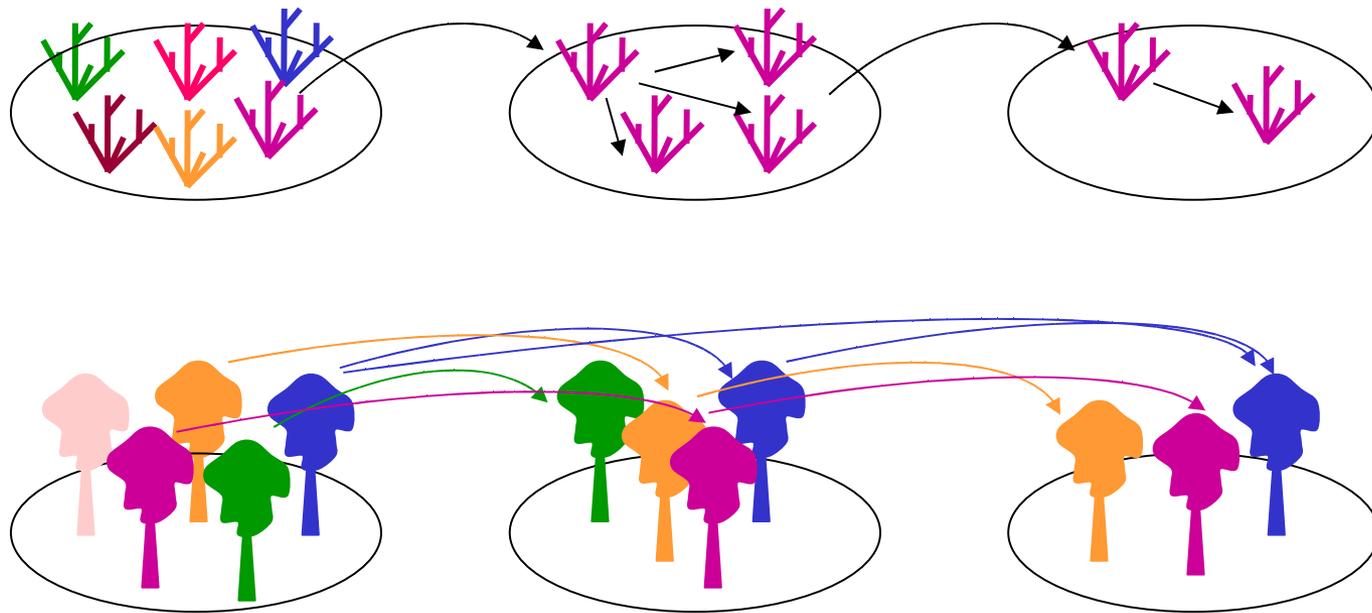


# les arbres ont gardé une diversité génétique importante

	$h^2$	AGCV ( $\sigma_A/\mu$ %)
<i>Cornelius (1994)</i>		
hauteur	0.28	11.10
diamètre	0.23	9.10
volume	0.21	23.10
rectitude	0.28	16.25
caract. morpho.	0.23	14.73
densité du bois	0.50	5.34
branchaison	0.26	16.30
<i>Ducousso (non pub.)</i> chêne		
hauteur	0.24	18.79
débourrement	0.30	23.73

# Effet du cycle de vie sur le maintien de la diversité

- **dispersion à longue distance** graines et pollen
- **cycle de vie (phase juvénile)** réduit les effets de fondation durant les phases de colonisation



*(Austerlitz et al, 2000)*

# En résumé: un contexte biologique favorable

## **Une grande diversité génétique globale exploitable**

Espèces, populations, individus

## **Une domestication récente encore peu marquée**

L'homme ne s'est pas encore “coupé” de la diversité globale;  
l'essor des technologies peut changer la donne

## **Un potentiel d'évolution génétique rapide**

Des impacts humains directs et indirects sur la ressource exploitée et sur la diversité globale

# Plan de l'exposé



1 enjeux, contexte historique

2 spécificités biologiques des arbres forestiers

3 de la biologie des populations à la gestion des RGF

4 prise en compte du changement climatique

5 réseaux de conservation des RGF en France et en Europe

6 orientations actuelles de la recherche

# Gestion des ressources génétiques

- **1 objectif général:**
- préserver le potentiel d'adaptation des espèces ou des populations sur le long terme
  - pour nos besoins futurs, voire de nouvelles utilisations
  - pour la santé des écosystèmes liés à la forêt dans le contexte du changement global
- **3 voies complémentaires**
  - pratiques de gestion durable des forêts
  - réseaux d'espaces protégés
  - réseaux spécifiques de conservation in situ ou ex situ

# Gestion des ressources génétiques

**diversité génétique = carburant des évolutions futures**

- **1 objectif général:**
- préserver le potentiel d'adaptation des espèces ou des populations sur le long terme
  - pour nos besoins futurs, voire de nouvelles utilisations
  - pour la santé des écosystèmes liés à la forêt dans le contexte du changement global
  
- **3 voies complémentaires**
  - pratiques de gestion durable des forêts
  - réseaux d'espaces protégés
  - réseaux spécifiques de conservation in situ ou ex situ

# Point de vue dynamique des ressources génétiques



Les niveaux actuels de  
ne sont ni des états stables,  
ni idéaux,  
mais des valeurs instantanées  
résultant de processus dynamiques

*taille de population*  
*diversité génétique*  
*adaptation*

=> **Gérer l'évolution** de la ressource  
(gestion dynamique)

=> conservation statique en cas d'urgence

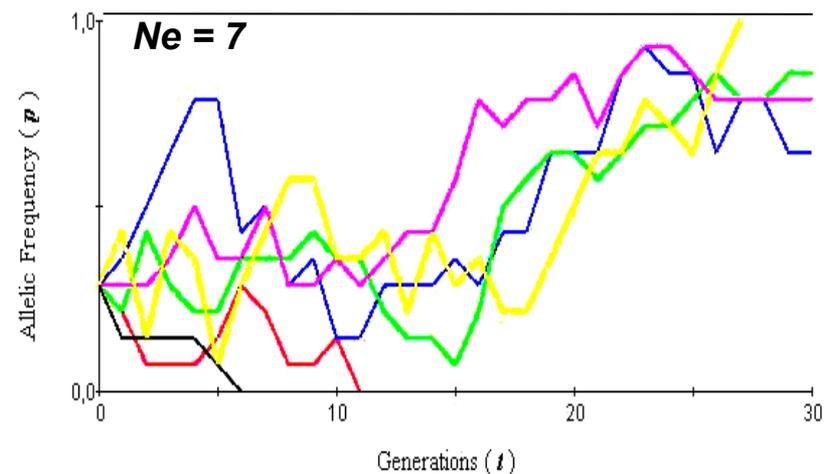
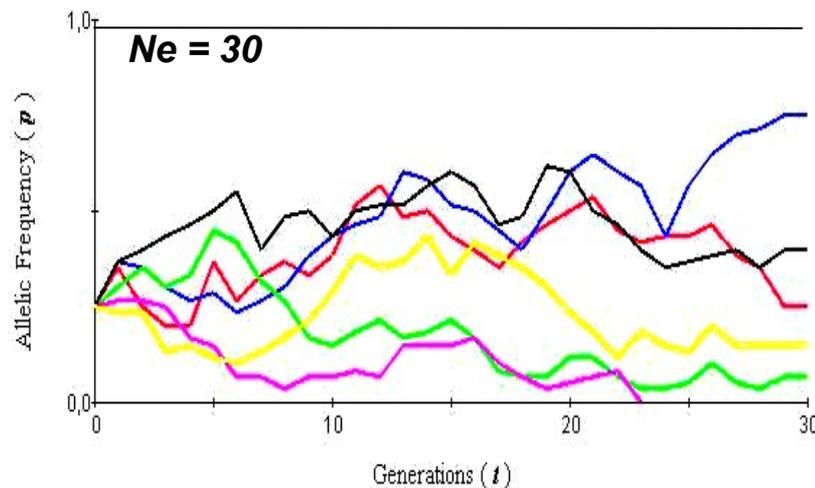
# Forces d'évolution de la diversité génétique: mutation, dérive, sélection, migration

## Une mesure d'évolution de la diversité: $N_e$ , effectif efficace

un paramètre standardisé d'évolution génétique

*(taux de diminution de la diversité ou accroissement de la consanguinité)*

unité : effectif de la population idéalisée qui suivrait la même évolution



**$N_e = \infty$       =>**

**$N_e$  constant      =>**

**$N_e$  diminue      =>**

**pas d'évolution**

**évolution stable**

**érosion s'accélère**

# Risque d'érosion de la diversité génétique

Facteurs de diminution de  $N_e$  = accélération de l'érosion:

## Biologiques

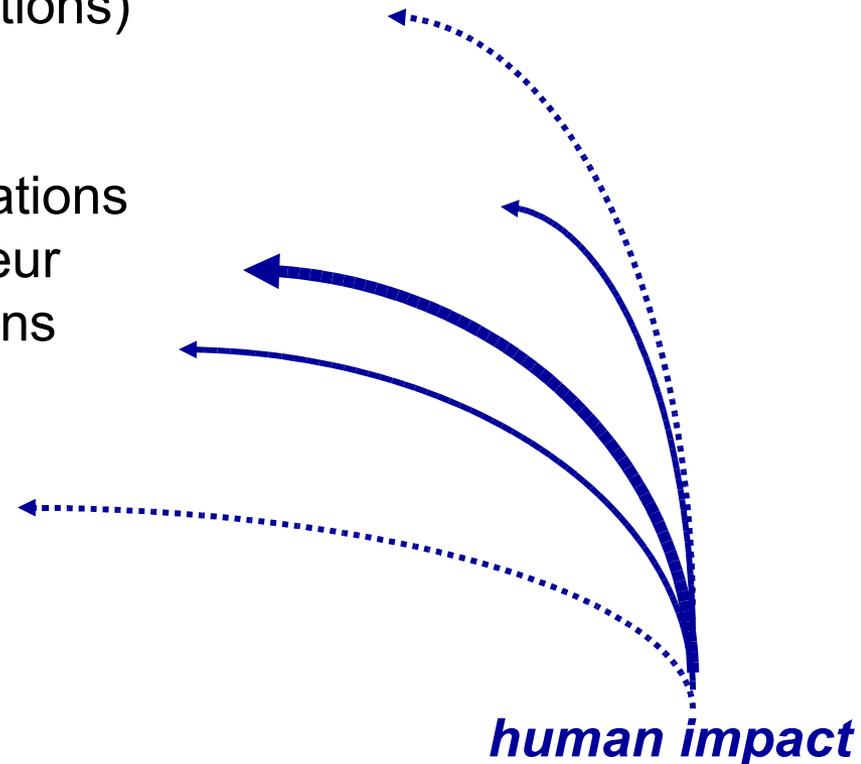
- biologie reproductive (dioecie totale ou partielle...)
- écart à la panmixie (both directions)

## Demographiques

- variation d'effectif entre generations
- variance du succès reproducteur
- chevauchement des generations

## Environnementaux

- selection



*(Nunney, 2000)*

# Risque d'érosion de la diversité génétique

## **domestication** (sélection et création variétale) :

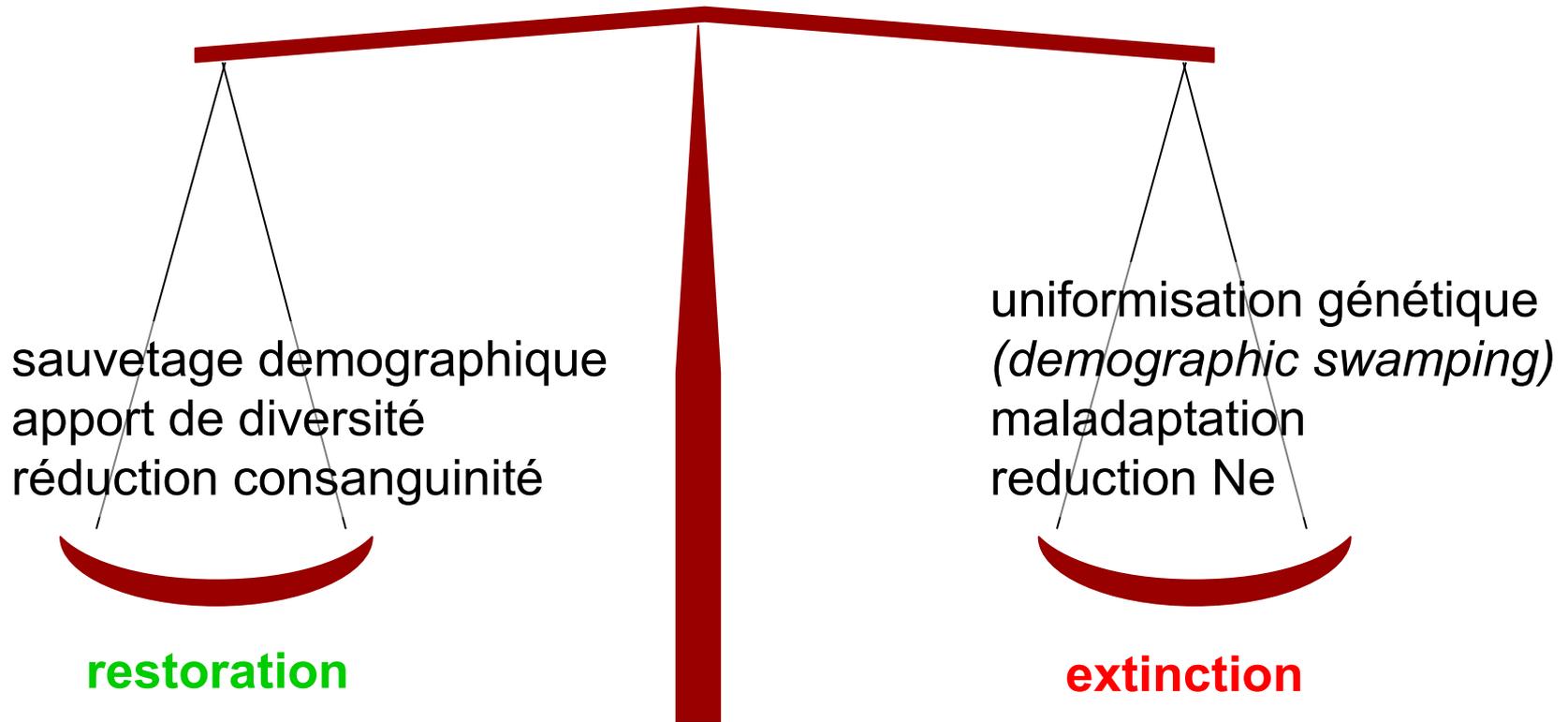
- ◆ pas une menace majeure chez les arbres forestiers,
- ◆ sauf pour les espèces à très faible diversité (e.g. *Pinus pinea*)

## **sylviculture et gestion des peuplements** :

- ◆ impact direct sur les paramètres démographiques (*cycle de vie, dispersion, régime de reproduction, survie, succès reproducteur*)
- ◆ toutes les sylvicultures sont a priori envisageables tant qu'elles n'affectent pas les processus qui maintiennent la diversité intra-population

*(Lefèvre, 2004)*

# Conséquences des flux de gènes



risque d'extinction ↘ si: taxon local n'est pas rare  
barrières reproductives sont fortes  
temps de génération est long  
autogamie ou reprod. végétative  
sélection différentielle accrue

(Lenormand, 2002)

# Risque de pollution génétique

les transferts de matériel, mais aussi la fragmentation du paysage et la perturbation des habitats influencent l'intensité de l'hybridation

## évaluation du risque :

- ◆ évaluer l'hybridation, occurrence et fréquence (difficile) ;
- ◆ estimer les évolutions de fréquence entre générations ;
- ◆ estimer la fertilité relative des types locaux et hybrides;

## réduire l'impact de l'hybridation si jugé à risque :

- ◆ éliminer les hybrides et types invasifs ;
- ◆ améliorer l'habitat pour favoriser la sélection des types locaux;

*(adapté de Wolf et al, 2001)*

# Plan de l'exposé

1 enjeux, contexte historique

2 spécificités biologiques des arbres forestiers

3 de la biologie des populations à la gestion des RGF

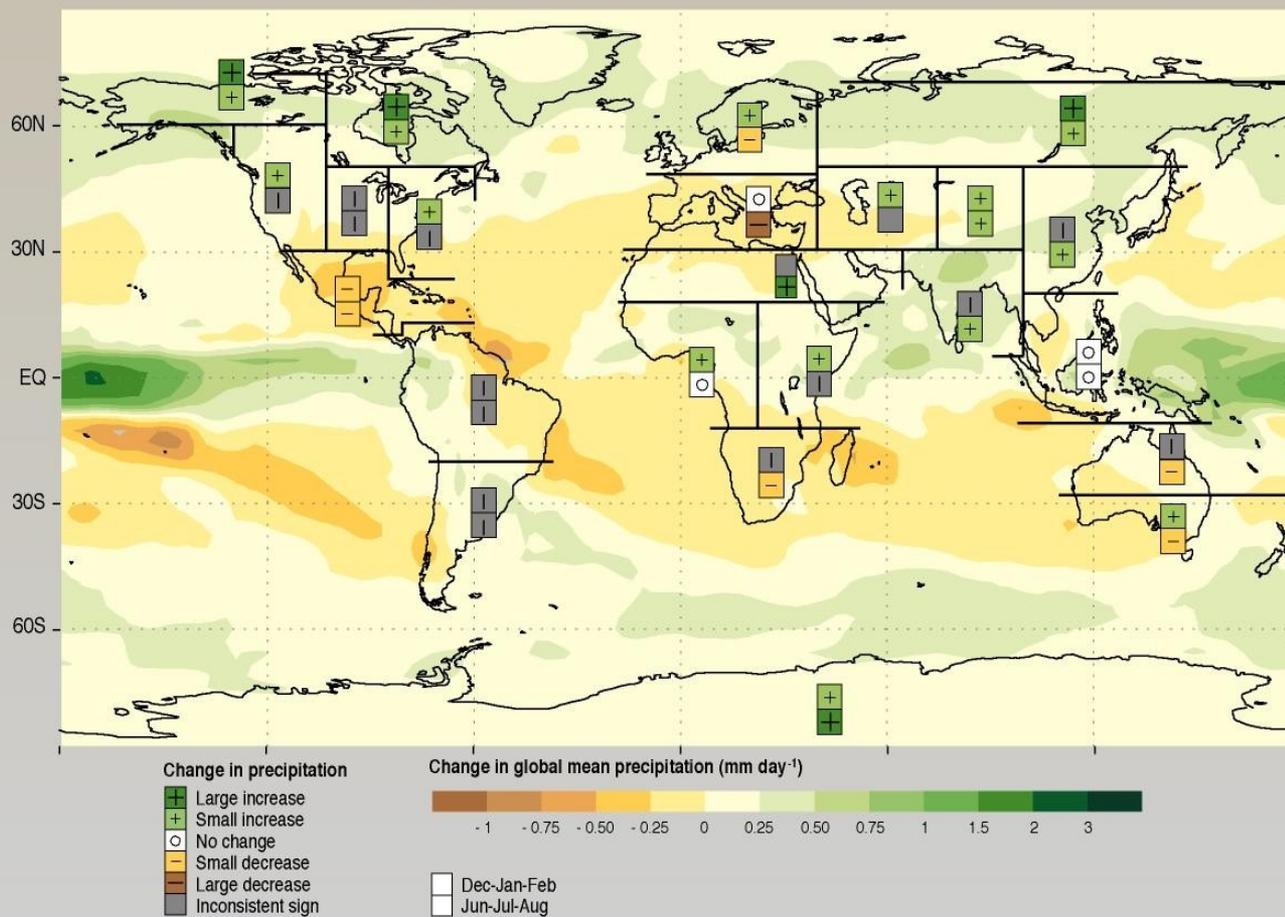
4 prise en compte du changement climatique

5 réseaux de conservation des RGF en France et en Europe

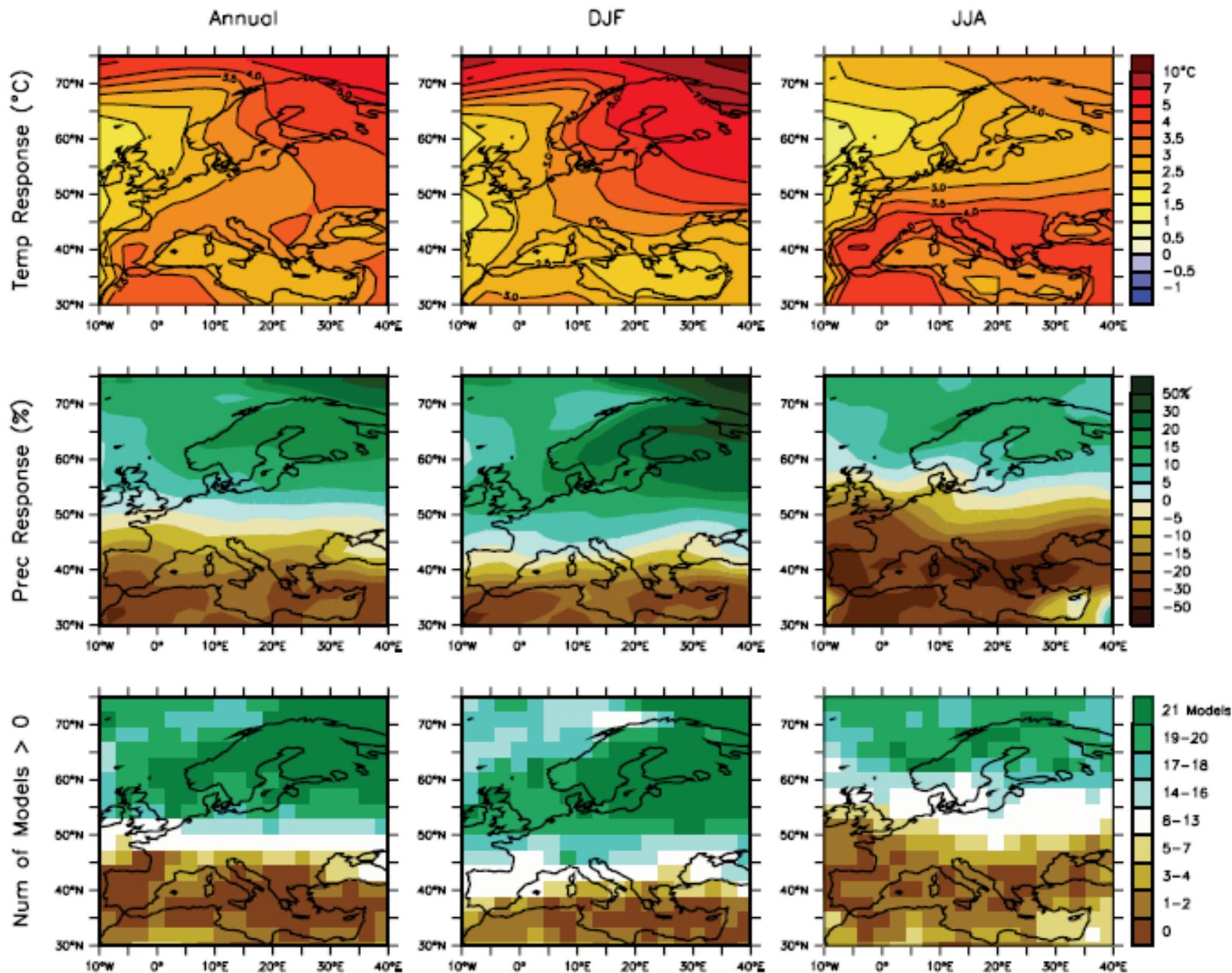
6 orientations actuelles de la recherche



## Change in precipitation for scenario A2



SYR - FIGURE 3-3 a



**Figure 11.5.** Temperature and precipitation changes over Europe from the MMD-A1B simulations. Top row: Annual mean, DJF and JJA temperature change between 1980 to 1999 and 2080 to 2099, averaged over 21 models. Middle row: same as top, but for fractional change in precipitation. Bottom row: number of models out of 21 that project increases in precipitation. *(Christensen et al, Regional Climate Projections, IPCC 2007)*

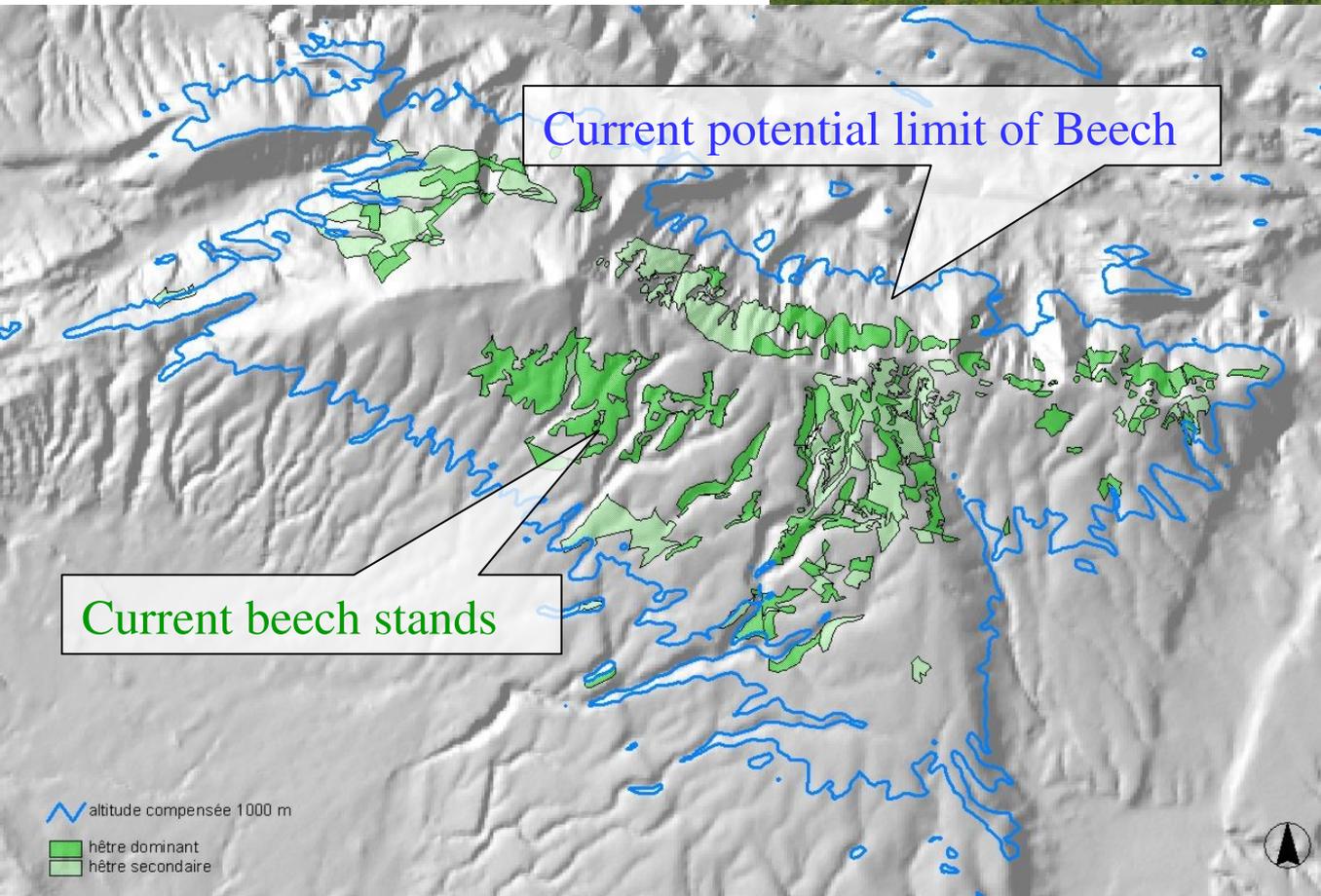


South-East France July 2005 , (Photo ONF)



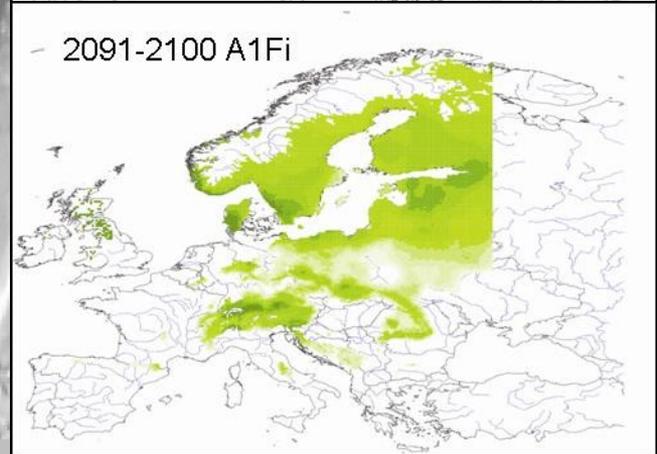
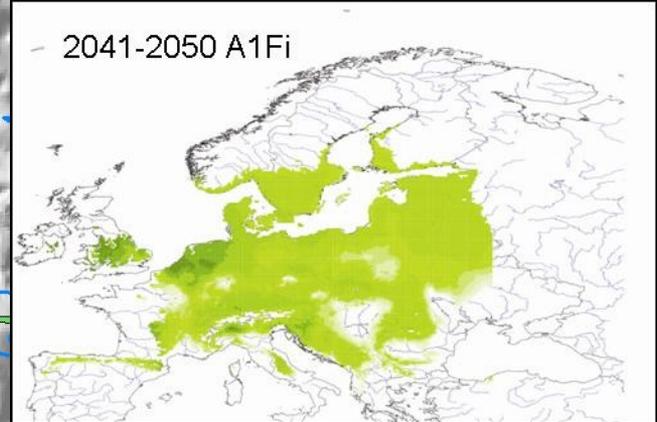
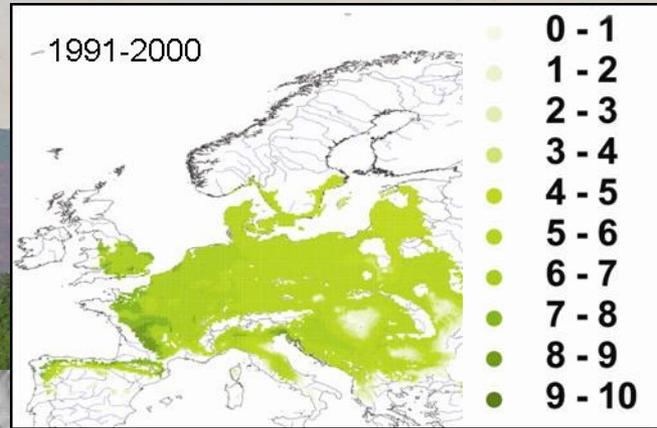
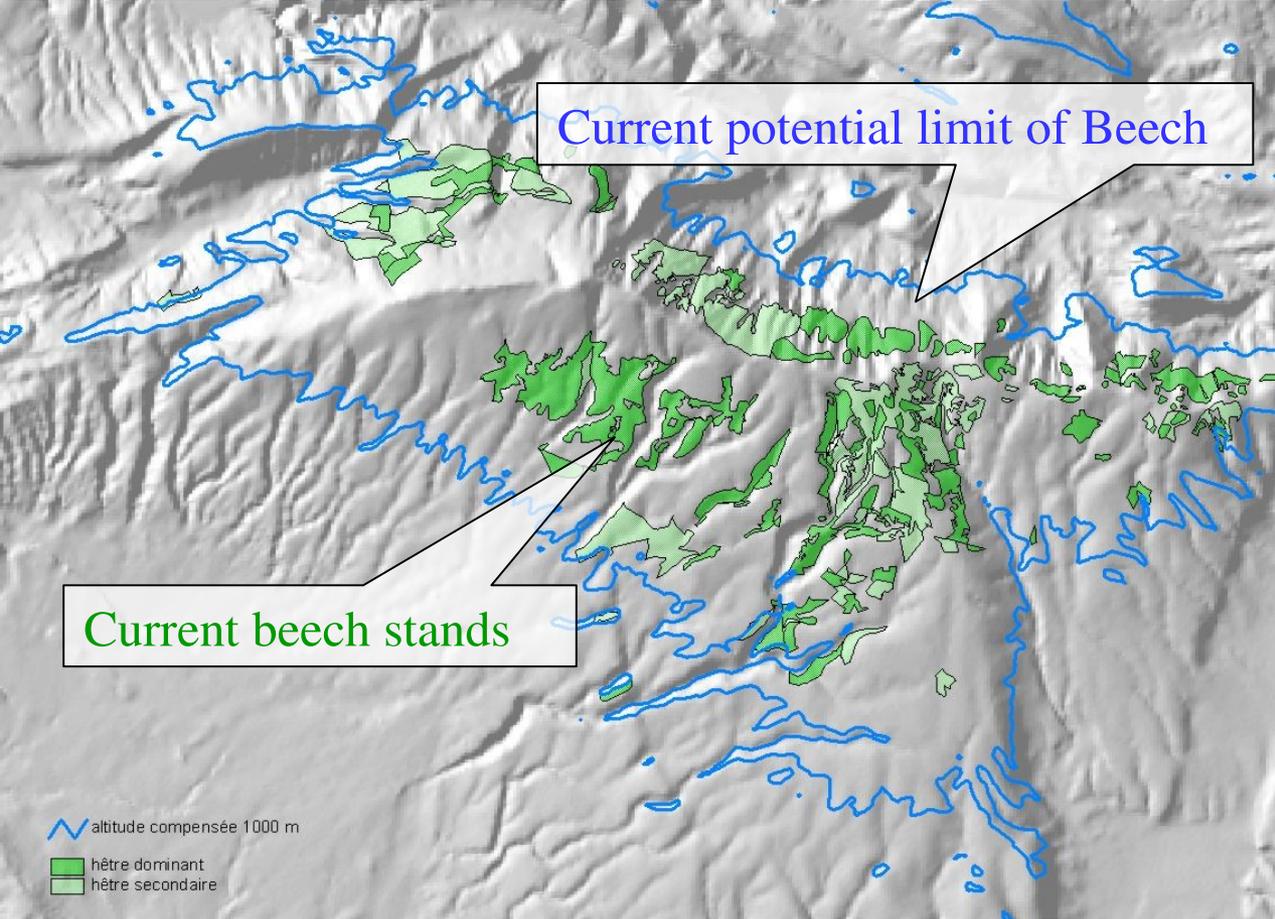
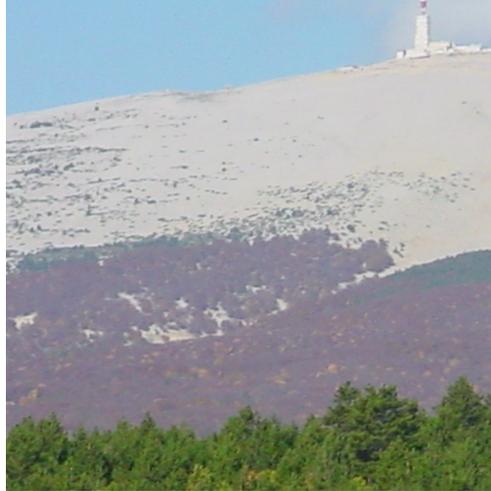


distribution actuelle  
≠ aire potentielle

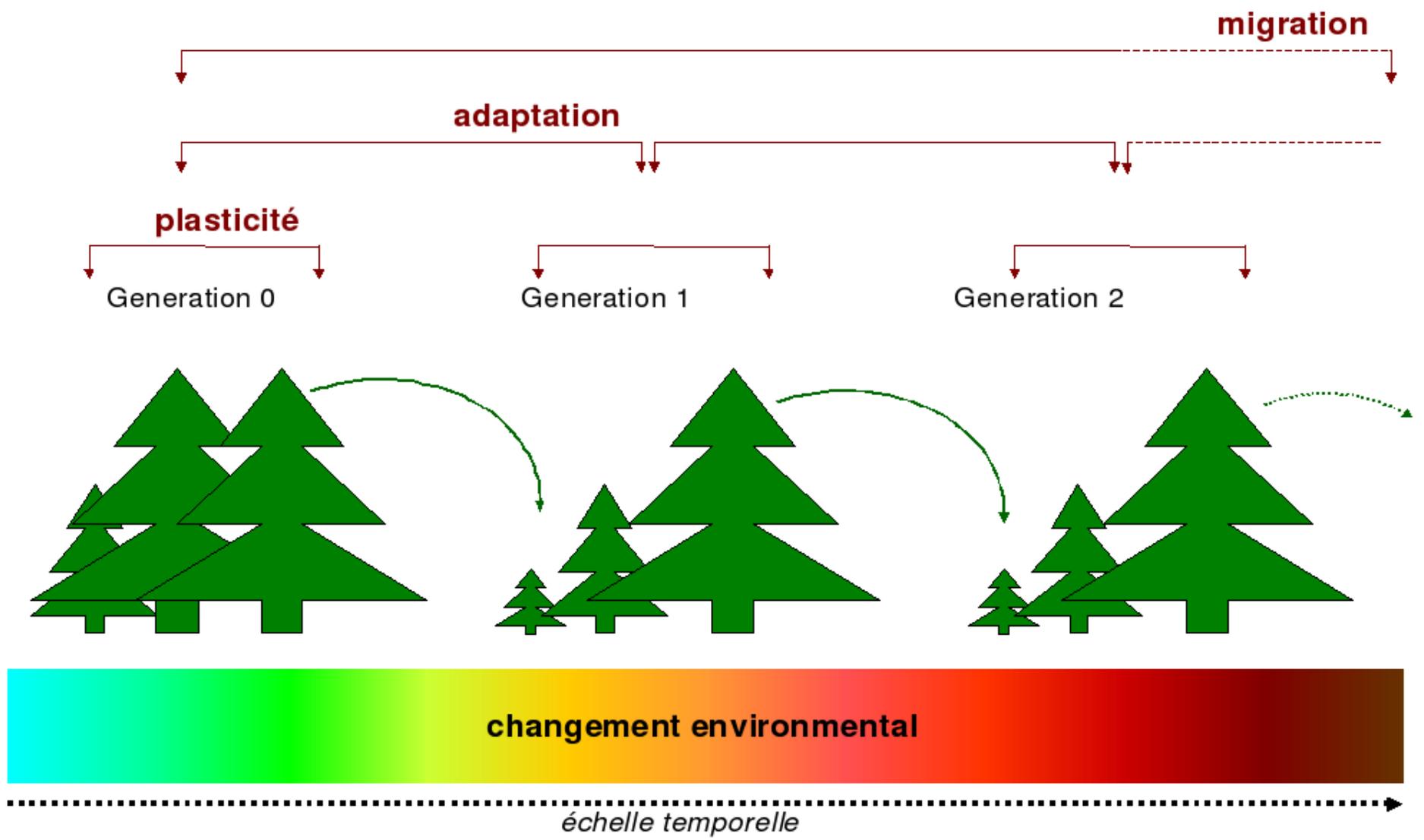


distribution actuelle  
≠ aire potentielle

scénarios futurs?



*Temps changement climatique ~ temps d'une génération ~ temps de l'action à son effet*



Des questions à plusieurs niveaux...

## **Evaluation des risques sur les forêts en place**

risques écologiques

risques économiques

# Des questions à plusieurs niveaux...

## **Evaluation des risques sur les forêts en place**

risques écologiques

risques économiques

## **Adaptation des modes de gestion**

pratiques sylvicoles (échelle de la parcelle)

aménagement et gestion des milieux (échelle du massif)

aménagement des territoires (échelle régionale et supra)

# Des questions à plusieurs niveaux...

## **Evaluation des risques sur les forêts en place**

risques écologiques

risques économiques

## **Adaptation des modes de gestion**

pratiques sylvicoles (échelle de la parcelle)

aménagement et gestion des milieux (échelle du massif)

aménagement des territoires (échelle régionale et supra)

## **Pertinence d'actions anticipatives à grande échelle**

transfert de MFR (changement d'essence, choix des provenances)

évolution de la filière (nouveaux objectifs)

# Conclusions

## Certitudes et incertitudes sur le changement

- l'ampleur des changements est encore mal connue, le contexte varie régionalement
  - la forêt devra faire face à des situations “stationnelles” inédites: *climat x sol*, *climat x photopériode* (latitude) pour lesquelles il est difficile d'extrapoler
  - les échelles de temps des changements environnementaux, de la réponse biologique ou de l'impact des pratiques humaines sont du même ordre
- => plutôt travailler sur les **trajectoires** de la forêt laissant le maximum d'opportunités ouvertes plutôt que chercher à anticiper un état futur qui reste incertain

# Conclusions

## Certitudes biologiques

- à l'échelle de l'aire actuelle des espèces, la diversité adaptative est fortement structurée entre populations (clines)
- les populations d'arbres forestiers ont en général un fort potentiel d'évolution génétique adaptative rapide
- dans le contexte du changement climatique, les flux de gènes "de proximité" viennent plutôt sur le côté positif de la balance
- le potentiel adaptatif ne pourra s'exprimer qu'en l'absence de franchissement des seuils de survie et de reproduction

# Conclusions

## Questions pour la recherche en biologie (*parmi d'autres...*)

- quels sont les seuils de survie et de reproduction, peuvent-ils évoluer ?
- comment les pratiques de gestion affectent-elles les processus écologiques, démographiques et génétiques qui contrôlent la diversité (différentes échelles spatiales) ?
- jusqu'où peut évoluer le potentiel adaptatif pour des caractères complexes (échelle de 1 à quelques générations) ?
- y a-t-il une corrélation systématiquement négative entre résistance au stress et capacité à valoriser la ressource ?
- quelles sont les capacités vraies de migration dans le paysage ?

# Plan de l'exposé

Commission  
Ressources  
Génétiques  
Forestières



1 enjeux, contexte historique

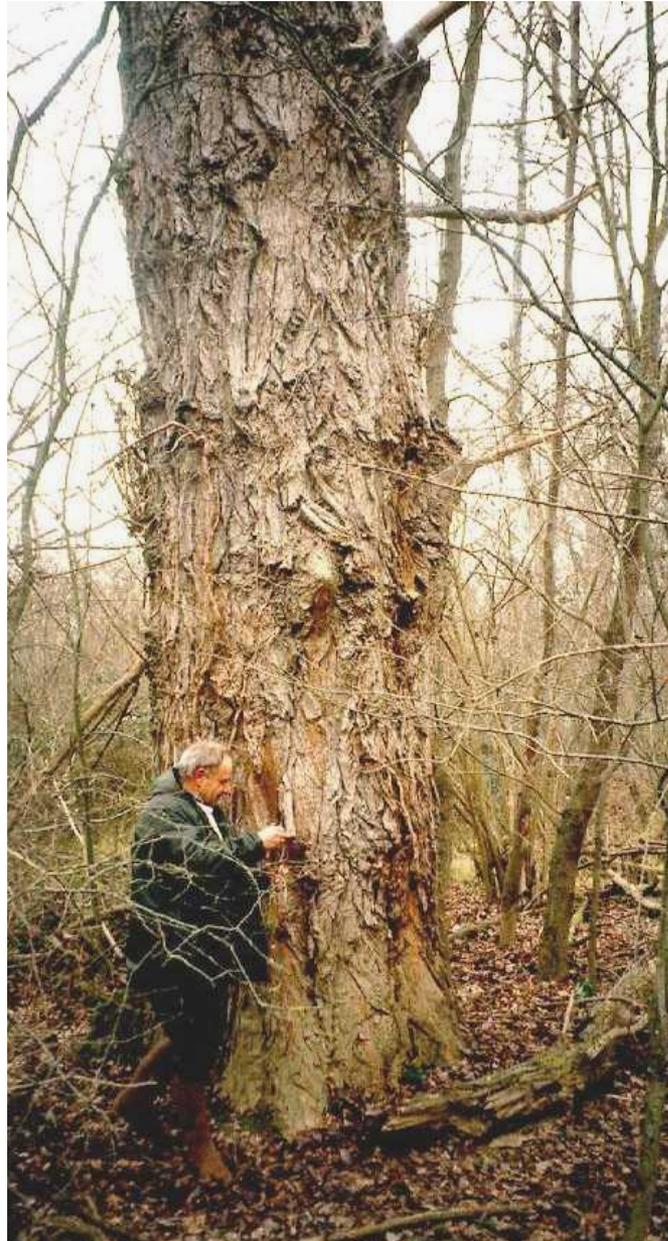
2 spécificités biologiques des arbres forestiers

3 de la biologie des populations à la gestion des RGF

4 prise en compte du changement climatique

5 réseaux de conservation des RGF en France  
et en Europe

6 orientations actuelles de la recherche



## **Objective:**

***maintain a large genetic diversity for priority species in the long term, by implementing specific conservation networks at national level, to preserve the adaptive capacity of the resource.***

**1985:** a working group on FGR initiated by scientists (M. Arbez, G. Steinmetz)

**1989:** National Commission created, selection of 5 pilot species for conservation networks

**1991:** 1<sup>st</sup> *in situ* conservation networks (beech and fir) officially installed by the Ministry

**1997:** Charter for the Conservation of FGR prepared, signed by all partners of the "FGR chain"

## **Situation in 2006:**

11 specific *in situ* or *ex situ* conservation networks  
4 working groups on methodology

## 1. on-going programmes for the conservation of FGR in France

	<b>Natural pops <i>in situ</i></b>		<b>Artificial pops <i>in situ</i></b>		<b>National collection <i>ex situ</i></b>
	<i>Nb</i>	<i>ha</i>	<i>Nb</i>	<i>ha</i>	<i>Nb clones</i>
Beech	27	3875			
Silver fir	22	3506	4	28	
Sessile oak	20	2593			
Maritime pine	<i>in prep.</i>				
Norway spruce	<i>in prep.</i>				
Wild cherry	(*)		2	4	332
Elm	<i>in prep.</i>				426
Black poplar	<i>in prep.</i>				367
Service tree					60
Walnut					120
Wild service tree	(*)				

(\*) : new strategies to be developed for disseminated species

*Balsemin & Collin (2005)*

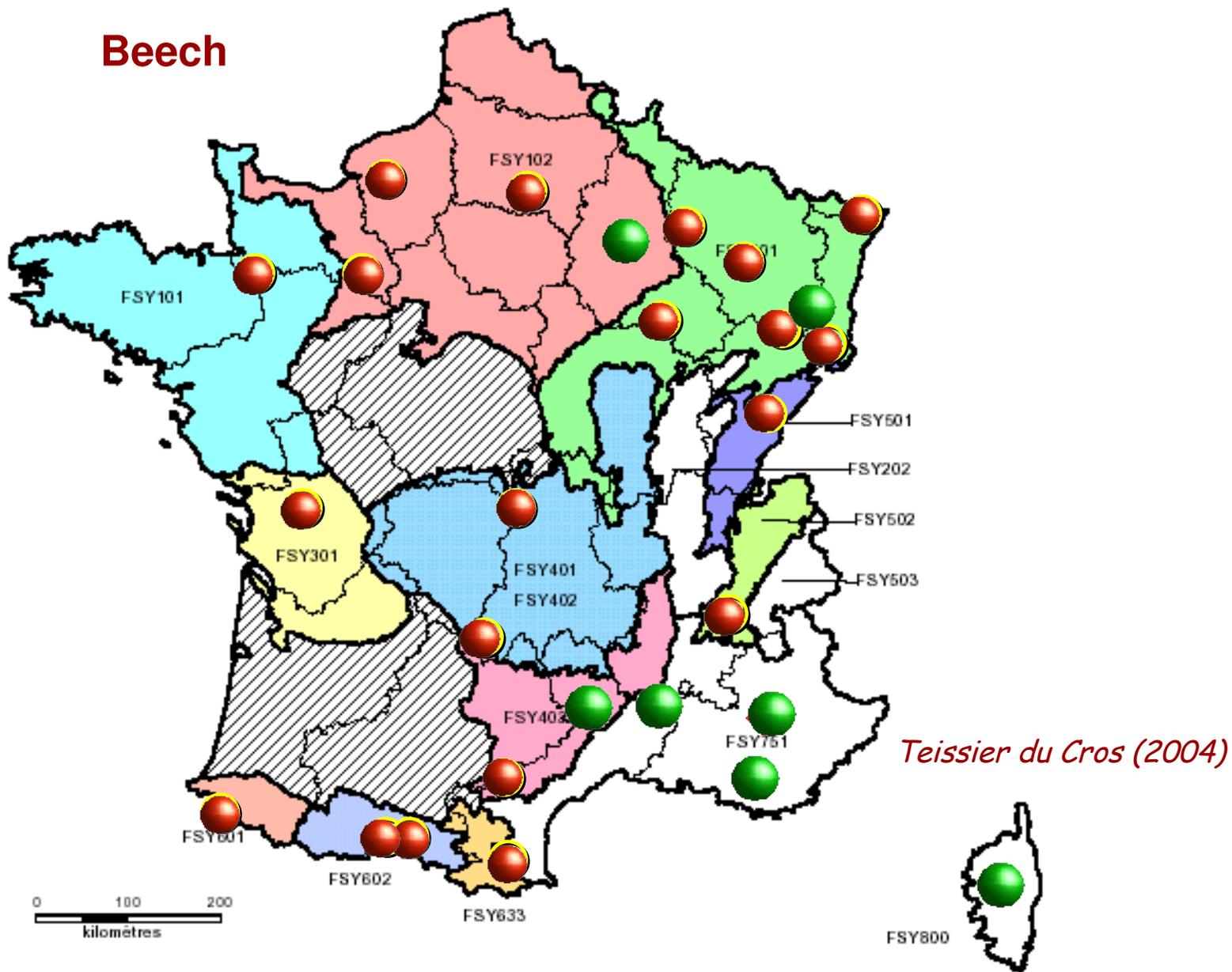


**Decision steps for *in situ* conservation:**

- Selection of the conservation units (CU)
  - aim: represent the largest diversity
  - legal status
  - initial information
  - network update
- Structure and management plan for each CU
  - aims for regeneration: quantity, quality, identity
  - scientific knowledge
  - C&I for monitoring
- Occasional technical adjustment

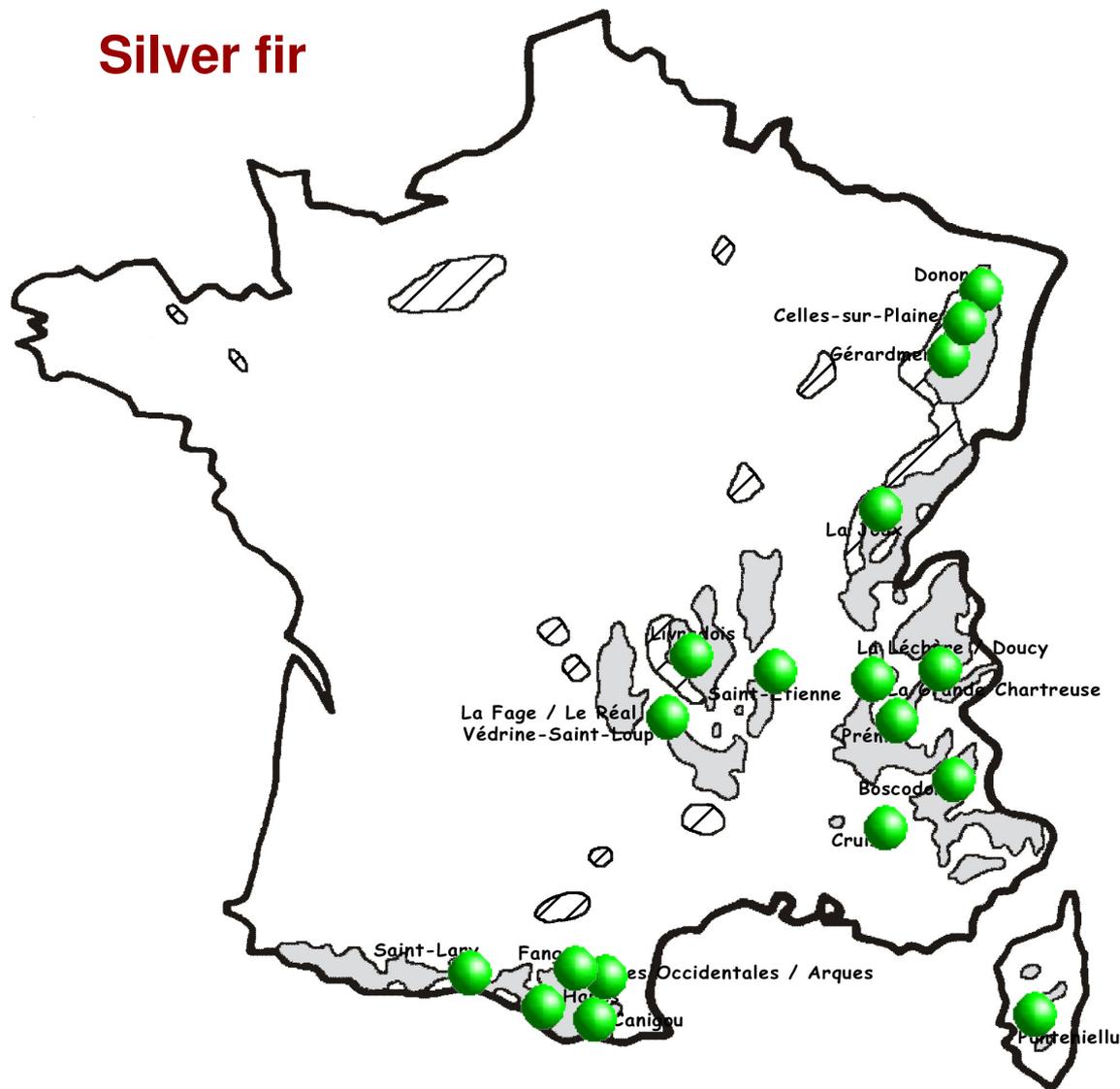
# 1. on-going programmes for the conservation of FGR in France

## Beech



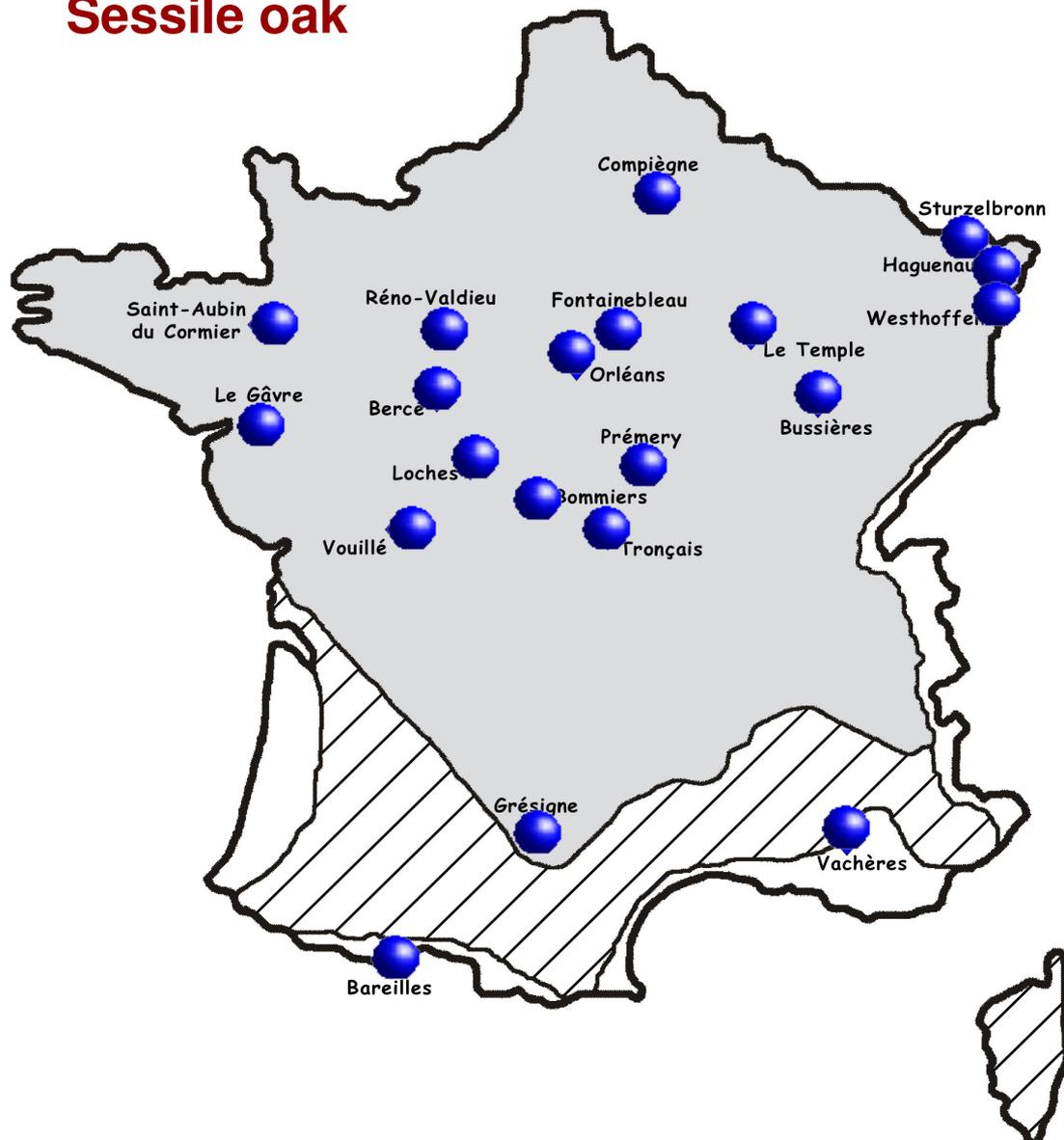
# 1. on-going programmes for the conservation of FGR in France

## Silver fir



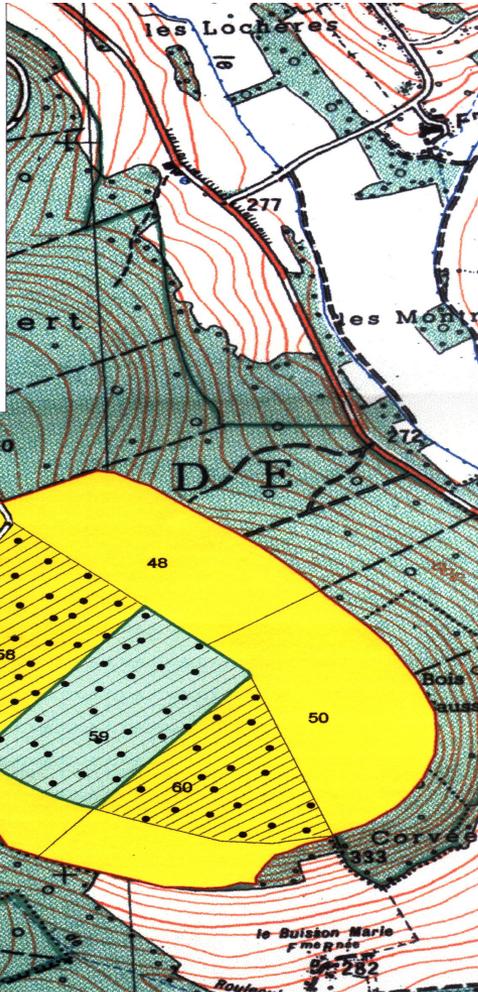
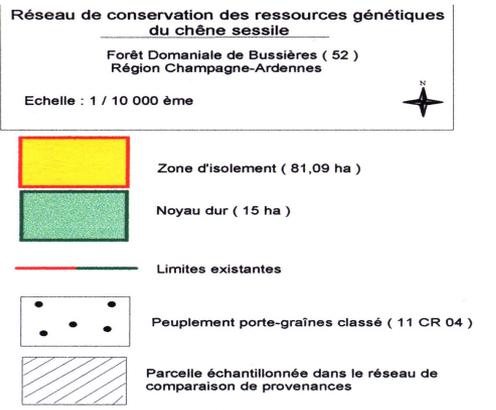
*Cemagref (2004)*

## Sessile oak



*Cemagref (2004)*

## A common structure for all conservation units



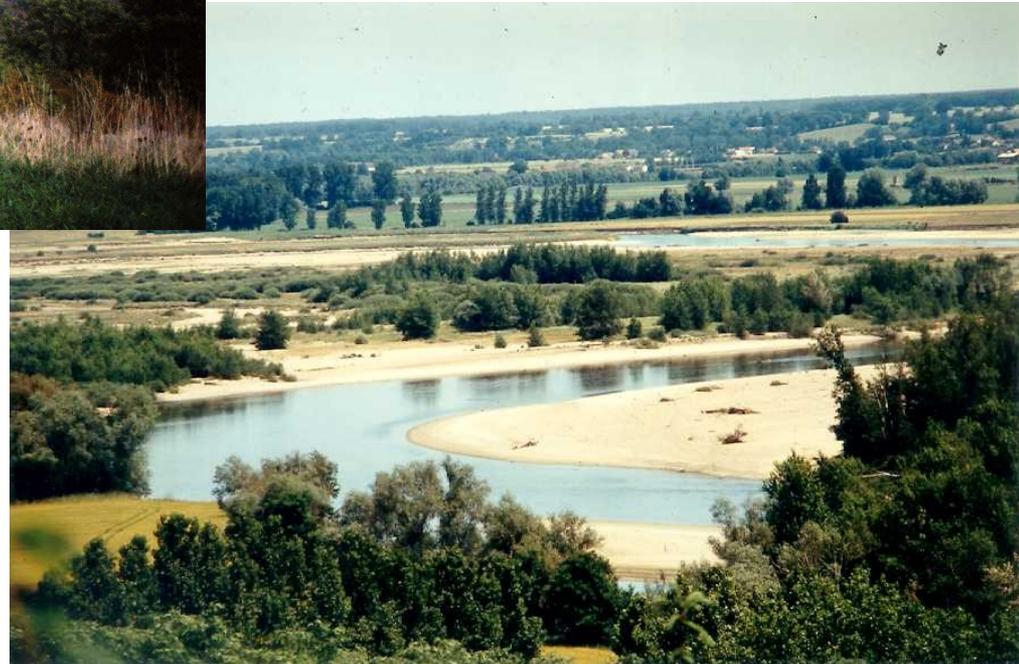
- Included in the management plan
- **Core area**
  - autochtonous
  - > 500 seed trees in total
  - > 60 seed trees/ha
- **Buffer zone**
  - no alien origin for the target species
- Regenerate the core prior to the buffer
- Natural regeneration, eventually assisted regeneration from local seeds
- Game management, fire prevention

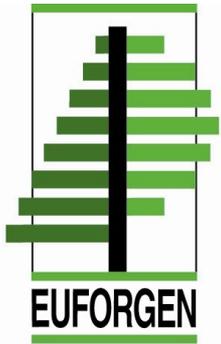
# Limites du concept de population



Cas des espèces pionnières:  
concept de métapopulation

Cas des espèces disséminées

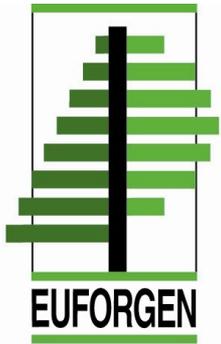




## **EUFORGEN Phase III (2005-2009)**

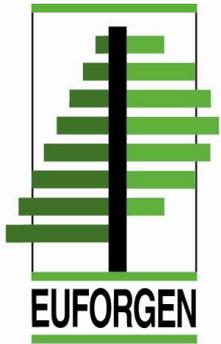
### **Objectives**

- Promote practical implementation of gene conservation and appropriate use of genetic resources as an integral part of sustainable forest management
- Facilitate further development of methods to conserve genetic diversity of European forests
- Collate and disseminate reliable information on forest genetic resources in Europe



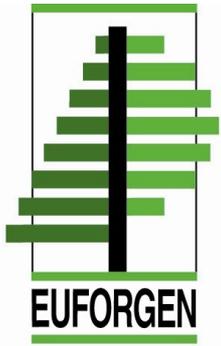
# EUFORGEN Networks

- Forest Management Network
- Conifers Network
- Scattered Broadleaves Network
- Stand-forming Broadleaves Network
- Information Working Group



## EUFORGEN work on inventories and conservation priorities

- Identification of priority tree species
- Long-term gene conservation strategies (*17 sp.*)
- Descriptors for inventories of *in situ* conservation stands (*4 groups of sp.*)
- Technical guidelines for gene conservation, including species distribution maps (*14 sp. + 9*)
- Common action plans
- European Information System on Forest Genetic Resources (EUFGIS)



# European Information System on Forest Genetic Resources (EUFGIS)

## Objectives

- To develop minimum requirements for dynamic gene conservation units of forest genetic resources in Europe and common information standards for the units; and
- To create a web-based permanent information system on national FGR inventories to support practical implementation of gene conservation and sustainable forest management in Europe.

# Plan de l'exposé

1 enjeux, contexte historique

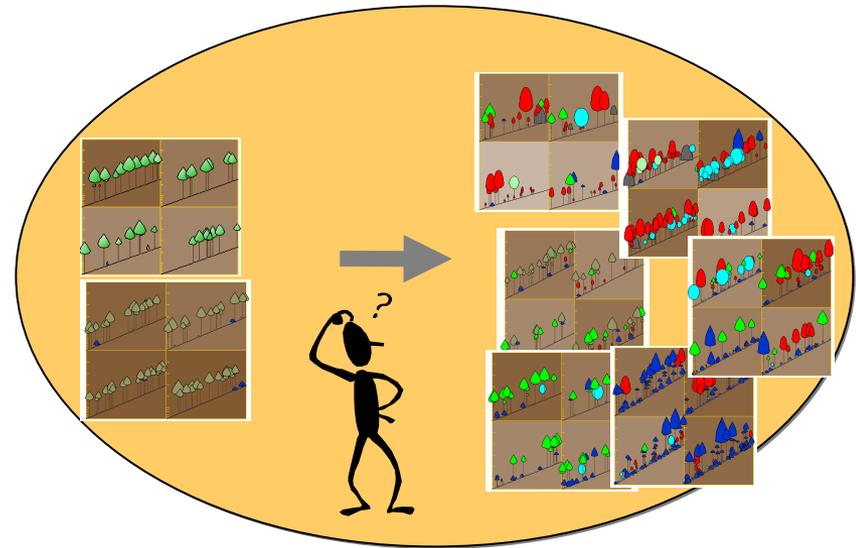
2 spécificités biologiques des arbres forestiers

3 de la biologie des populations à la gestion des RGF

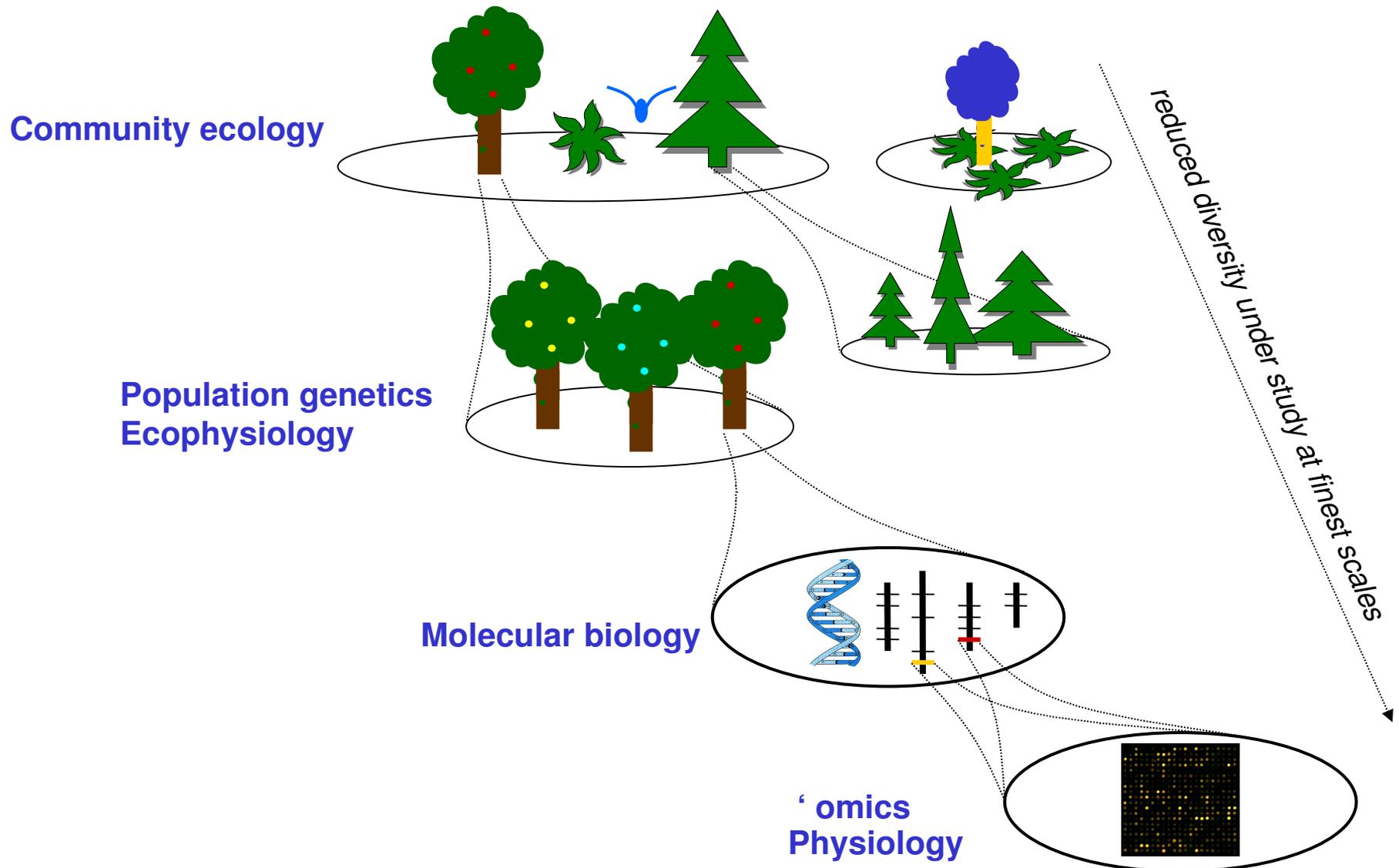
4 prise en compte du changement climatique

5 réseaux de conservation des RGF en France et en Europe

6 orientations actuelles de la recherche



## Scientific knowledge increases vertically, with low horizontal transfer



**Existing conservation networks were based on objectives and principles that are still valid in the context of climate change, they just need to be extended.**

- the objective should be extended from genetic diversity alone to plasticity, adaptation and migration potential
- process-based rather than diversity-based C&I should be developed, which consider processes at all scales
- need for coordination between habitat and FGR conservation programmes
- priority areas, priority ecosystems and priority species should be identified regarding CC scenarios
- pay attention to the situation outside Europe: mediterranean and boreal zones
- robustness of existing networks regarding climatic hazard should be monitored