

# Intensification durable

## des systèmes de production forestière

► Mercredi 3 décembre 2014



# Choix du matériel végétal: Exemple du massif landais

Laurent Bouffier, Patrick Pastuszka

# Introduction

## **Choix du matériel végétal primordial:**

adaptation / productivité

deux niveaux de diversité (inter- et intra-spécifique)

## **Forêt landaise:**

forêt récente

1 million ha (pin maritime essentiellement)

futaie régulière, système intensif

## **Contexte aquitain:**

2 tempêtes successives (Martin 1999, Klaus 2009)

développement de nouveaux débouchés (bois – énergie)

changement climatique

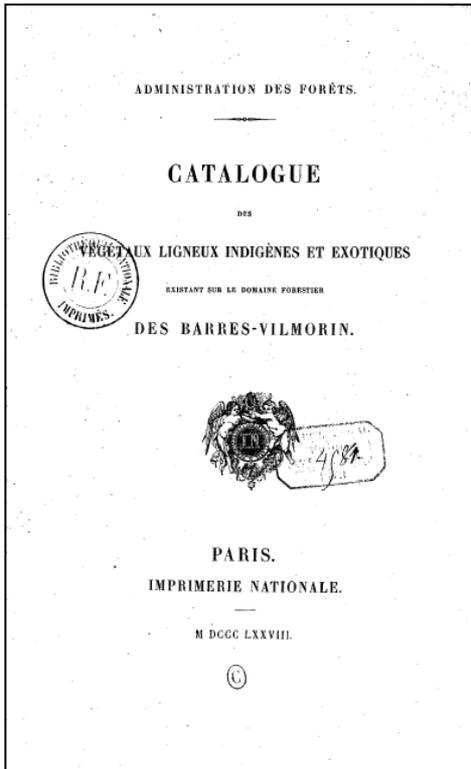
# 1. Exploration de la diversité interspécifique

Voie privilégiée de progrès pour le gestionnaire forestier pour répondre à des objectifs de boisement ou tester un matériel végétal original

# Une pratique ancienne

## Arboretum des Barres (Loiret), Vilmorin en 1825

Introduction d'un grand nombre d'espèces forestières (pins, chênes...) avec une attention particulière aux provenances



ADMINISTRATION DES FORÊTS G N E S  
DOMAINE DES BARRES  
PLAN  
Dressé à l'échelle de  $\frac{1}{2,500}$   
par les Elèves-Gardes de l'École des Barres.  
1878



# Introduction d'espèces exotiques pour étendre le champ des possibles

Dans le contexte d'une forêt de production:

- adaptation aux conditions pédo-climatiques et au cortège parasitaire
- réponse aux enjeux de production (niveau de productivité, qualité des produits)

Par exemple: pin radiata en Nouvelle-Zélande et Australie, Douglas et peupliers hybrides euraméricains en France

**Aujourd'hui: regain d'intérêt pour l'évaluation de la diversité interspécifique dans le contexte des changements climatiques et économiques**

# En forêt landaise: essais nombreux et anciens

Le réseau CLIMAQ début 2011, 281 sites référencés

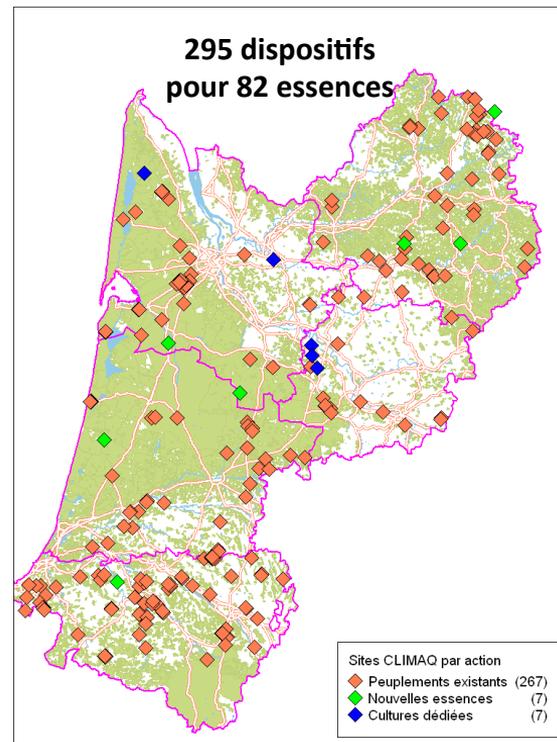
➤ Nombreux essais d'introduction d'espèces au milieu du XX<sup>ème</sup>

- **Le premier critère : l'adaptation locale** (sécheresse, froid, hydromorphie, pauvreté des sols, parasites....)
- **Le second critère : la productivité** (durée de la rotation, qualité des produits....)

➔ **Supériorité du pin maritime**

➤ Cependant, les performances passées ne préjugent pas totalement des performances futures

➔ **Nécessité de suivi régulier des dispositifs anciens et mise en place de nouveaux dispositifs**



CRPF Aquitaine 31/03/2011

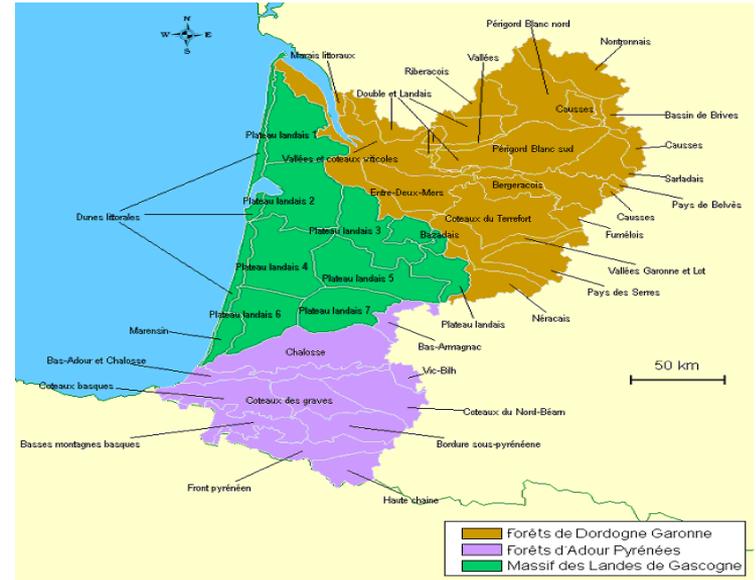
# Installation de nouveaux dispositifs

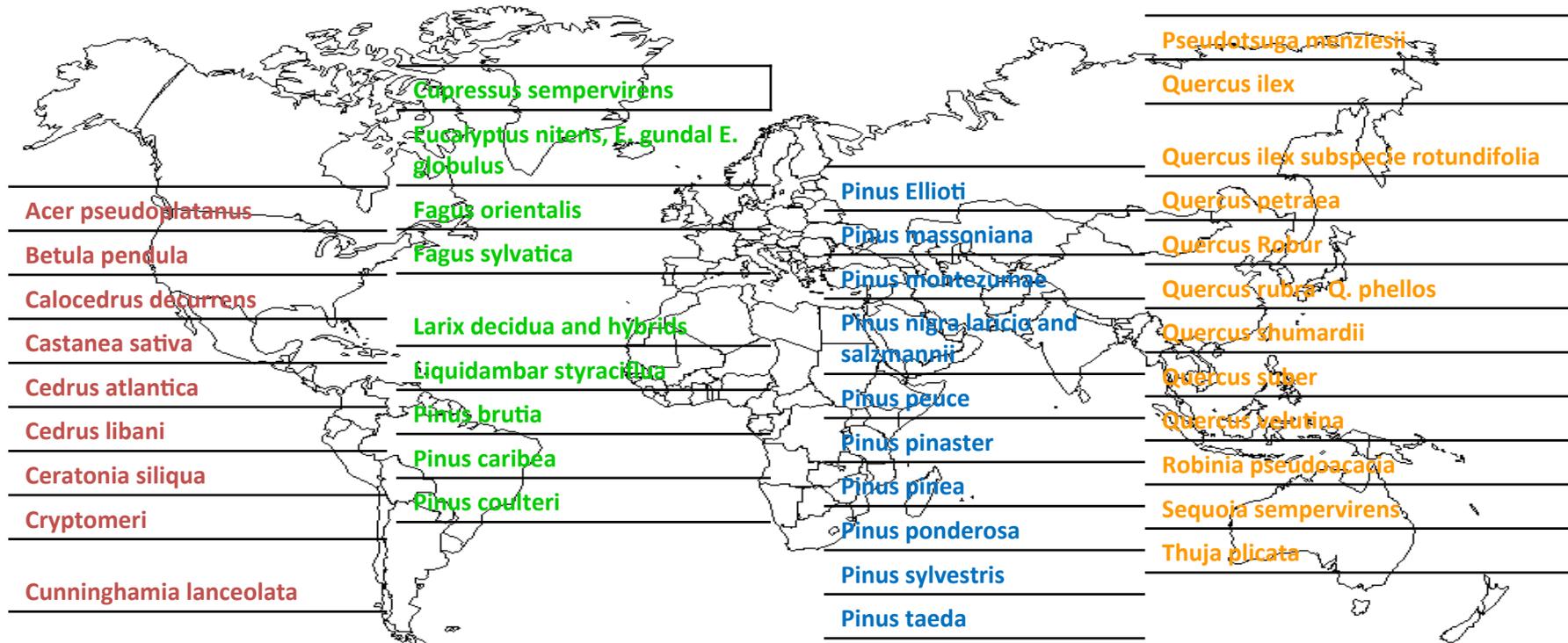
Les travaux de R & D en cours

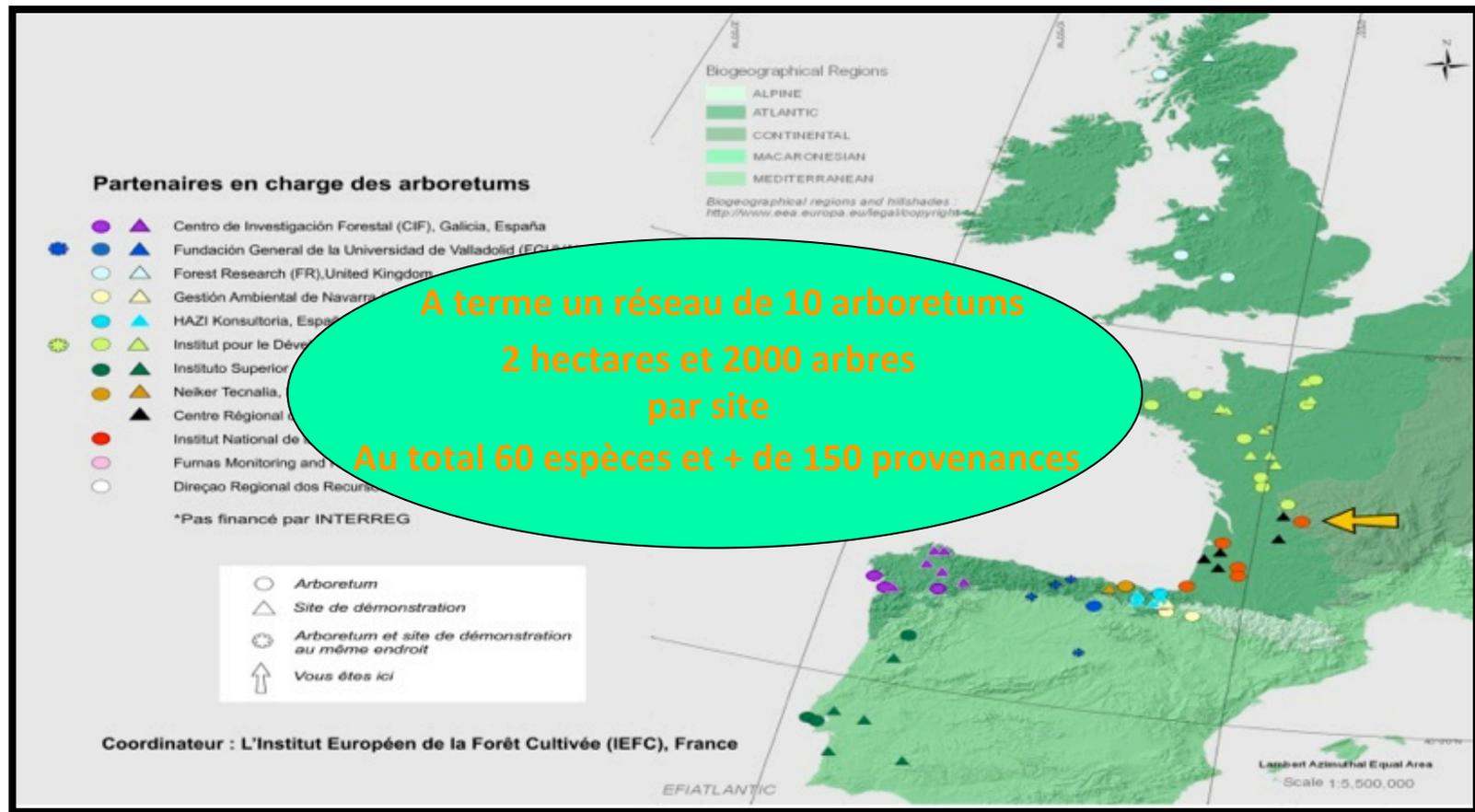
Reinforce



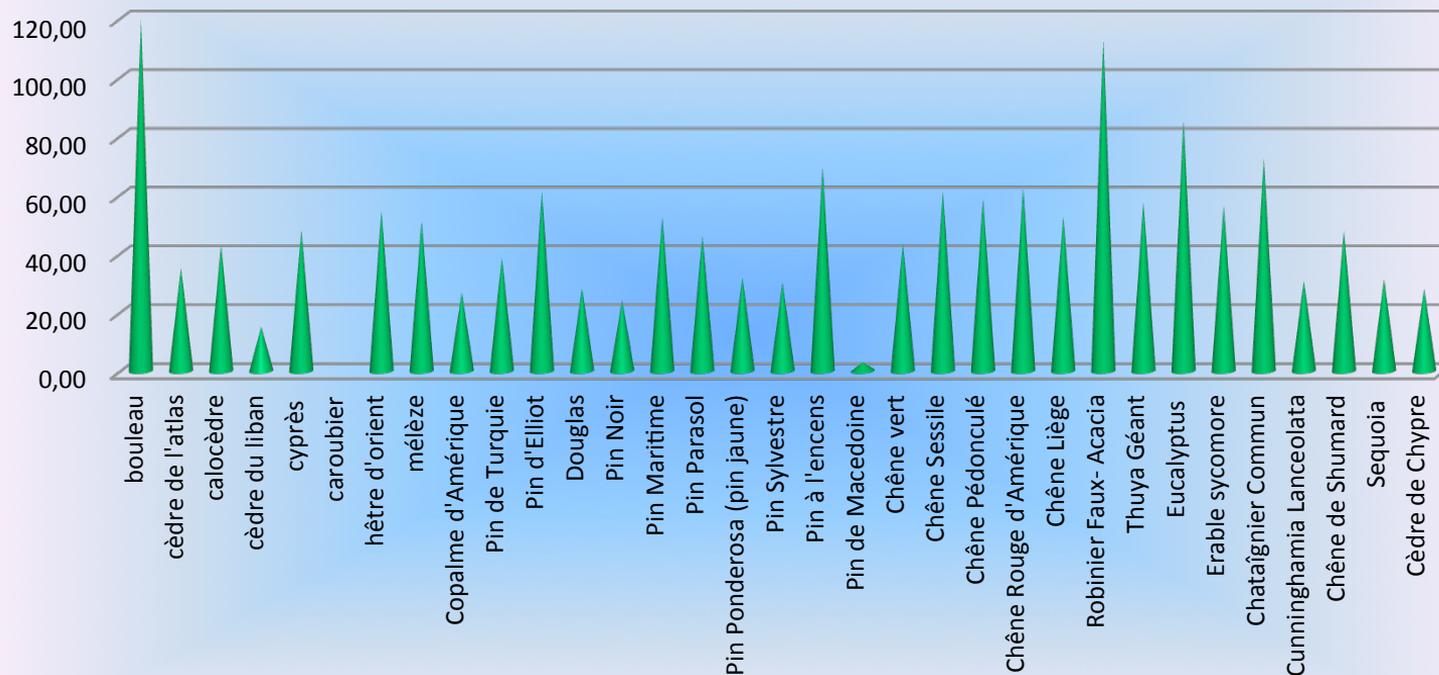
CLIMAQ







## hauteur totale



■ **ESSENCES**

# Les résultats de ces essais confirment les données anciennes

➤ **Bonne adaptation (mais productivité moindre):**

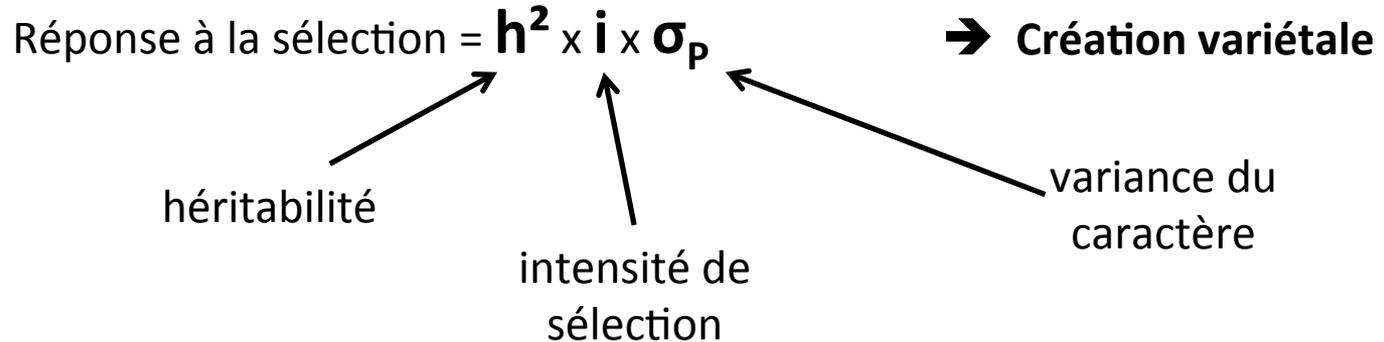
- bouleau
- pin laricio
- chêne rouge

➤ **Bonne productivité (mais nécessite des stations favorables):**

- pin taeda
- Eucalyptus
- robinier

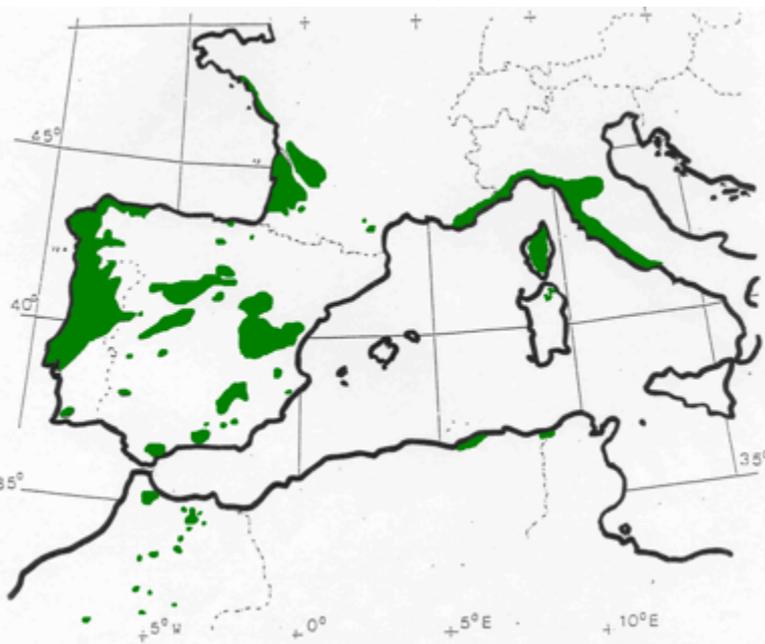
➔ **Il existe des alternatives au pin maritime mais dans des stations spécifiques ou en acceptant une diminution de la productivité (scenarios du GIP ECOFOR)**

## 2. Valorisation de la diversité intraspécifique

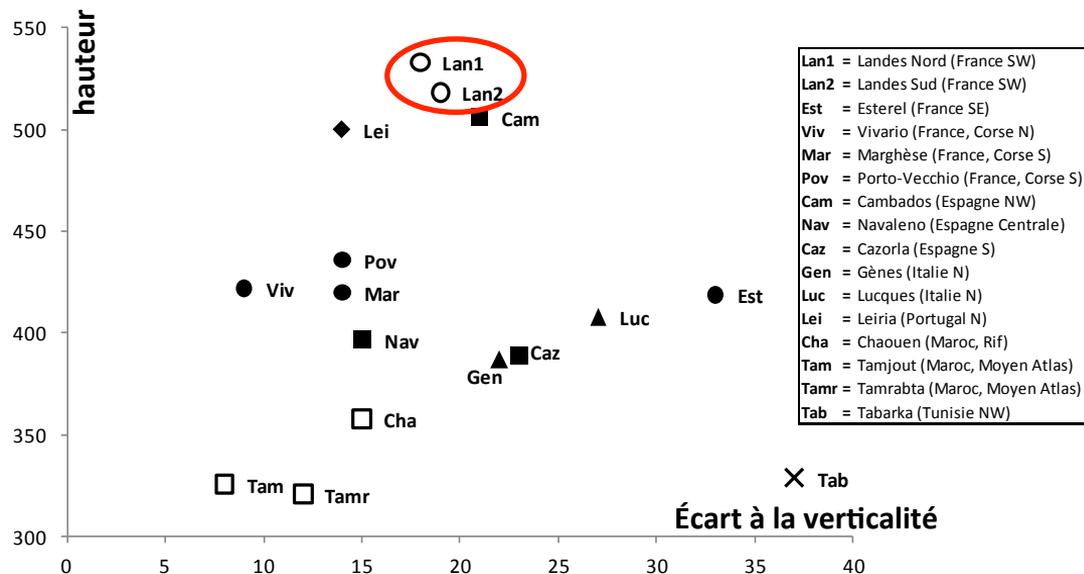


Aquitaine: programme d'amélioration du pin maritime initié dans les années 1960

# Pin maritime: grande variabilité intraspécifique



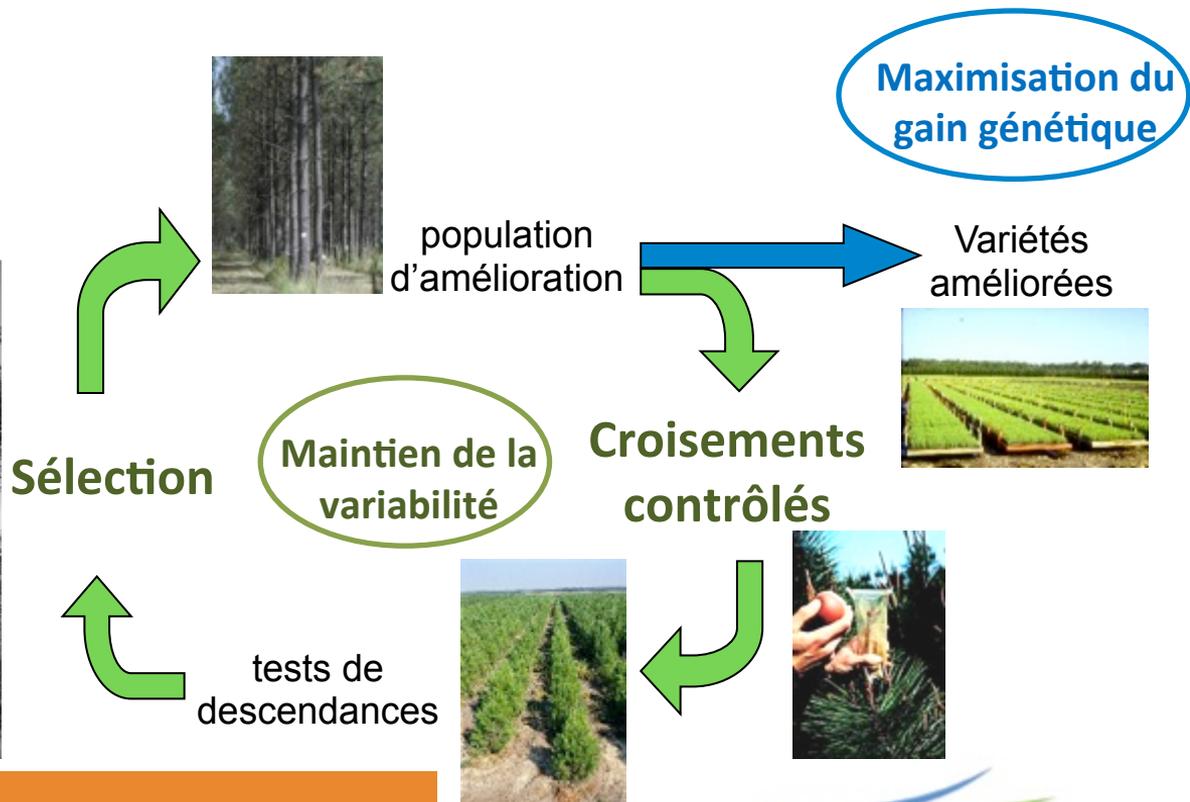
Provenances de pin maritime évaluées dans le sud-ouest dès 1926 (arboretum des Arrouilles, Mimizan)



- Lan1 = Landes Nord (France SW)
- Lan2 = Landes Sud (France SW)
- Est = Esterel (France SE)
- Viv = Vivario (France, Corse N)
- Mar = Marghèse (France, Corse S)
- Pov = Porto-Vecchio (France, Corse S)
- Cam = Cambados (Espagne NW)
- Nav = Navaleno (Espagne Centrale)
- Caz = Cazorla (Espagne S)
- Gen = Gènes (Italie N)
- Luc = Lucques (Italie N)
- Lei = Leiria (Portugal N)
- Cha = Chaouen (Maroc, Rif)
- Tam = Tamjout (Maroc, Moyen Atlas)
- Tamr = Tamrabta (Maroc, Moyen Atlas)
- Tab = Tabarka (Tunisie NW)

# Sélection récurrente à partir d'une sélection d'arbres « plus »

**Population de base =**  
635 arbres sélectionnés  
dans la forêt landaise

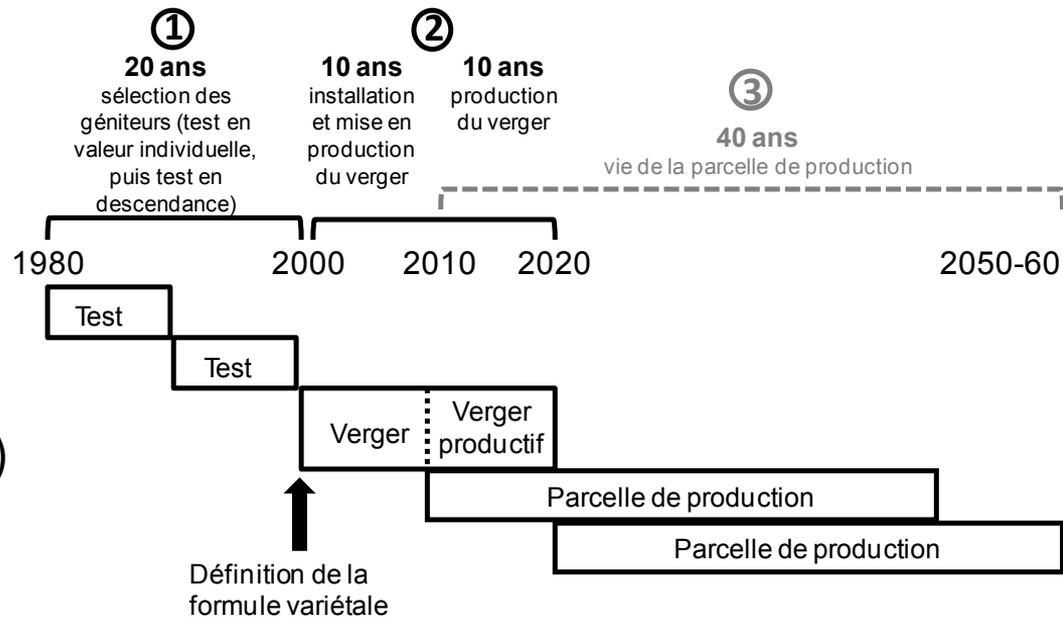


# Stratégie très efficace mais cycles de sélection longs



**Variétés « polyvalentes »**  
(conditions pédo-climatiques, utilisation)

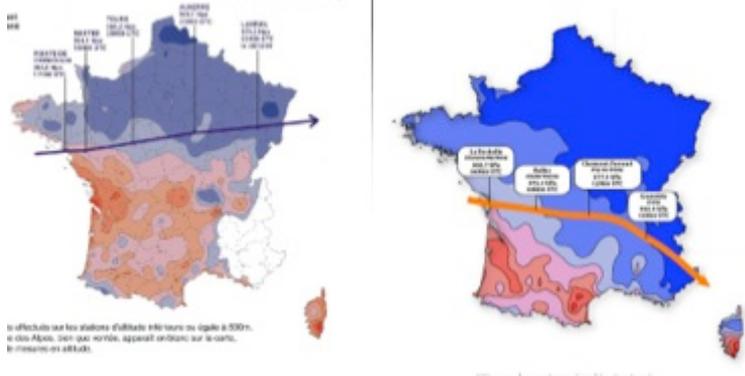
**Gains > 30% croissance et rectitude**



**Renouvellement des variétés ~ 15 ans**

# Nouveau contexte aquitain

## Deux tempêtes successives

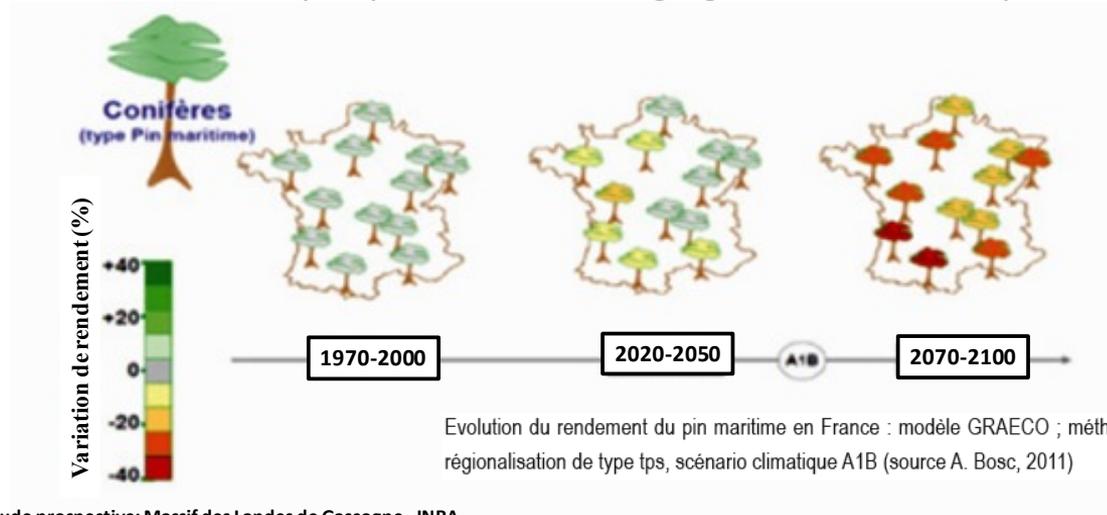


## Nouveaux débouchés (biomasse)



## Changement climatique

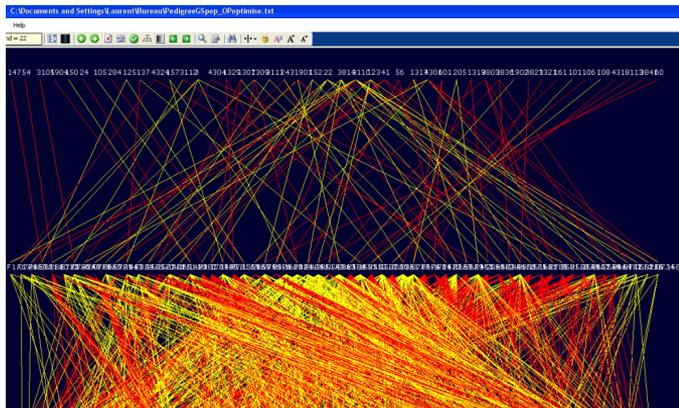
- Scénario « moyen » (A1B) du GIEC pour 2050:
  - hausse des températures de 1,5°C
  - baisse des précipitations de 10%
- Déficits hydriques estivaux et engorgements hivernaux plus longs



Etude prospective: Massif des Landes de Gascogne - INRA

# Accélération des sorties variétales

Valeur génétique d'un arbre déterminée par les performances de ses apparentés



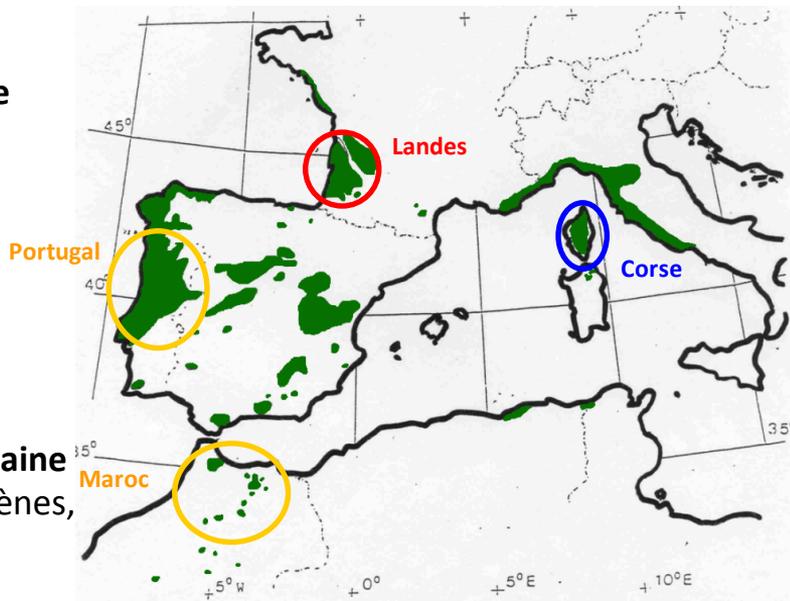
Accumulation de données sur trois générations (plus de 400 000 arbres mesurés)

➔ **Réduction possible de la durée des cycles**  
(sélection sans évaluation sur descendance)

- Diminution du délai entre évaluation et production
- Accélération du gain génétique
- Renouvellement plus fréquent des variétés (possibilité de réduire la variabilité génétique)

# Utilisation d'une diversité génétique plus large

**Population Corse**  
(branchaison,  
rectitude)

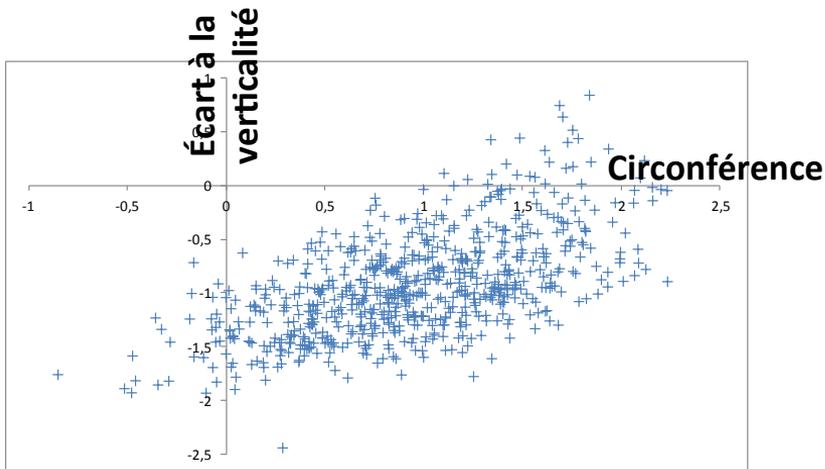


**Population Marocaine**  
(résistance pathogènes,  
sécheresse)

Nouveaux critères:  
résistance à la sécheresse  
résistance au nématode du pin

➔ Exploration de la diversité dans  
l'ensemble des provenances... mais  
probablement utilisation en  
croisements (adaptation, productivité)

# Diversification des sorties variétales



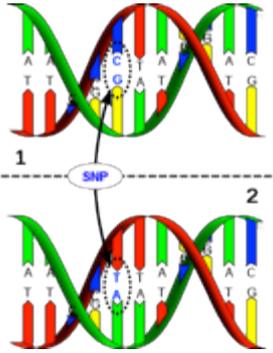
Augmentation du nombre de critères de sélection (productivité, qualité, résistance à la sécheresse...)

➔ gain génétique plus faible pour chacun d'entre eux

**Vers des variétés « spécialisées » pour un usage**

Par exemple, variétés « biomasse » (gain > 50%)

# Utilisation des outils de la biologie moléculaire ?



Marqueur moléculaire = Fragment d'ADN (séquence codante ou non) avec une position bien définie dans le génome (locus) et présentant du polymorphisme dans la population d'étude

- **Vérification de l'identité des arbres**
  - ➔ augmentation de la précision des estimations
- **Reconstitution des pedigrees incomplets**
  - ➔ possibilité de mettre en œuvre de nouvelles stratégies de sélection

# Utilisation des outils de la biologie moléculaire ?

## Prédire la performance des arbres pour une sélection précoce

### Sélection Assistée par Marqueurs

Recherche d'association entre  
marqueur et performance



Sélection des arbres présentant les  
marqueurs associés à la performance  
recherchée

### Sélection Génomique

Population d'étude:  
génotypage (~10 000 marqueurs) +  
mesure des performances  
→ Calibration modèle



Génotypage des arbres de la population  
d'application

Sélection à partir d'un index  
« génomique » (sans mesure des  
performances)

# Conclusion générale

- Exploration de la diversité interspécifique (adaptation / enjeux de production) puis création variétale pour augmenter durablement les performances
- Forêt landaise: choix du pin maritime au milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle puis programme d'amélioration à partir de la provenance locale
- Evolution du contexte économique et environnemental
  - ➔ réactive les recherches pour valoriser la diversité inter- et intra-spécifique
    - pin maritime reste l'espèce majoritaire mais utilisation possible d'autres espèces sur certaines stations voire en mélange (biodiversité, protection vis-à-vis des pathogènes, mélange de scénarios)
    - valorisation des différentes provenances de pin maritime
    - diversification du matériel amélioré, renouvellement plus fréquent