## REPONSES ADAPTATIVES DES ARBRES AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES :

#### MECANISMES EVOLUTIFS ET VITESSES DE REPONSES



Antoine Kremer

INRA - UMR BIOGECO - Cestas

Colloque ECOFOR

La forêt face aux changements climatiques – Acquis et certitudes

Paris 15 décembre 2005



« EST CE QUE LES ESPECES FORESTIERES POURRONT REPONDRE A CES CHANGEMENTS EN UN LAPS DE TEMPS SI COURT ?? » 1

## MECANISMES EVOLUTIFS

2

## VITESSE D'EVOLUTION

3

## REPONSES PREVISIBLES

Histoire et biologie évolutive des arbres

Leçons des transferts artificiels de populations

Acquis des tests de provenances

Prédictions théoriques

## MECANISMES EVOLUTIFS

MECANISMES AU NIVEAU INDIVIDUEL

MECANISMES AU NIVEAU DES POPULATIONS

MECANISMES AU NIVEAU DE L'ESPECE

MECANISMES DE NATURE GENETIQUE HERITABLES

### Dus à des variation de structure des gènes





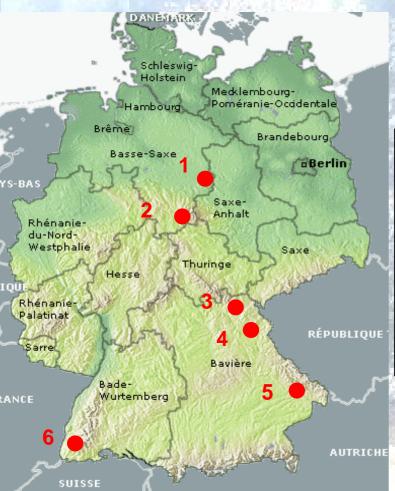


DIVERSITE INTRA ARBRE:
HETEROZYGOTIE INDIVIDUELLE
SUPERDOMINANCE



ADAPTATION A DES
SITUATIONS VARIABLES

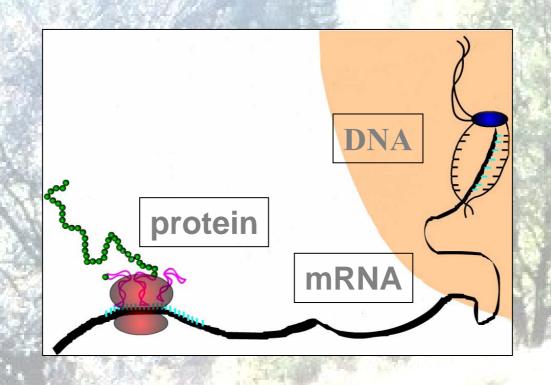
## Relations Hétérozygotie - Adaptation chez le hêtre



1100	MARKET TO THE PROPERTY OF THE PARTY OF THE P	To the Charles of the Control of	
	Altitude	Ha Tolérants	Ha Sensitifs
1	230-250	25.4	22.6
2	450-500	28.9	22.6
3	550-600	24.2	19.5
4	850-900	28.3	20.3
5	810-830	31.4	27.4
6	770-870	27.7	22.4

14 à 17 loci isoenzymatiques

## Dus à des variations d'expression des gènes

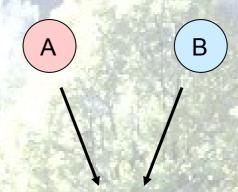


Même génotype



Phénotypes différents

Verger à 66 °N





000000

Arrêt de croissance plus tardif

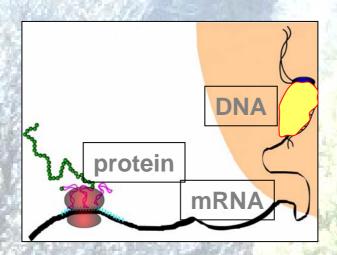
Débourrement plus tardif

Arret de croissance plus précoce Débourrement plus précoce

Meilleure adaptation aux condition nordiques (résistance au gel..)

## Dus à des variations d'expression des gènes

Embryogenèse sous θ élevée



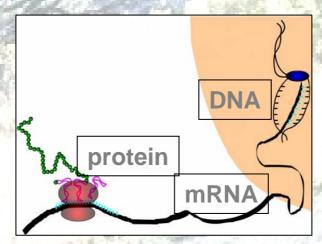
Débourrement précoce

Même génotype

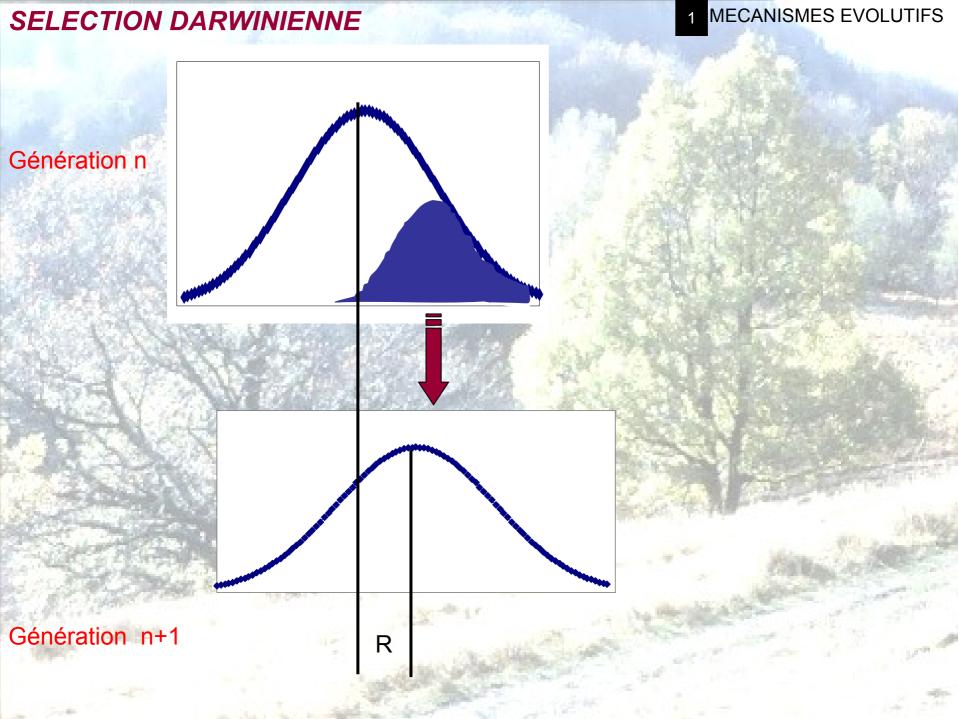


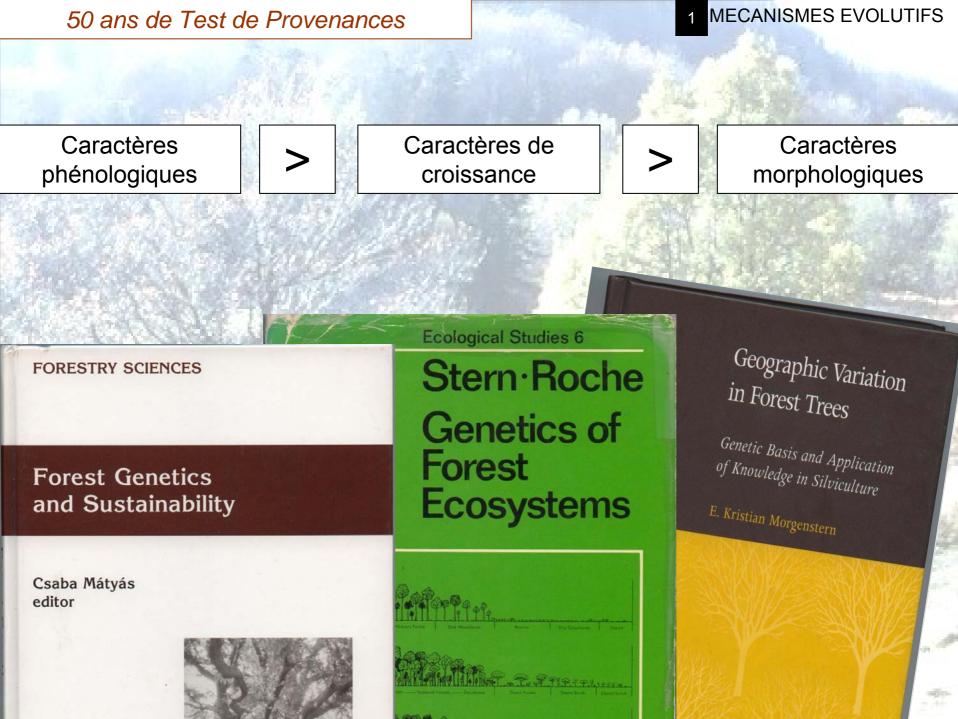
Phénotypes différents

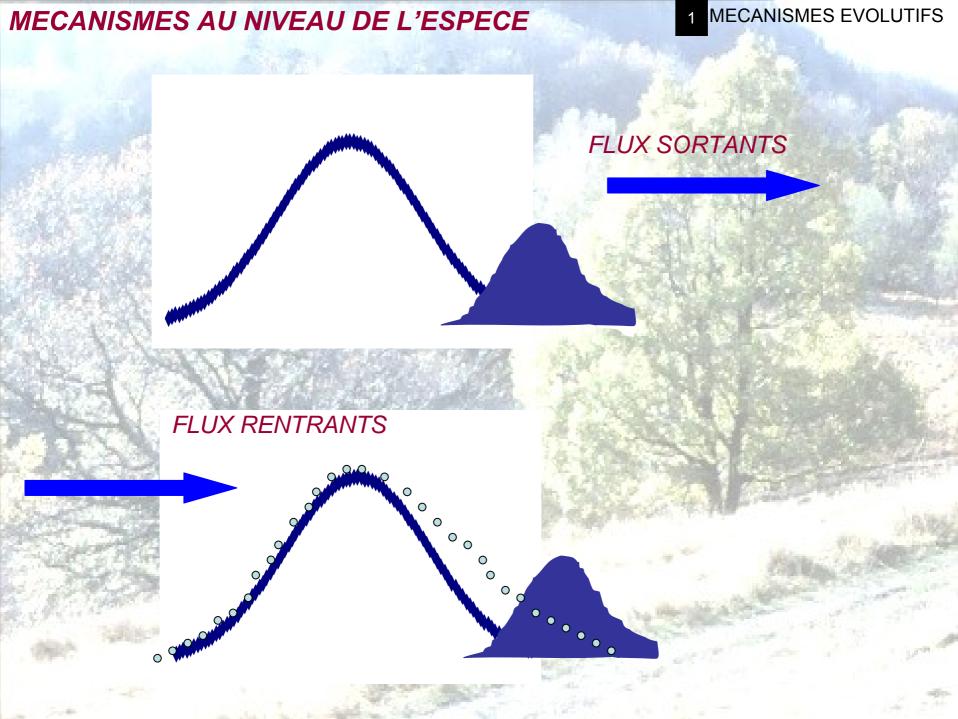
Embryogenèse sous  $\theta$  + faible



Débourrement tardif







	Mécanismes	Moteurs	Expression au cours du temps
NIVEAU II	NDIVIDUEL		
	Superdominance	Diversité intra arbre : hétérozygotie	1 génération: Rompu par méiose
	Mécanisme épigénétique	Méthylation ADN	1 génération processus cumulatif ?
NIVEAU F	POPULATIONNEL		
	Sélection darwinienne	Diversité génétique	Cumulatif sur plusieurs générations
NIVEAU D	DE L'ESPECE		
	Migration	Fécondité, Composantes des flux	Cumulatif sur plusieurs générations

# VITESSE D'EVOLUTION DES ESPECES FORESTIERES

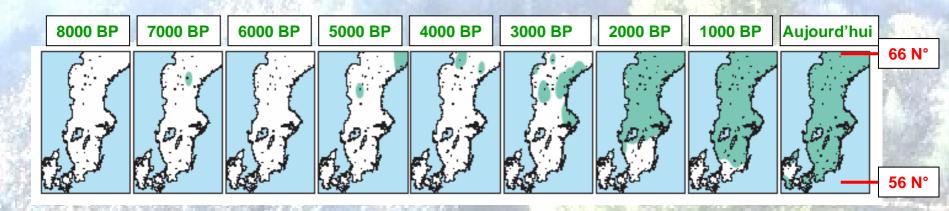
### DONNEES « EXPERIMENTALES »

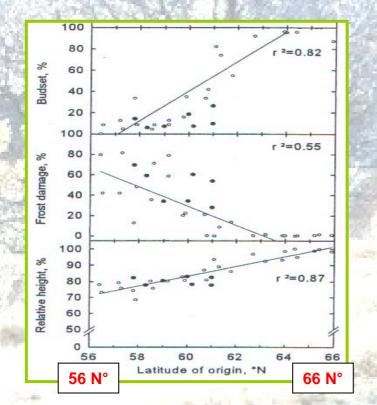
COLONISATION NATURELLE RECENTE

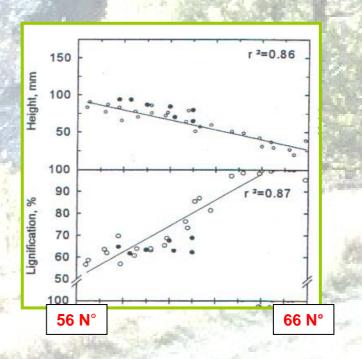
TRANSFERT ARTIFICIEL ESPECE AUTOCHTONE

TRANSFERT ARTIFICIEL ESPECE INTRODUITE

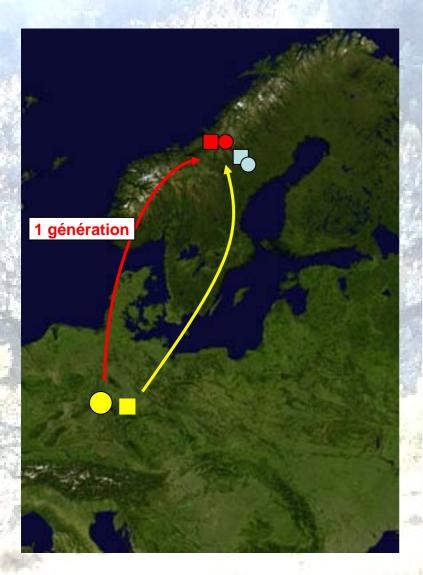
PREDICTIONS THEORIQUES

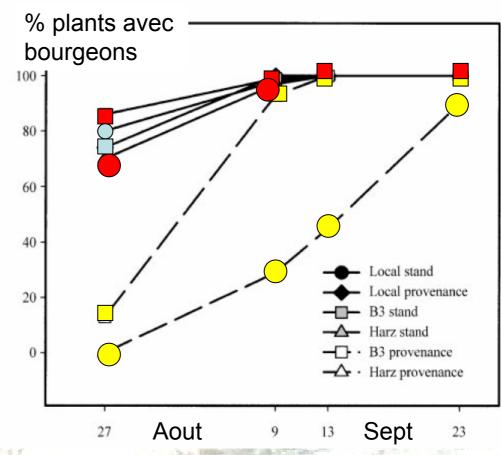


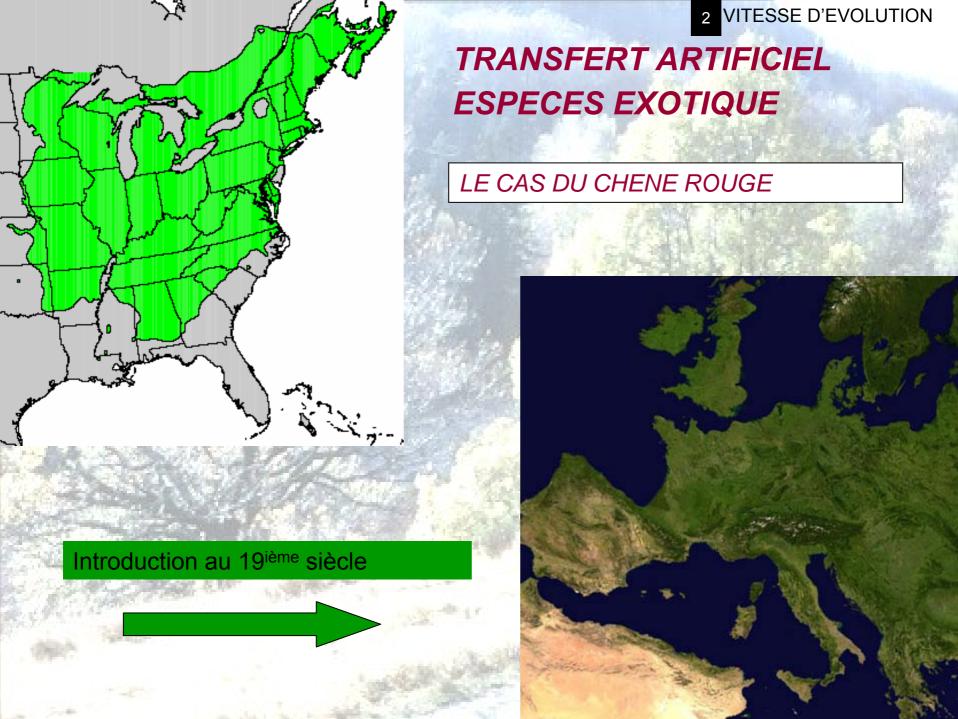


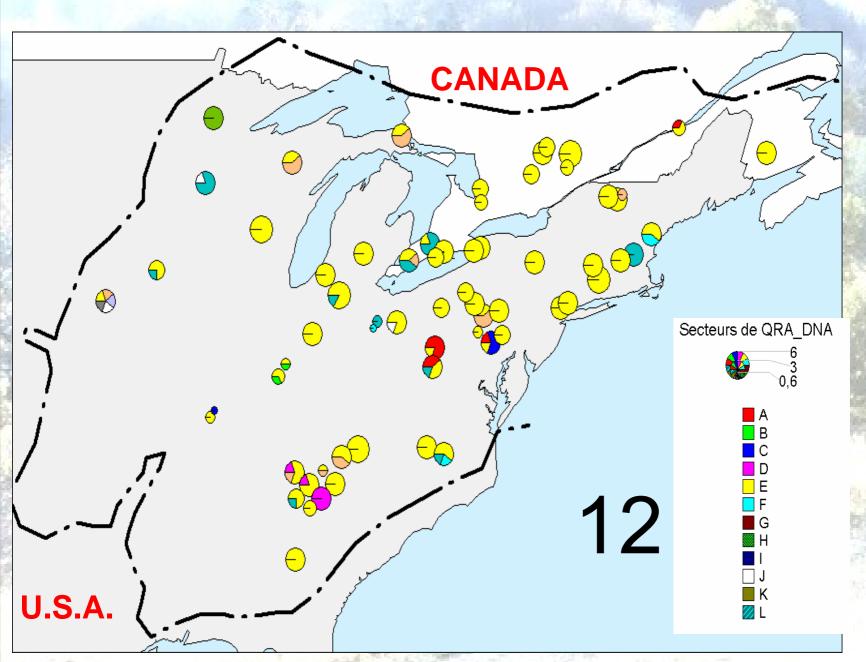


Hannerz et al. 2000 Scandinavian journal of Forest Research 15:313

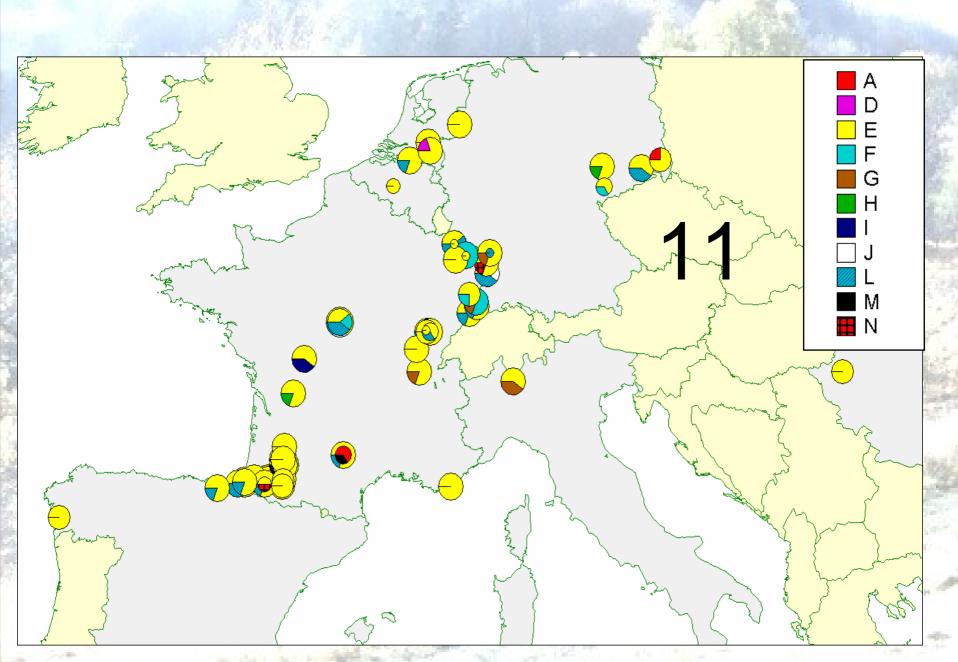




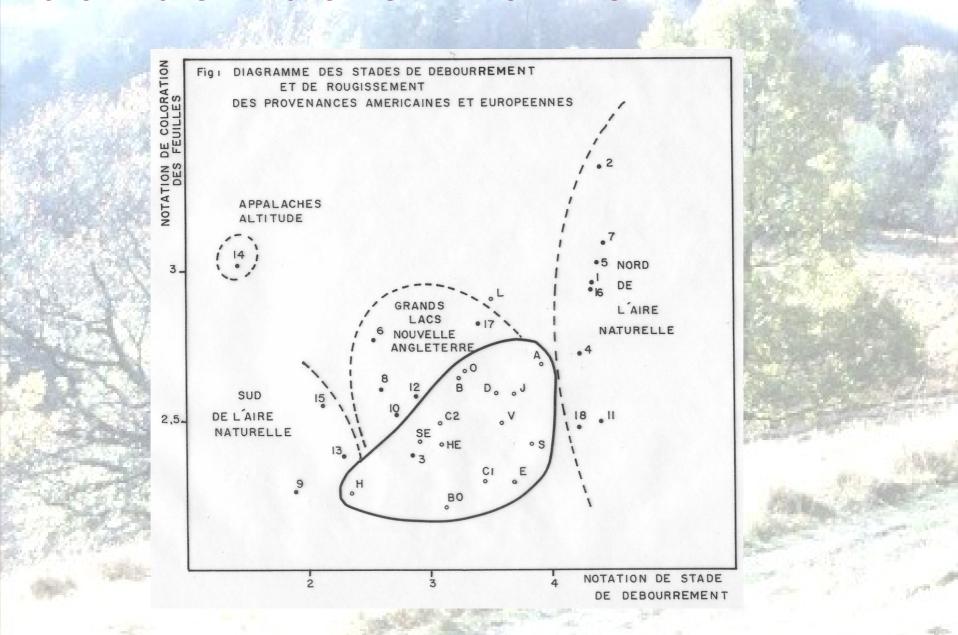




### ORIGINE DES POPULATIONS INTRODUITES 2/2

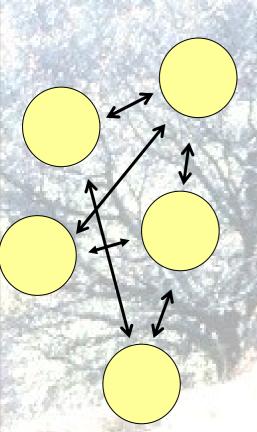


## DIFFERENCIATION ENTRE POPULATIONS INTRODUITES ET NATURELLES

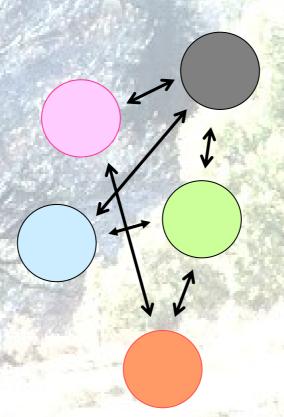


## PREDICTIONS THEORIQUES

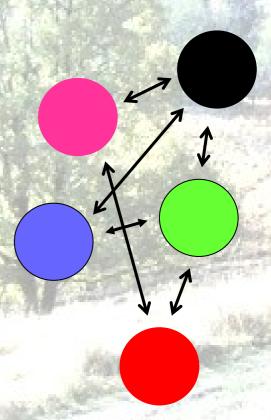
Génération 0



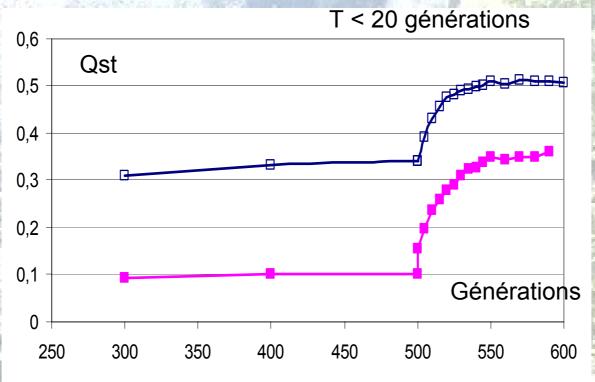
Génération 1 à 500

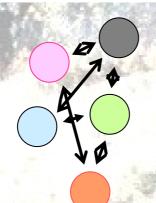


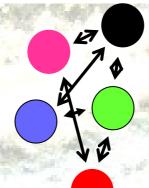
Génération 501



#### **EVOLUTION DE LA DIFFERENCIATION ENTRE POPULATIONS**



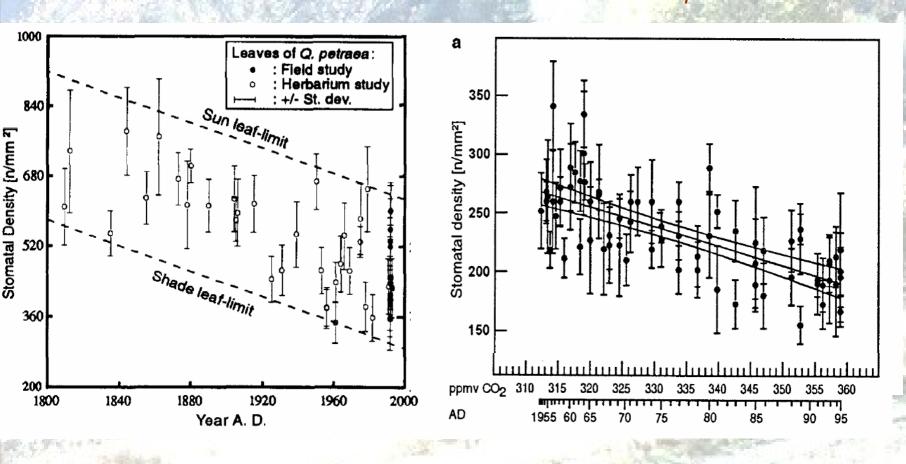






#### Quercus petraea

#### Betula pendula



#### **EXTINCTION**

Les espèces européennes sont passé par des filtres sélectifs récurrents de grande intensité au cours du quaternaire (plus d'une dizaine)

Les extinctions ont eu lieu au tout début du quaternaire (*Magnolia, Liriodendron, Nyssa, Taxodium, Sequoia* etc..)

Les espèces restantes ont été sélectionnées soient pour leur meilleur adaptation soit pour leur capacité de dispersion plus efficace

#### Intraspecific responses to climate in *Pinus sylvestris*

GERALD E. REHFELDT†, NADEJDA M. TCHEBAKOVA‡, YELENA I. PARFENOVA‡, WILLIAM R. WYKOFF†, NINA A. KUZMINA‡ and LEONID I. MILYUTIN‡

†US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 1221 S. Main, Moscow, Idaho 83843 USA, ‡Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036 Russia

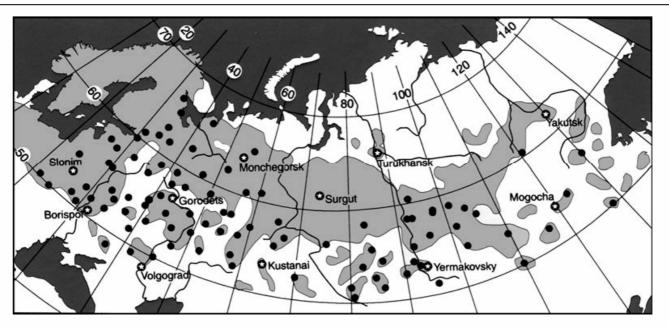
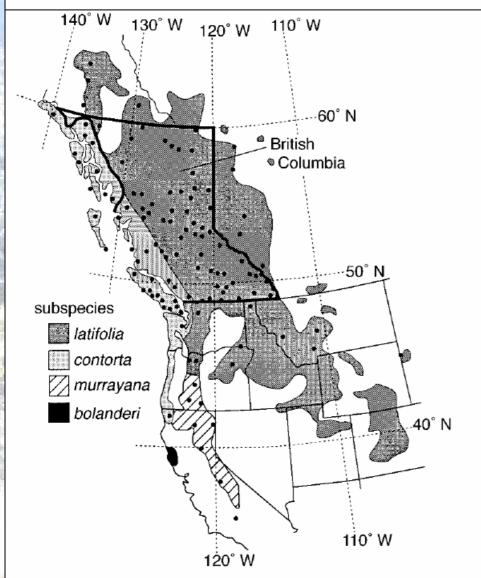


Fig. 1 Distribution (shading) of *P. sylvestris* (after Critchfield & Little, 1966) and location of populations (dots) sampled. Locations that are named are used throughout the paper to illustrate geographical effects.

47 tests de provenances (39 en Europe + 8 en Amérique du Nord)
110 provenances dans 6 tests au moins

## GENETIC RESPONSES TO CLIMATE IN *PINUS CONTORTA*: NICHE BREADTH, CLIMATE CHANGE, AND REFORESTATION

GERALD E. REHFELDT, 1,3 CHENG C. YING, 2 DAVID L. SPITTLEHOUSE, 2 AND DAVID A. HAMILTON, JR. 1



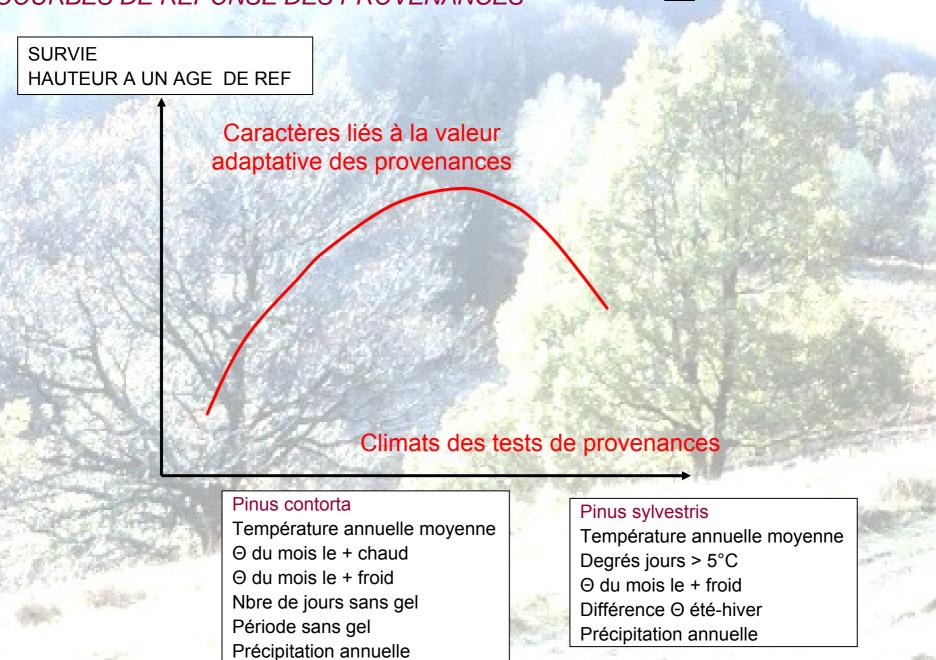
63 tests de provenances 126 populations dans 5 tests au moins

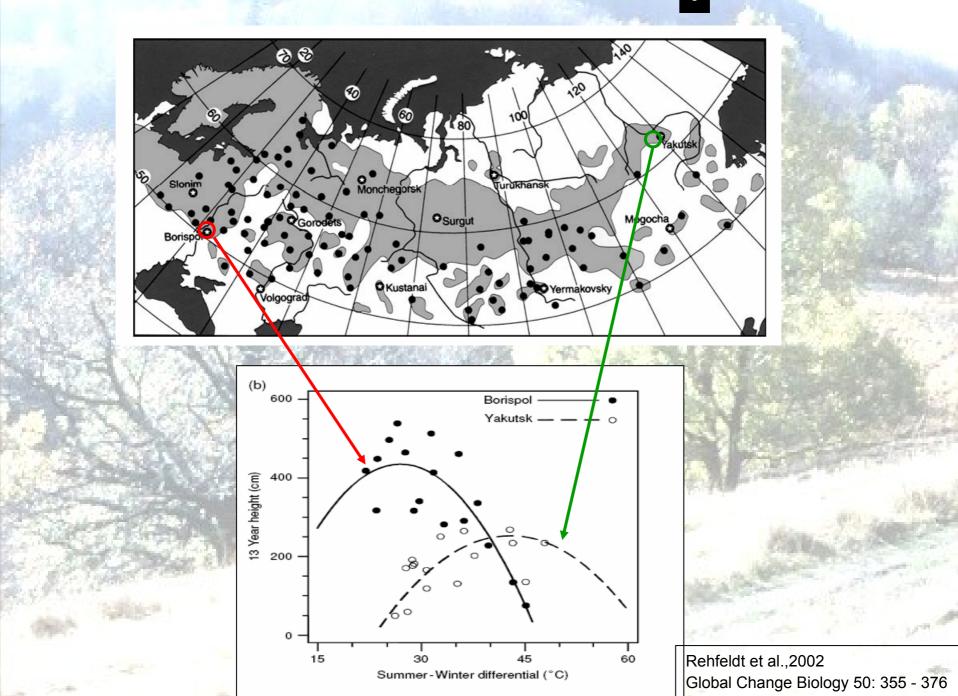
Rehfeldt et al.,2001 Climatic change 50: 355 - 376

Rehfeldt et al.,1999 Ecology Monographs, 69: 175-407

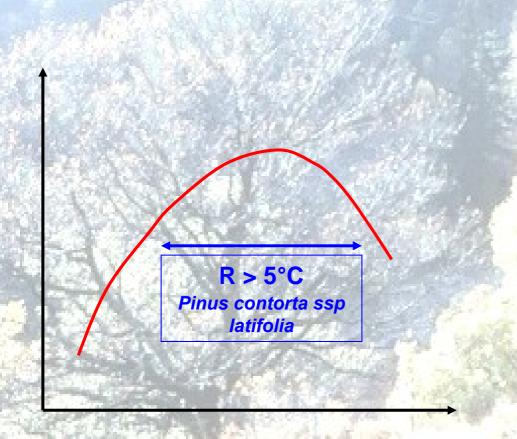
#### COURBES DE REPONSE DES PROVENANCES

Précipitation estivale





#### PLASTICITE DES PROVENANCES



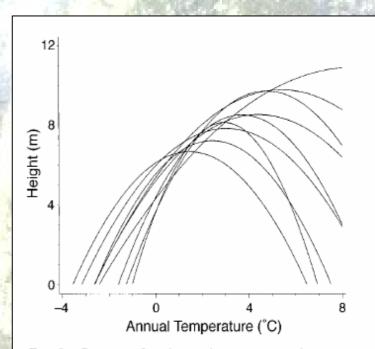
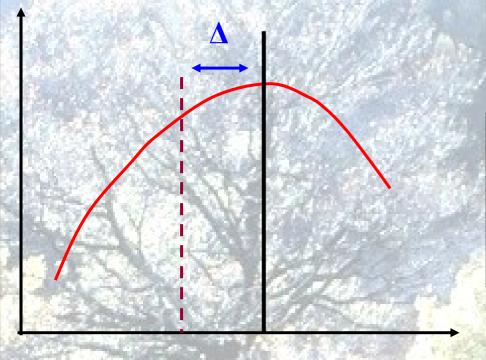


FIG. 8. Response functions using mean annual temperature as a predictor of height for nine populations that represent a variety of responses for ssp. *latifolia*.

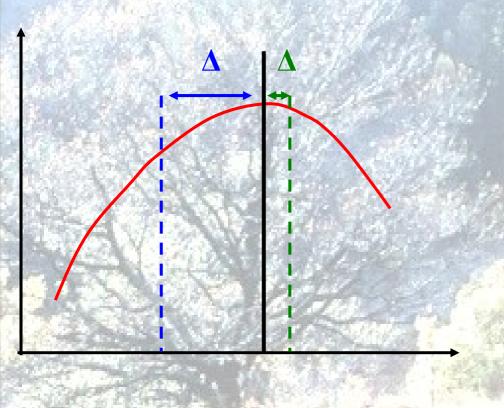


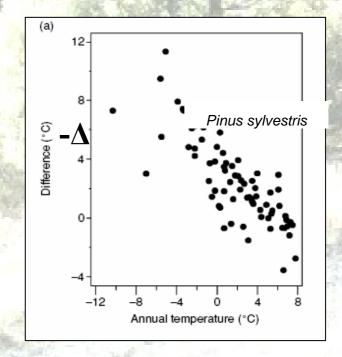


	∆ moyen
Pinus sylvestris	2,7°C
Pinus contorta Ssp latifolia	2,8°C

Rehfeldt et al.,2002 Global Change Biology 50: 355 - 376 Rehfeldt et al.,1999 Ecology Monographs, 69: 175-407

## REPONSES DIFFERENTIELLES DES PROVENANCES



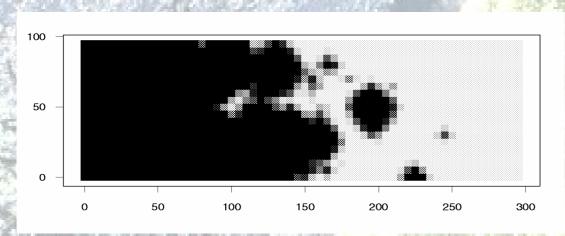


Rehfeldt et al.,2002 Global Change Biology 50: 355 - 376 Rehfeldt et al.,1999 Ecology Monographs, 69: 175-407

### **MIGRATION**

#### EFFICACITE DES MECANISMES DE DISPERSION

-Dispersion par « saut de puces »



-Migration « par pollen » via hybridation par un espèce relais

