



**HAL**  
open science

## Innovation génétique dans le domaine du matériel végétal forestier

Catherine Bastien, Luc Pâques, Vincent Segura, Jean-Charles Bastien,  
Jean-Paul J.-P. Charpentier

► **To cite this version:**

Catherine Bastien, Luc Pâques, Vincent Segura, Jean-Charles Bastien, Jean-Paul J.-P. Charpentier. Innovation génétique dans le domaine du matériel végétal forestier. 5. atelier REGEFOR - Les innovations dans les usages du bois interpellent la gestion forestière, Jun 2015, Champenoux, France. hal-02793537

**HAL Id: hal-02793537**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02793537v1>**

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.



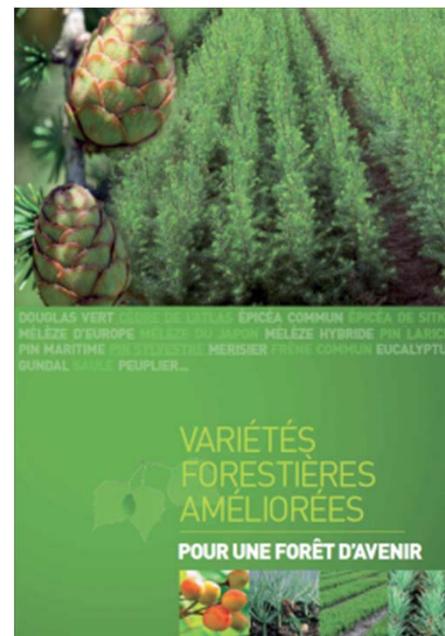
# Innovation génétique dans le domaine du matériel végétal forestier

Catherine Bastien, Luc Pâques, Vincent Segura, Jean-Charles Bastien, Jean-Paul Charpentier  
INRA, UR-AGPF Orléans

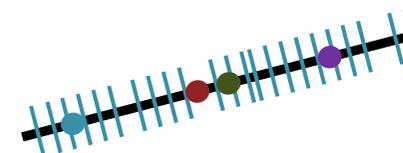
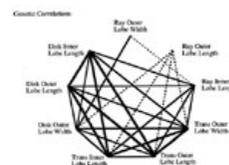
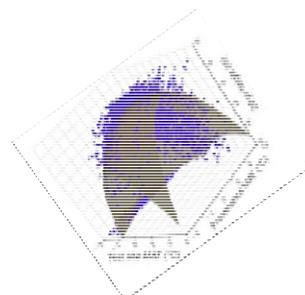


# Plan

- Les variétés forestières améliorées diffusées aujourd'hui : gains génétiques réalisés

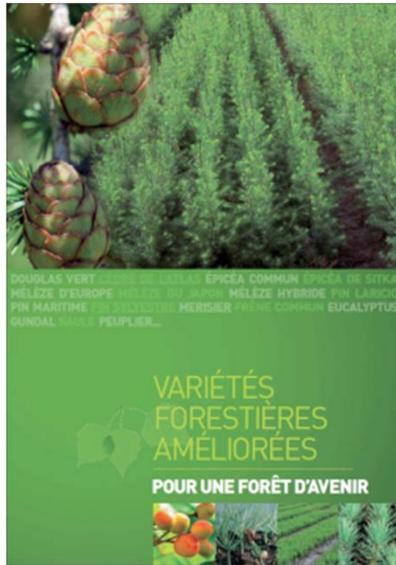


- Les approches cognitives et des outils qui évoluent pour de nouvelles innovations génétiques



# Les variétés forestières améliorées

## Définition



Matériels de reproduction des catégories **qualifiée** et **testée** obtenus par multiplication sexuée ou végétative de matériels de base choisis pour **leur origine génétique** et **leurs performances** pour un certain nombre de **critères de sélection**

## Liste des variétés améliorées au registre national (2014)

- Près de **400 ha** de vergers à graines en production

|                     | Catégorie qualifiée   | Catégorie testée                                 |
|---------------------|---|--|
| Vergers à graines   | Pin maritime (13)<br>Douglas (6)<br>Mélèze d'Europe (1)<br>Pin sylvestre (2)<br>Épicéa commun (3)<br>Merisier (2)<br>Pin laricio de Corse (1)<br>Pin laricio de Calabre (1)<br>Frêne (1)<br>Cormier (1) | Douglas (2)<br>Pin laricio de Corse (1)          |
| Parents de familles | Pin maritime (2)<br>Mélèze hybride (1)<br>Noyer hybride (11)  | Mélèze hybride (1)                               |
| Clones              |   | Merisier (12)<br>Peuplier (44)<br>Eucalyptus (2) |
| Mélange clonal      | Peuplier noir (4)   |  |

# Les variétés forestières améliorées

## Utilisation en reboisement en 2013-2014



| Rang 2013-2014 | Espèces les plus vendues* (hors matériels destinés aux TCR) | Ventes en France 2013-2014 |
|----------------|---|----------------------------|
| 1              | Pinus pinaster  | 44 870 944                 |
| 2              | Pseudotsuga menziesii                                       | 7 170 251                  |
| 3              | Quercus petraea   | 3 626 095                  |
| 4              | Picea abies   | 2 403 265                  |
| 5              | Abies nordmanniana  | 1 608 080                  |
| 6              | Pinus nigra corsicana                                       | 1 171 803                  |
| 7              | Pinus taeda   | 918 029                    |
| 8              | Picea sitchensis  | 898 149                    |
| 9              | Larix decidua   | 828 576                    |
| 10             | Pinus sylvestris  | 799 622                    |
| 11             | Fagus sylvatica   | 791 978                    |
| 12             | Robinia pseudoacacia  | 752 009                    |
| 13             | Carpinus betulus  | 614 828                    |
| 14             | Peupliers-cultivars (plançons, cf ANN. B)                   | 596 411                    |
| 15             | Quercus robur   | 445 042                    |
| 16             | Quercus rubra   | 438 591                    |
| 17             | Cedrus atlantica  | 400 225                    |
| 18             | Larix eurolepis   | 391 634                    |
| 19             | Abies alba  | 253 393                    |
| 20             | Castanea sativa   | 238 885                    |

Extrait des 20 premières essences

Le résultat d'efforts de création variétale initiés dans les années 1970

Un **approvisionnement** du marché pour un grand nombre d'espèces résineuses majeures en reboisement + peupliers

Des **pénuries récurrentes** pour les espèces les plus demandées (pin maritime, douglas, mélèze hybride)

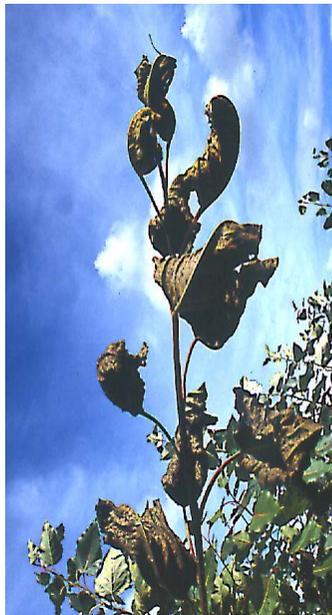
# Les variétés forestières améliorées

## Critères de sélection utilisés



Evaluation dans les zones de reboisement les plus importantes en 1970-2000  
selon les scénarios sylvicoles préconisés  
Sélection individuelle multicaractère

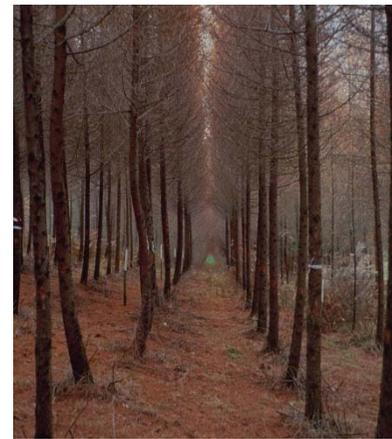
Adaptation  
(climat, station, ravageurs)



Production en  
volume



Forme des  
tiges



Branchaison



(Qbois)



**Stratégie du « best guess »:** *contre-sélection* de défauts, *amélioration* de l'homogénéité du matériau, maintien du niveau de densité du bois

# Les variétés forestières améliorées

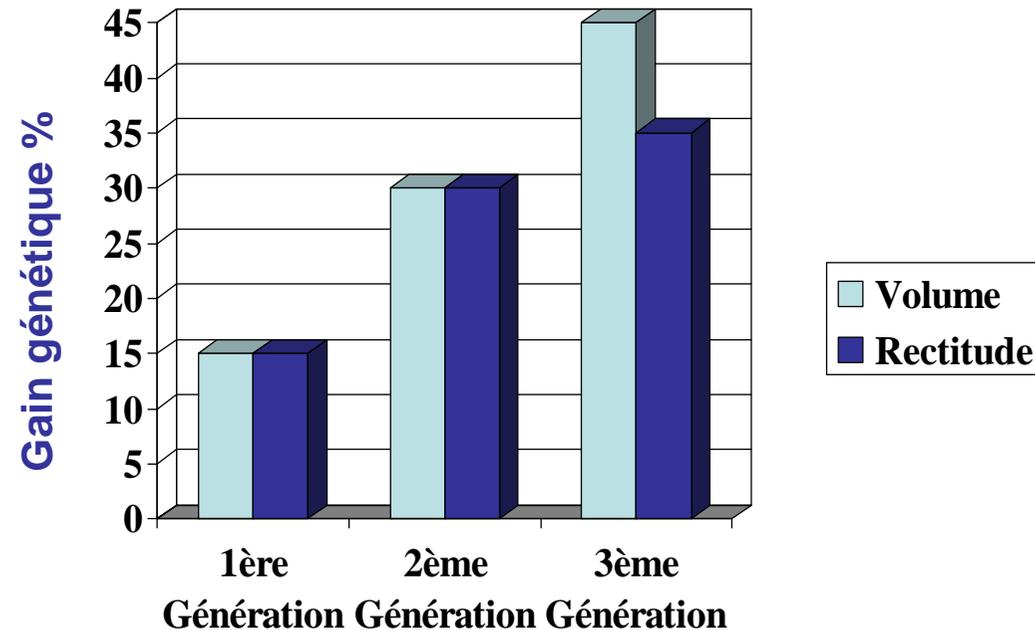
## Gains génétiques réalisés



Pin maritime



Vergers de 1ère génération



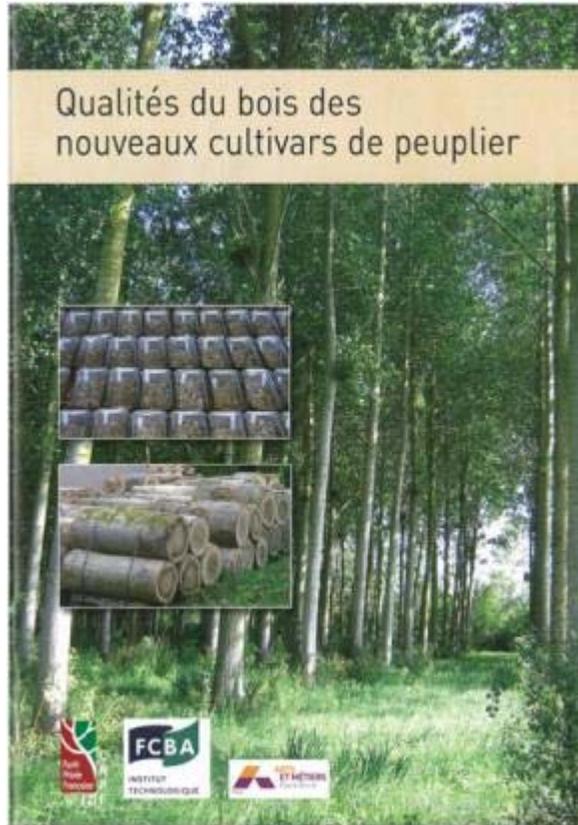
- Un gain génétique soutenu grâce à une **sélection récurrente** sur 3 générations (3 x 15-20 ans)
- Un gain de productivité de +15% sur le volume -> rotations + courtes, proportion de bois juvénile + élevée
- Un gain sur la forme des tiges très significatif

# Les variétés forestières améliorées

## Gains génétiques réalisés



Peuplier - 2013



Effet **Cultivar** >> Effet **Site**

*Masse volumique*

*Infradensité*

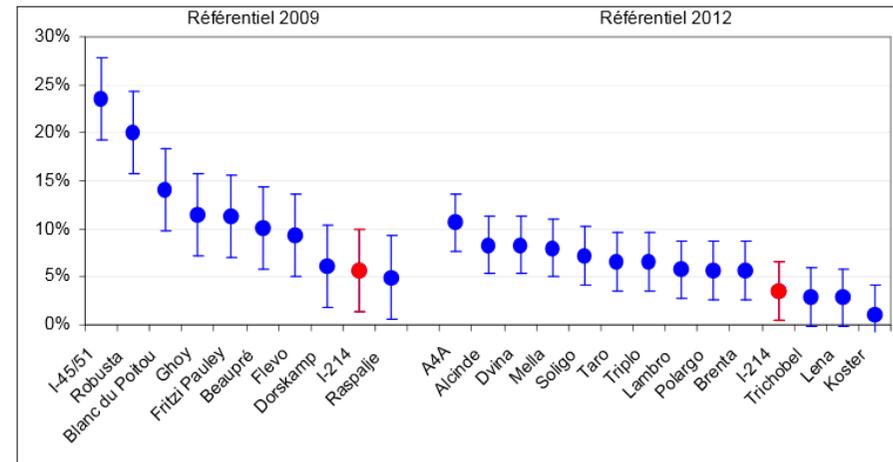
*%écorce*

*Rendement en pâte*

*Forme des fibres*

*Clarté du bois*

**% Bois de tension**



Source: A. Berthelot, FCBA

# Les attentes en matière de variétés forestières améliorées

des attentes diversifiées et qui évoluent vite ...



Une **sélection de plus en plus multi-critères** pour une productivité durable dans un contexte de changement climatique et de maintien de compétitivité

## Hier

- Adaptation « moyenne »
- Volume
- (Forme)
- (Densité du bois)



## Aujourd'hui

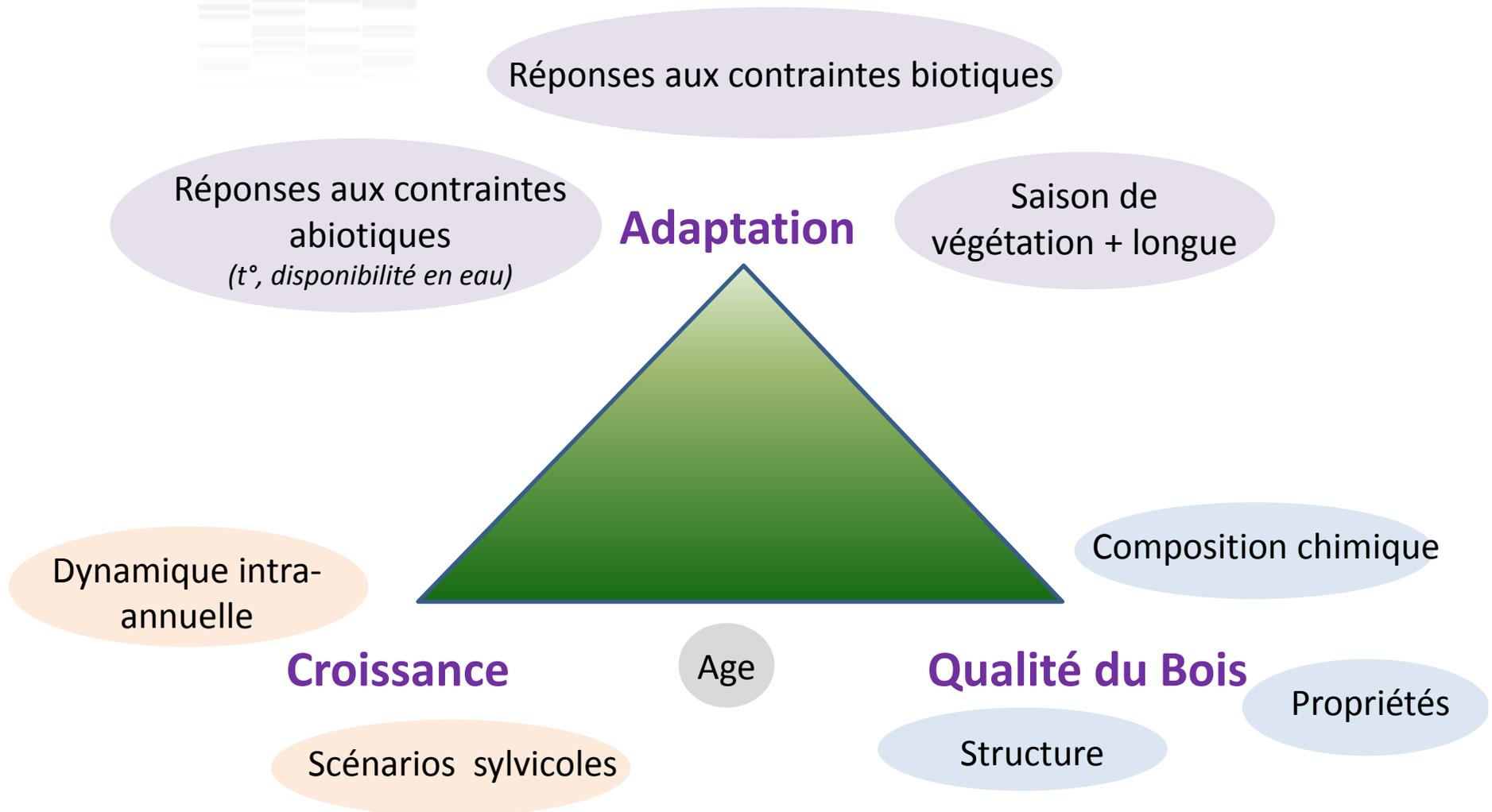
- Adaptation aux contraintes:
  - Températures
  - Sècheresse
  - Vent
  - Biotiques

} rusticité  
résilience
- Dynamique de croissance
- Efficience (Eau/nutriments)
- Forme des tiges
- Qualités pour différents usages du bois

**Prise en compte explicite de la diversité génétique au sein des variétés**

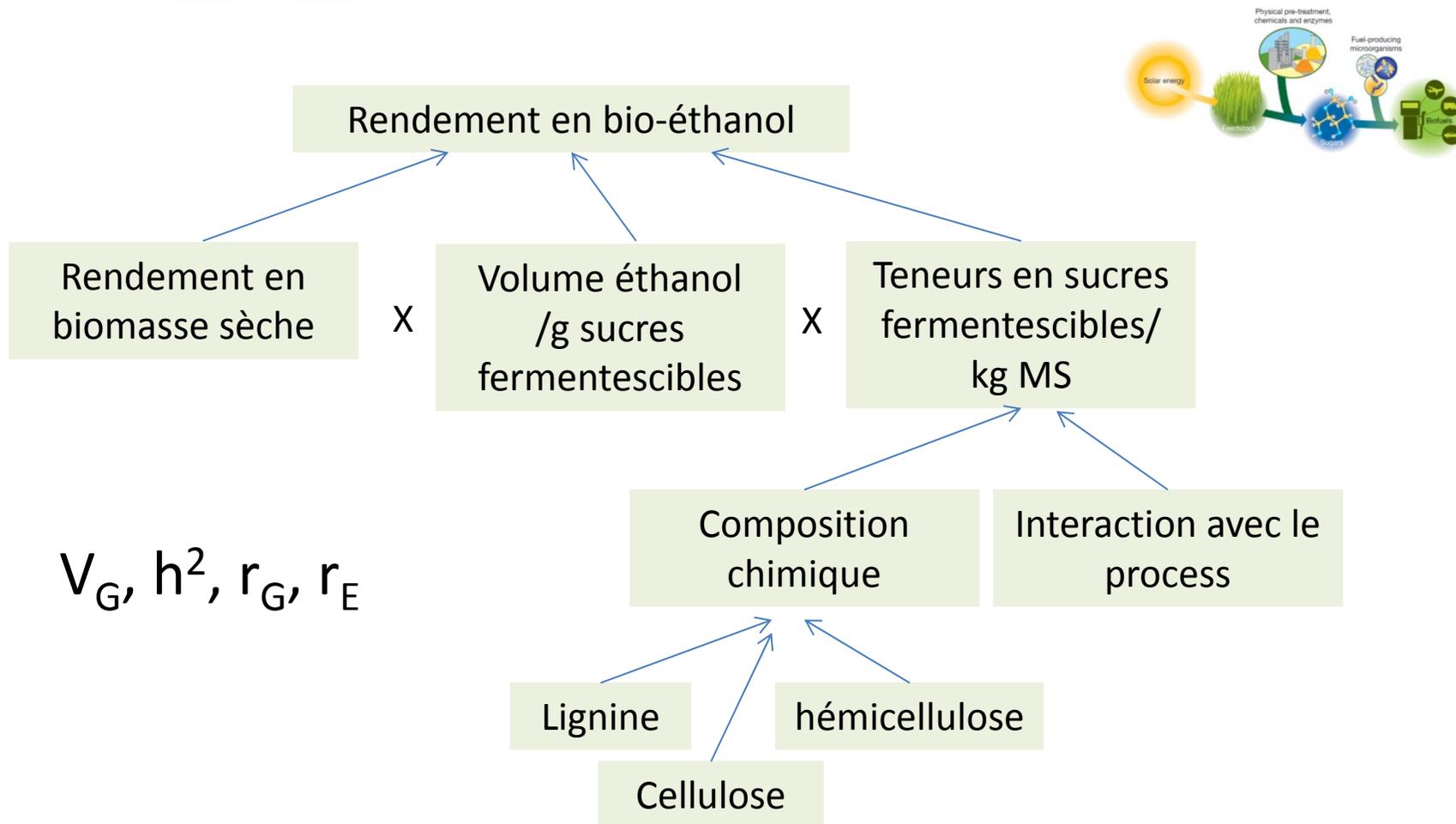
# Les approches choisies par les améliorateurs

approfondir les connaissances ...



# Approfondir les connaissances

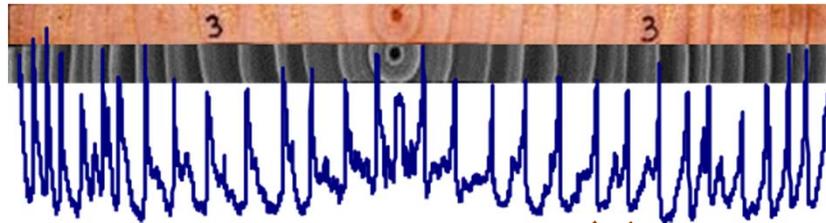
- **Décomposer** les caractères complexes  
sources de variation et déterminisme génétique, flexibilité en sélection



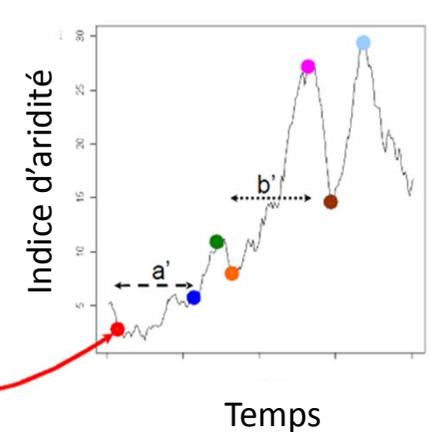
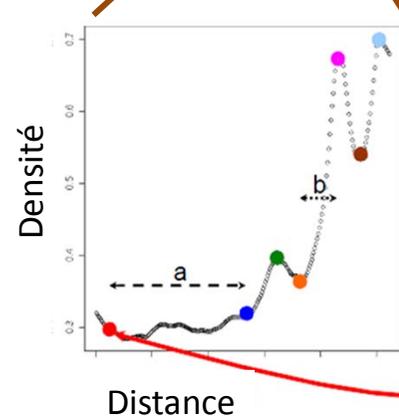
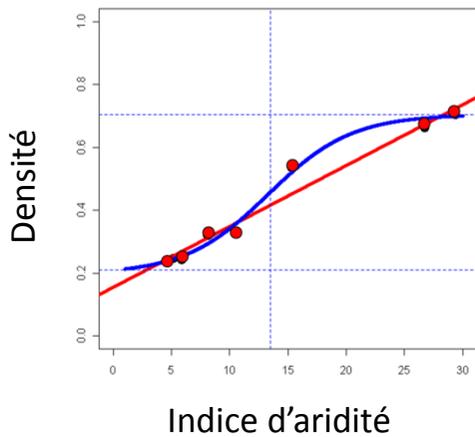
# Approfondir les connaissances



- Privilégier une décomposition **dynamique** et **fonctionnelle**  
dynamique de formation du cerne, âge, contraintes biotiques et abiotiques (GxE)



Exemple Pin maritime  
*source: L. Bouffier 2012*

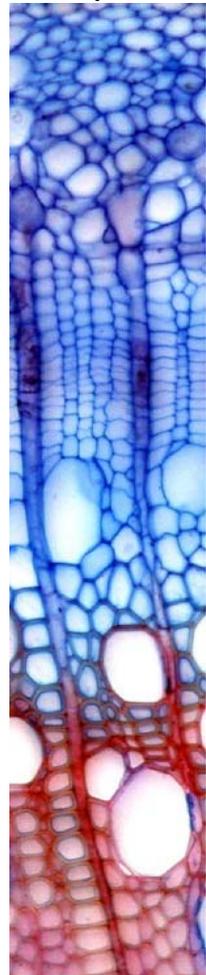


Variabilité génétique des paramètres  
de normes de réaction

# Approfondir les connaissances

- Privilégier une décomposition **dynamique** et **fonctionnelle**  
dynamique de formation du cerne, âge, contraintes biotiques et abiotiques (GxE)

CT tige de Peuplier - Coloration  
Safranine/Bleu Astra



Phloème

Zone  
cambiale

Xylème

Divisions cellulaires  
Elongation cellulaire

Différenciation  
(vaisseaux, fibres,  
rayons)

Formation des parois  
secondaires lignifiées

Mort cellulaire

Croissance en diamètre  
Quantité de bois

Plan ligneux

Composition chimique  
Angle des microfibrilles  
Cristallinité cellulose  
Épaisseur des parois

Densité

Propriétés mécaniques  
(MOE/retrait)

## Interactions disciplinaires

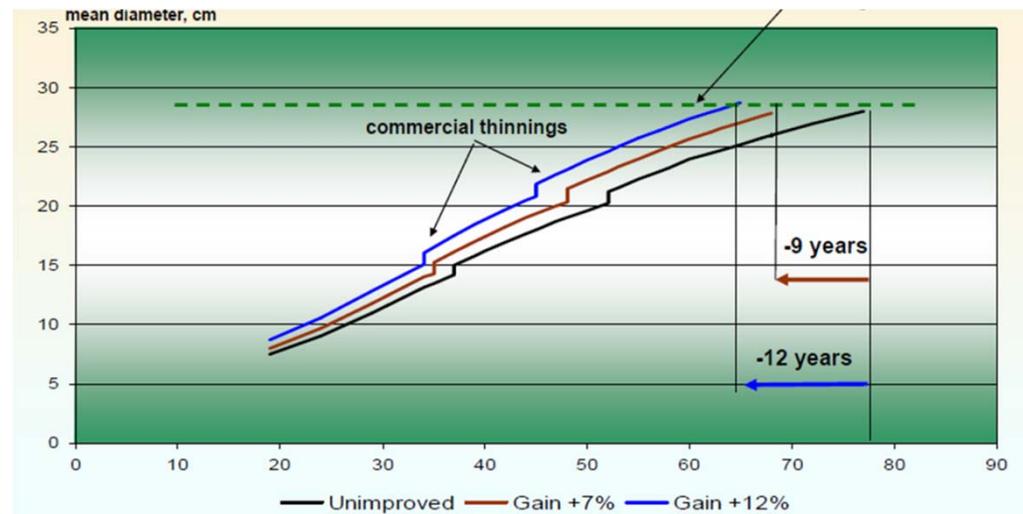
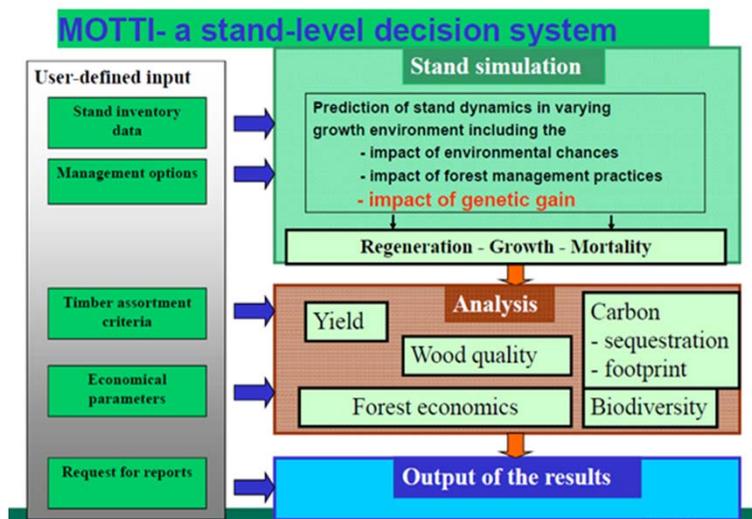
(Plomion et al. 2001, Déjardin et al. 2010)



# Approfondir les connaissances

- Utiliser la **modélisation** pour simuler les impacts de choix de sélection

*Impact des gains génétiques sur la croissance:  
cas du pin sylvestre en Finlande*



Source: LUKE – Hynynen - 2012

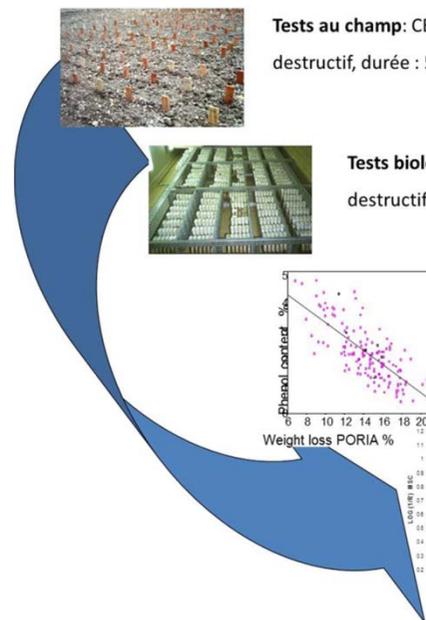
*Des études à développer sur les aspects qualités ...*

# Se doter des meilleurs outils

$$\begin{array}{c}
 \text{Gain génétique} \\
 \text{/unité temps}
 \end{array}
 = \frac{
 \begin{array}{c}
 \text{Précision de} \\
 \text{prédiction}
 \end{array}
 \times
 \begin{array}{c}
 \text{Intensité de} \\
 \text{sélection}
 \end{array}
 \times
 \begin{array}{c}
 \text{Variabilité} \\
 \text{génétique}
 \end{array}
 }{
 \begin{array}{c}
 \text{Longueur cycle}
 \end{array}
 }$$

- Trouver les meilleurs proxys des différents usages à évaluer de façon non destructive :

## DURABILITE

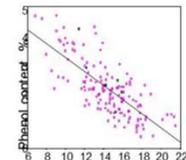




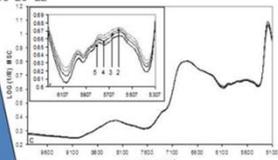
**Tests au champ:** CEN/TR 14723..  
destructif, durée : 5 ans, évaluation délicate



**Tests biologiques au labo :** EN 335..  
destructif, durée 6 semaines, coût élevé



**Analyse chimique :**  
non destructif, facilement répétable,  
coût élevé



**SPIR :** non destructif, rapide

BOIS DE REACTION

EXTRACTIBLES

COULEUR

LONGUEUR DES FIBRES

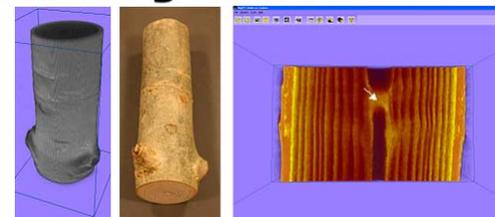
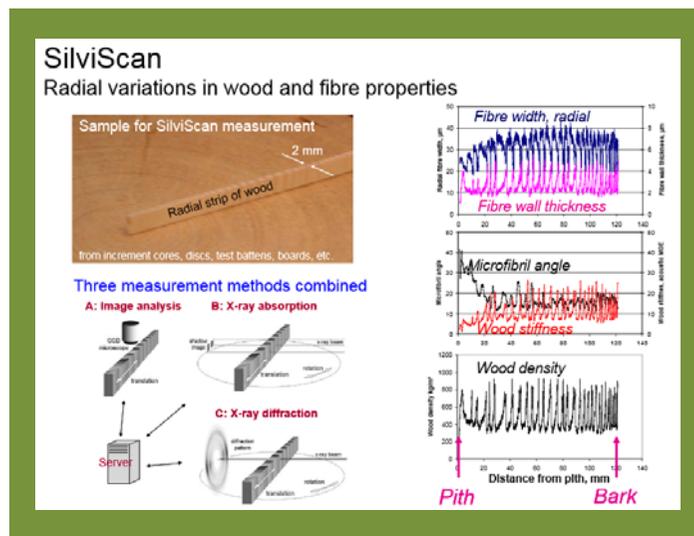
RDT COMBUSTION

?

# Se doter des meilleurs outils

$$\begin{array}{c}
 \text{Gain génétique} \\
 \text{/unité temps}
 \end{array}
 = \frac{\text{Précision de prédition} \times \text{Intensité de sélection} \times \text{Variabilité génétique}}{\text{Longueur cycle}}$$

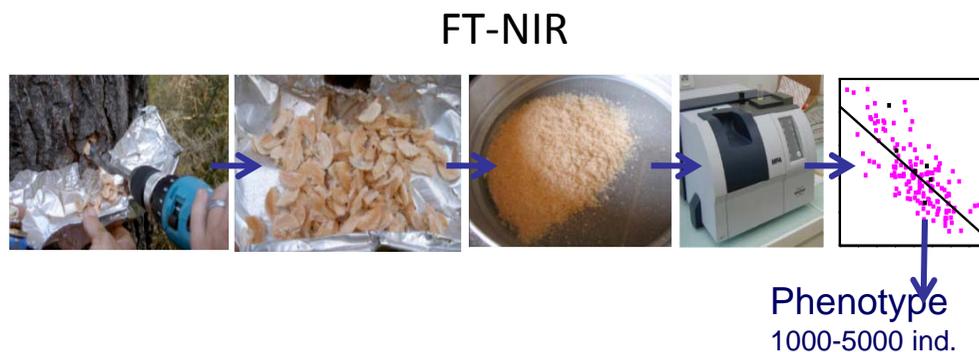
- Poursuivre le développement de plateformes de phénotypage multi-critères et de protocoles de référence



# Se doter des meilleurs outils


$$\text{Gain génétique} \text{ /unité temps} = \frac{\text{Précision de prédiction} \times \text{Intensité de sélection} \times \text{Variabilité génétique}}{\text{Longueur cycle}}$$

➤ Accéder au **haut-débit** avec les méthodes indirectes



## Calibrations intraspécifiques :

- Teneur lignine
- Teneur cellulose
- Teneur hémicellulose
- Teneur extractibles
- % bois de tension

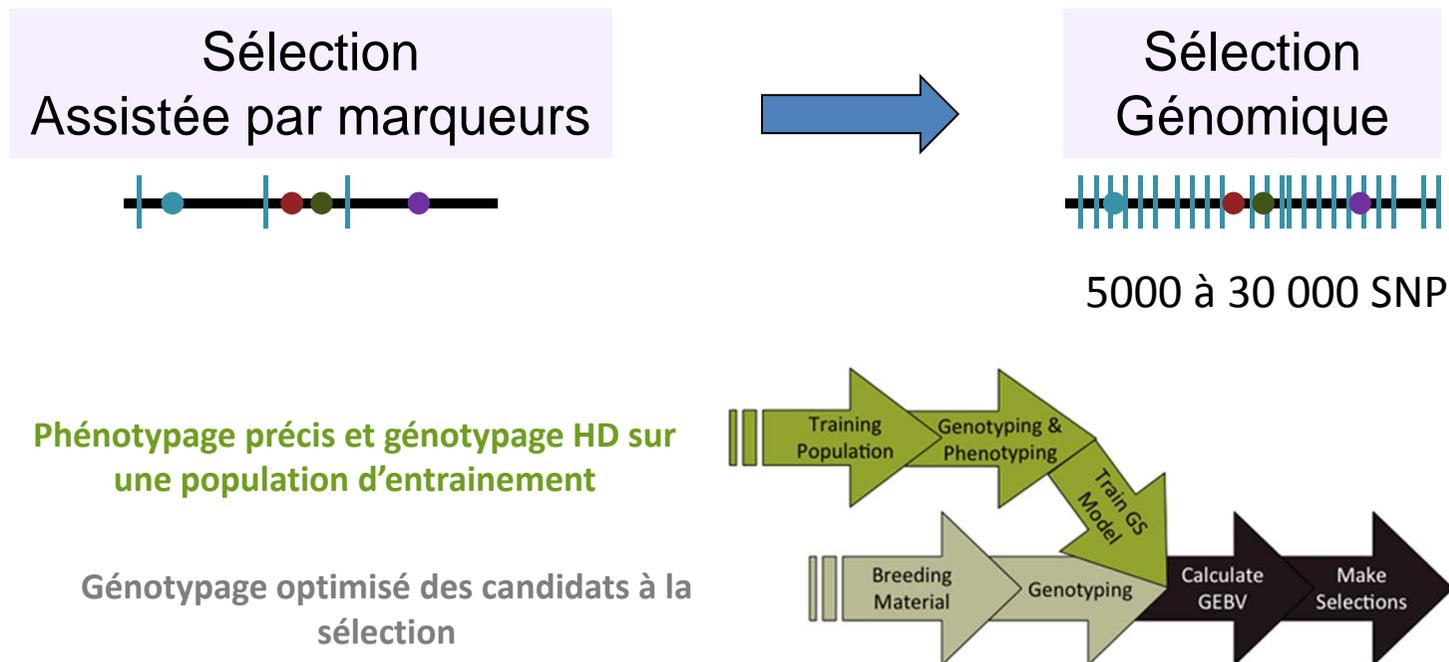
➤ Gagner du temps grâce à la sélection génomique

# Se doter des meilleurs outils



$$\text{Gain génétique / unité temps} = \frac{\text{Précision de prédiction} \times \text{Intensité de sélection} \times \text{Variabilité génétique}}{\text{Longueur cycle}}$$

- Gagner du temps grâce à la **sélection génomique**



## Conclusion - Perspectives



L'innovation variétale pour de nouvelles sylvicultures et de nouveaux usages du bois n'est pas limitée par la variabilité génétique intraspécifique, il faut :

- trouver les déterminants des différentes propriétés d'intérêt
- Identifier des proxies mesurables de façon non destructibles et à haut-débit
- s'attacher à mieux comprendre la covariation Quantité - Qualités
- s'attacher à quantifier et expliquer les interactions GxE pour ces propriétés
- s'attacher à comprendre les effets ontogéniques
- Conduire des études socio-économiques pour une évolution réussie de l'innovation
- Préparer la filière graines et plants à des demandes de diversification

*Merci de votre attention*

