

**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

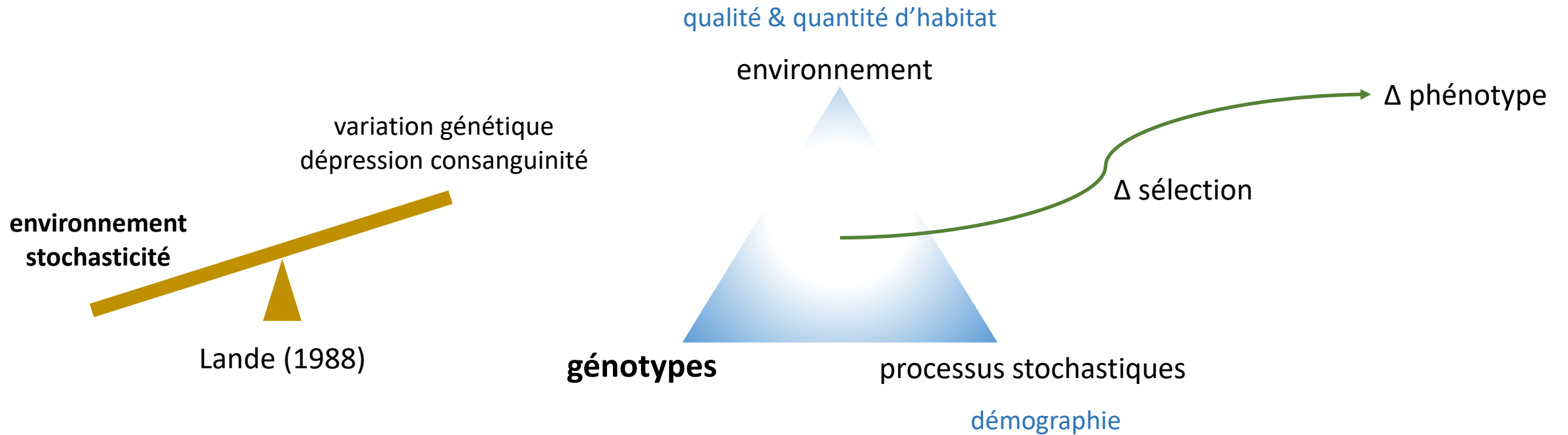
Centre Val de Loire INRA (Orléans)

Séance publique Académie d'Agriculture de France

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

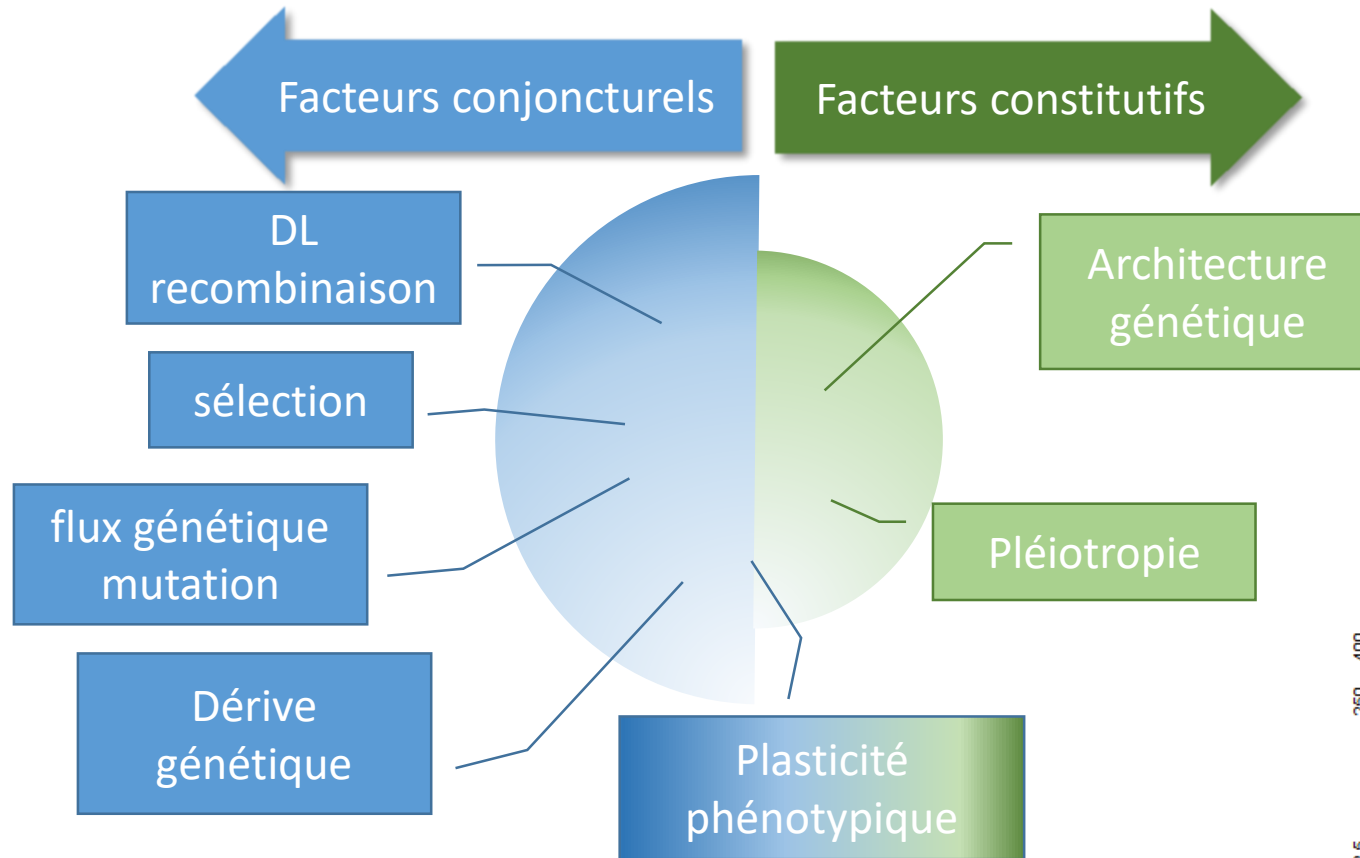
3 septembre 2018

Diversité génétique: importance et facteurs



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

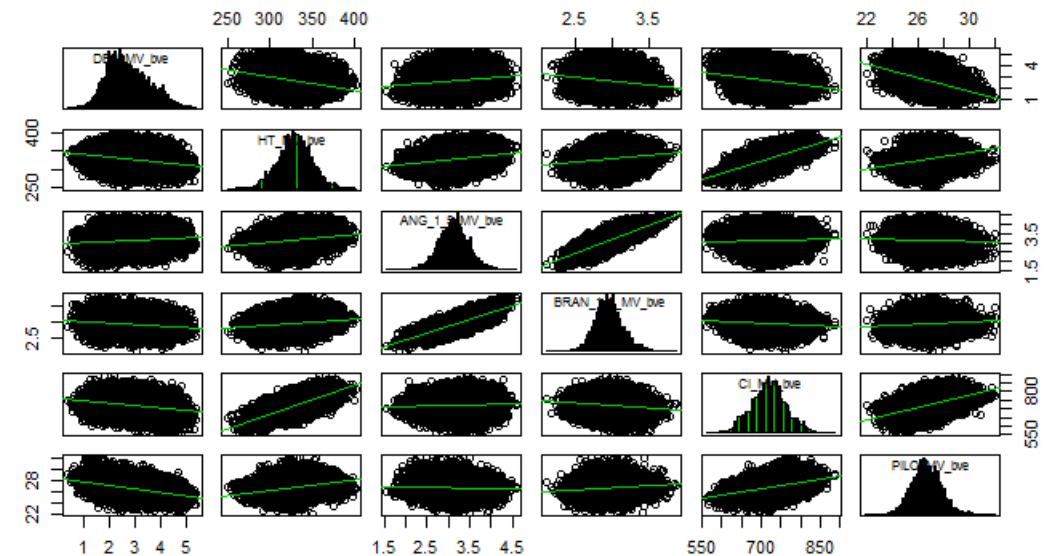
Diversité génétique: importance et facteurs



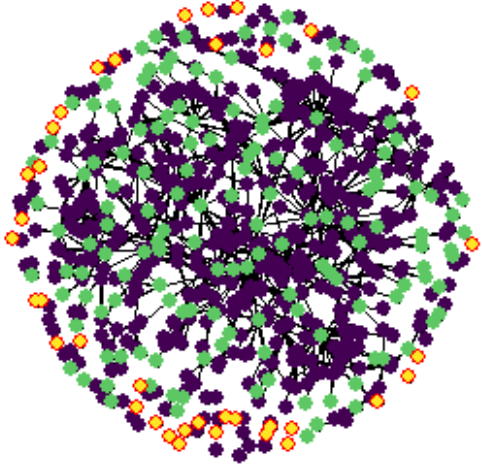
Les espèces forestières montrent généralement:

- Forte diversité génétique
- Brasage génétique importante
- Forte plasticité

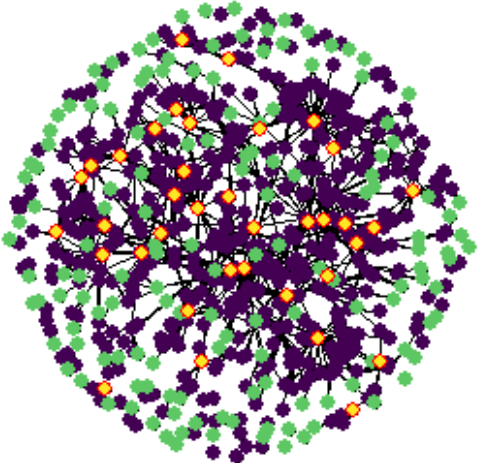
Douglas – corrélations génétiques



Diversité génétique: importance et facteurs



Highly unrelated training:
Poor performance GS



Highly nodal training:
High performance GS

Gestion (explicite) de la diversité génétique

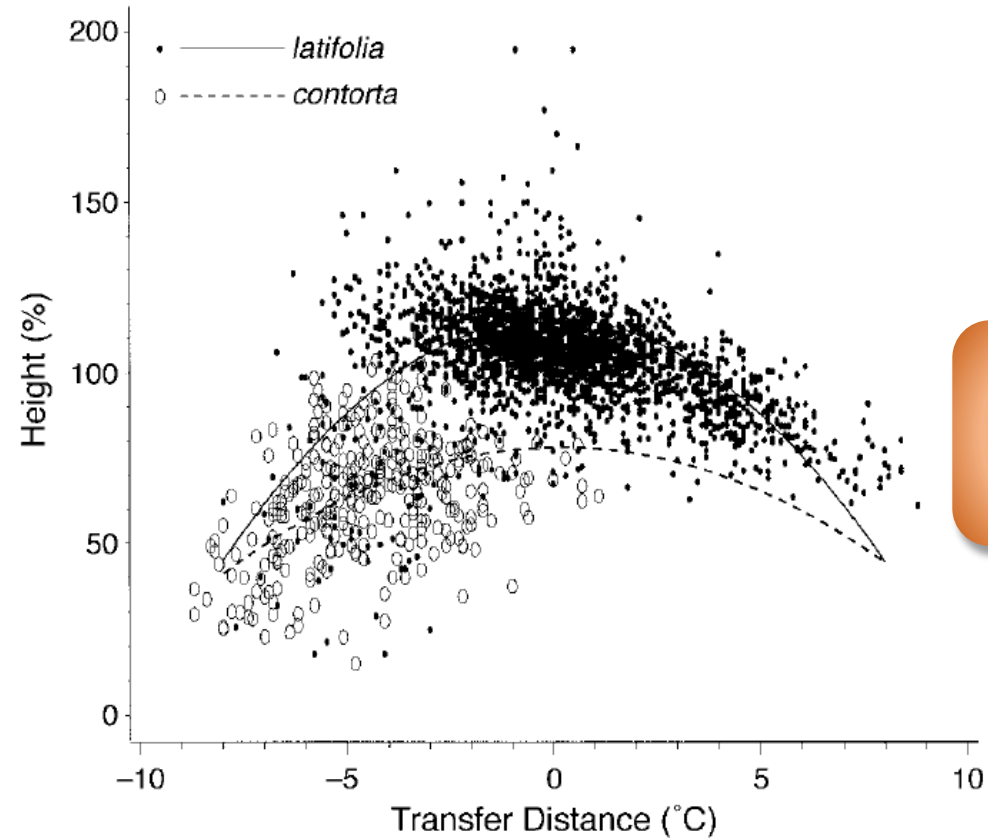
Ex situ, en populations d'amélioration pour renouvellement des peuplements, en maîtrisant la sélection des reproducteurs, leurs contributions, le DL, la dérive, et prise en compte de l'architecture génétique sous-jacente

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

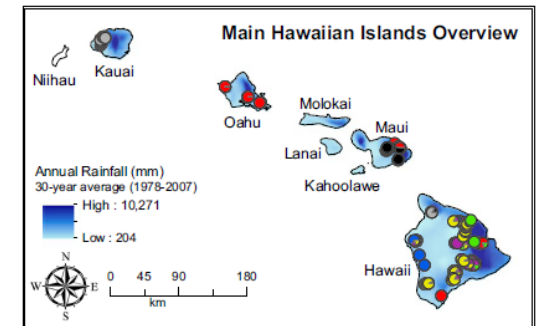
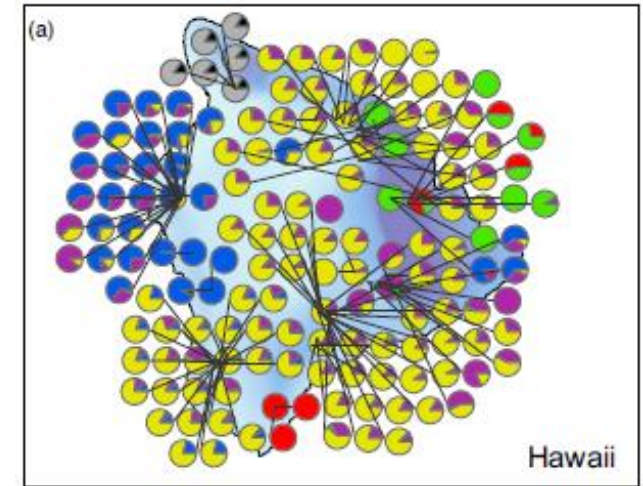
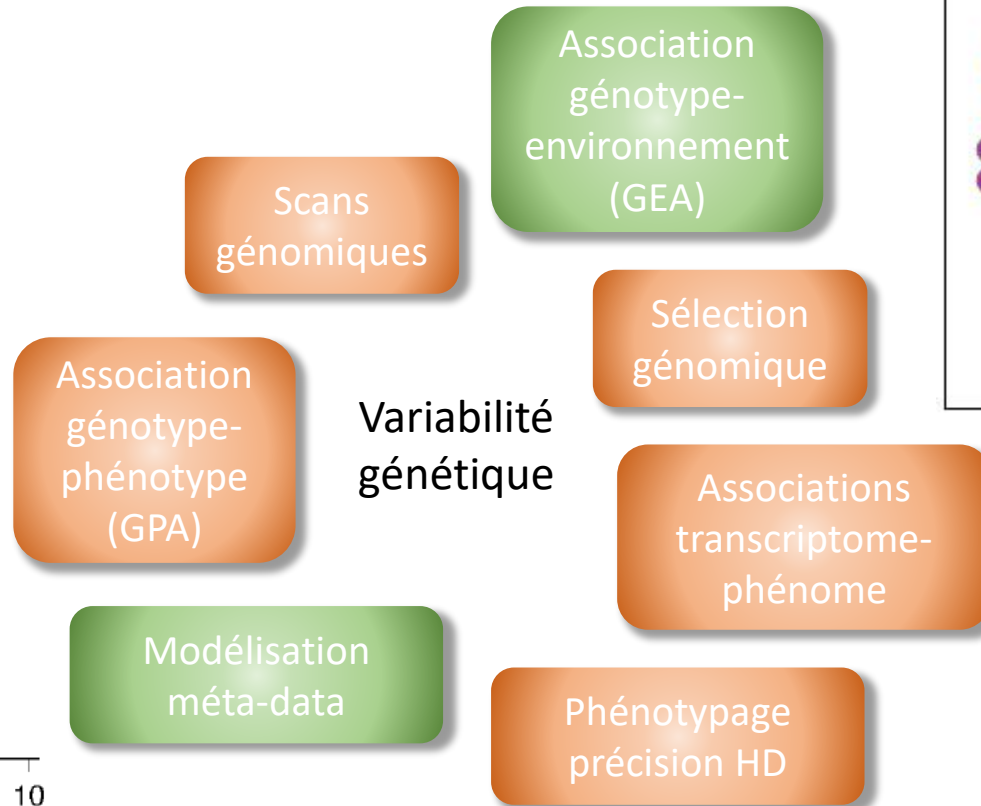
- Améliorer la conservation et la ségrégation de la diversité
- Garantir potentiel adaptative sur le long terme
- Au niveau des individus, *ex situ*: augmenter la précision dans l'évaluation des effets alléliques (par « *recombinaison efficace* »)
- Au niveau des populations, *ex situ*: augmenter la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

Diversité génétique: caractérisation

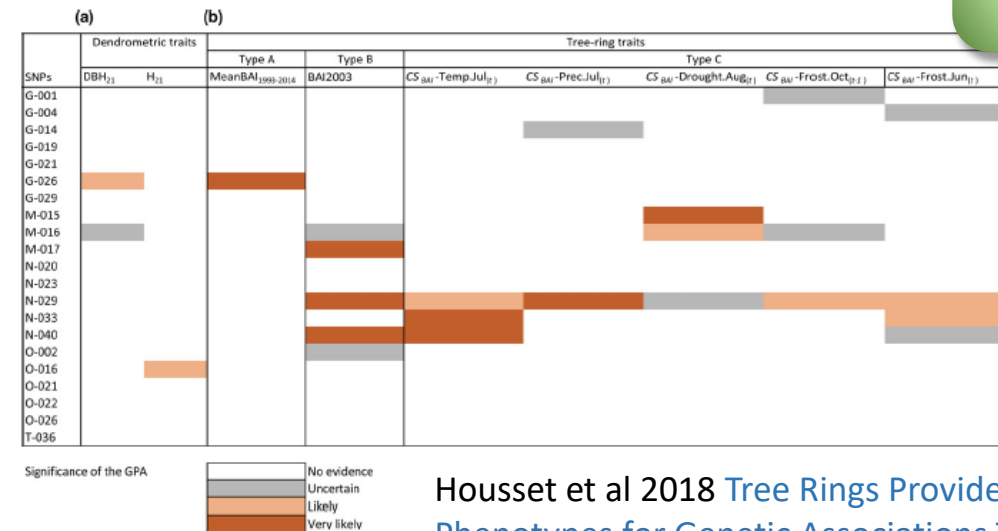


Rehfeldt et al 1999 Genetic Responses to Climate in *Pinus Contorta*: Niche Breadth, Climate Change, and Reforestation Ecological Monographs



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)

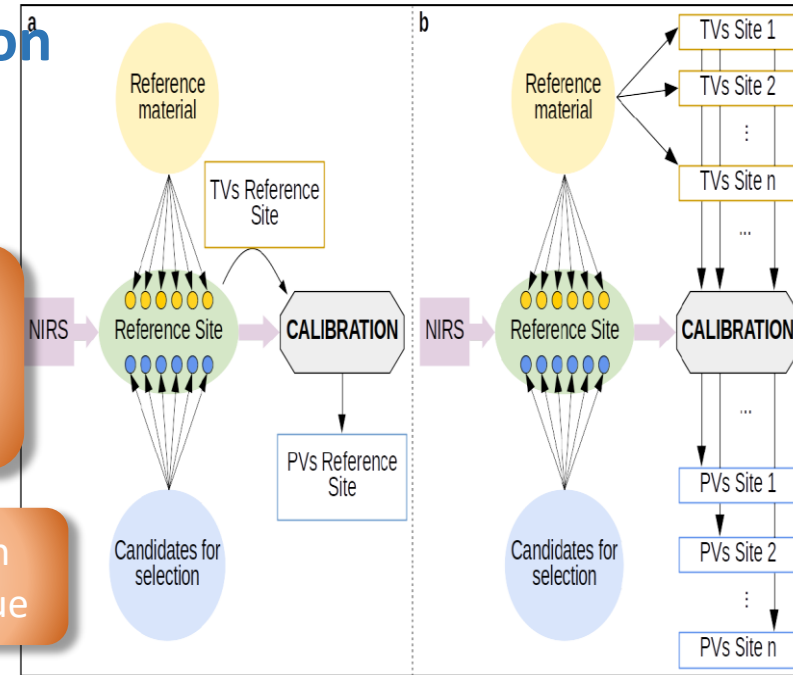
Variabilité
génétique

Sélection
génomique

Associations
transcriptome-
phénotype

Phénotypage
précision HD

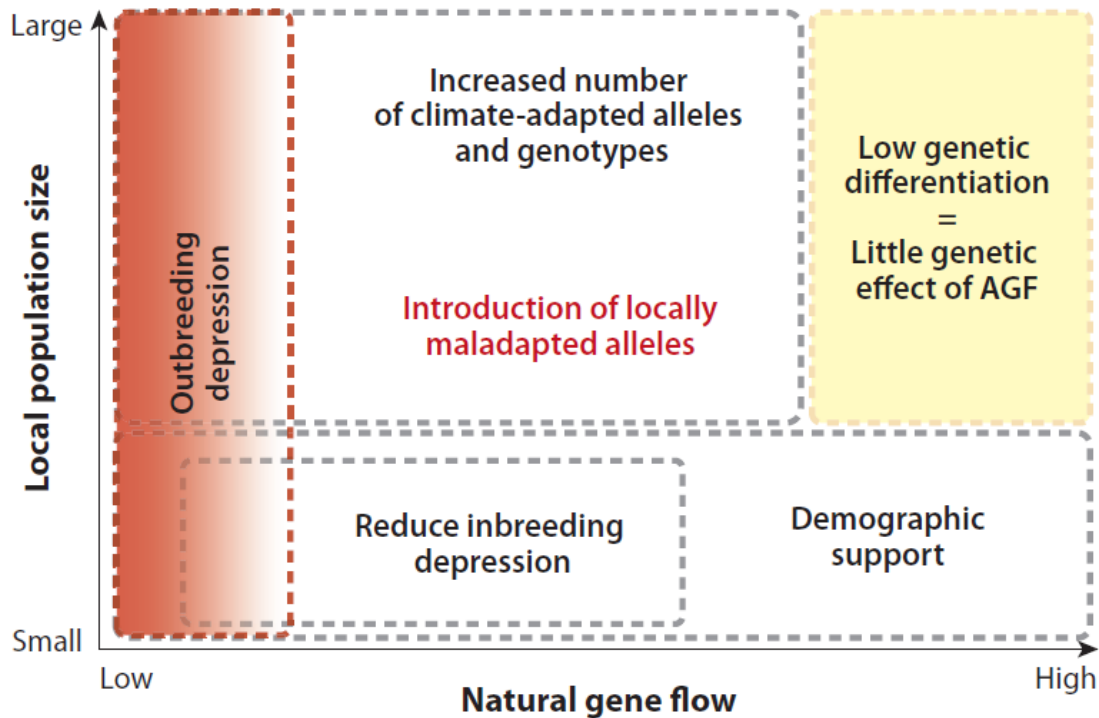
Modélisation
méta-data



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*

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

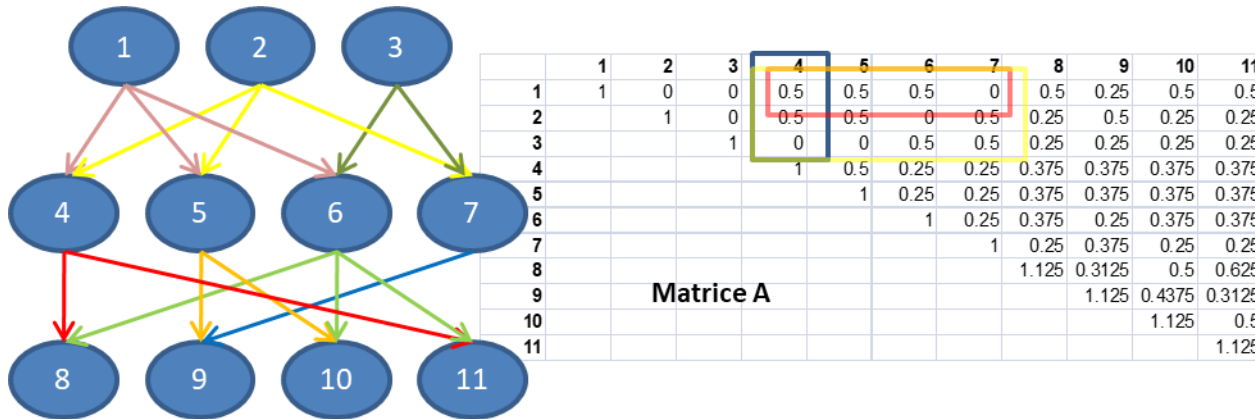
- restauration habitat (couloirs biodiversité et flux génétique)
- migration et flux assistés
- **conservation génétique**

Aitken and Whitlock 2013 *Assisted Gene Flow to Facilitate Local Adaptation to Climate Change Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*



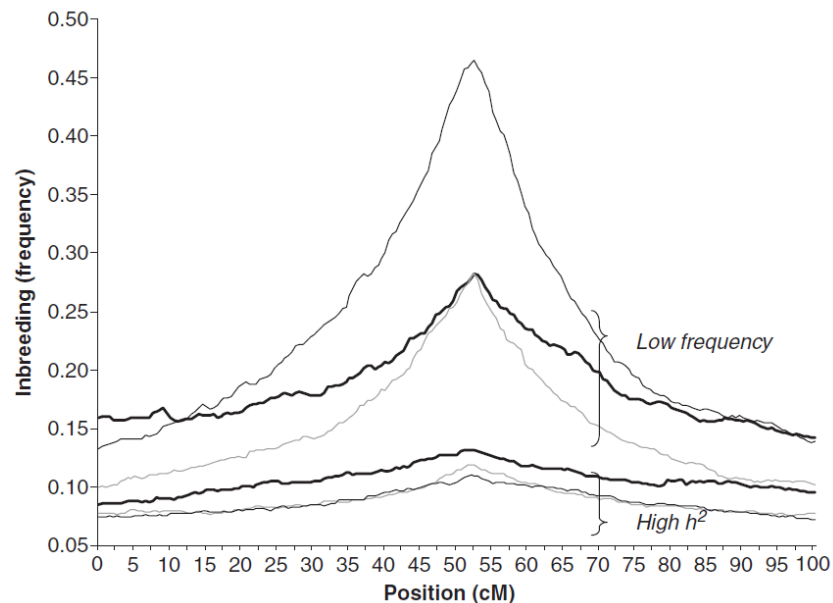
*Top grafting, parc à clones de Pinus taeda,
Raleigh, Caroline du Nord*

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



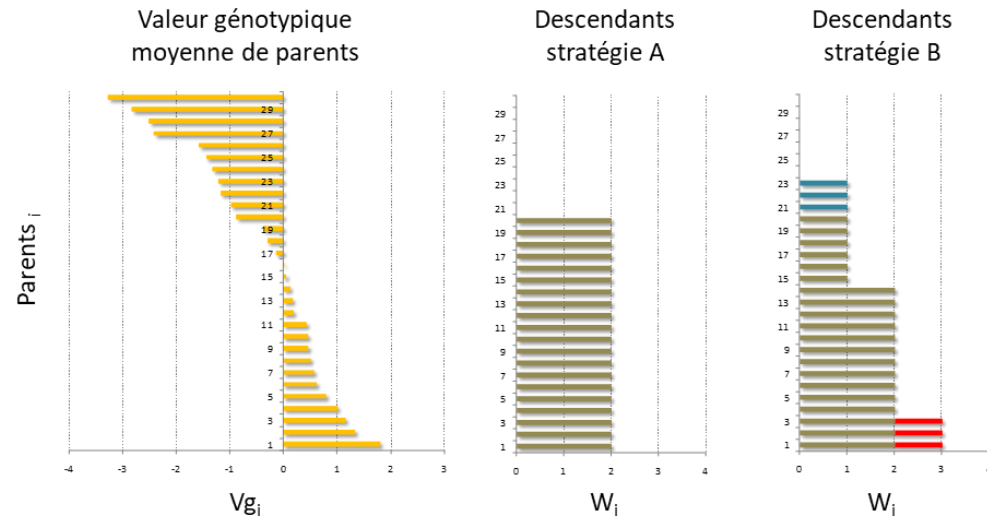
Pedersen et al 2010 [Marker-Assisted Selection Reduces Expected Inbreeding but Can Result in Large Effects of Hitchhiking](#) *J. Anim. Breed. And Genet*



« Local is best » Régénération naturelle

Diversité génétique: management

Sélection pondérée / contributions génétiques



Gain génétique

$$\sum[Vg_i \times W_i]/N$$

0.41

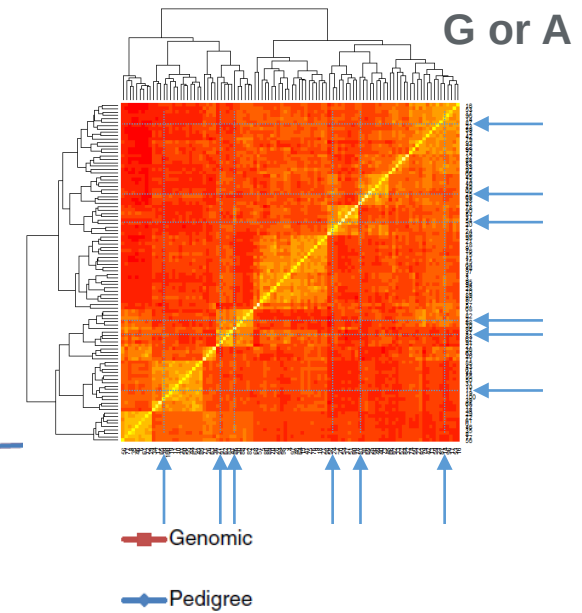
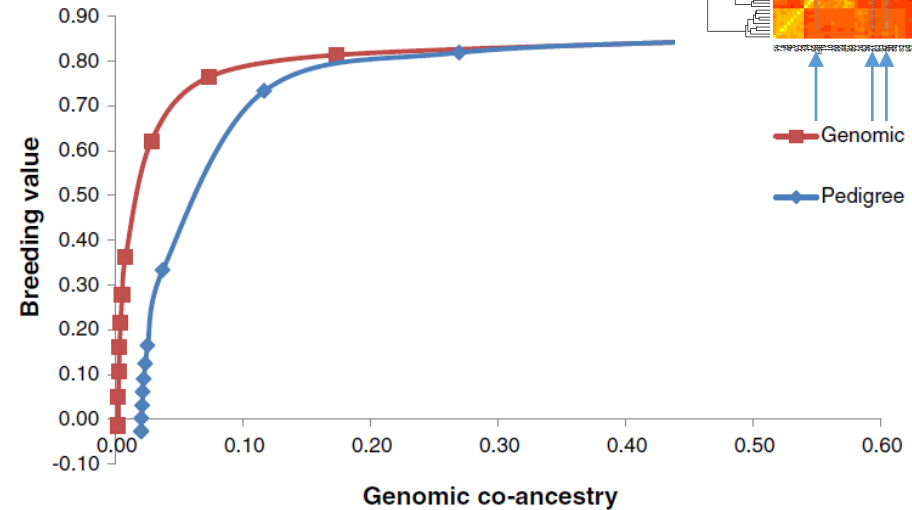
0.47

Taille efficace

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

26.67

26.67

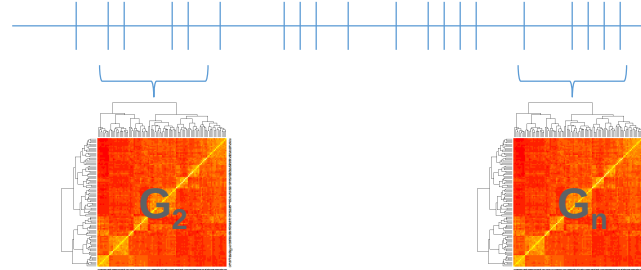
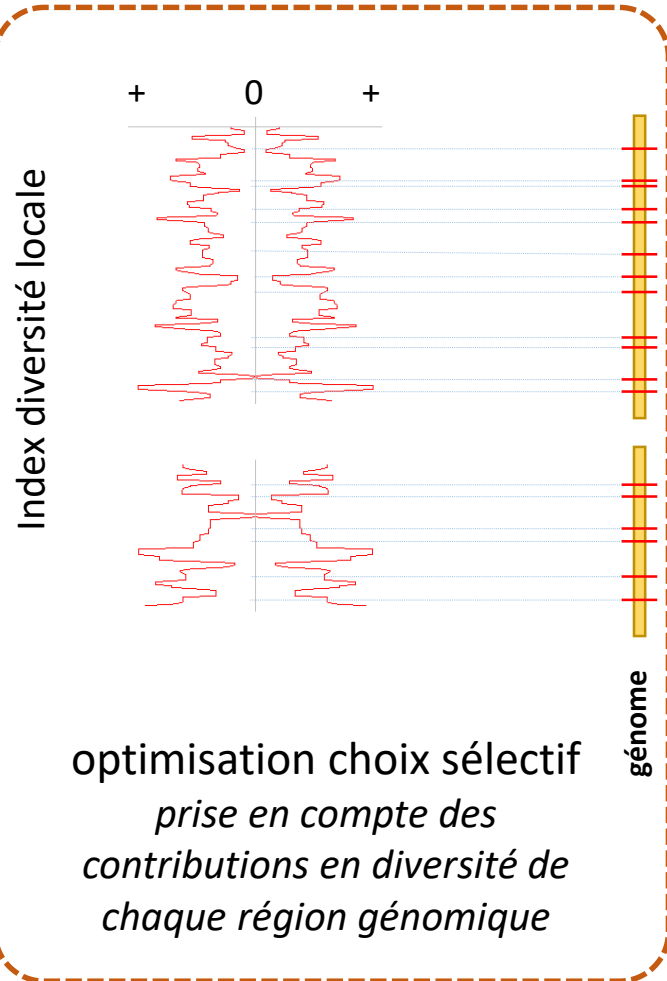


- Meilleur ratio gain – diversité
- Augmentation de la précision de la sélection
- Augmentation de la variance intrafamiliale: ségrégation

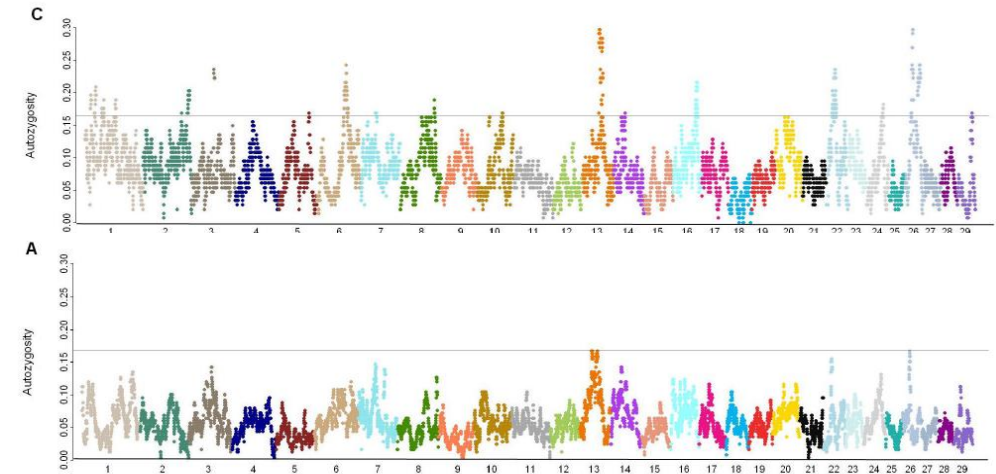
Clark et al 2013 [The Effect of Genomic Information on Optimal Contribution Selection in Livestock Breeding Programs](#) *GSE*

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*

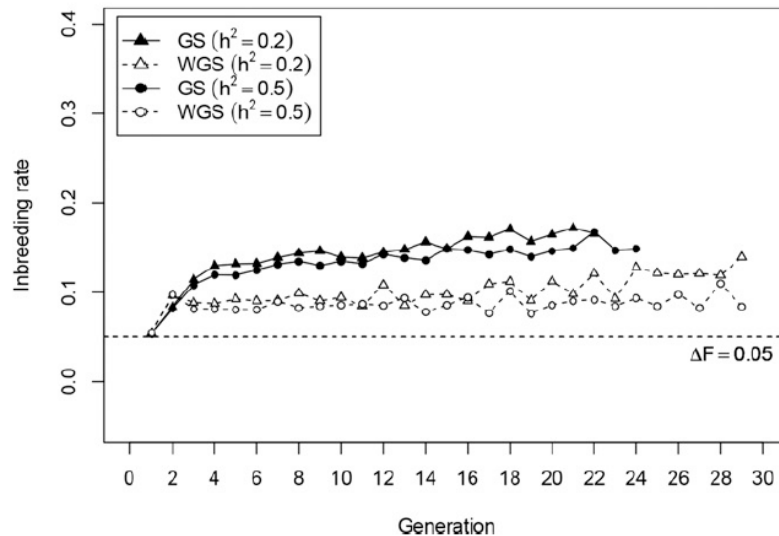


Kim et al 2013 [Effect of Artificial Selection on Runs of Homozygosity in U.S. Holstein Cattle](#) *PLOS ONE*

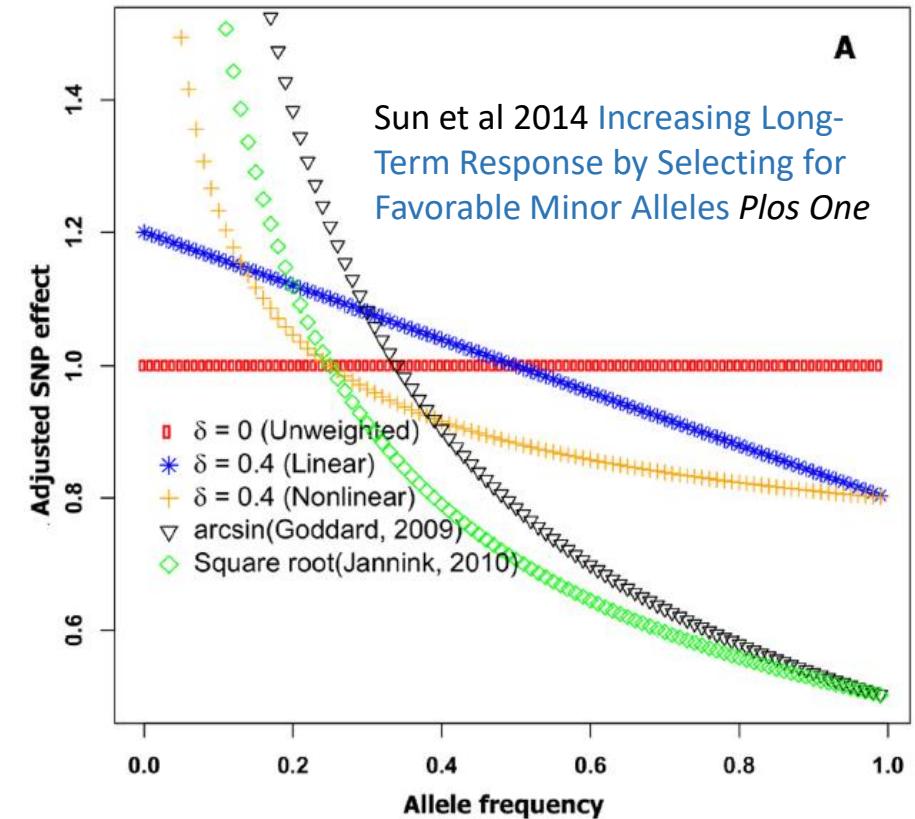
Diversité génétique: management

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



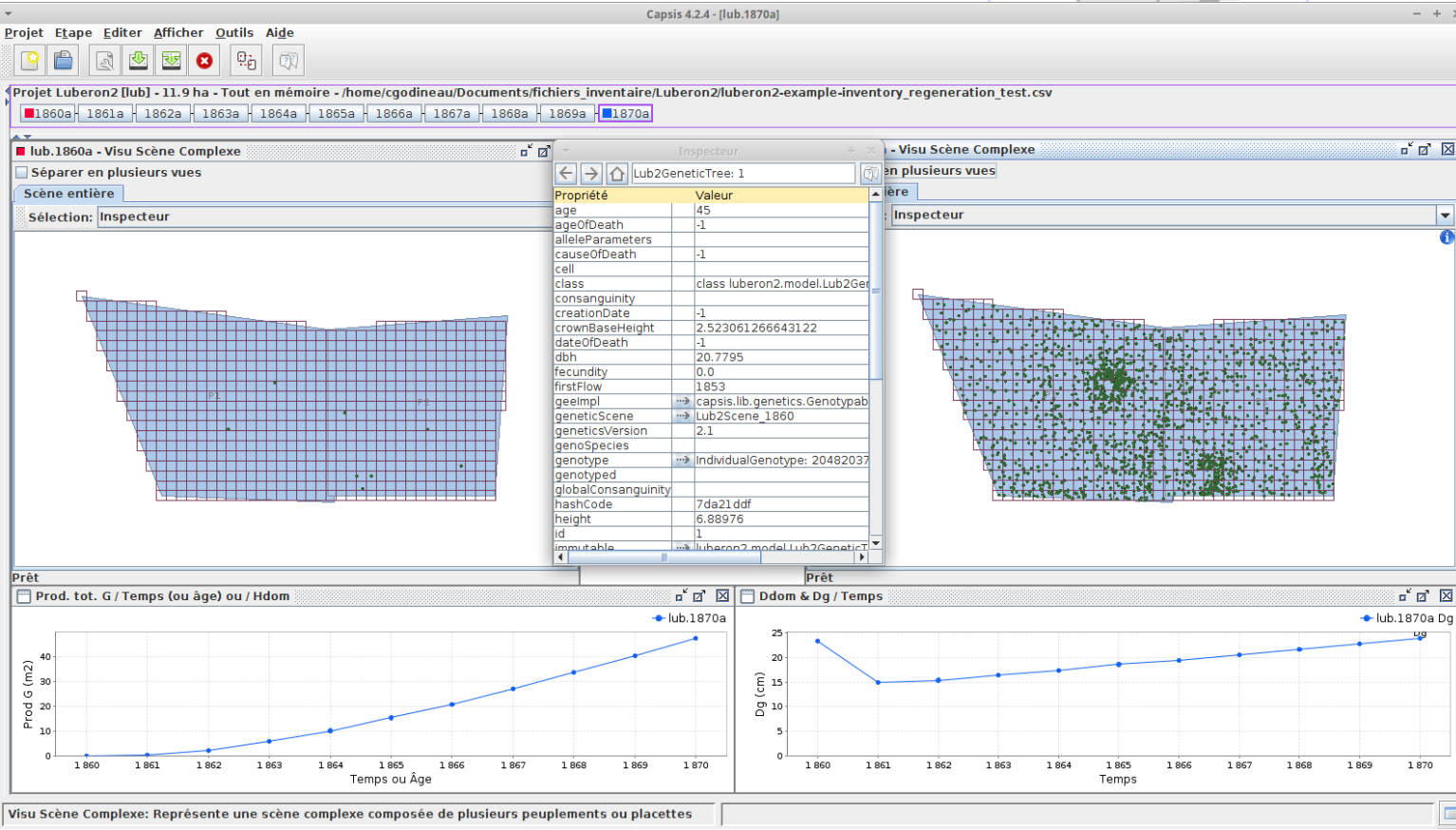
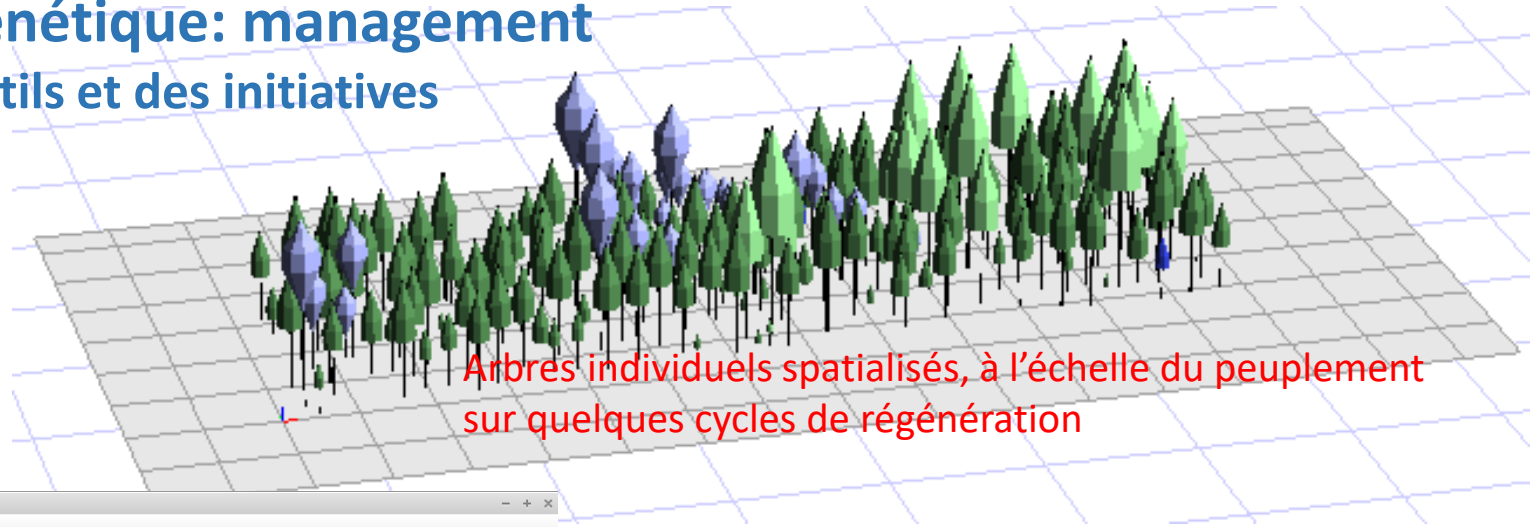
De Beukelaer et al 2017 [Moving Beyond Managing Realized Genomic Relationship in Long-Term Genomic Selection](#) *Genetics*

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

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

