



HAL
open science

Modélisation des processus d'adaptation génétique au changement climatique par couplage physio-démo-génétique

Hendrik Davi, Sylvie Oddou-Muratorio

► **To cite this version:**

Hendrik Davi, Sylvie Oddou-Muratorio. Modélisation des processus d'adaptation génétique au changement climatique par couplage physio-démo-génétique. *Ecologie 2010: Colloque national d'écologie scientifique*, Sep 2010, Montpellier, France. 20 diapos. hal-02815111

HAL Id: hal-02815111

<https://hal.inrae.fr/hal-02815111>

Submitted on 6 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.

Modélisation des patrons d'adaptation au changement climatique

Approches physio-démo-génétiques



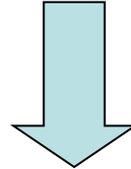
S. Oddou-Muratorio & H Davi

INRA – Ecologie des Forêts Méditerranéennes (URFM), Avignon

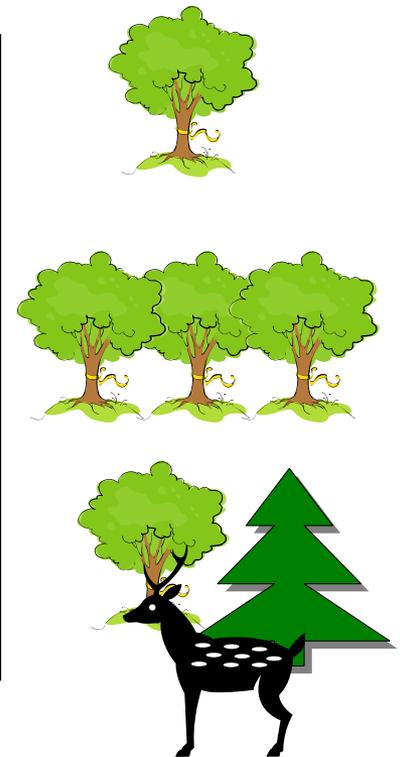
Adaptation et changement climatique



Changements globaux



<p>Plasticité/homéostasie phénotypique</p>	<p>1 génération</p>	<p>Individu</p>
<p>Adaptation génétique & Migration</p>	<p>n générations</p>	<p>Population</p>
<p>Modifications des assemblages d'espèces</p>	<p>m générations</p>	<p>Communauté</p>



Type de processus

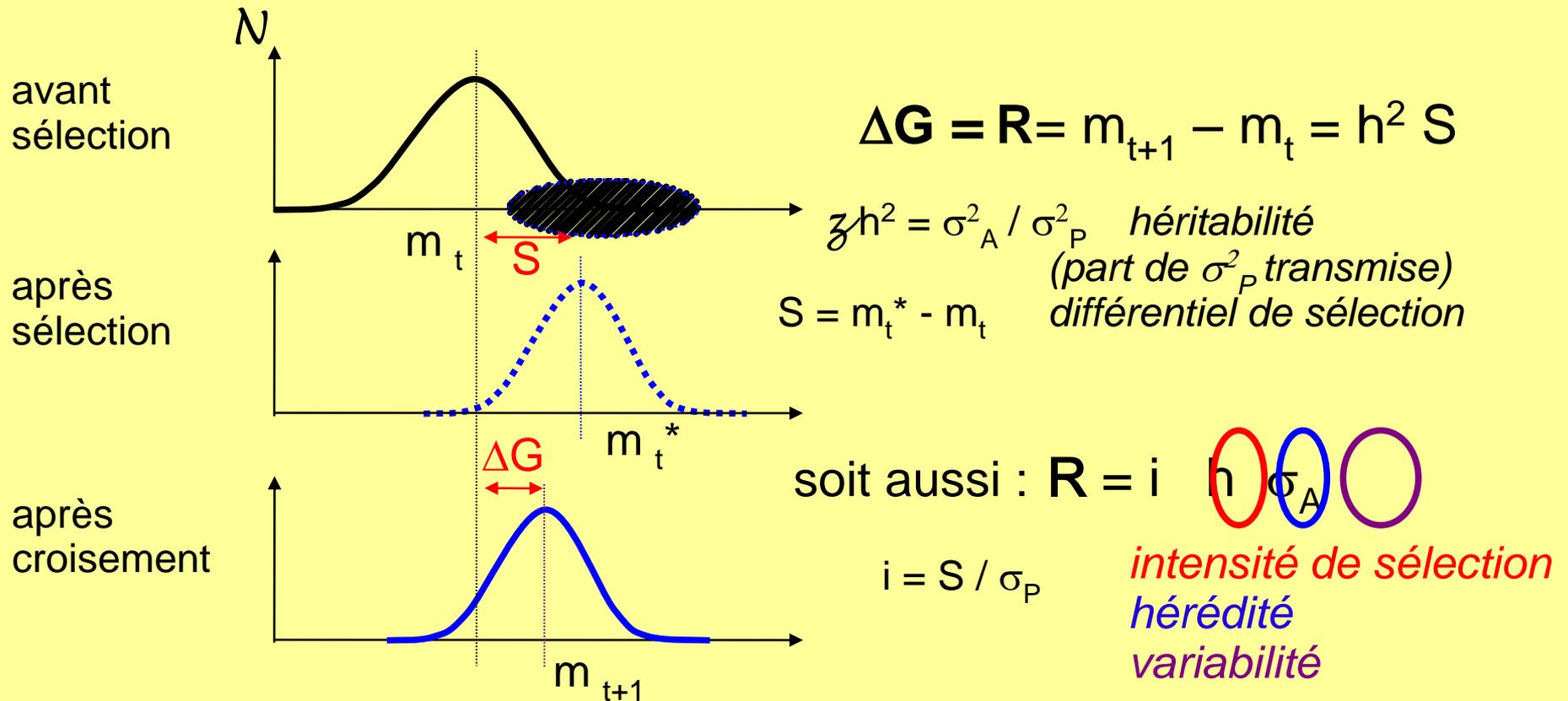
Temps

Espace

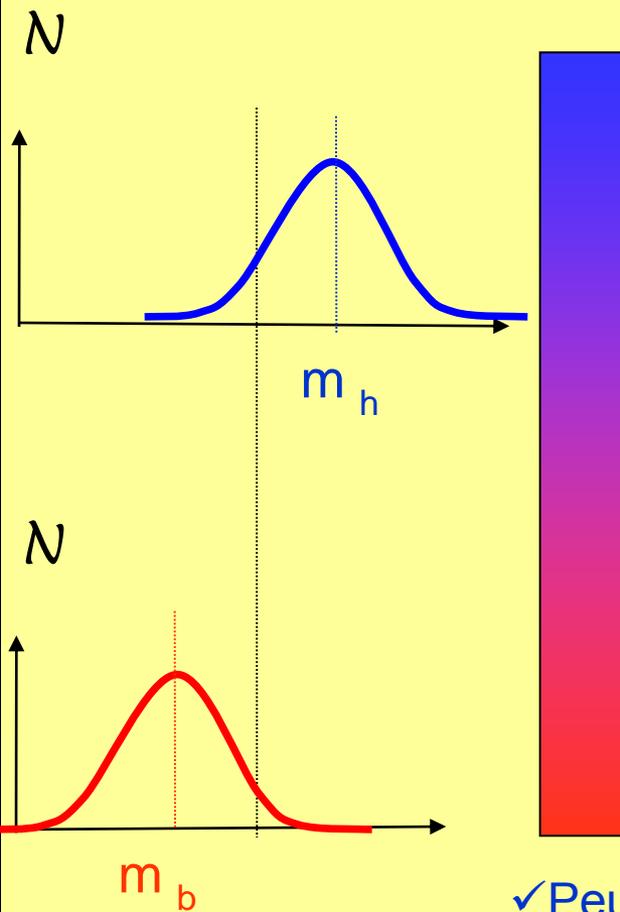
la sélection massale directe

Les parents mâles et femelles sont sélectionnés sur leur phénotype, puis intercroisés au hasard

L'évolution des moyennes phénotypiques entre générations est :



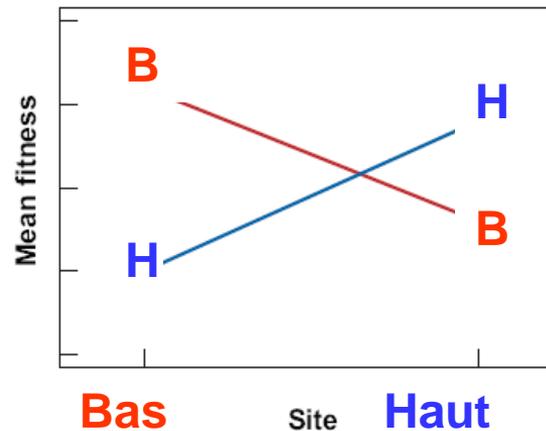
L'adaptation locale est le résultat de la sélection diversifiante



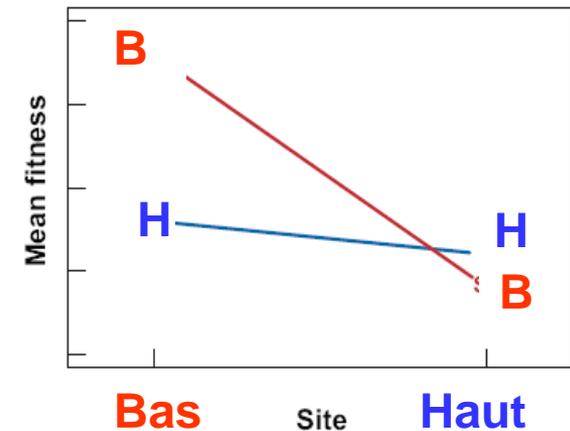
Interaction G×E t.q.

1. la fitness $G_{local} > fitness_{G_{immigrant}}$

a



b

*Kawecki et Ebert 2004*

Conditions:

- ✓ Peu de flux de gènes ; Pas d'effet confondant de la dérive
- ✓ Pas de sélection < variabilité temporelle de l'environnement
- ✓ Suffisamment de variabilité génétique, architecture des traits
- ✓ Coût à la plasticité
- ✓ Faible différence de taille/qualité des habitats...

Génétique
quantitative
évolutive

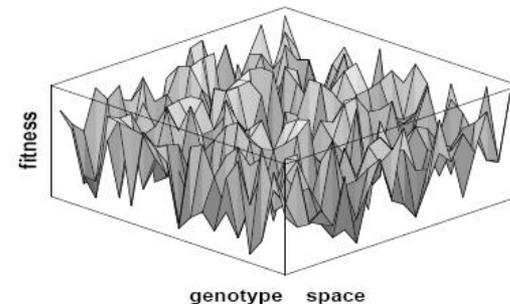
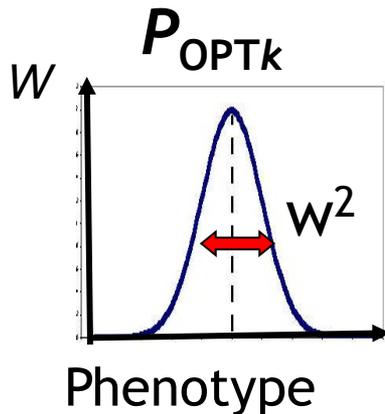
Modèle de
dynamique
adaptative

← Théorie des
jeux

Genotype >> Phenotype >> Fitness

Relation génotype-phénotype
Architecture du trait

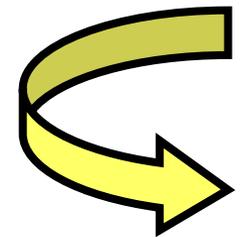
Relation phénotype-fitness
Réalisme écologique



$$W(P) = \exp \left[-\frac{(P - P_{OPTk})^2}{2\omega^2} \right]$$

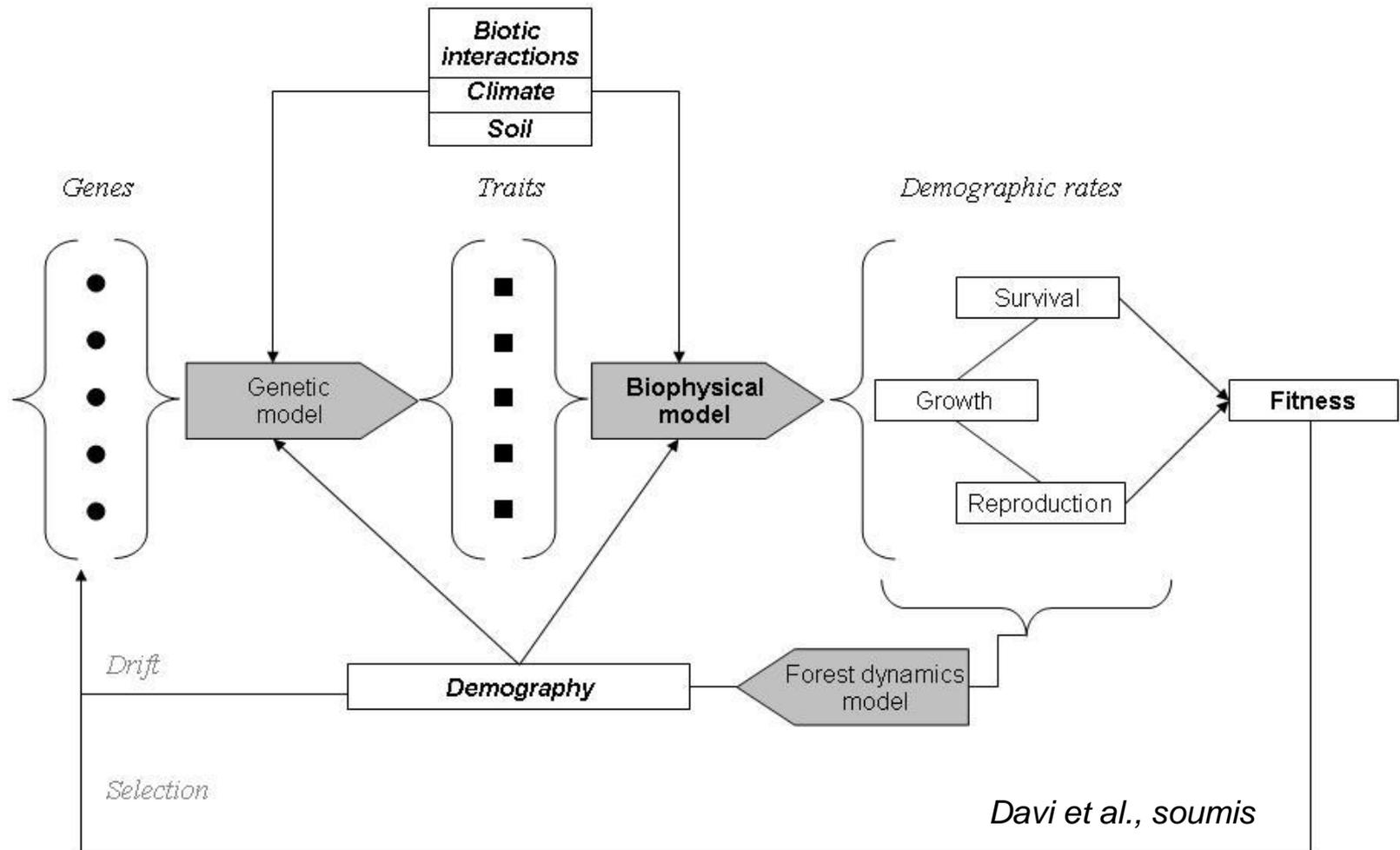
Limites des modèle théoriques dans le cas du CG:

- ✓ Besoin de prédiction à courte échelle temporelle (quelques générations), hors équilibre
- ✓ Effet environnement est non linéaire et complexe, difficilement prédictible sans le filtre de modèles biophysiques
- ✓ La relation entre traits d'histoire de vie et fitness n'est plus la même quand l'environnement change (Δ d'optimum + Δ du type et de l'intensité de sélection)



Vers une intégration de modèles basés sur les processus pour étudier l'impact du climat sur la dynamique évolutive

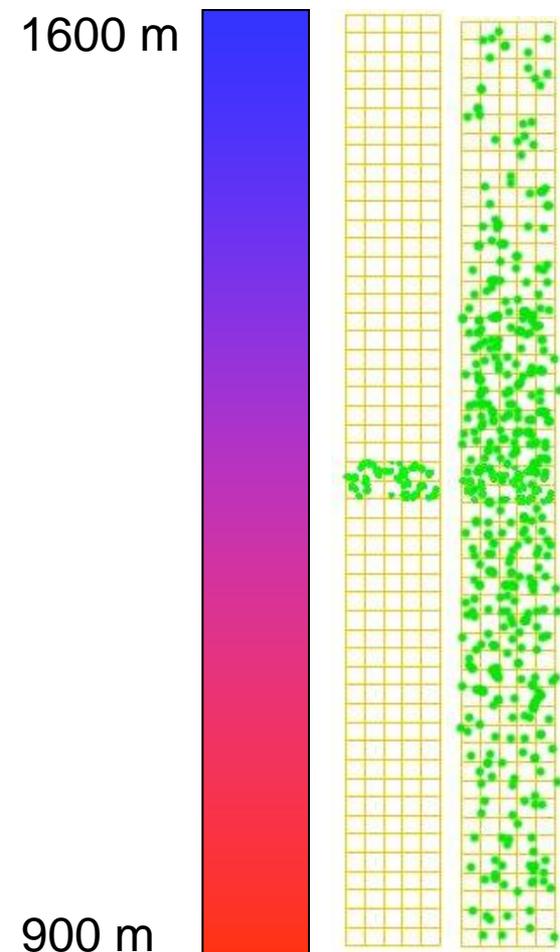
modèle **biophysique**: CASTANEA (*Dufrêne et al. 2005*) version arbre centré
 modèle de **dynamique**: TransPopRégé (*Oddou et al., 2006*)
 modèle d' **hérédité** de la librairie génétique de CAPSIS



Cas d'étude : Adaptation locale du Hêtre sur le Mont Ventoux

colonisation le long d'un gradient altitudinal

T=0 T=120



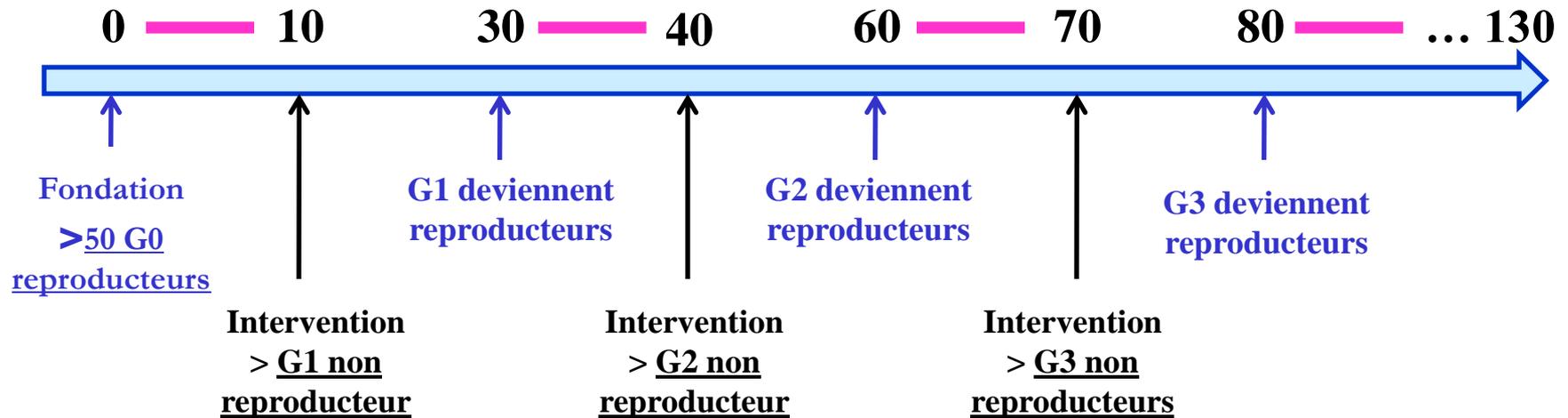
Analyse de la réponse adaptative de deux traits fonctionnels:

- ✓ Efficience Utilisation de l'Eau => réponse à la sécheresse limitante à basse altitude
- ✓ Date de débourrement => réponse aux gelées tardives limitantes à haute altitude

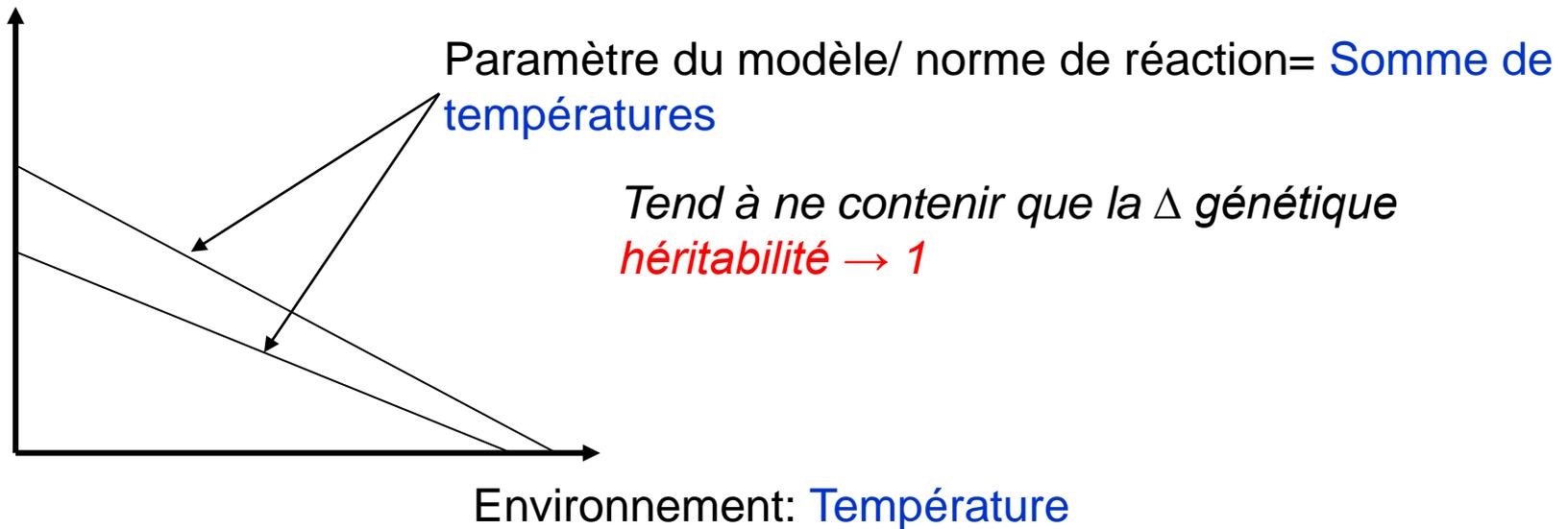
Hypothèses de travail pour ce cas d'étude :

- ✓ pas de sélection sur ces traits au cours de la régénération
- ✓ pas de générations chevauchantes (scénario séquentiel d'interventions forestières)
- ✓ pas de compétition pour la lumière entre adultes
- ✓ climat (2001-2005 répété) avec effet altitude sur T, Pluie, et humidité relative
- ✓ dispersion forte

Plan de simulations



phénotype= *trait fonctionnel plastique*= Date de débourrement



2 paramètres du modèle biophysique soumis à sélection :

- ✓ G_{slope} = pente de la relation entre photosynthèse et ouverture stomatique γ 1/EUE
- ✓ T_{sum} = somme des températures requise pour le débourrement
- ✓ 10 gènes, 2 allèles par gène avec une héritabilité de 1 sans pléiotropie

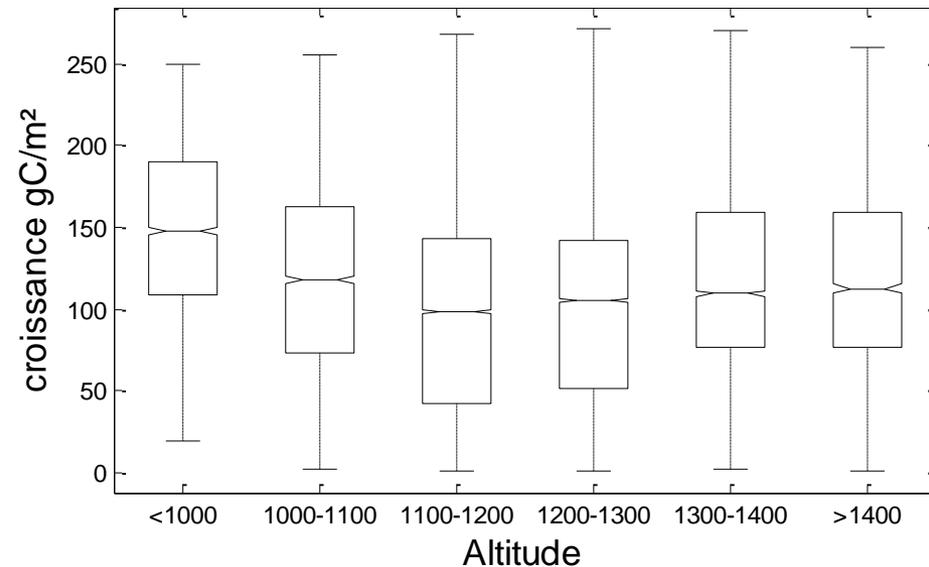
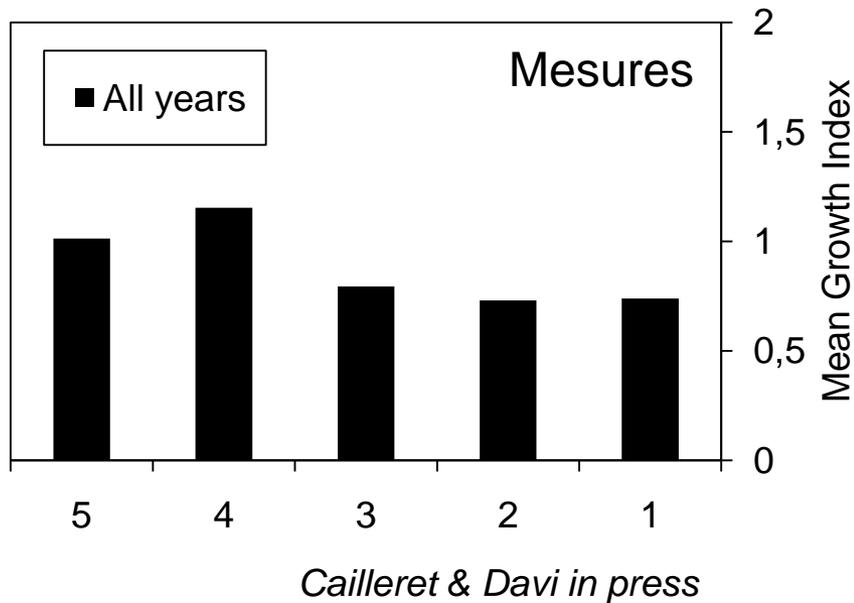
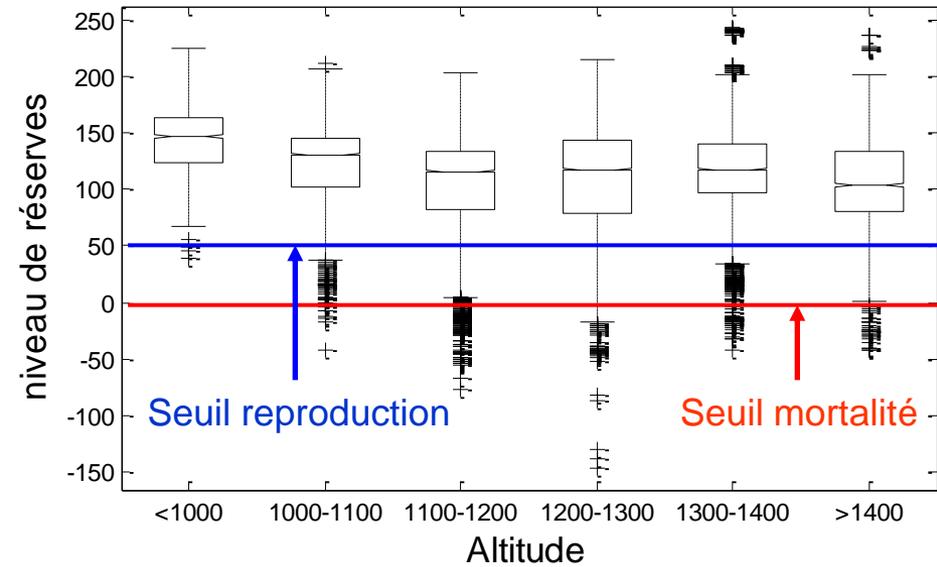
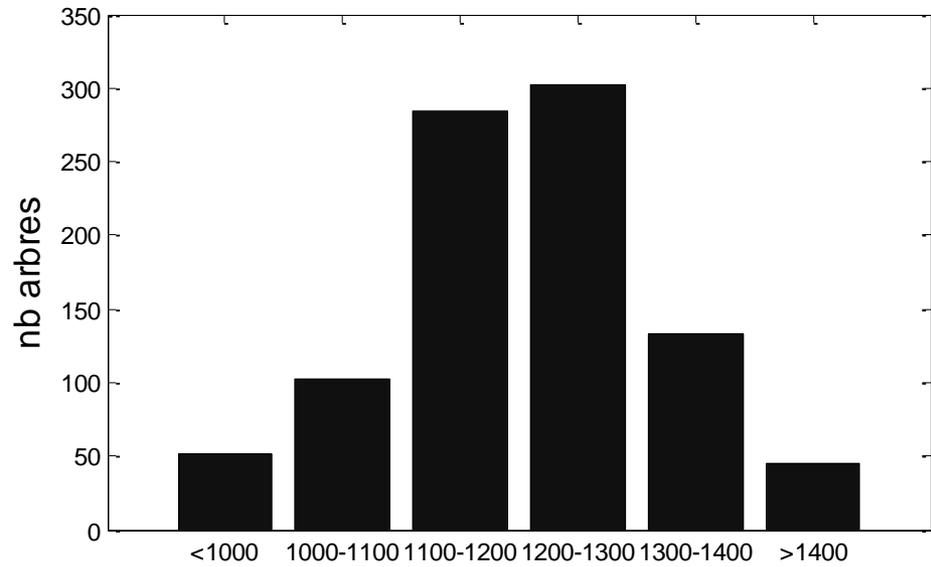
$$P1 = f(G + E + G \times EG)$$

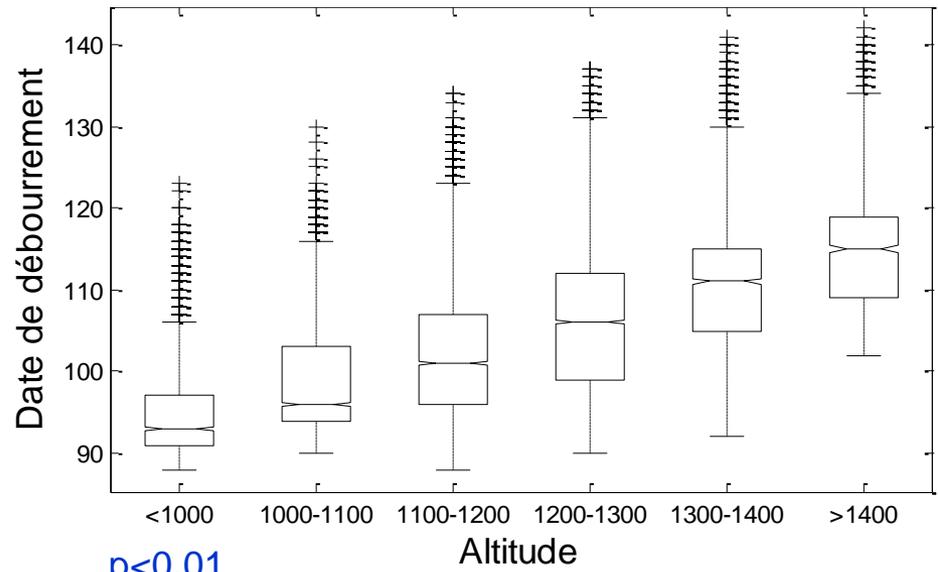
$$w = f(P1, P2, E)$$



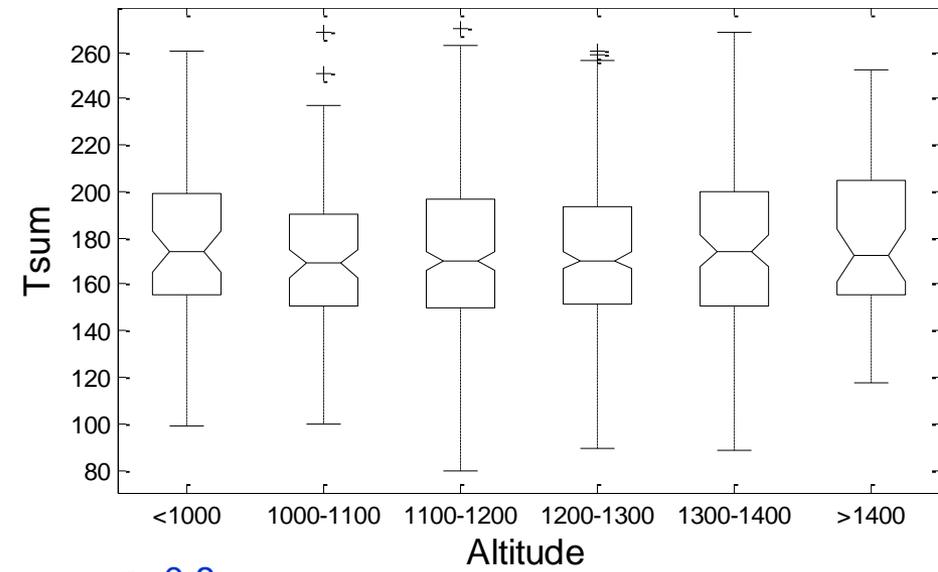
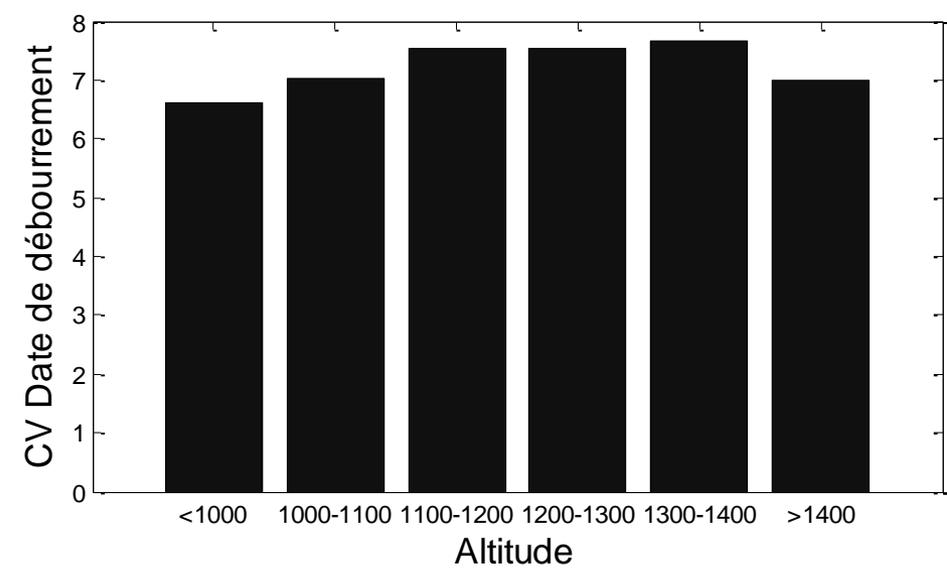
Simulé par le modèle biophysique
Mortalité & Reproduction = f(carbohydrites)

RESULTATS après G0 (50), G1(998, †325), G2(6875)

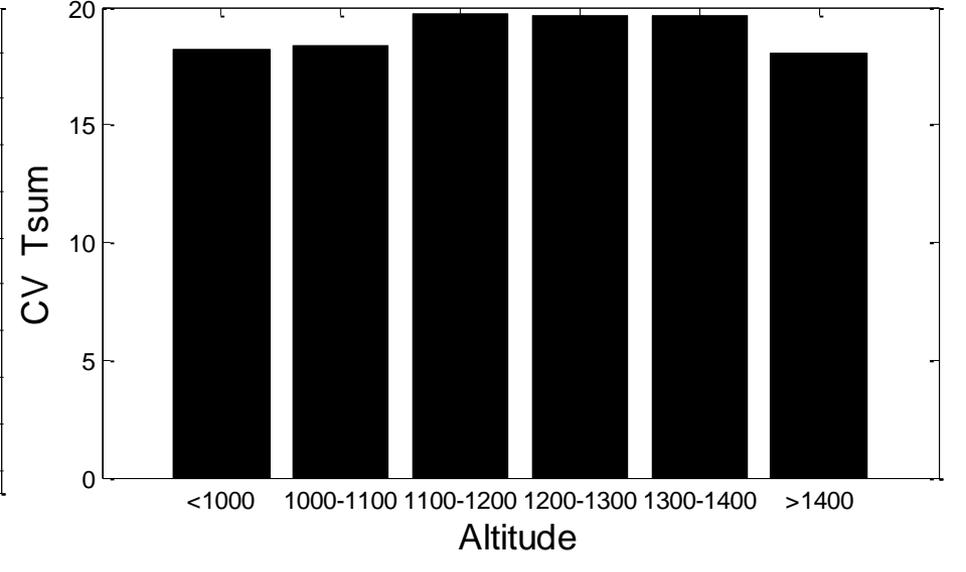


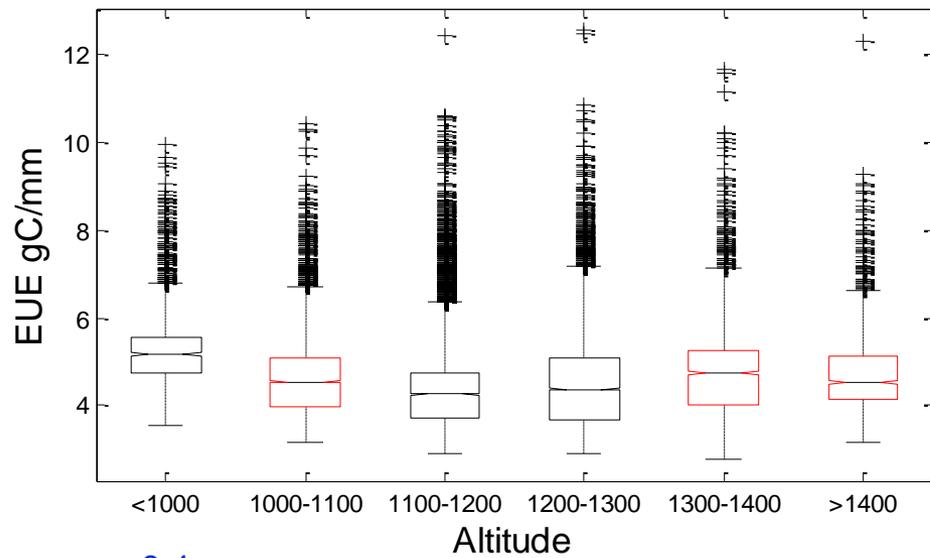


$p < 0.01$

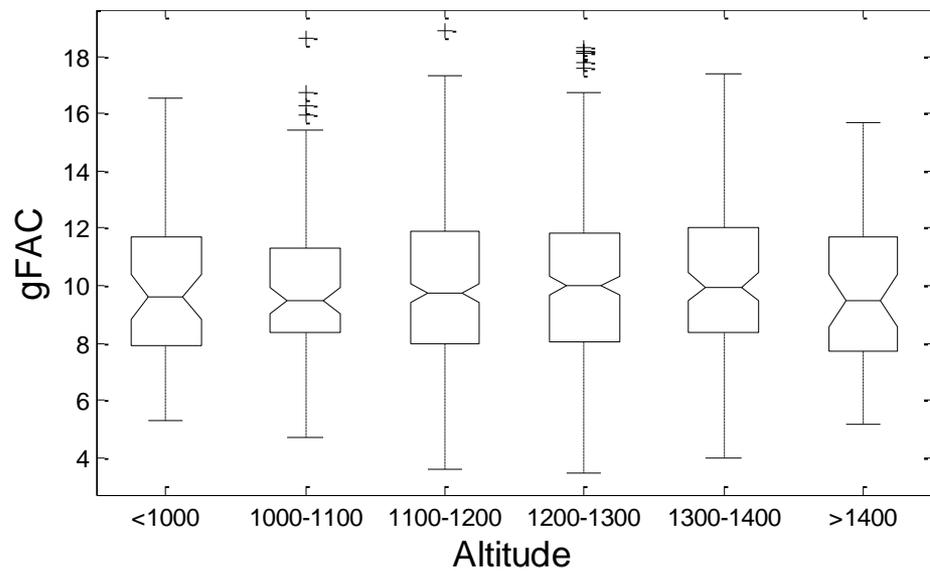
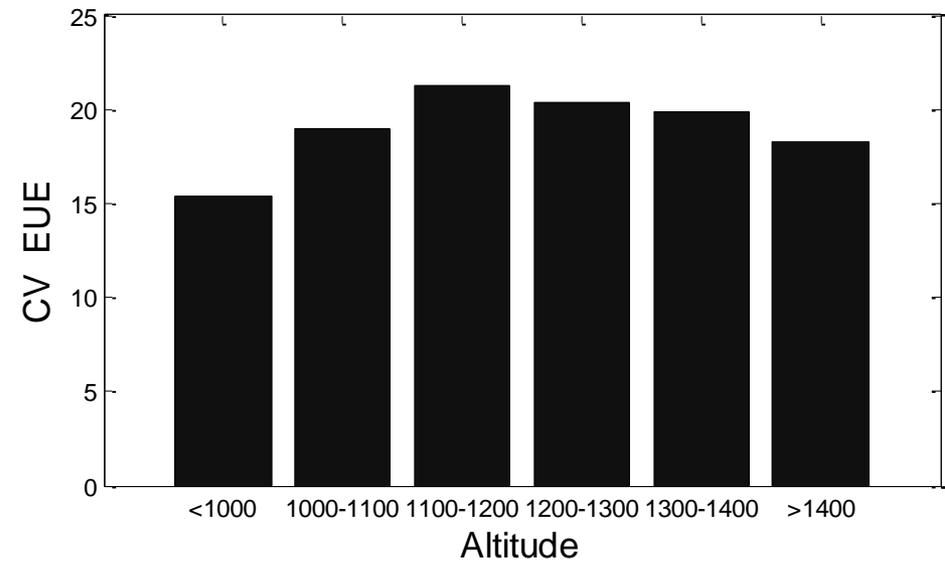


$p = 0.8$

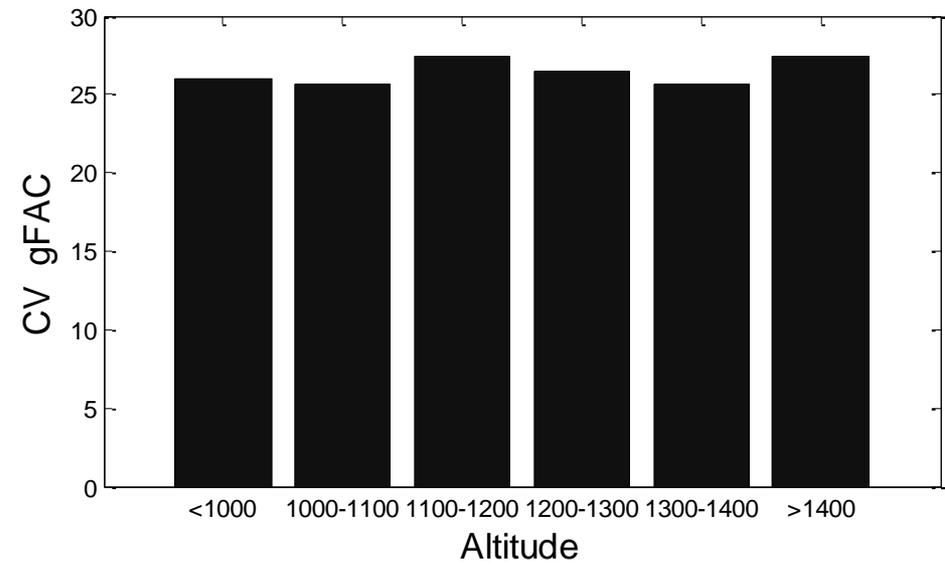




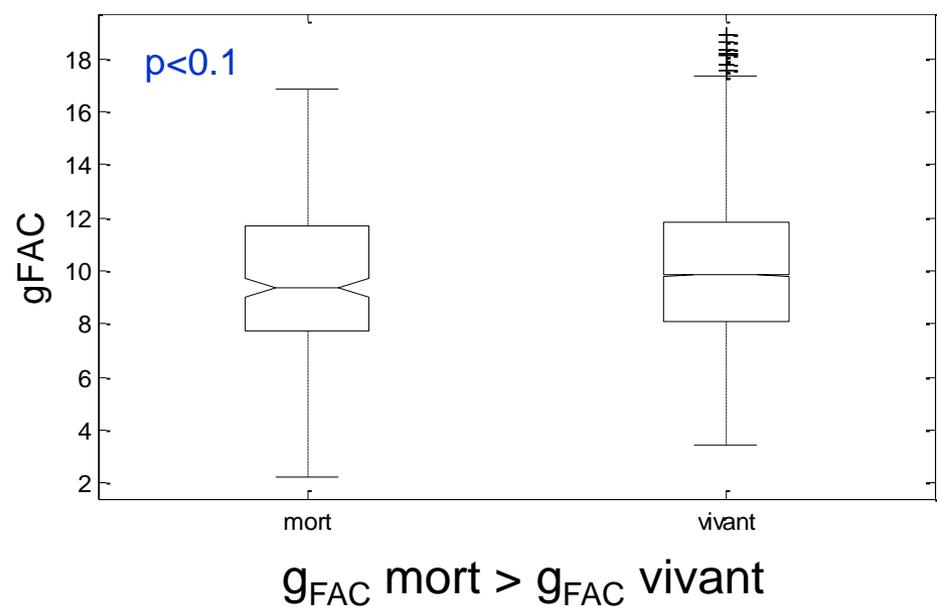
$p < 0.1$



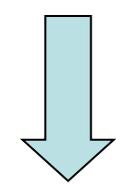
$p = 0.9$



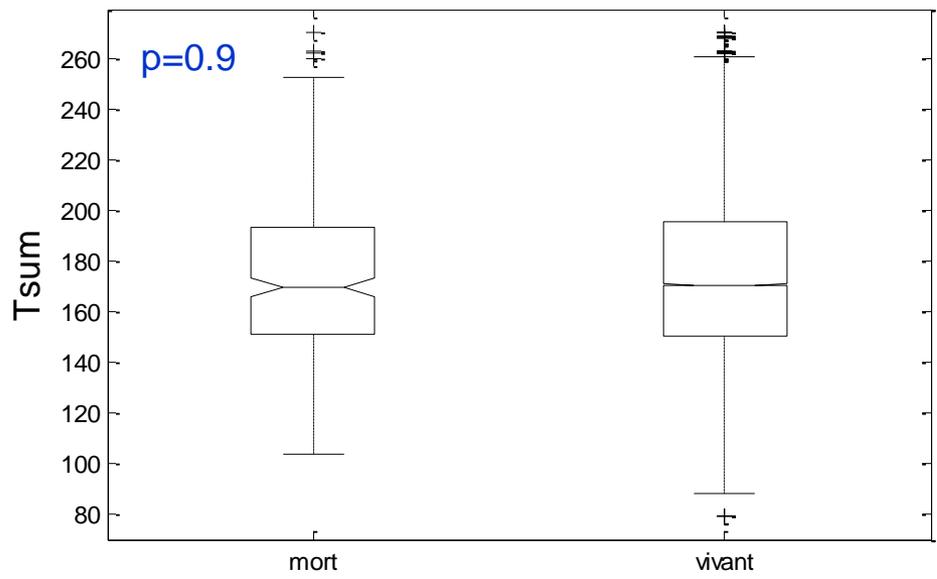
RESULTATS



	G0	G1	G2
Tsum	177	173	174
g_{FAC}	9.6	10.0	10.1



Dès la G1 on a une modification significative de la composition génétique de la population globale...
Sélection ? Dérive ?



CONCLUSION

- ✓ faisabilité des couplages PDG
- ✓ calcul long mais possible (70 000 simulations pour deux générations...)
- ✓ reste à améliorer le lien entre croissance et mortalité / reproduction
- ✓ étude de sensibilité (Réserver utile en eau du sol ou distance de dispersion)

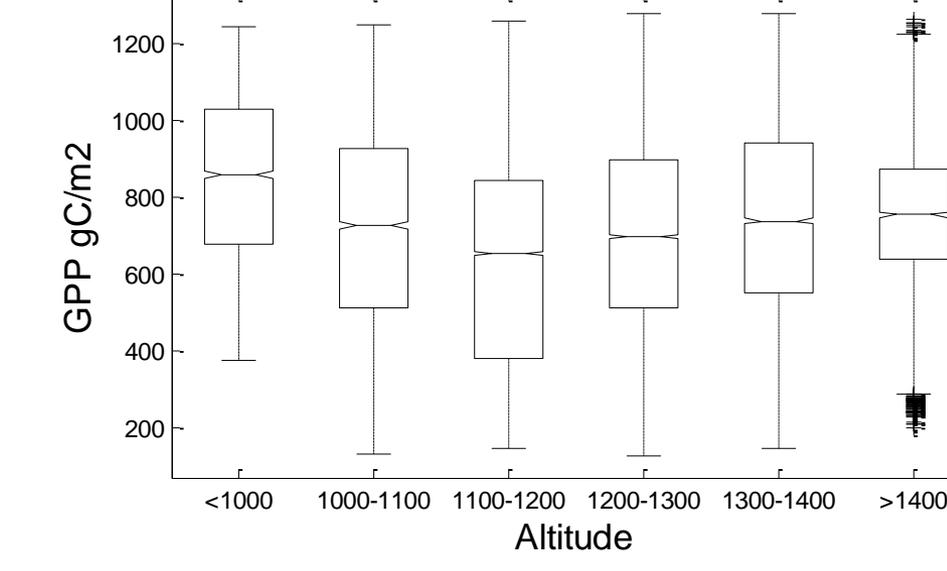
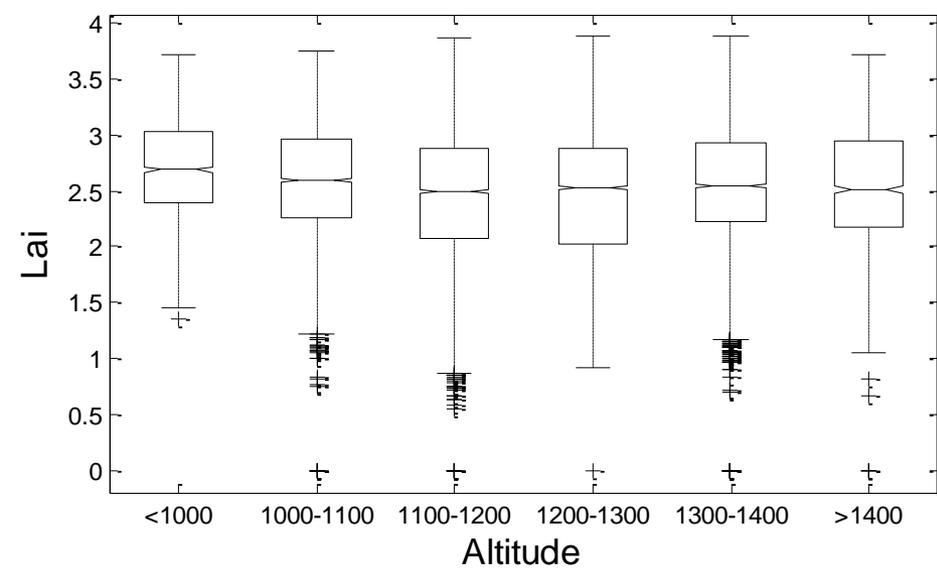
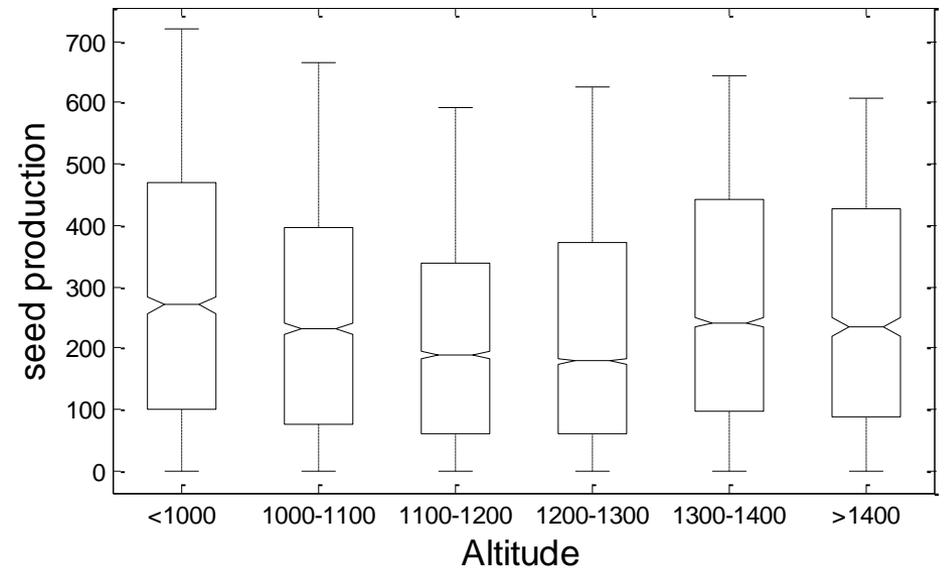
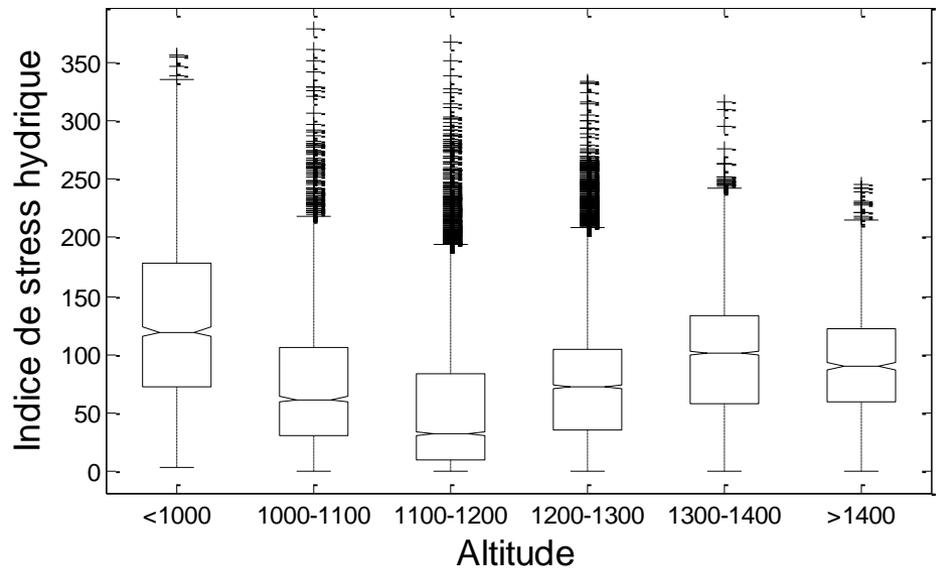
Modèle biophysique => apport d'une quantification précise des effets environnementaux

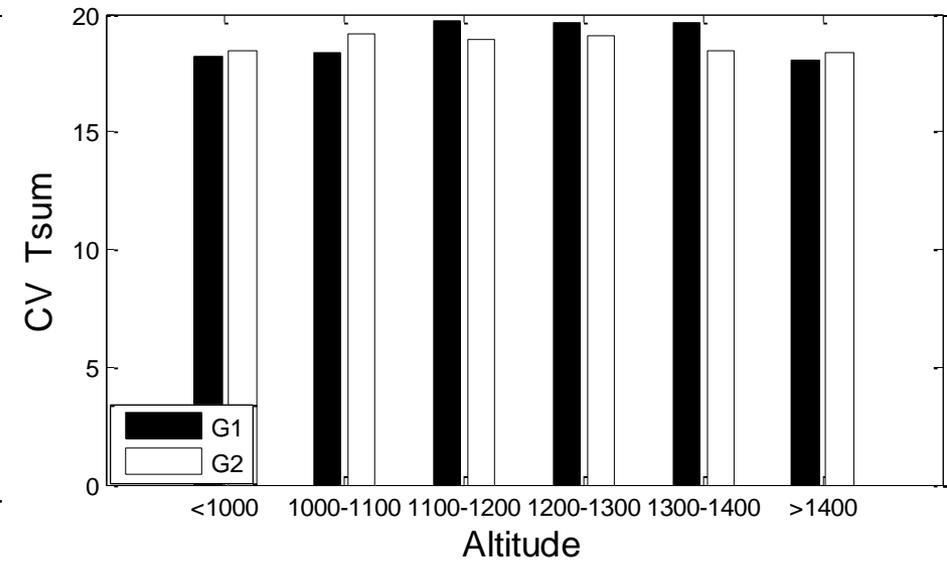
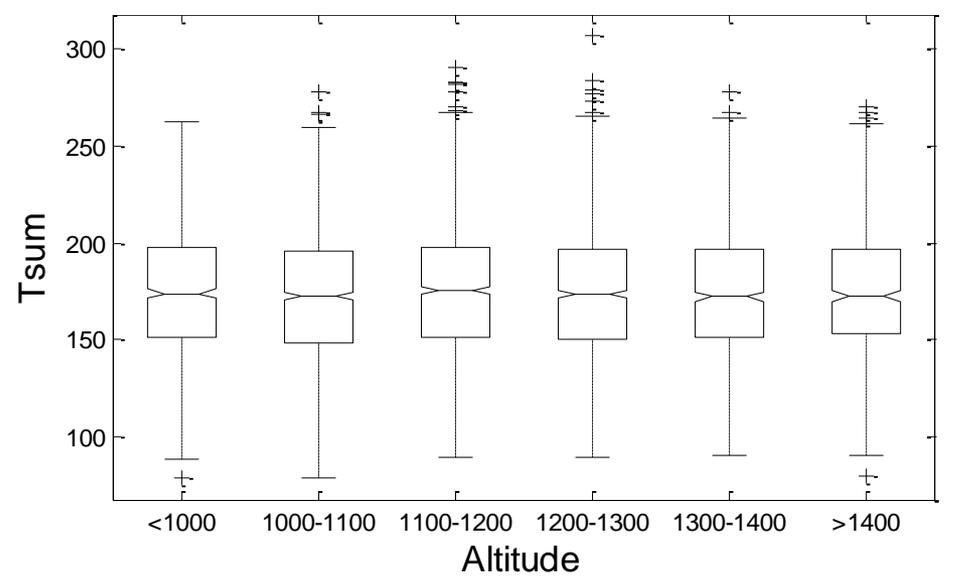
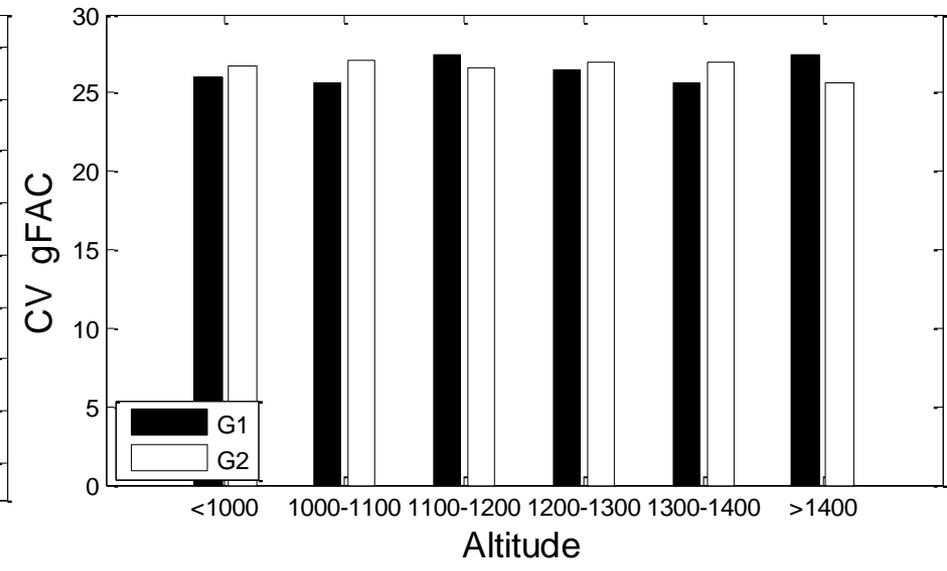
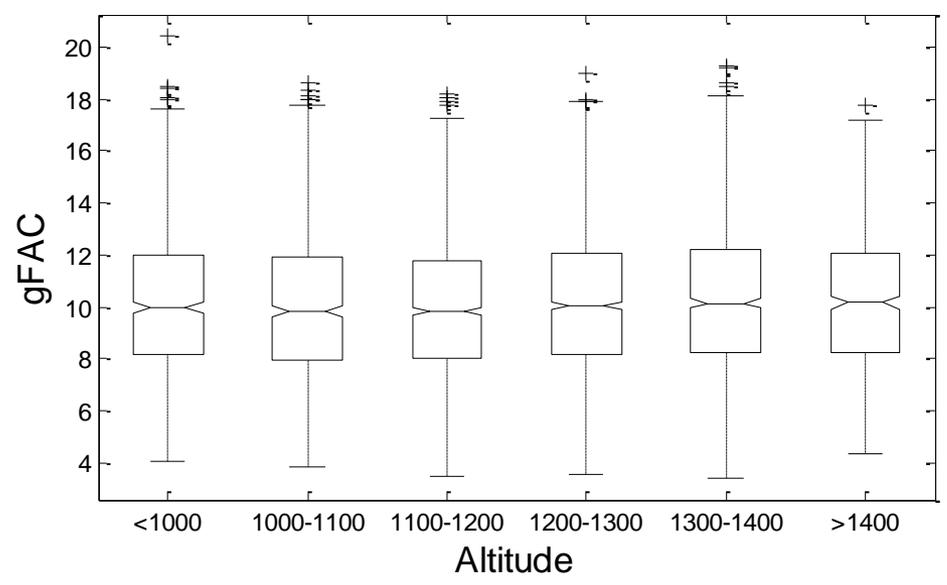
Modèle de dynamique => relie les phénotypes simulés et la fitness réalisée et simule la dispersion

Modèle génétique => effet de la variabilité génétique dans la variance phénotypique ce qui impacte bilan de carbone et dynamique



- Mutualisme de modélisation MAIS complexité des interprétations
- Partir de questions sur l'adaptation => « bespoke coupling »
- Modèle théorique ↔ Modèle de simulation réaliste
- Nécessaire validation au niveau dendrométrique et génétique





La sélection naturelle = sélection sur la “fitness”
= cas de sélection indirecte

La réponse indirecte sur un caractère X
après sélection sur la fitness W est:

$$\mathbf{R} = \Delta G_{X/W} = i_W h_W \rho_{XW} \sigma_{AX}$$

avec ρ_{XW} = *corrélation additive (X, W)*

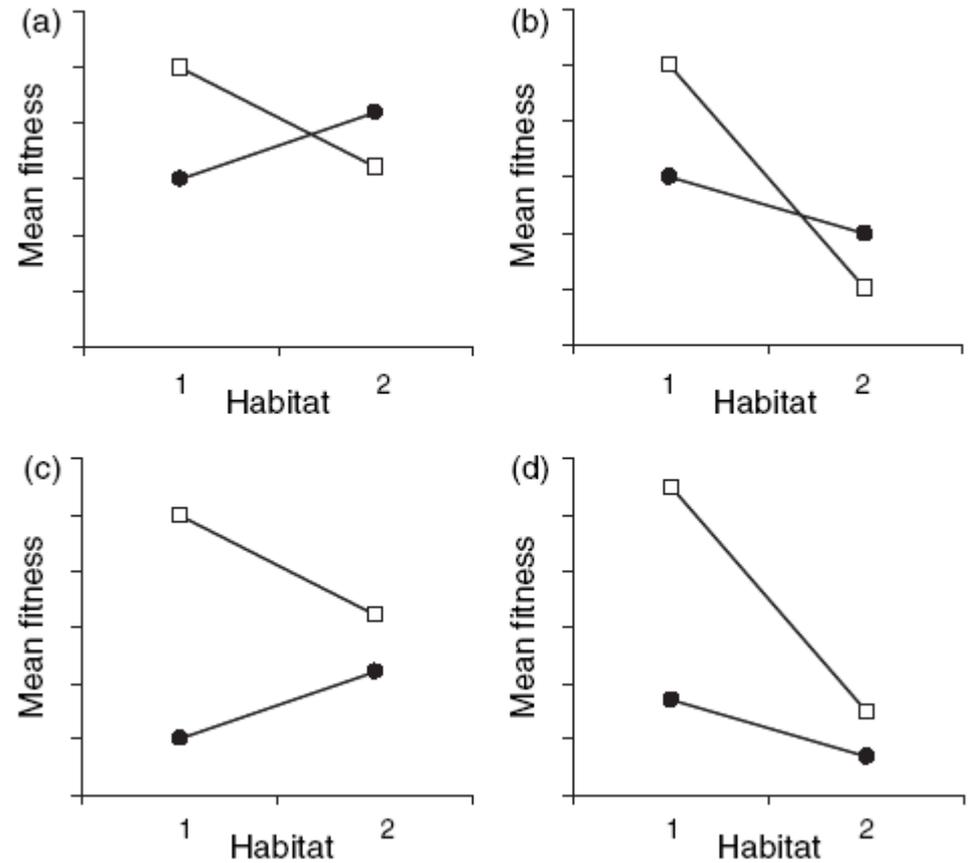
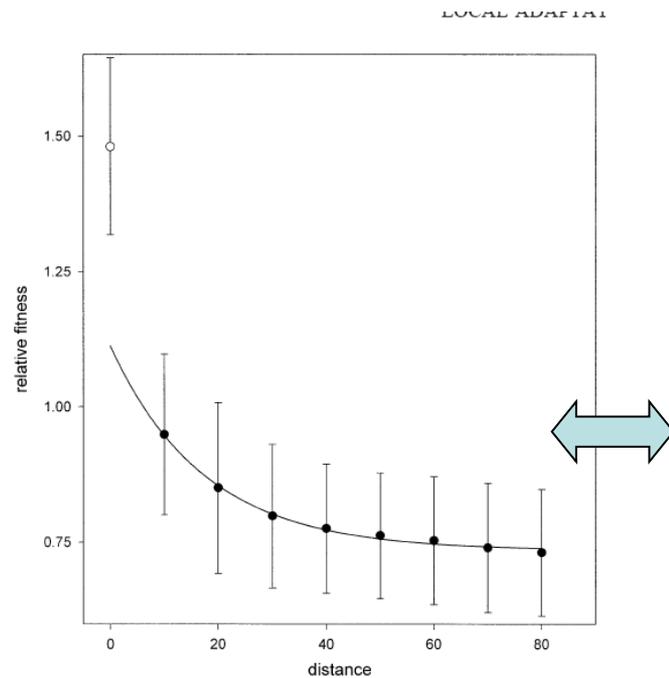
on peut montrer que c'est aussi:

$$\mathbf{R} = \beta \sigma_{AX}^2$$

avec β = *coeff. de régression (partielle) de W
sur X*

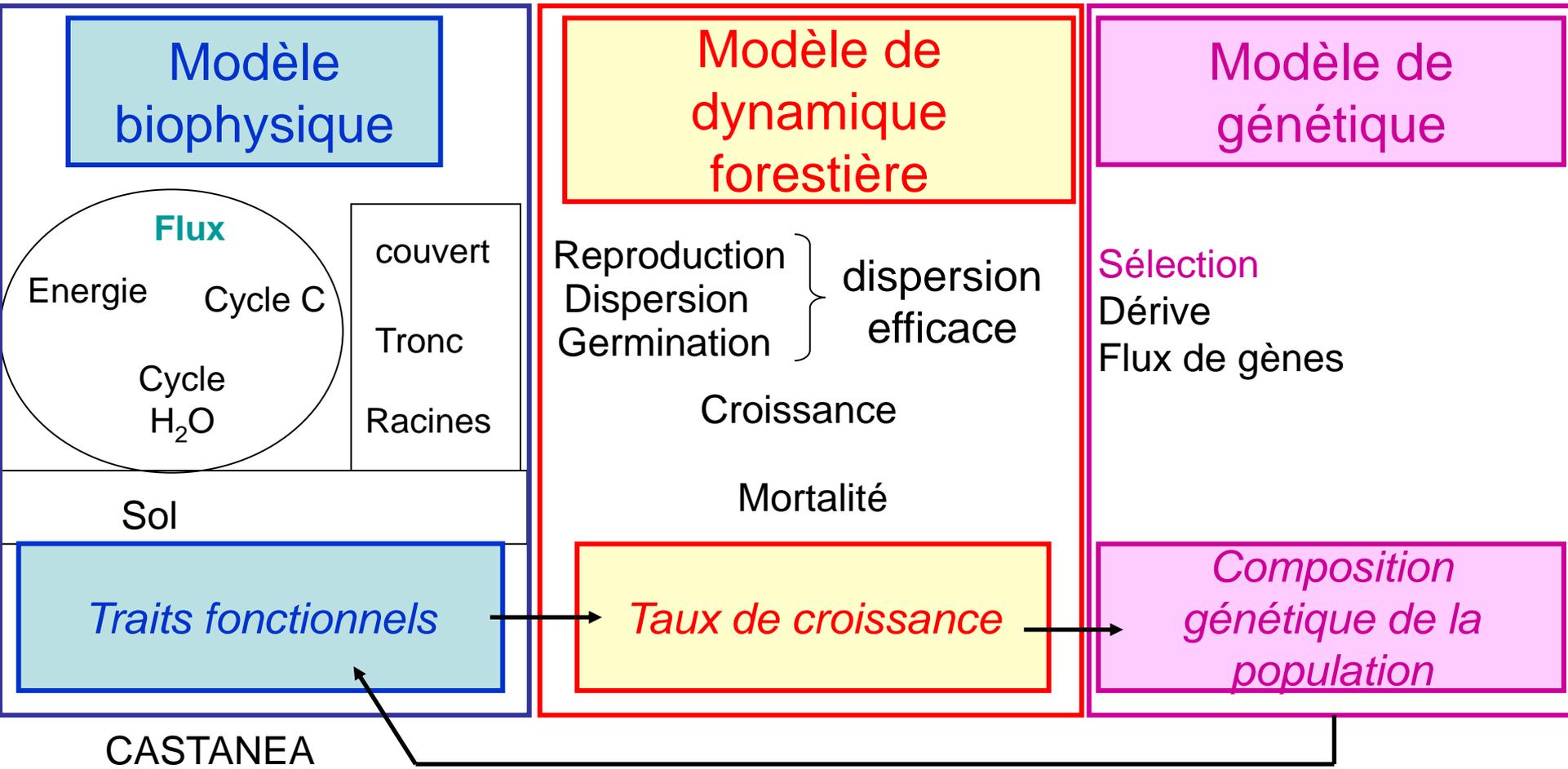
= *gradient de sélection directionnelle*

2. Décroissance de la fitness en fonction de la distance au site



Kawecki et Ebert 2004

Problème déconvoluer forces évolutives (sélection, migration) / plasticité / ...
Réponse à court terme des populations est elle possible?



CASTANEA

Relation paramètre biophysique - gènes