



**HAL**  
open science

# Vers une gestion efficace et explicite de la variabilité génétique en populations artificielles et naturelles: une stratégie nécessaire pour maintenir les capacités d'adaptation des espèces forestières

Leopoldo Sanchez

## ► To cite this version:

Leopoldo Sanchez. Vers une gestion efficace et explicite de la variabilité génétique en populations artificielles et naturelles: une stratégie nécessaire pour maintenir les capacités d'adaptation des espèces forestières. Accélération des programmes d'amélioration des plantes grâce à la génomique, Séance publique Académie d'Agriculture de France, Jan 2022, Paris, France. hal-03601514

**HAL Id: hal-03601514**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03601514v1>**

Submitted on 8 Mar 2022

**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.

**Vers une gestion efficace et explicite de la variabilité  
génétique en populations artificielles et naturelles:  
une stratégie nécessaire pour maintenir les capacités  
d'adaptation des espèces forestières**

Leopoldo Sanchez-Rodriguez

UMR INRA ONF BioForA

Biologie intégrée pour la valorisation de la diversité des arbres et de la  
forêt

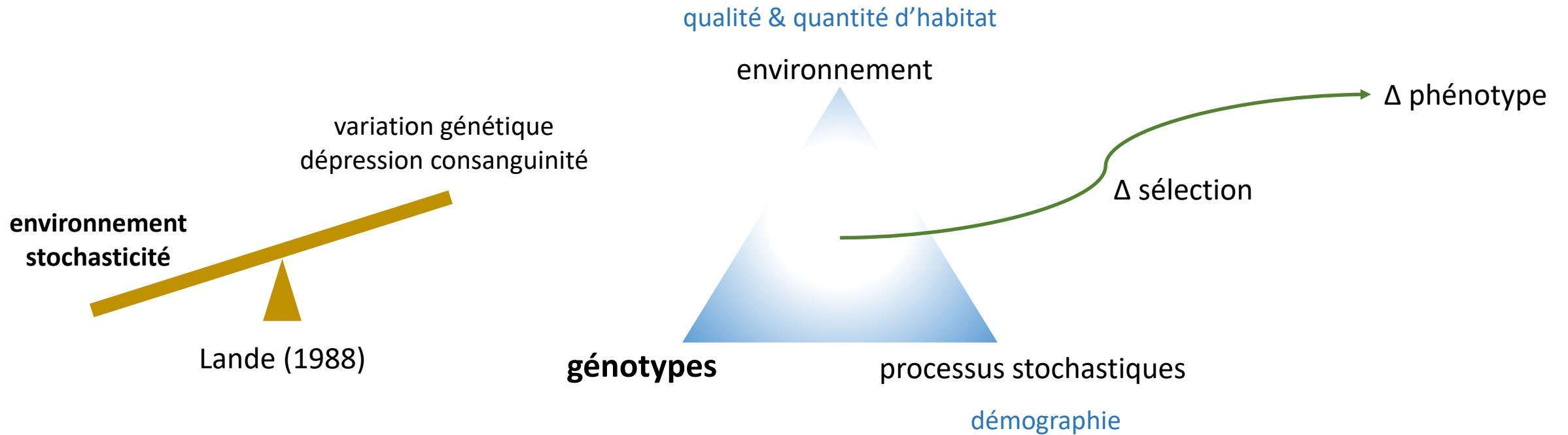
Centre Val de Loire INRA (Orléans)

Séance publique Académie d'Agriculture de France

*Comment favoriser les processus d'adaptation des espèces forestières au changement climatique ?*

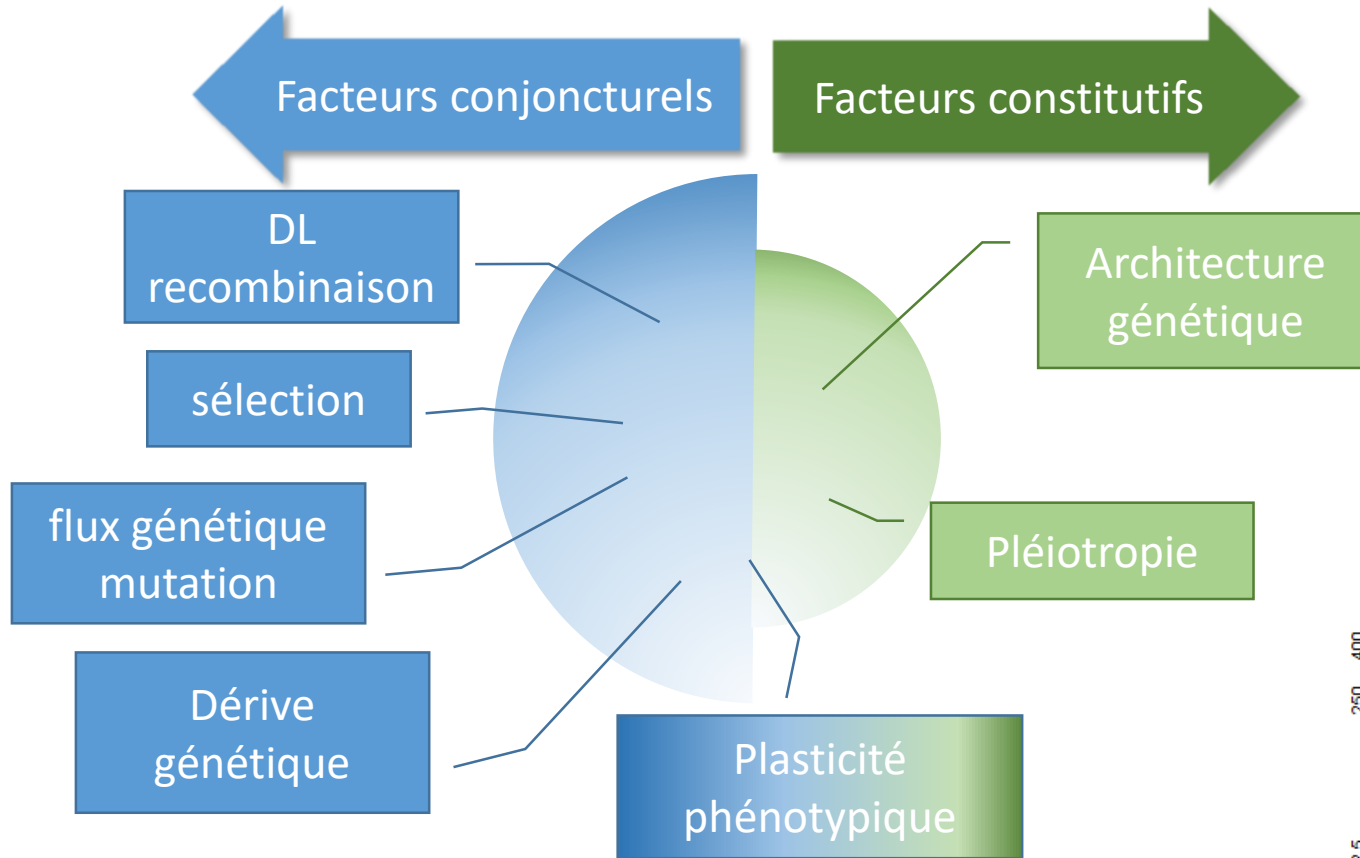
3 septembre 2018

# Diversité génétique: importance et facteurs



La diversité comme élément fondamental à gérer pour faire face au changement

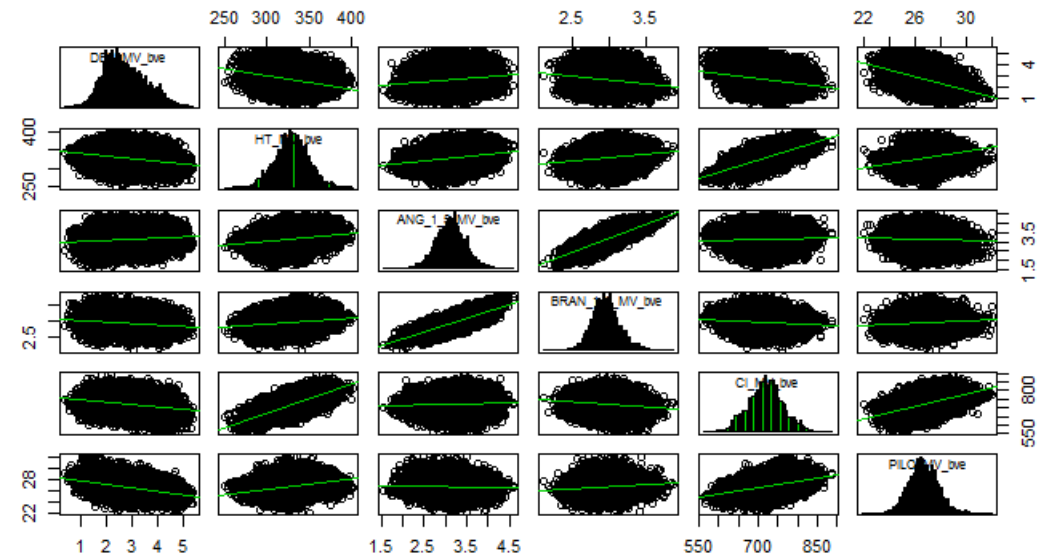
# Diversité génétique: importance et facteurs



**Les espèces forestières montrent généralement:**

- Forte diversité génétique
- Brasage génétique importante
- Forte plasticité

**Douglas – corrélations génétiques**



# Diversité génétique: importance et facteurs

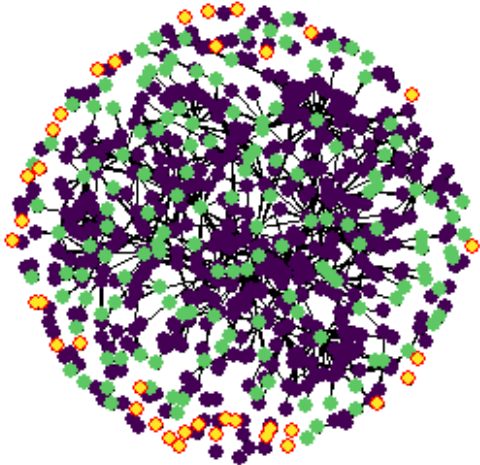
Gestion (explicite) de la diversité génétique

*Ex situ*, en populations d'amélioration pour renouvellement des peuplements, en maîtrisant la sélection des reproducteurs, leurs contributions, le DL, la dérive, et prise en compte de l'architecture génétique sous-jacente

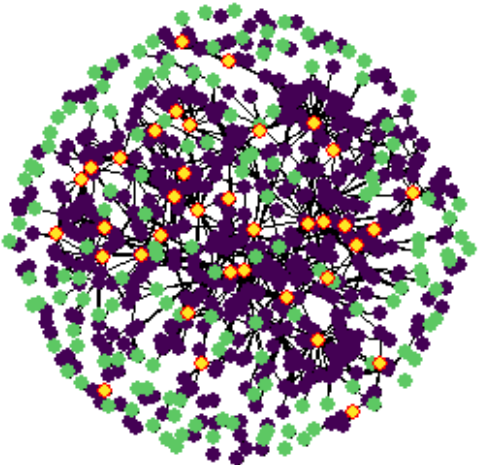
*In situ* avec gestion du flux génétique, mobilisation des pools génétiques pre-adaptés

- Améliorer la conservation et la ségrégation de la diversité
- Garantir potentiel adaptative sur le long terme
- Au niveau des individus, *ex situ*: augmenter la précision dans l'évaluation des effets alléliques (par « *recombinaison efficace* »)
- Au niveau des populations, *ex situ*: augmenter la précision des évaluations (par « *connectivité diffuse* »)

Rincent et al 2012 [Maximizing the Reliability of Genomic Selection by Optimizing the Calibration Set of Reference Individuals: Comparison of Methods in Two Diverse Groups of Maize Inbreds \(Zea Mays L.\)](#) *Genetics*

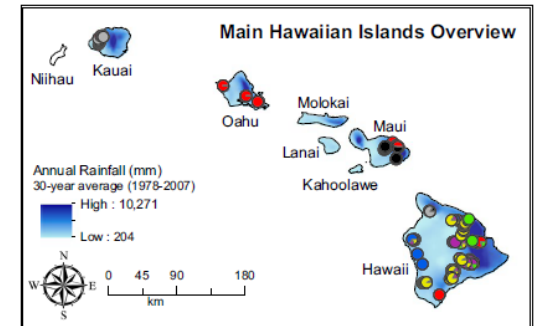
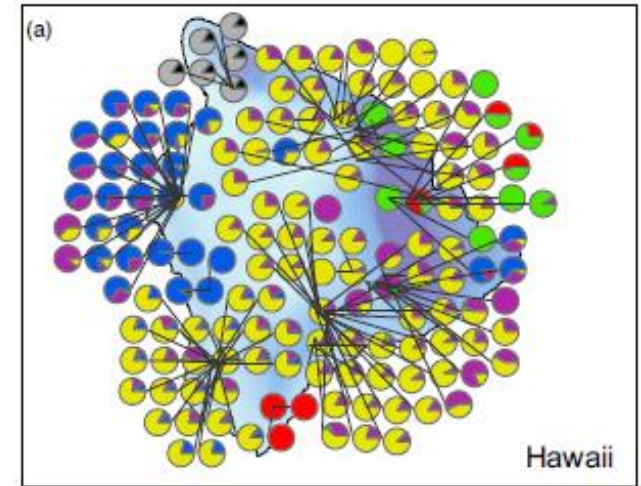
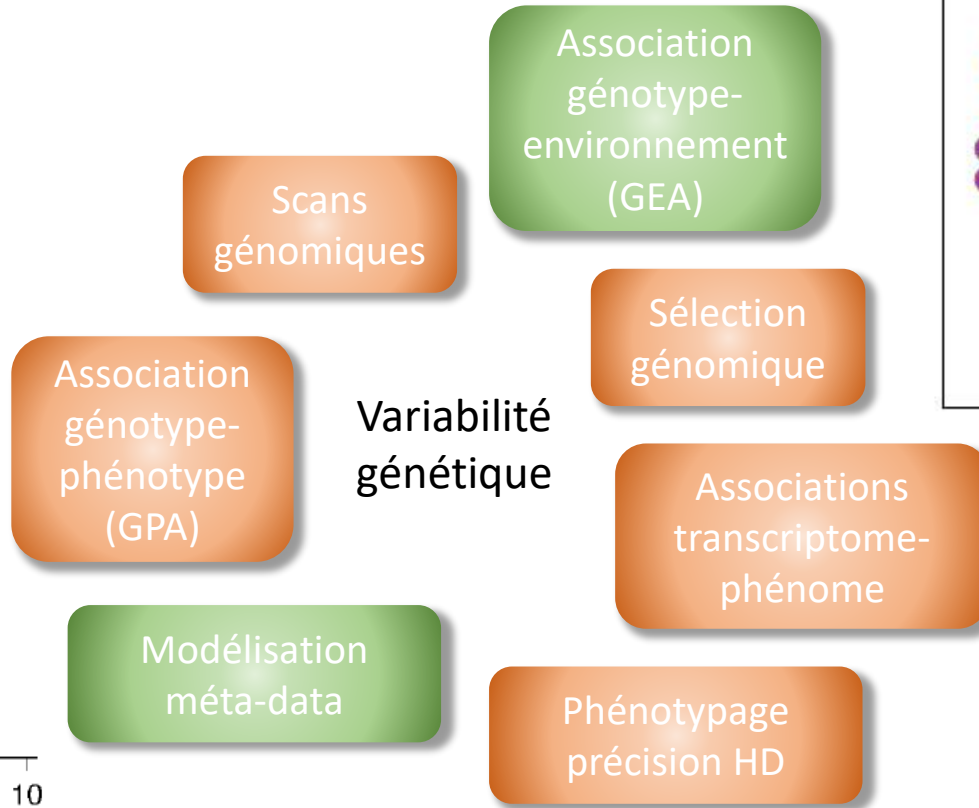
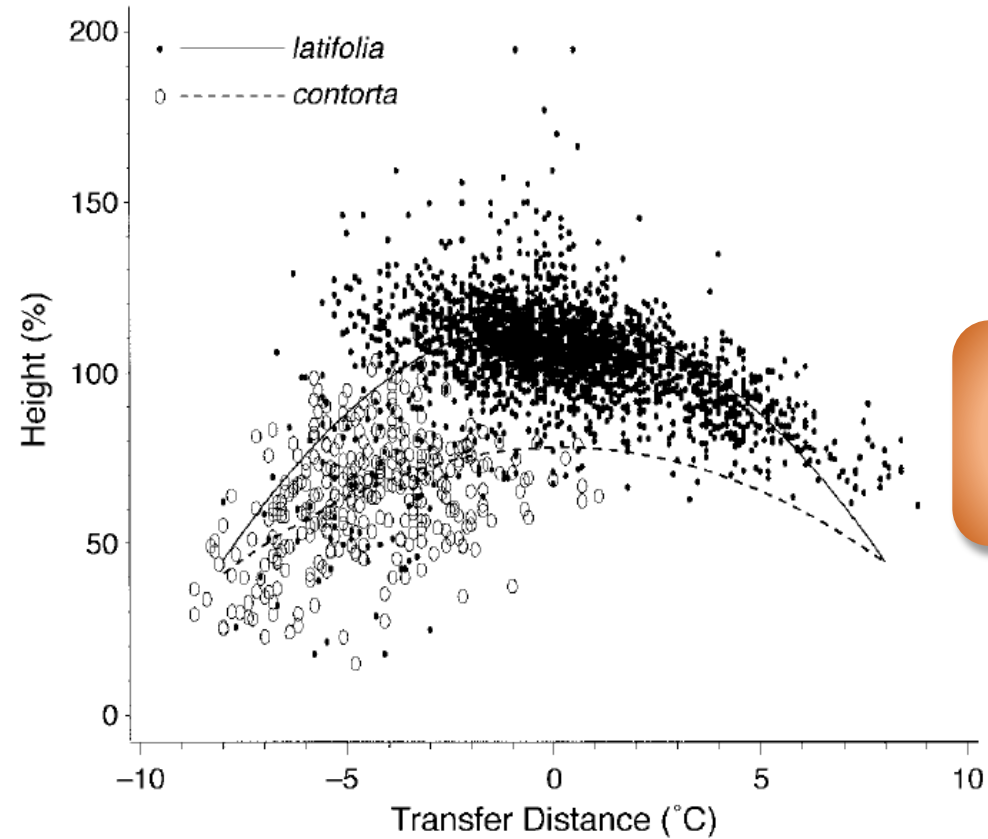


Highly unrelated training:  
Poor performance GS



Highly nodal training:  
High performance GS

# Diversité génétique: caractérisation



Rehfeldt et al 1999 Genetic Responses to Climate in *Pinus contorta*: Niche Breadth, Climate Change, and Reforestation Ecological Monographs

Gugger et al 2018 Applying Landscape Genomic Tools to Forest Management and Restoration of Hawaiian Koa (*Acacia Koa*) in a Changing Environment *Evolutionary Applications*

# Diversité génétique: caractérisation



Scans  
génomiques

Association  
génotype-  
environnement  
(GEA)

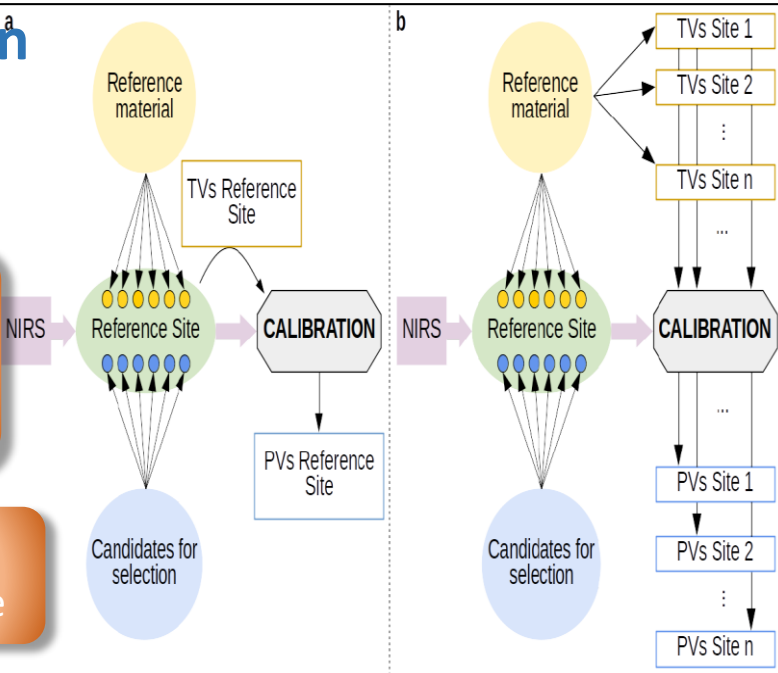
Association  
génotype-  
phénotype  
(GPA)

Variabilité  
génétique

Sélection  
génomique

Associations  
transcriptome-  
phénotype

Phénotypage  
précision HD



(a) (b)

SNPs	Dendrometric traits		Tree-ring traits						
	DBH <sub>t</sub>	H <sub>t</sub>	Type A	Type B	Type C				
			MeanBAI <sub>1999-2014</sub>	BAI2003	CS <sub>BAI</sub> -Temp.Jul <sub>t</sub>	CS <sub>BAI</sub> -Prec.Jul <sub>t</sub>	CS <sub>BAI</sub> -Drought.Aug <sub>t</sub>	CS <sub>BAI</sub> -Frost.Oct <sub>t-1</sub>	CS <sub>BAI</sub> -Frost.Jun <sub>t</sub>
G-001									
G-004									
G-014									
G-019									
G-021									
G-026									
G-029									
M-015									
M-016									
M-017									
N-020									
N-023									
N-029									
N-033									
N-040									
O-002									
O-016									
O-021									
O-022									
O-026									
T-036									

Modélisation  
méta-data

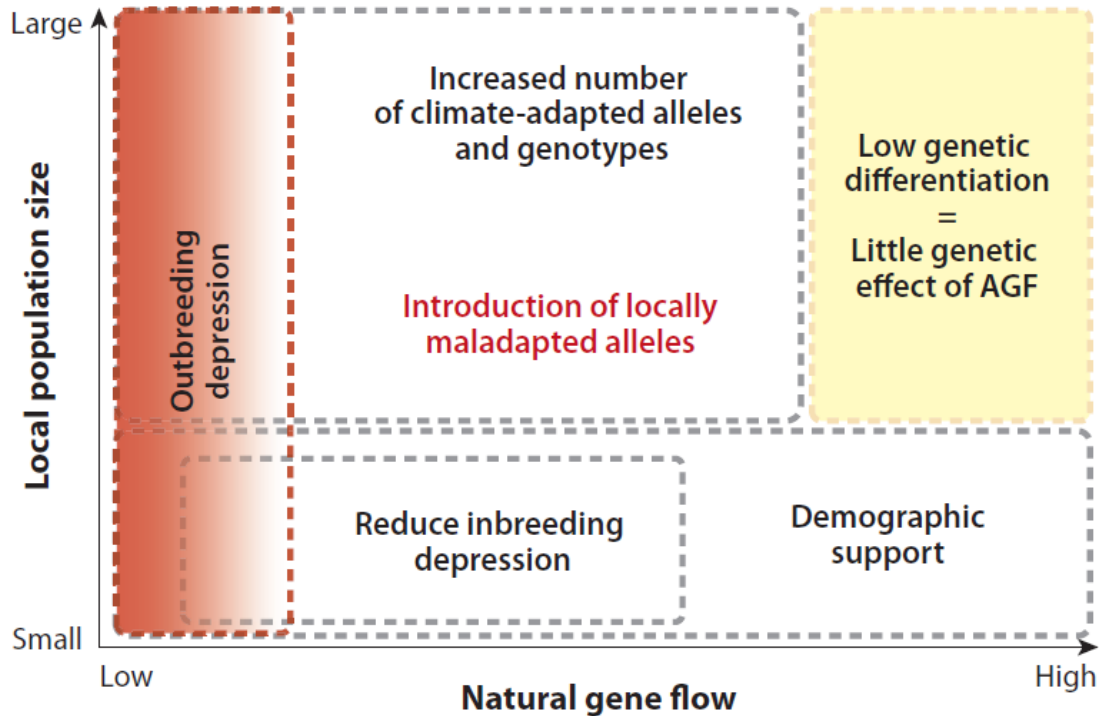
Rincent et al 2018 A Low-Cost and High-Throughput Method Based on Indirect Predictions. Proof of Concept on Wheat and Poplar *BioRxiv*

Housset et al 2018 Tree Rings Provide a New Class of Phenotypes for Genetic Associations That Foster Insights into Adaptation of Conifers to Climate Change *New Phytologist*

Significance of the GPA

- No evidence
- Uncertain
- Likely
- Very likely

# Diversité génétique: management



## Migration / translocation assistées

- Concept controversé
- Populations à très faible taille
- Dispersion réduite
- Faible potentiel adaptatif
- Risques invasion / absence de cohorte d'interactions

## Stratégies intégrées

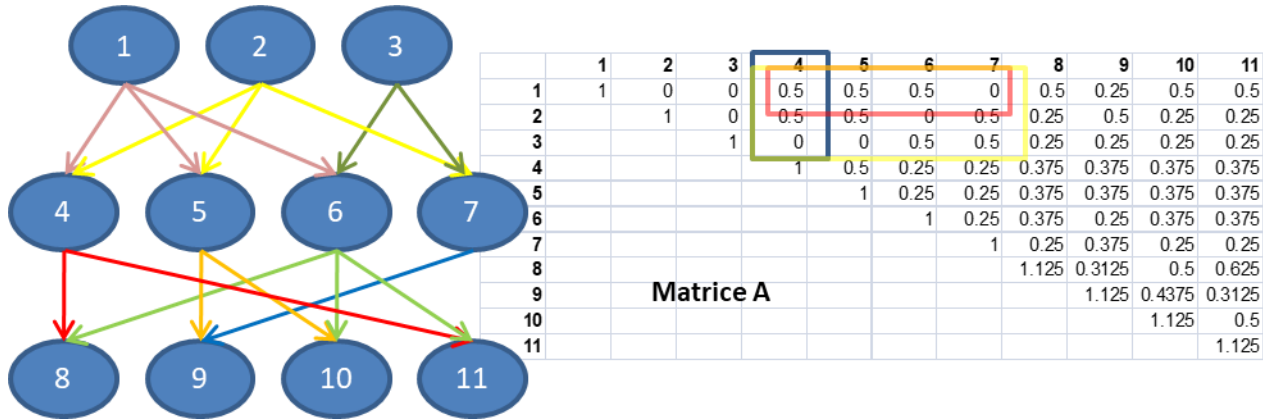
- restauration habitat (couloirs biodiversité et flux génétique)
- migration et flux assistés
- **conservation génétique**





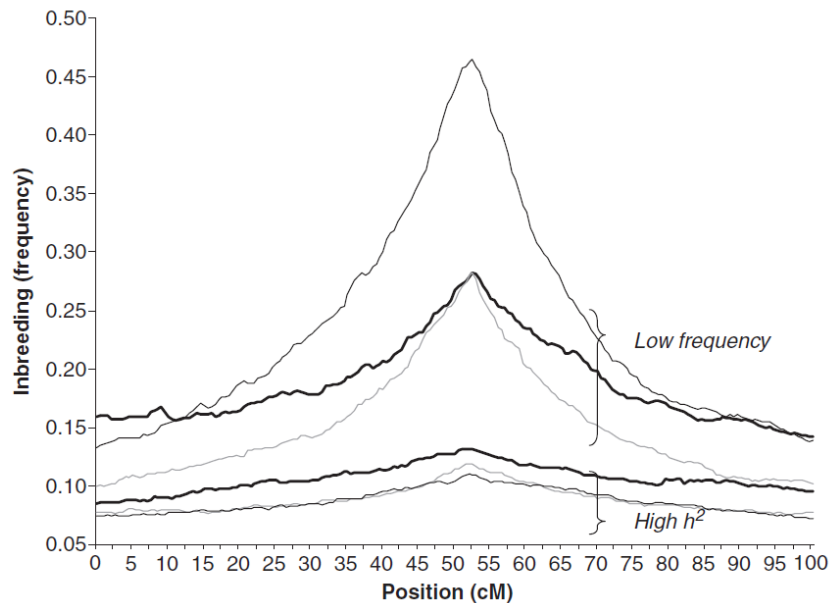
*Top grafting, parcque à clones de Pinus taeda,  
Raleigh, Caroline du Nord*

# Diversité génétique: management contributions génétiques



## Conservation de la diversité génétique en populations d'amélioration

- Contrôle explicite des contributions génétiques
- Compromis gain génétique – diversité modulable
- Optimisation possible: gain et diversité comme fonctions de la même variable décisionnelle



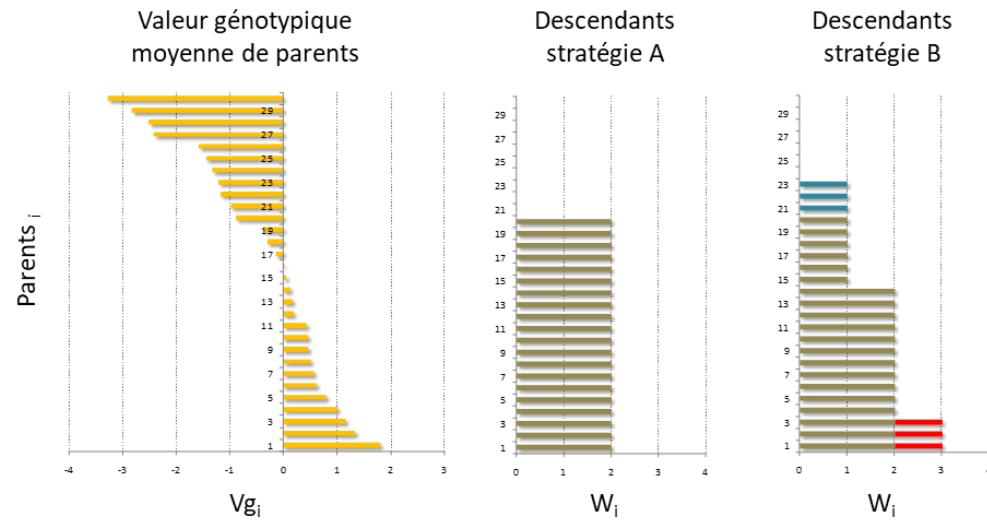
Pedersen et al 2010 [Marker-Assisted Selection Reduces Expected Inbreeding but Can Result in Large Effects of Hitchhiking](#) *J. Anim. Breed. And Genet*



« Local is best » Régénération naturelle

# Diversité génétique: management

## Sélection pondérée / contributions génétiques

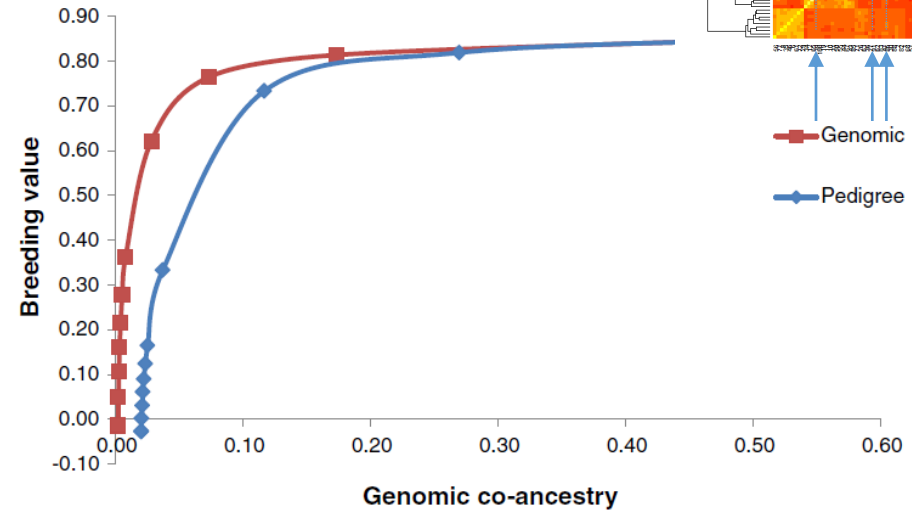


### Gain génétique

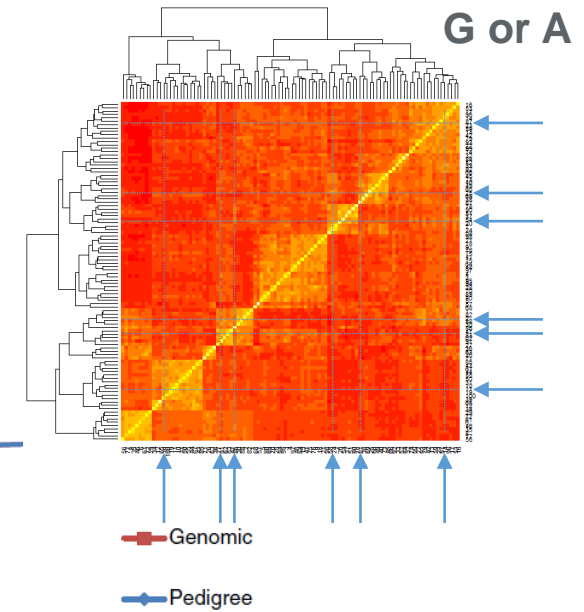
$\sum[Vg_i \times W_i]/N$	0.41	0.47
---------------------------	------	------

### Taille efficace

$[\sum(W_i^2 + W_i)/(2 \times N^2)]^{-1}$	26.67	26.67
---	-------	-------



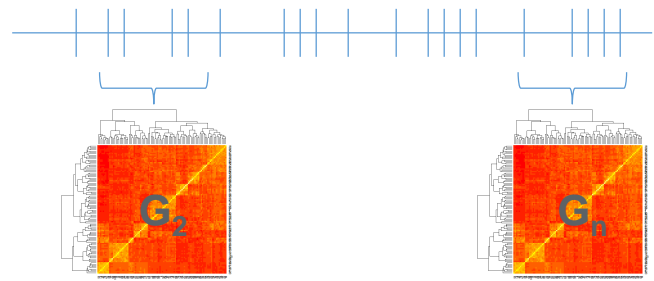
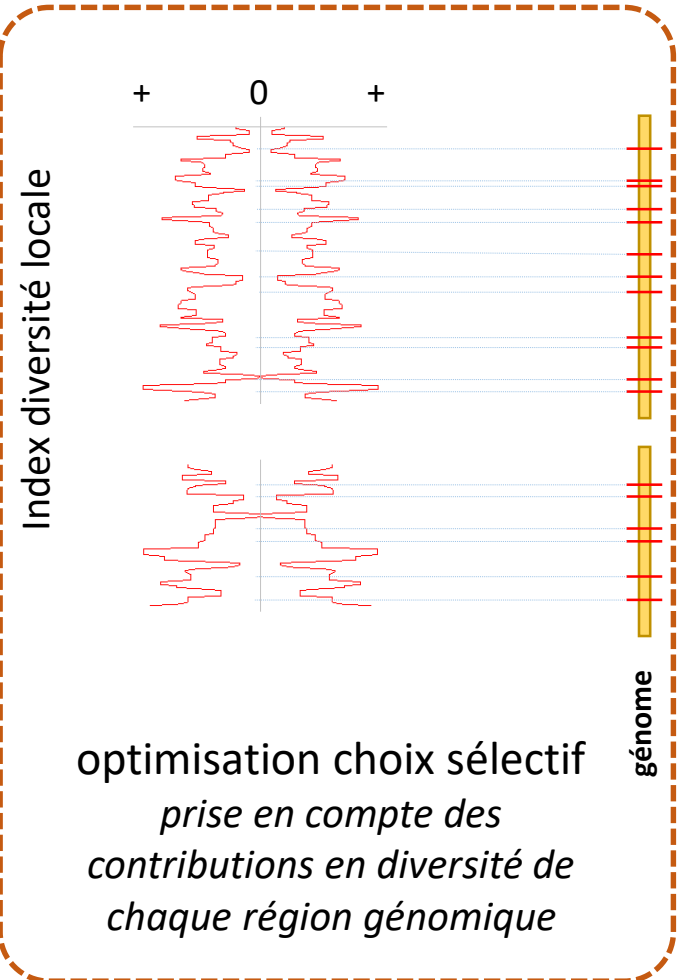
- Meilleur ratio gain – diversité
- Augmentation de la précision de la sélection
- Augmentation de la variance intrafamiliale: ségrégation



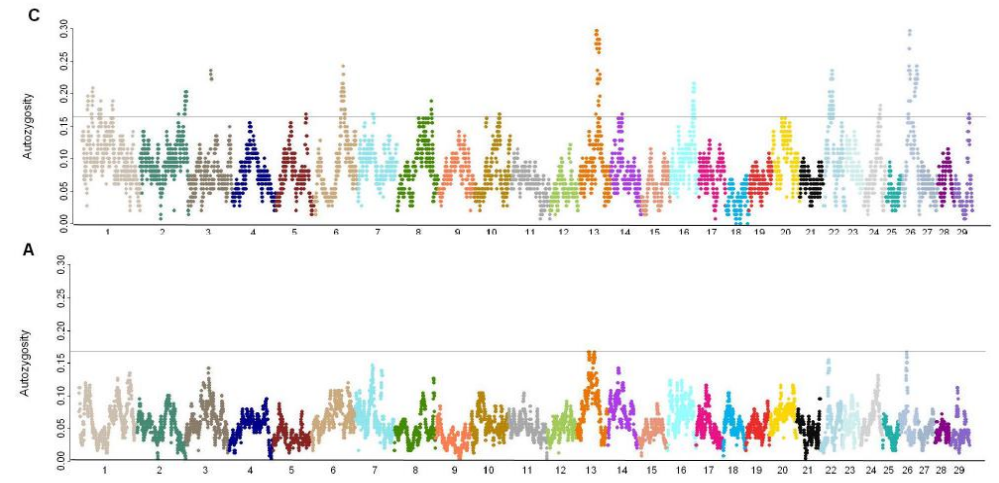
Clark et al 2013 [The Effect of Genomic Information on Optimal Contribution Selection in Livestock Breeding Programs](#) *GSE*

# Diversité génétique: management

## Sélection pondérée avec contrôle explicite pan-génomique régionalisé



Gómez-Romano et al 2016 [The Use of Genomic Coancestry Matrices in the Optimisation of Contributions to Maintain Genetic Diversity at Specific Regions of the Genome](#) *GSE*

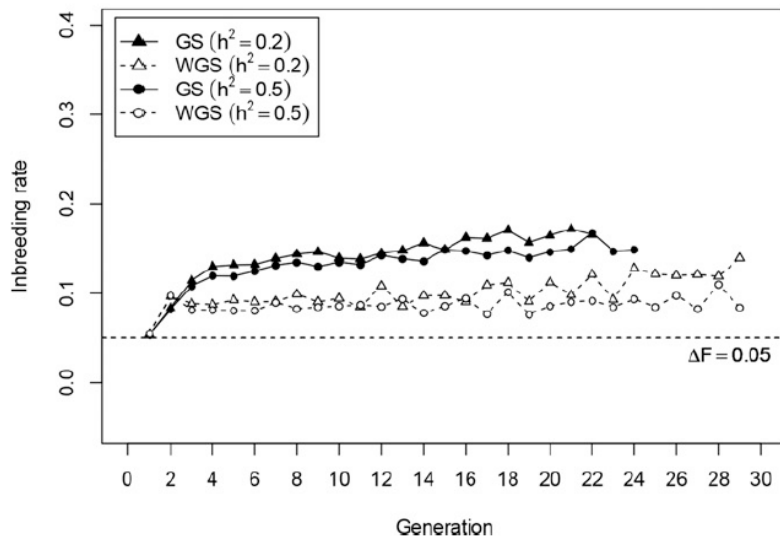


Kim et al 2013 [Effect of Artificial Selection on Runs of Homozygosity in U.S. Holstein Cattle](#) *PLOS ONE*

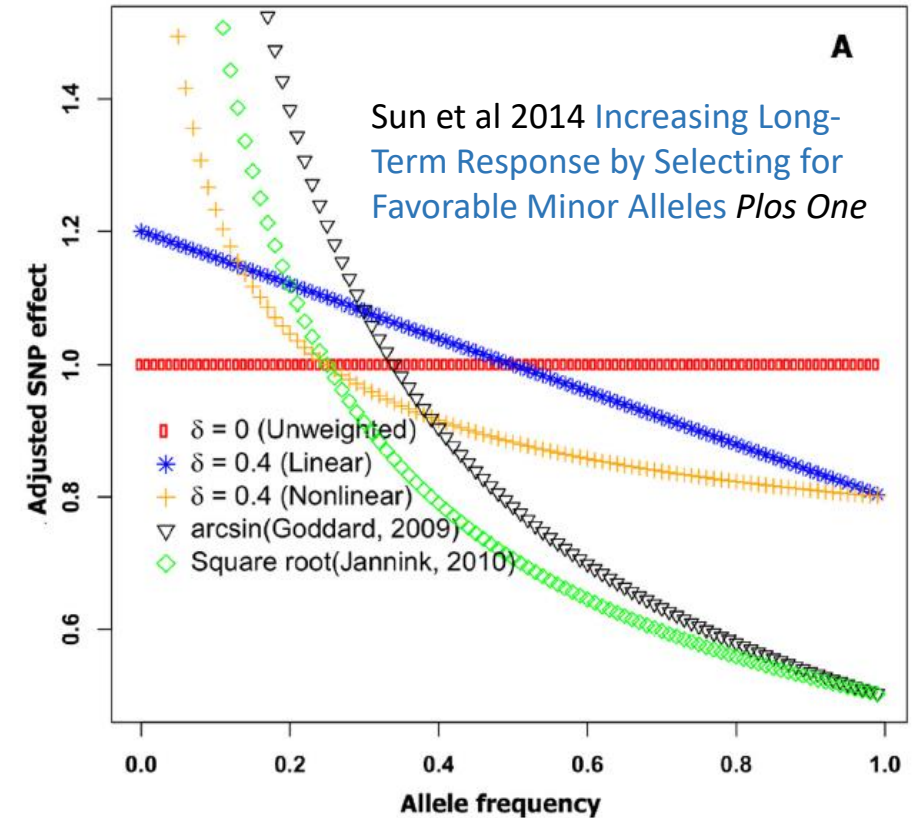
# Diversité génétique: management

## Sélection pondérée avec contrôle explicite pan-génomique régionalisé

- Pondérée par les MAF (gestion des allèles rares)
- Pondérée par Het espérée



- Pondérée par une fonction de transformation dépendante des fréquences et des effets



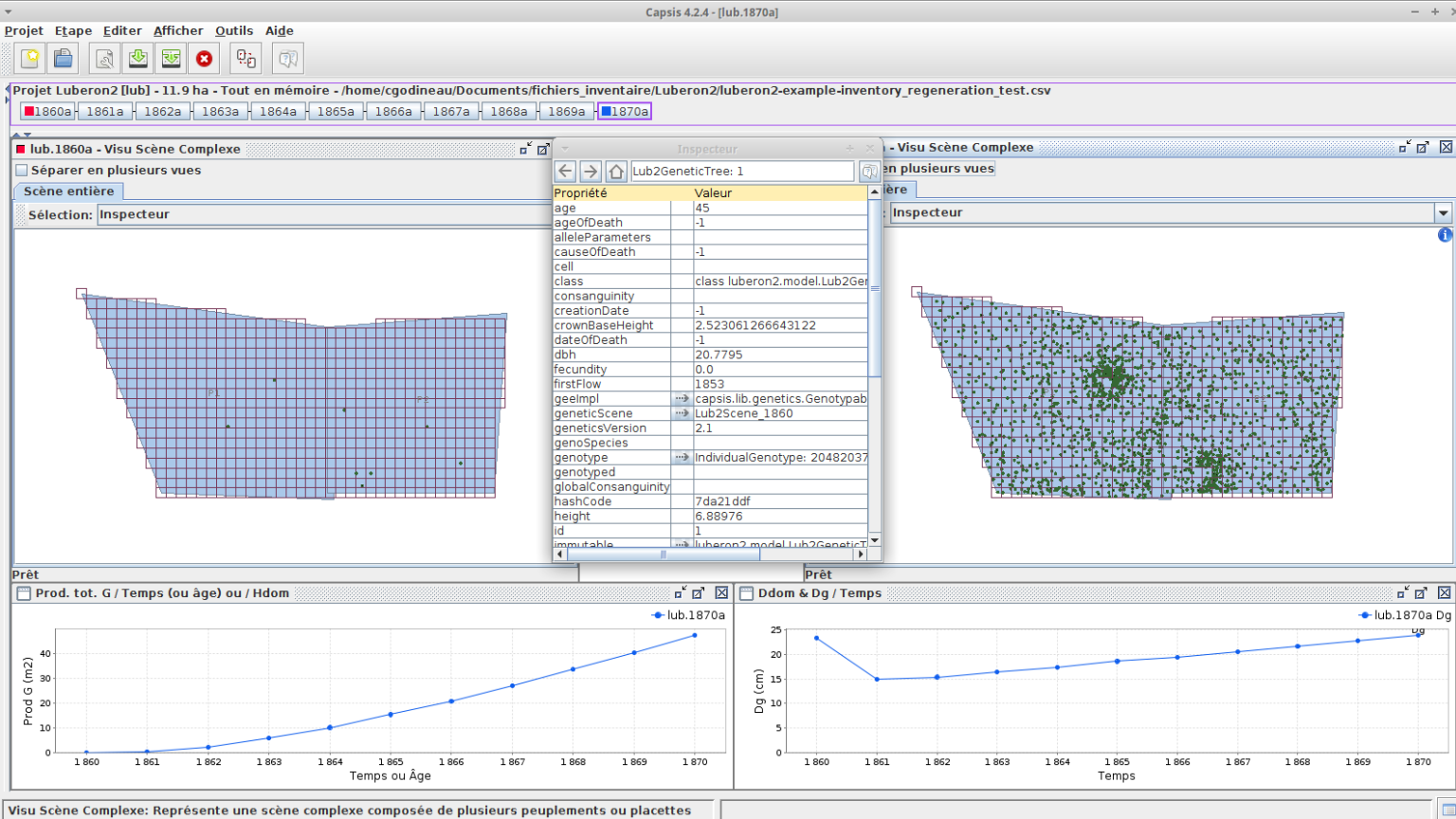
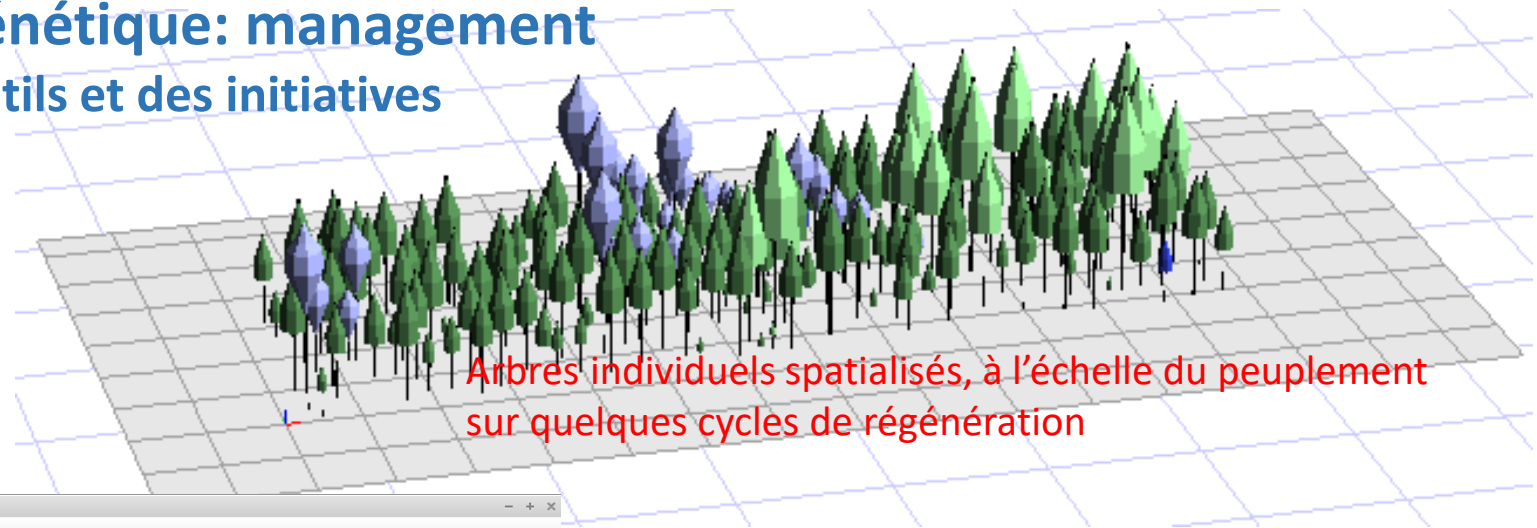
De Beukelaer et al 2017 [Moving Beyond Managing Realized Genomic Relationship in Long-Term Genomic Selection](#) *Genetics*

$$u_i = \sum_j \beta_j x_{ij} \rightarrow u'_i = \sum_j \beta'_j x_{ij}$$

# Diversité génétique: management

## Des outils et des initiatives

### Capsis et le module LUBERON2



- Modèle de croissance et de dynamique de peuplement en régénération naturelle
- Différents compositions génétiques et structures
- Traitements sylvicoles
- Régimes de perturbation
- Impacts des sylvicultures et perturbations sur la production et la diversité génétique future

# Diversité génétique: management

## Des outils et des initiatives



*“Provide the European forestry sector with better knowledge, methods and tools for management and sustainable use of forest genetic resources (FGR) in Europe”*

2016-2020

22 partenaires

12 espèces

Développement et démonstration des outils pour la gestion optimale de la diversité en populations d’amélioration et de production



*“Increase forest survival, health, resilience and productivity under climate change and natural disturbances, while maintaining genetic diversity and key ecological functions”*

2018-2022

19 partenaires

8 espèces

Développement et démonstration des outils pour la prédiction génomique

