



Pourquoi et comment prendre en compte la reproduction dans les modèles utilisés pour les arbres forestiers

Isabelle Chuine (CEFE CNRS Montpellier)

Hervé le Bouler et Brigitte Musch (ONF CGAF Orléans)

Hendrik Davi (URFM INRA Avignon)

Semences, gestion forestière et Changement Climatique - Historique

- 85-90% de la forêt française est gérée en régénération naturelle.
- 25%-30% des surfaces forestières ont fait l'objet depuis 200 ans d'apports extérieurs massifs de semences qui ont été récoltées sur des arbres sauvages fructifiant spontanément dans la nature.
- Depuis 30 ans, ~50% des plantations se font avec des semences produites dans des lieux dédiés (Vergers à graines).

Semences, gestion forestière et Changement Climatique - Et maintenant ?

Effets du Changement Climatique :

- Baisse de fertilité observées depuis 2010 chez hêtre et sapin en limite sud de l'aire
- Baisse de croissance observée en limite sud chez hêtre (Catalogne) et pin sylvestre (PACA)

Semences, gestion forestière et Changement Climatique - Et maintenant ?

Alternatives pour une gestion adaptative :

- Raccourcir le cycle de rotation pour accélérer la sélection naturelle du matériel génétique in-situ.
- Changer localement le matériel génétique en introduisant plants et semences « pré-adaptés » aux conditions futures.

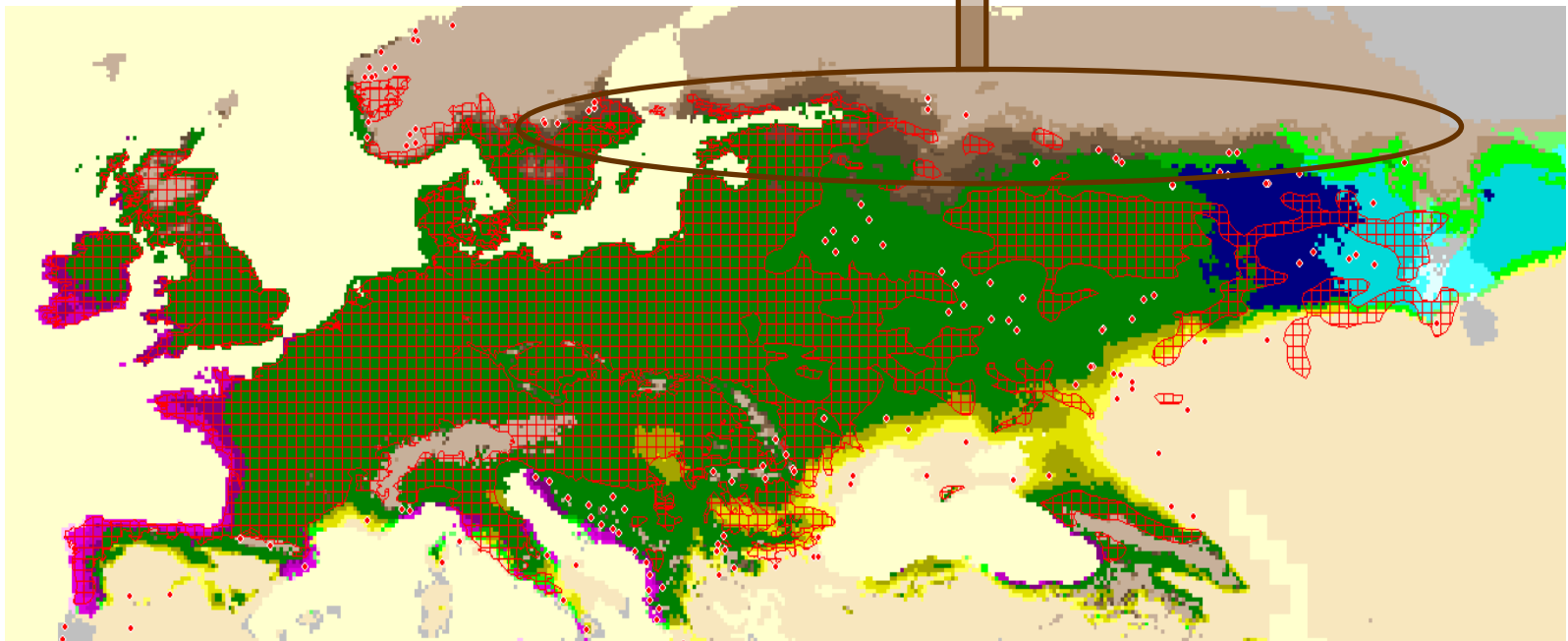
=> Dans toutes les hypothèses, la fertilité future des arbres forestiers devient un enjeu de plus en plus critique (besoins et inquiétudes)

Importance de la reproduction chez les arbres forestiers

Cause première de sortie de niche
Modèle IKS (Le Bouler)

Chêne pédonculé

Variable explicative de la limite
nord : GDD5



Importance de la reproduction chez les arbres forestiers

Chêne sessile



Pin sylvestre



**Cause première de
sortie de niche**

Modèle PHENOFIT (Chuine)

- Low maturation success
- Leaf frost
- Dormancy break failure
- Lethal frost
- Lethal hydric regime
- Fitness not strongly limited

Importance de la reproduction chez les arbres forestiers

VOL. 170, NO. 1 THE AMERICAN NATURALIST JULY 2007

©

Are Plant Populations Seed Limited? A Critique and Meta-Analysis of Seed Addition Experiments

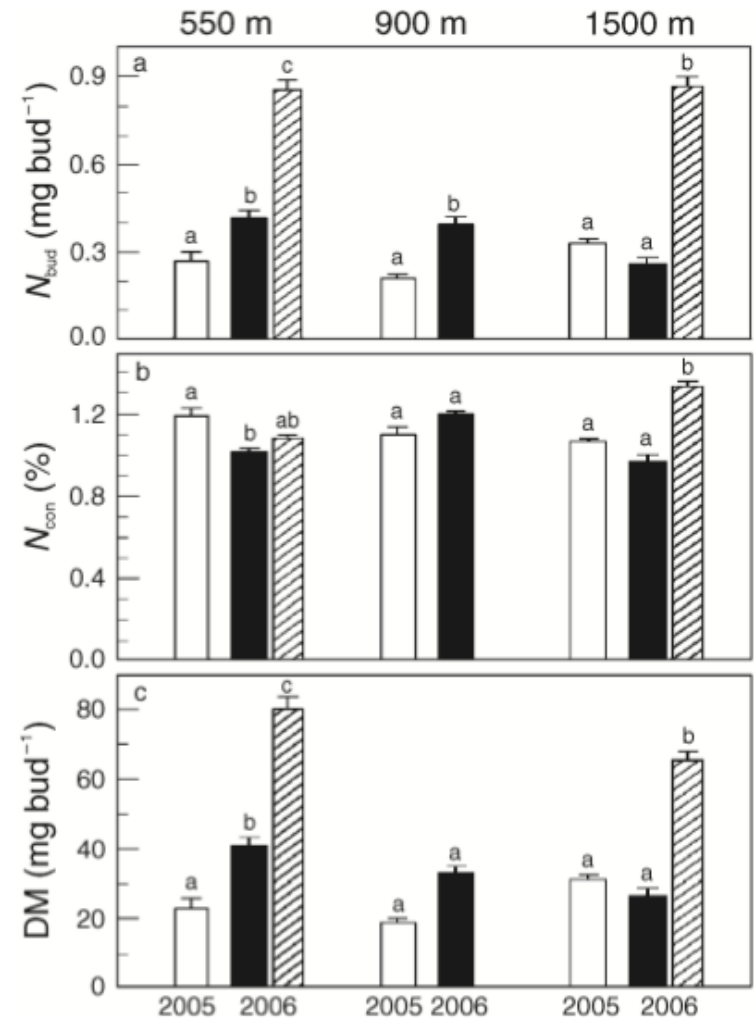
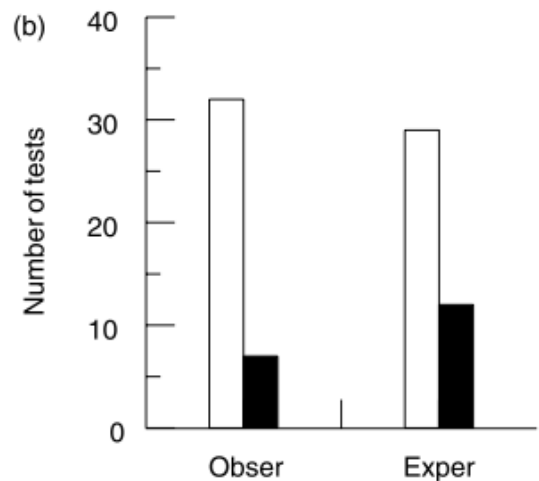
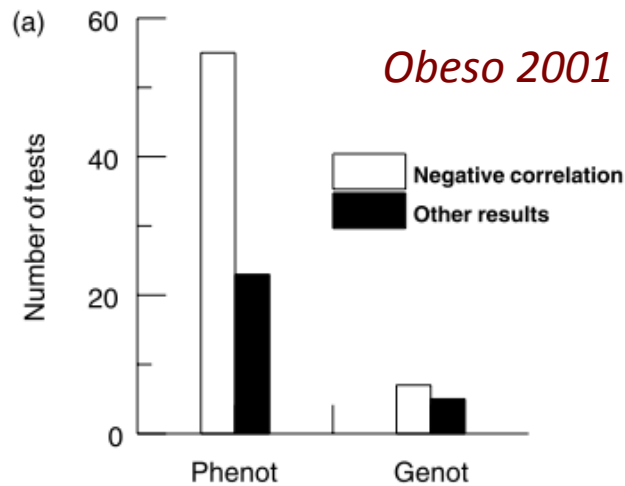
C. J. Clark,^{1,2,*} J. R. Poulsen,^{2,†} D. J. Levey,^{2,‡} and C. W. Osenberg^{2,§}

1. La plupart des espèces sont limitées par la quantité de graines
2. L'effet d'ajout de graines est néanmoins faible car il est limité par le recrutement
3. La limitation par la « pluie » de graines est plus forte
 - Pour les espèces à grosses graines
 - Pour les espèces à faible durée de vie de la banque de graines
 - Sur les sites perturbés

Importance de la reproduction chez les arbres forestiers

Coût carboné et azoté de la reproduction au détriment d'autres fonctions comme la croissance

Han et al., 2008



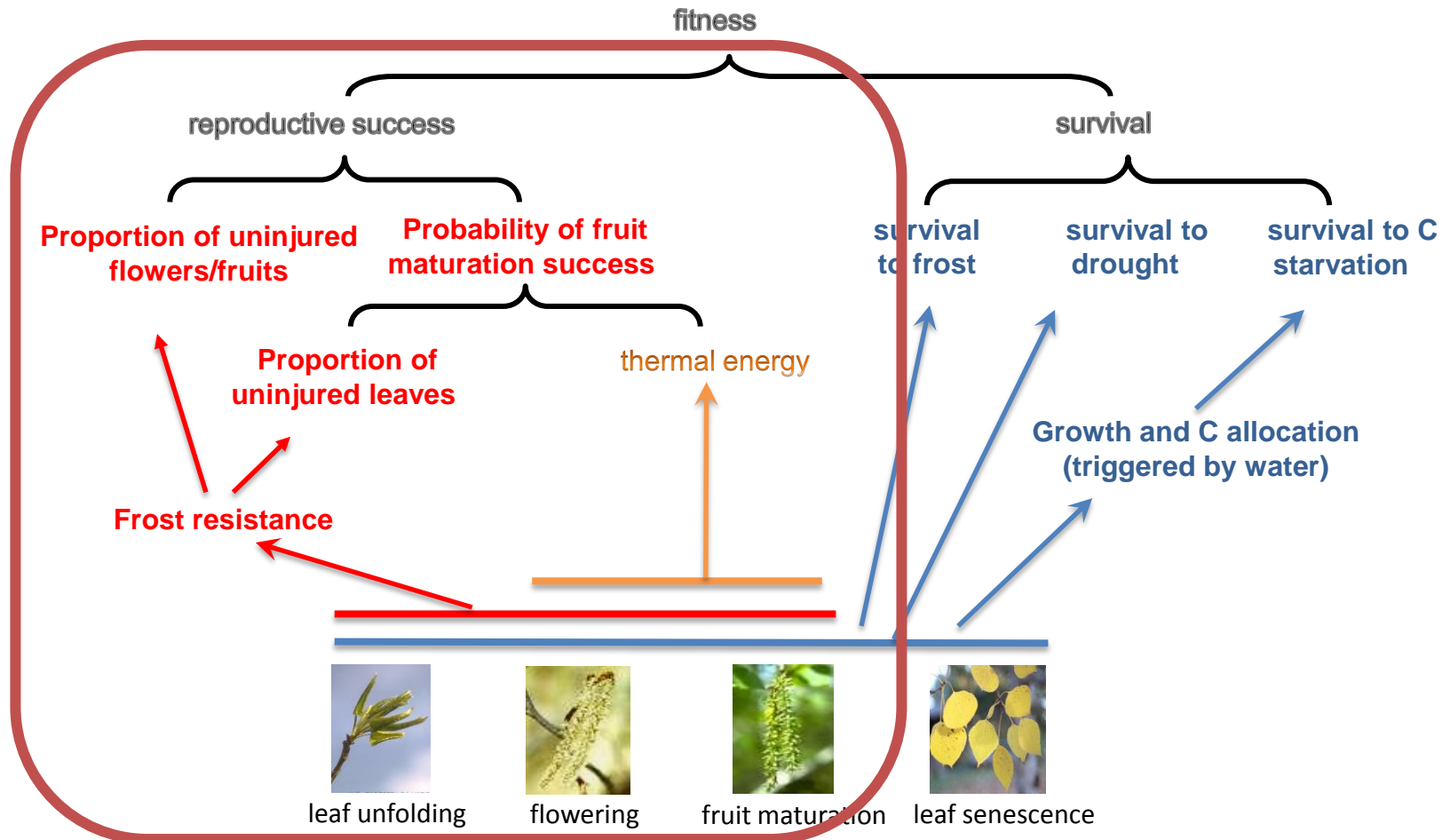
Comment est actuellement prise en compte la reproduction ?

Modèle (corrélatif) IKS (Le Bouler)
Variables prises en compte dans le modèle

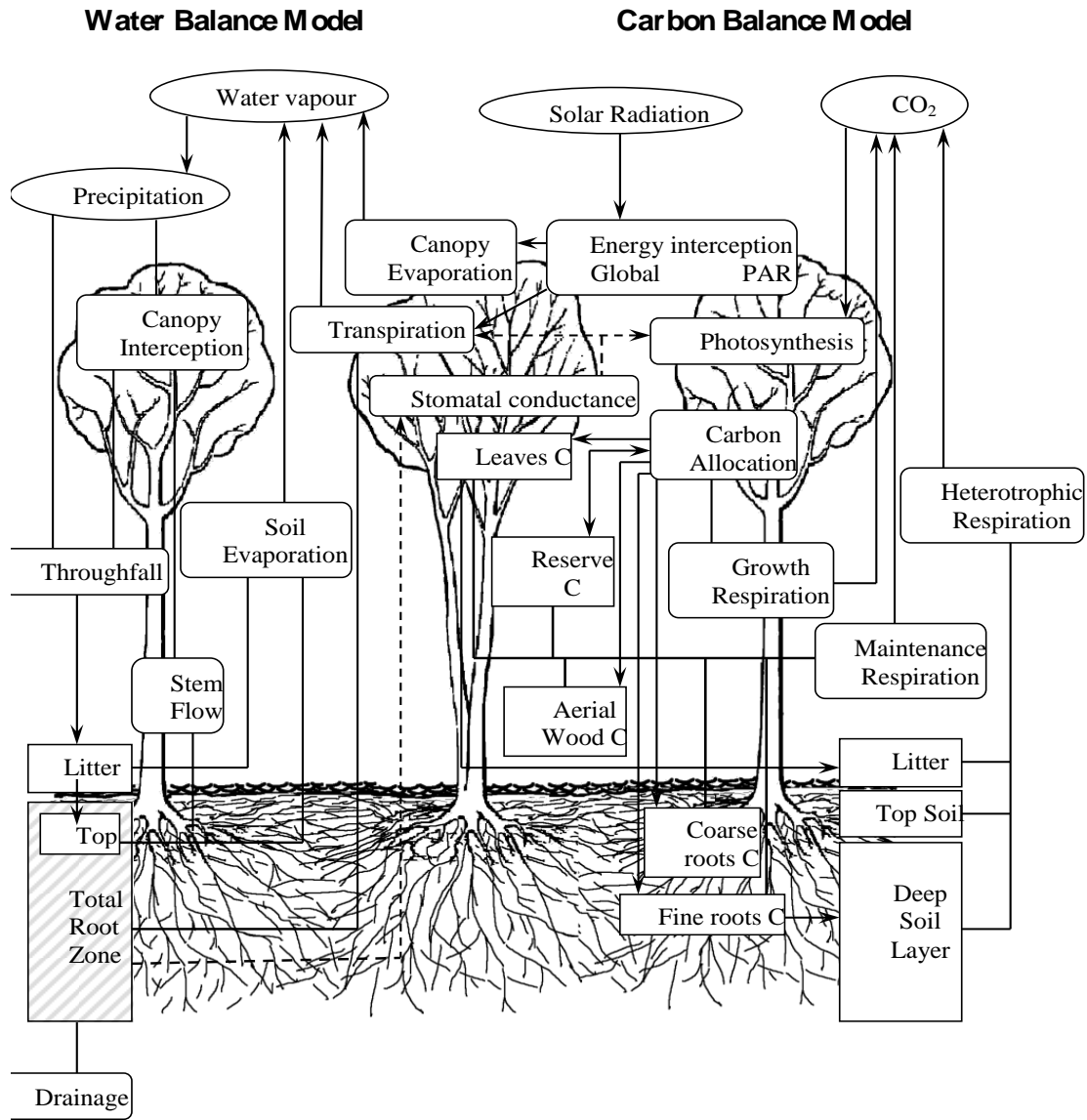
Enjeu biologique	Risque ou besoin	Variable bioclimatique indicatrice	
Survie	Dégâts de gel cœur d'hiver	Moyenne des minimas du mois le plus froid	
Survie	Stress hydrique	Bilan hydrique	
Croissance	Energie en saison de végétation.	Somme des degrés jours	
Reproduction	Besoins en froid pour la dormance	Moyenne des minimas du mois le plus froid	
Reproduction	Gels des fleurs et fruits	Moyenne des minimas du mois le plus froid	
Reproduction	Energie pour la maturation	Somme des degré jours	

Comment est actuellement prise en compte la reproduction ?

Modèle PHENOFIT (Chuine)



Comment est actuellement prise en compte la reproduction ?



Modèle CASTANEA

Canopy photosynthesis
Farquhar model coupled with
Ball & Berry

Leaves respiration
Q10, Nitrogen, Biomass

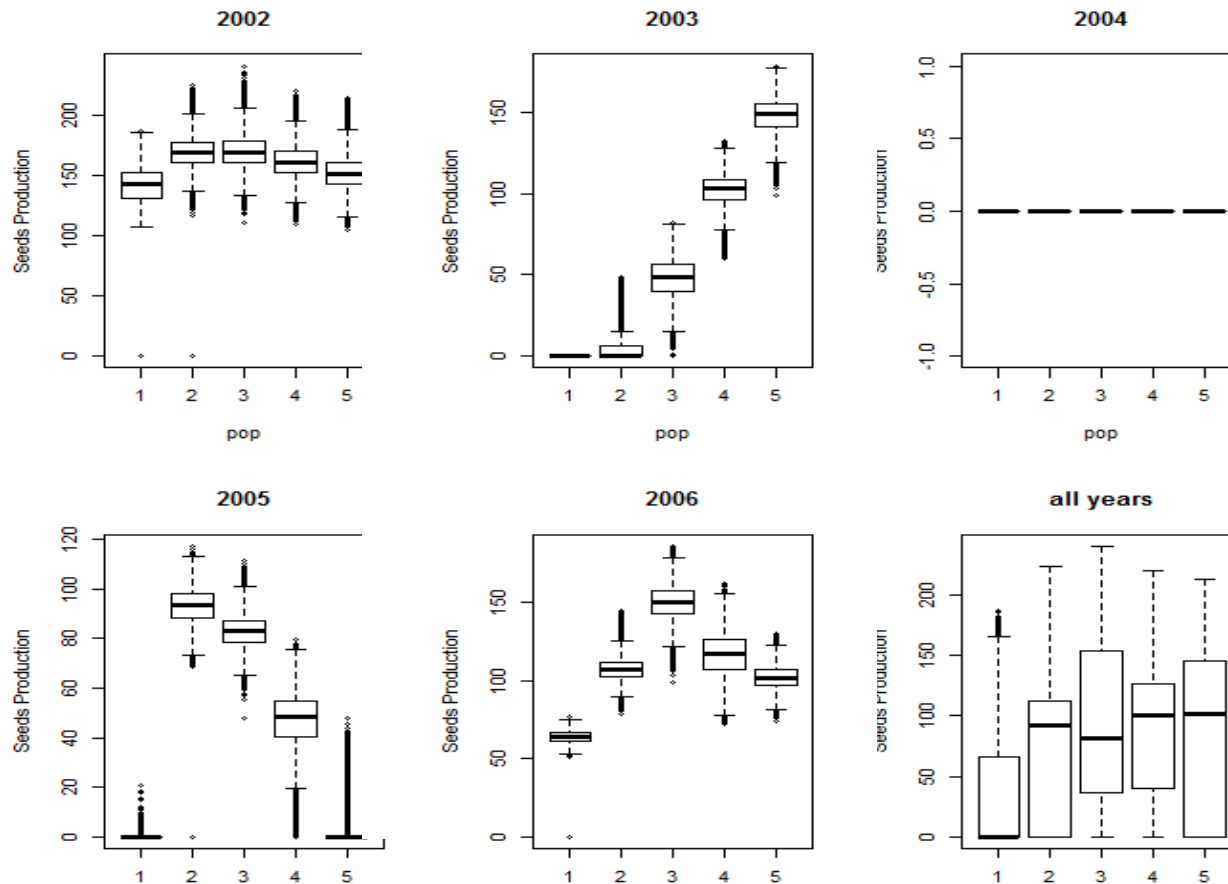
Wood respiration
Q10, Nitrogen, alive biomass

Water interception
LAI, clumping, leaves/needle
reserves

Transpiration
Penman Monteith

Comment est actuellement prise en compte la reproduction ?

Modèle CASTENEA : Estimation d'un nombre de graines à partir des réserves carbonés



Populations de hêtre sur le Ventoux 800m ->1600 m

Comment prendre en compte la reproduction ?

Quelques essais avec le modèle CASTANEA

T1: Forçage de la reproduction à partir des mesures (thèse de N.Martin)

H1: investissement dans la reproduction en fonction des réserves

- Reproduction si réserves année de formation des bourgeons $>$ seuil
- Quantité de bourgeons floraux proportionnel au niveau de réserves

Perspectives:

- Mieux quantifier la phénologie pour que l'effet réserve soit calculé à partir du niveau de réserves au moment de la formation des bourgeons
- Croissance en fonction de la température et du potentiel hydrique
- Module avortement l'année de maturation en fonction des réserves

Comment prendre en compte la reproduction ?

	IKS	PHENOFIT	CASTANEA
Espèces (France)	Fagus sylvatica, Quercus sp , Abies Alba, Picea Abies	Q. petraea, Q.robur, Q.ilex, P.sylvestris, F.sylvatica, A.alba	Q. petraea, Q.robur, Q.ilex, F.sylvatica, A.alba
Phénologie	Non mécaniste (GDD5)	Feuille, fleur, fruit mécaniste	À implémenter
Processus mécanistes	NON (Analogie avec PHENOFIT via les grandeurs climatiques communes)	<ul style="list-style-type: none"> • Résistance au gel des organes • Résistance au stress hydrique • Croissance (pilotée par l'eau) 	<ul style="list-style-type: none"> • Photosynthèse • Bilan C & H2O • Croissance
Qualité graines	NON	NON	NON
Réserves	NON	Pas de gestion dynamique des réserves (à venir)	OUI
Limites	Processus abordées par analogie avec les modèles process	Pas de régénération (à venir)	
Var. génétique	Ajustement à la pop possible	Jeux de paramètres ≠ par pop (ou individu possible)	Jeux de paramètres ≠ par pop ou individu possible

Quels objectifs à court terme ?

1. Déterminer si les problèmes de reproduction seront les premières causes d'extinction locale.
2. Identifier des régions où les problèmes de reproduction vont apparaître en premier pour faire des suivis de terrain et confirmer ou non les projections.

Ex: Projet Giono (ONF-CGAF) :

- identifier, à l'aide des modèles, les peuplements à risque futur (ex hêtre, sapin en sud aire) avec ou sans signes actuels de dépérissements.
- Suivre les fructifications et la fertilité : in situ et tests en labo-pépinière
- identifier des lieux climatiquement surs (ex Verdun pour le hêtre) pour réinstaller les populations à risques.