

Phénologie et résistance au gel

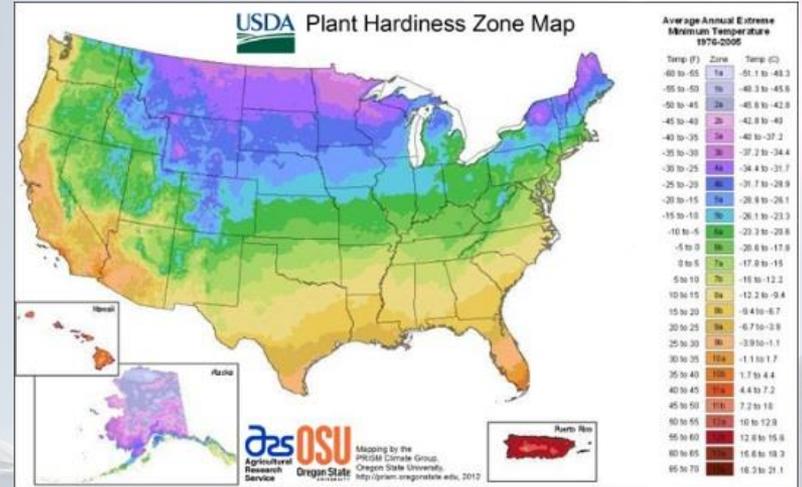
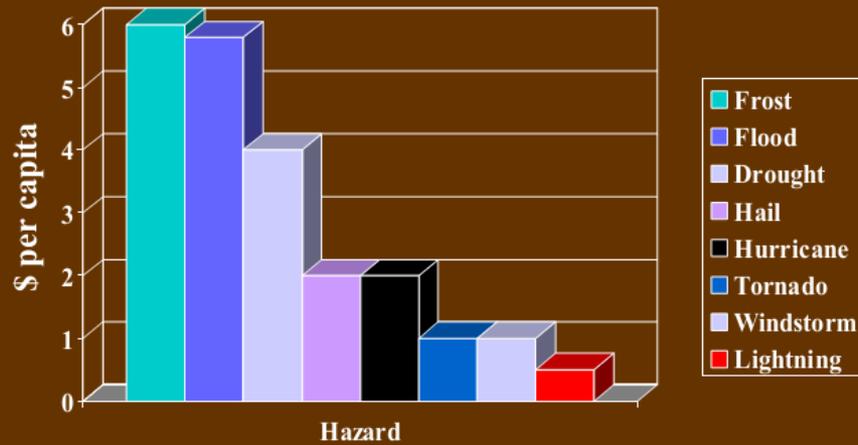
Que nous apporte l'étude de la biologie hivernale ?

Guillaume Charrier, Isabelle Chuine, Marc Bonhomme, André Lacoïnte,
Thierry Améglio

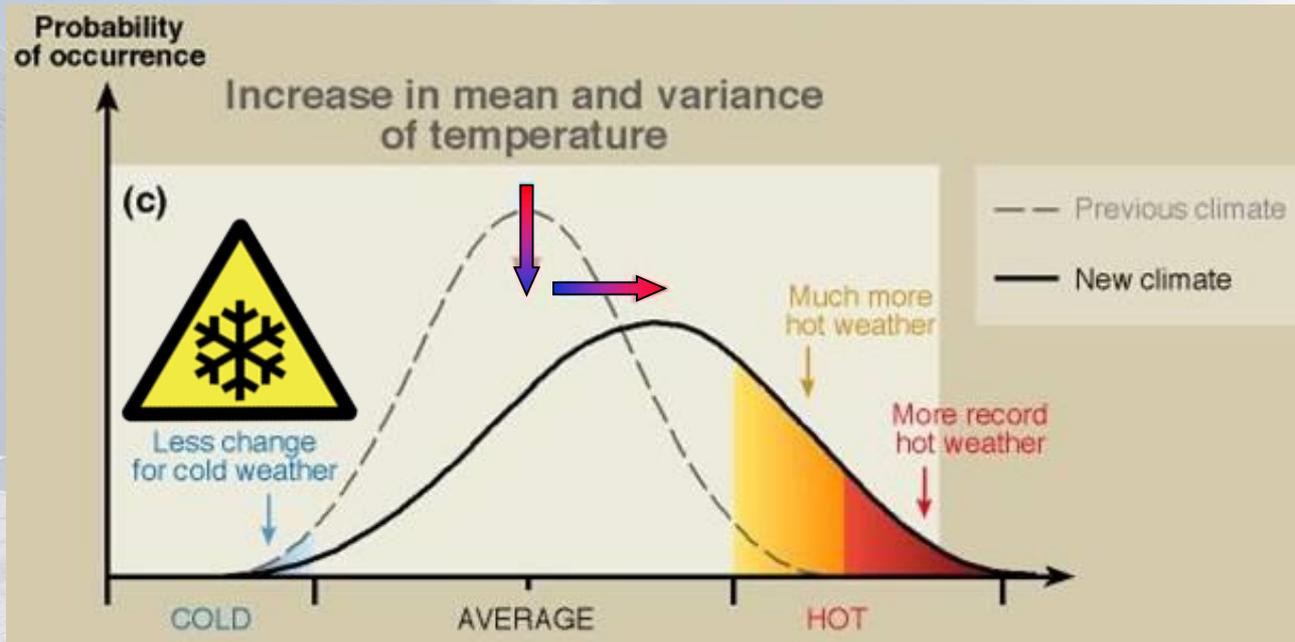


Dommages économiques

Mean Annual Losses to Weather Hazards in the United States



Gelées dans le futur ?

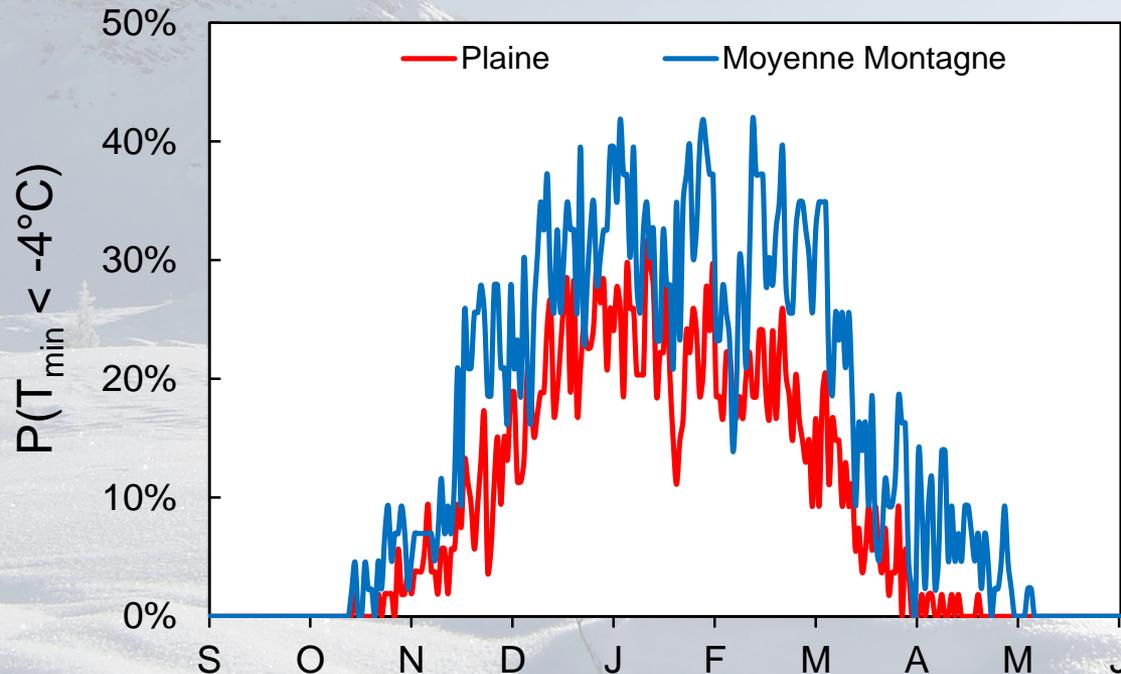


(www.ipcc.ch)

Risques de dommages gélifs

Risque = Aléa x Vulnérabilité

- Aléa : Intensité ; Fréquence
 - Facteur environnemental (Montagne vs Plaine)

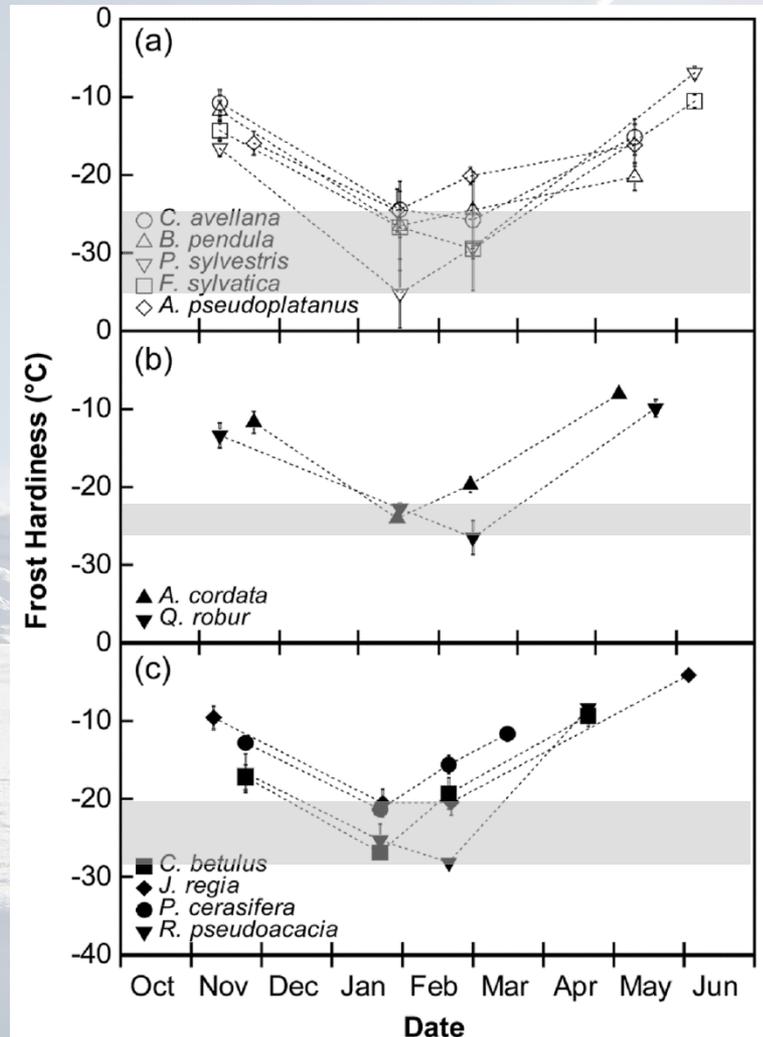


(Charrier *et al.*, en préparation)

Risques de dommages gélifs

Risque = Aléa x Vulnérabilité

- Vulnérabilité au gel
- Facteur Génotypique
(Espèce; variété)



Charrier, Bonhomme, Lecoq, & Améglio (2013) *Tree Physiology* 33, 1299-1301

Risques de dommages gélifs

Risque = Aléa x Vulnérabilité

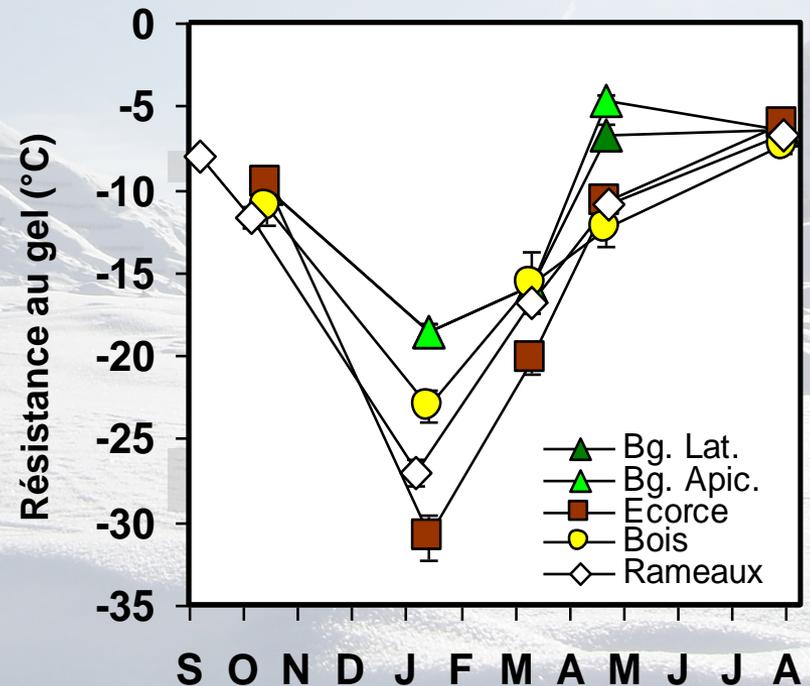
- Vulnérabilité au gel

Facteur Génotypique

(Espèce; variété)

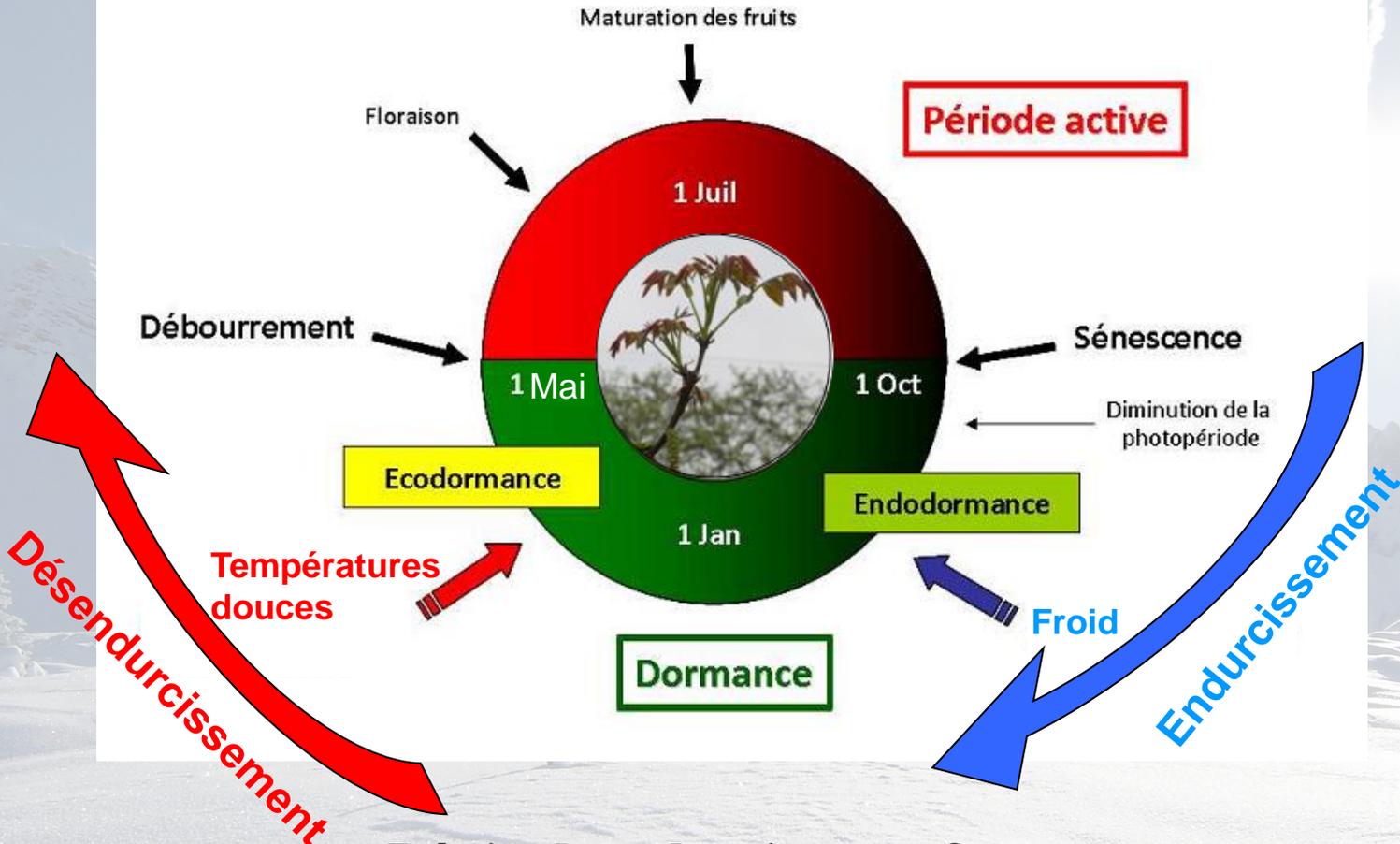
Interaction Génotype x Environnement

(Acclimatation; Dormance?)



Charrier, Bonhomme, Lecoq & Améglio (2003) *Tree Physiology* 33:1229-1241

Cycle de développement



Périodes de risques?

Relation entre dormance et vulnérabilité au gel

Relation entre vulnérabilité parties pérennes / annuelles

Dormance et vulnérabilité au gel

Génotypes à date de débourrement et résistances au gel contrastées



H1: Divergence lors de l'endodormance

Sénescence

Endodormance

Ecodormance

Débourrement

Sortie d'endodormance

H2: Divergence lors de l'écodormance

Endodormance

Ecodormance

Débourrement

Vulnérabilité au gel?

Matériels et méthodes



Variabilité génotypique:

- Noyers à fruits (*J.regia* L.) : Chandler, Franquette, Lara, Serr
- Noyers à bois (hybrides *J.regia* x *nigra*).

Variabilité environnementale

- Plaine
- Moyenne montagne



Site de Theix

Alt: 880m

03°01'00"E

45°43'10"N

Site de Crouël

Alt: 340m

03°08'50"E

45°46'20"N

Matériels et méthodes

Exigences thermiques pour la levée d'

Endodormance:

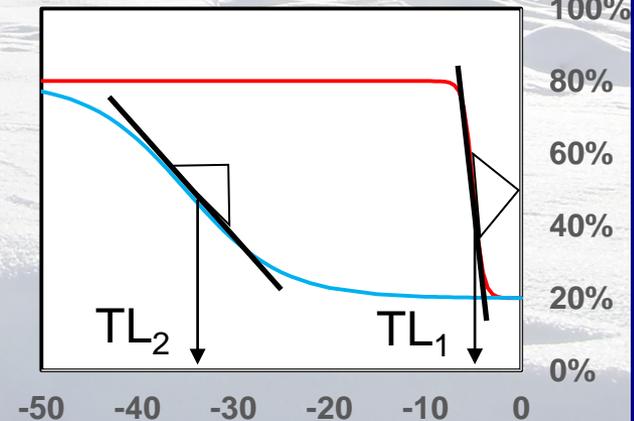
DMD après différents délais d'exposition au froid

Ecodormance:

DMD à différentes températures

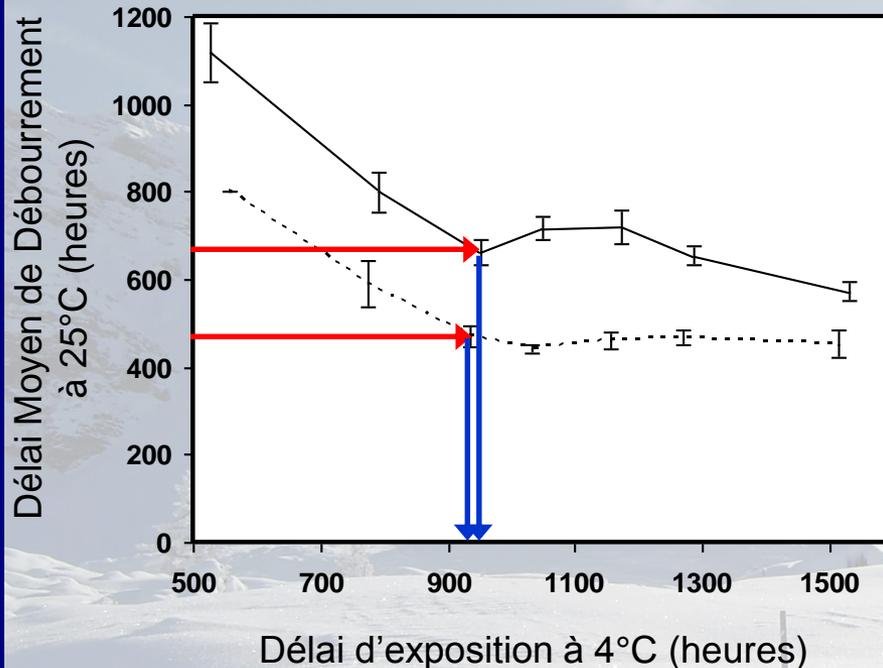
Résistance au gel

Température létale pour 50% des cellules (TL_{50}) et sensibilité, par la méthode de fuite des électrolytes.



Estimation des exigences thermiques

Croissance des bourgeons après différents délais d'exposition au froid :



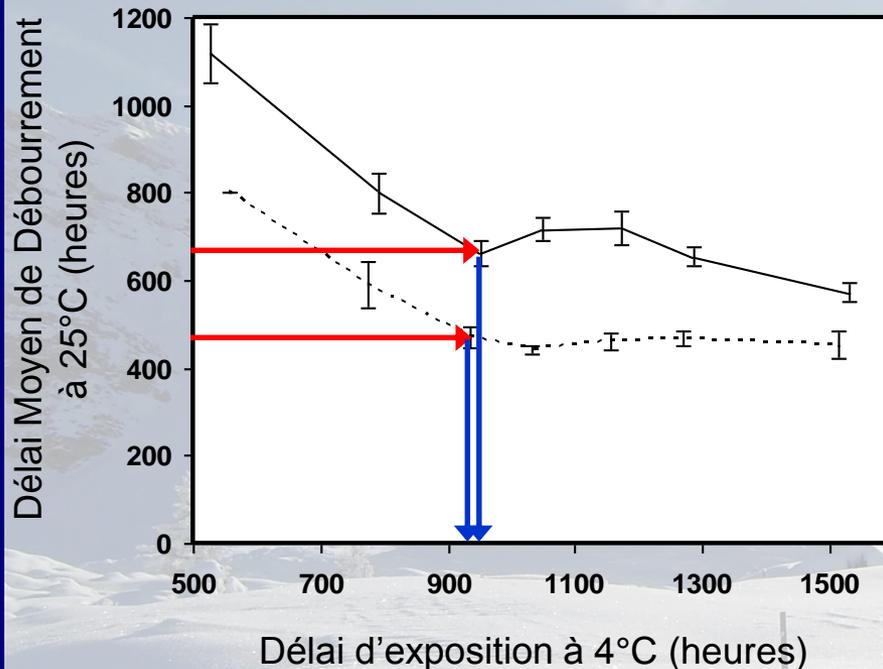
Variété	Besoin de froid (heures)
Serr	924
Chandler	924
Lara	905
Franquette	905
Hybrides précoces	941
Hybrides tardifs	940

Charrier *et al.* (2011) *International Journal of Biometeorology* 55: 763-774

Endodormance : besoins de froid similaires.

Estimation des exigences thermiques

Croissance des bourgeons après différents délais d'exposition au froid :



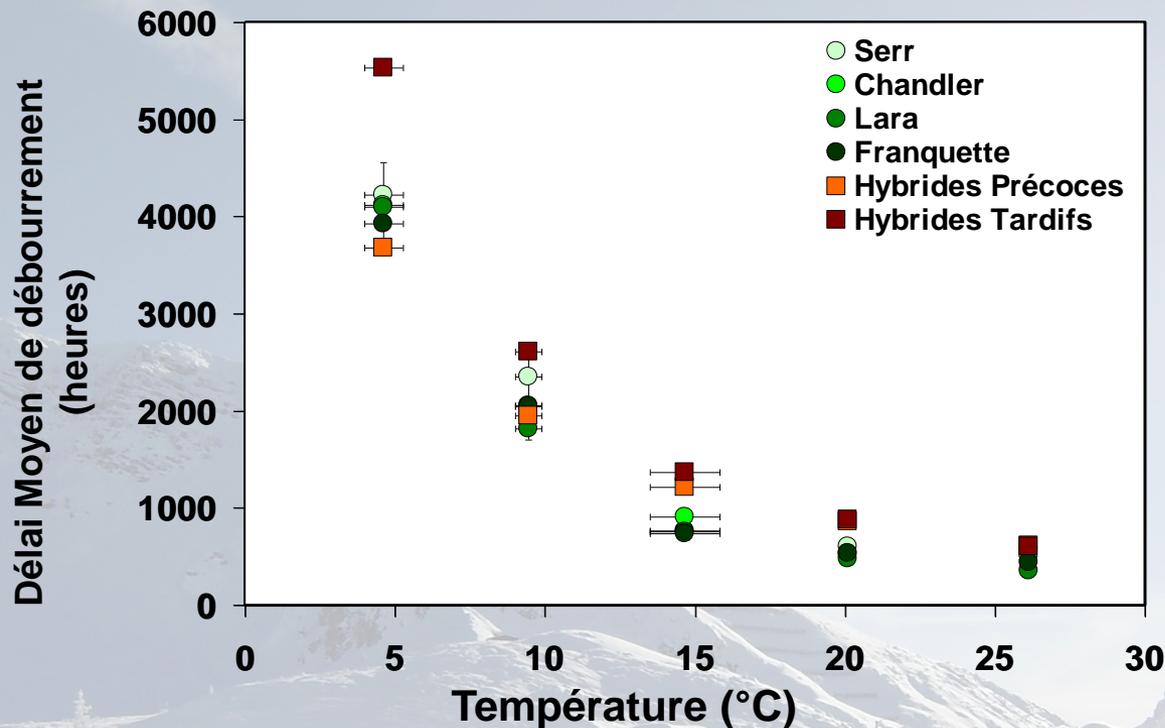
Variété	Besoin de froid (heures)	DMD après endodormance (heures)
Serr	924	470^a
Chandler	924	477^a
Lara	905	559^a
Franquette	905	543^a
Hybrides précoces	941	662^b
Hybrides tardifs	940	728^c

Charrier *et al.* (2011) *International Journal of Biometeorology* 55: 763-774

Endodormance : besoins de froid similaires.

Écodormance : forte variabilité.

Loi d'action de la température

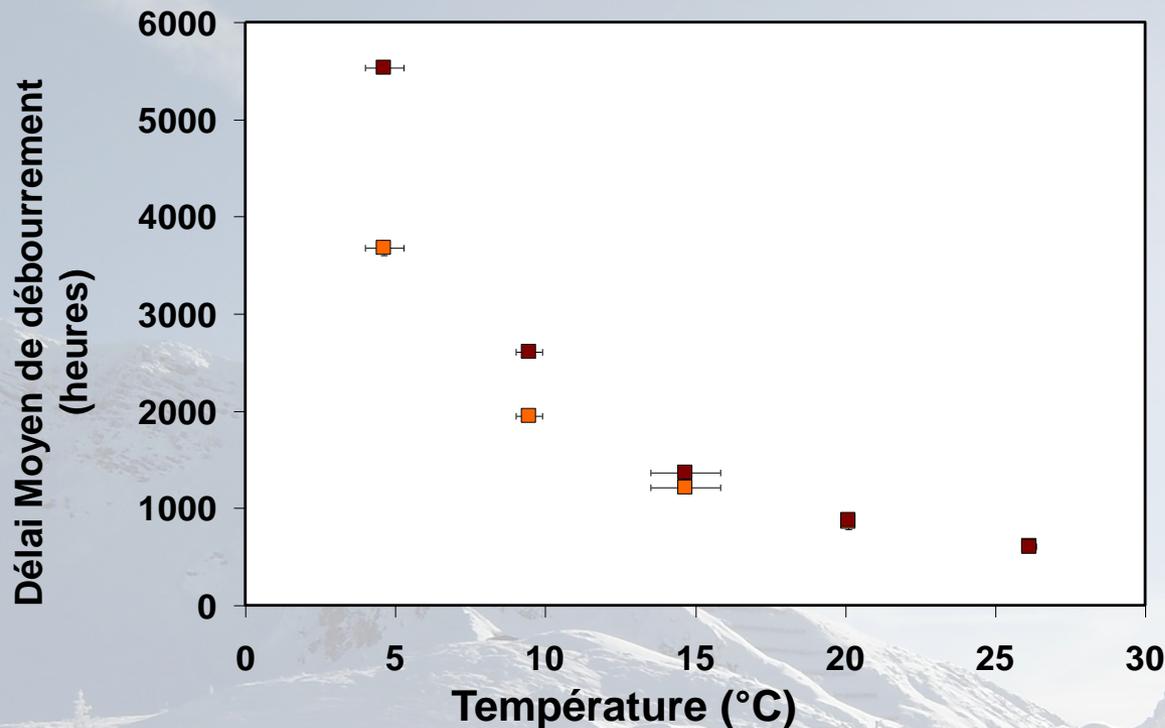


Charrier *et al.* (2011) *International Journal of Biometeorology* 55: 763-774

Relation non linéaire.

Variétés fruitières plus rapides aux températures douces =>
Divergence au printemps

Loi d'action de la température



Charrier *et al.* (2011) *International Journal of Biometeorology* 55: 763-774

Relation non linéaire.

Variétés fruitières plus rapides aux températures douces =>
Divergence au printemps

Différence entre hybrides aux basses températures => Divergence en
fin d'hiver

Acclimatation/désacclimatation



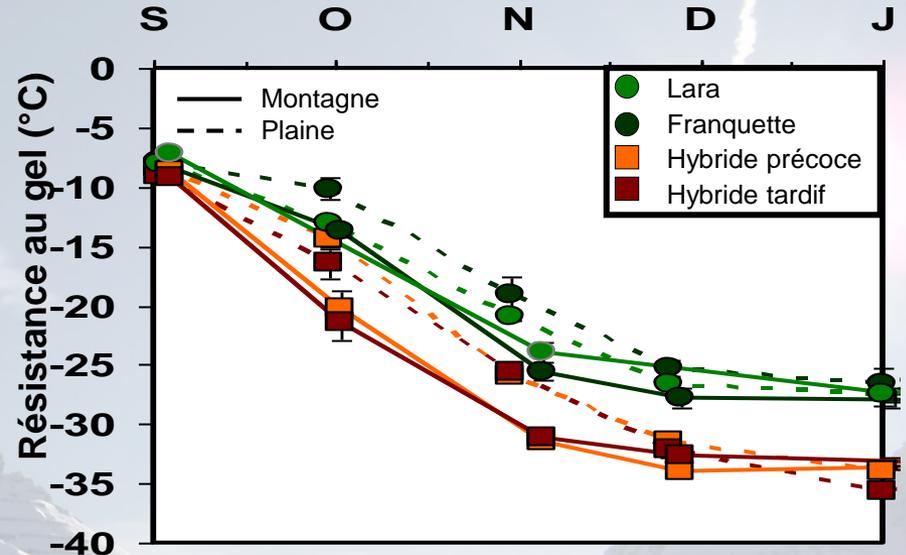
Acclimatation :

- Variabilité d'origine environnementale (plaine vs montagne)



Résistance maximale :

- *J.regia* vs hybrides



Charrier *et al.* (2011) *International Journal of Biometeorology* 55: 763-774

Acclimatation/désacclimatation



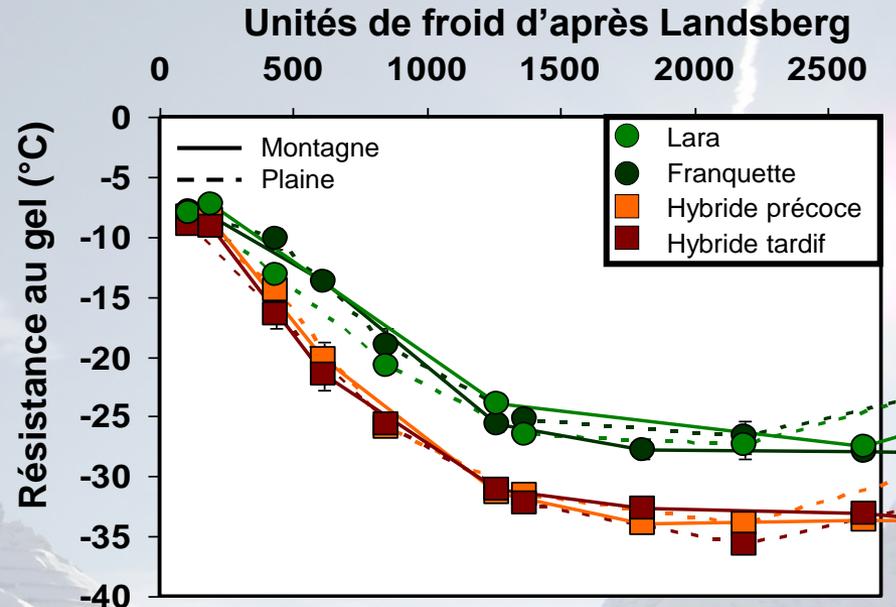
Acclimatation :

- Variabilité d'origine environnementale (plaine vs montagne)



Résistance maximale :

- *J.regia* vs hybrides



Charrier *et al.* (2011) *International Journal of Biometeorology* 55: 763-774

Acclimatation/désacclimatation



Acclimatation :

- Variabilité d'origine environnementale (plaine vs montagne)



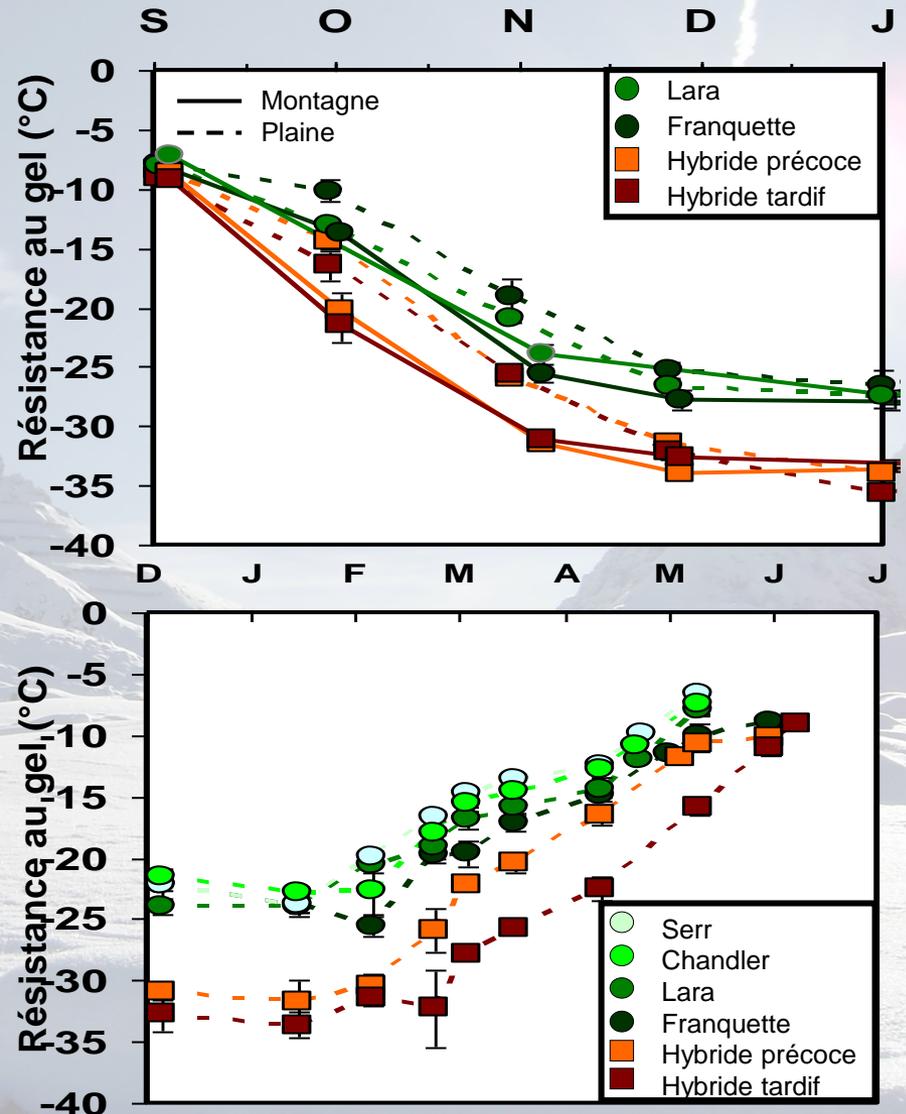
Résistance maximale :

- *J.regia* vs hybrides



Désacclimatation :

- Forte variabilité génotypique
- Relation avec la précocité de débourrement

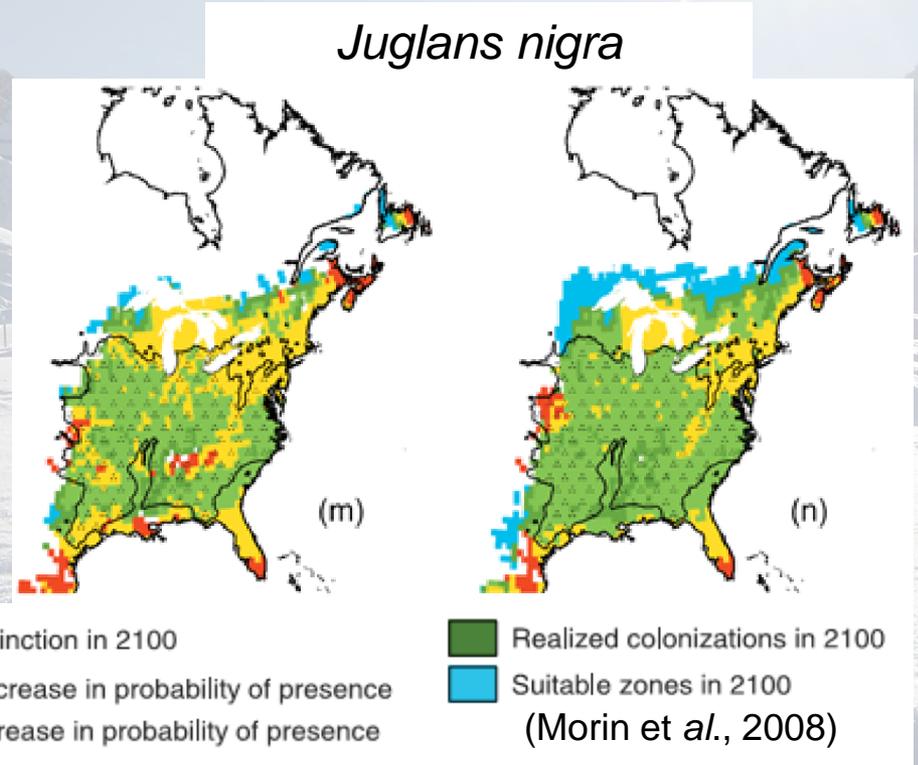


Charrier et al. (2011) *International Journal of Biometeorology* 55: 763-774

Prédiction des risques

- Modèle thermique simulant:
 - Cycle annuel de développement (endo- et écodormance, croissance et entrée en dormance),
 - Vulnérabilité au gel dynamique (acclimatation, désacclimatation et réacclimatation),
 - Bourgeons et branches

Leinonen (1996) A Simulation Model for the Annual Frost Hardiness and Freeze Damage of Scots Pine.



Calibration

Cycle annuel

- Endodormance (Richardson Inverse *cf.* Isabelle)
- Ecodormance (Sigmoide)
- Croissance (GDD données thèse E. Dreyer)

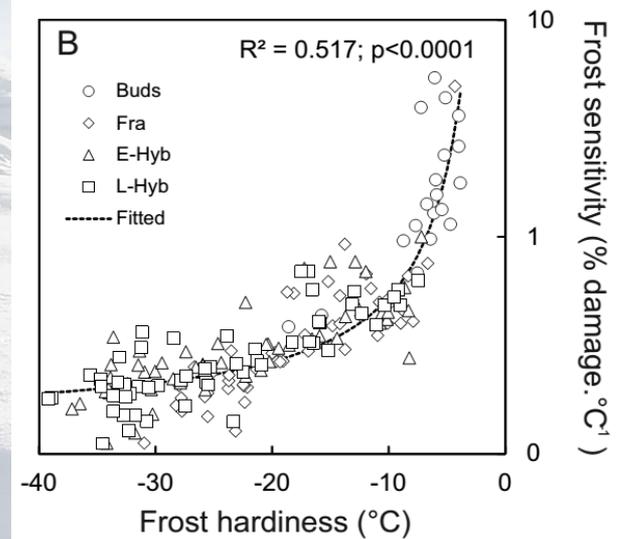
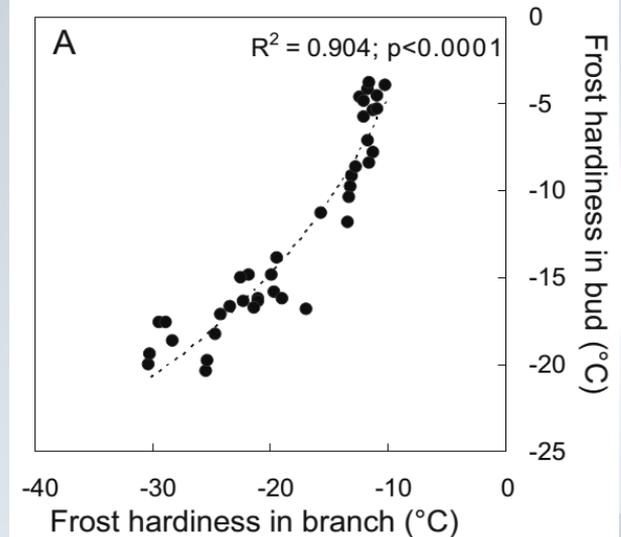
Résistance au gel

- Branches (56 dates 2007-2012).
- Bourgeons et branches (10 dates)

Estimation des dégâts

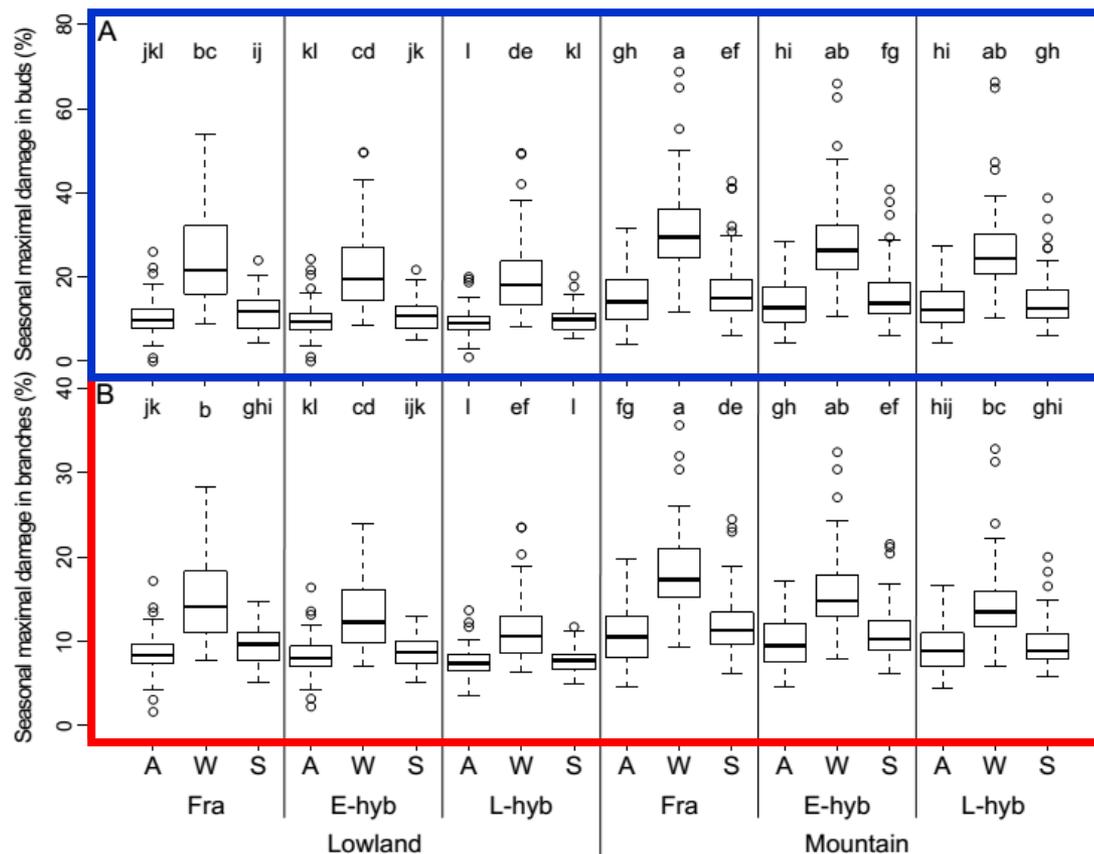
- Sensibilité en fonction de la vulnérabilité

Analyse des risques (1970-2012)



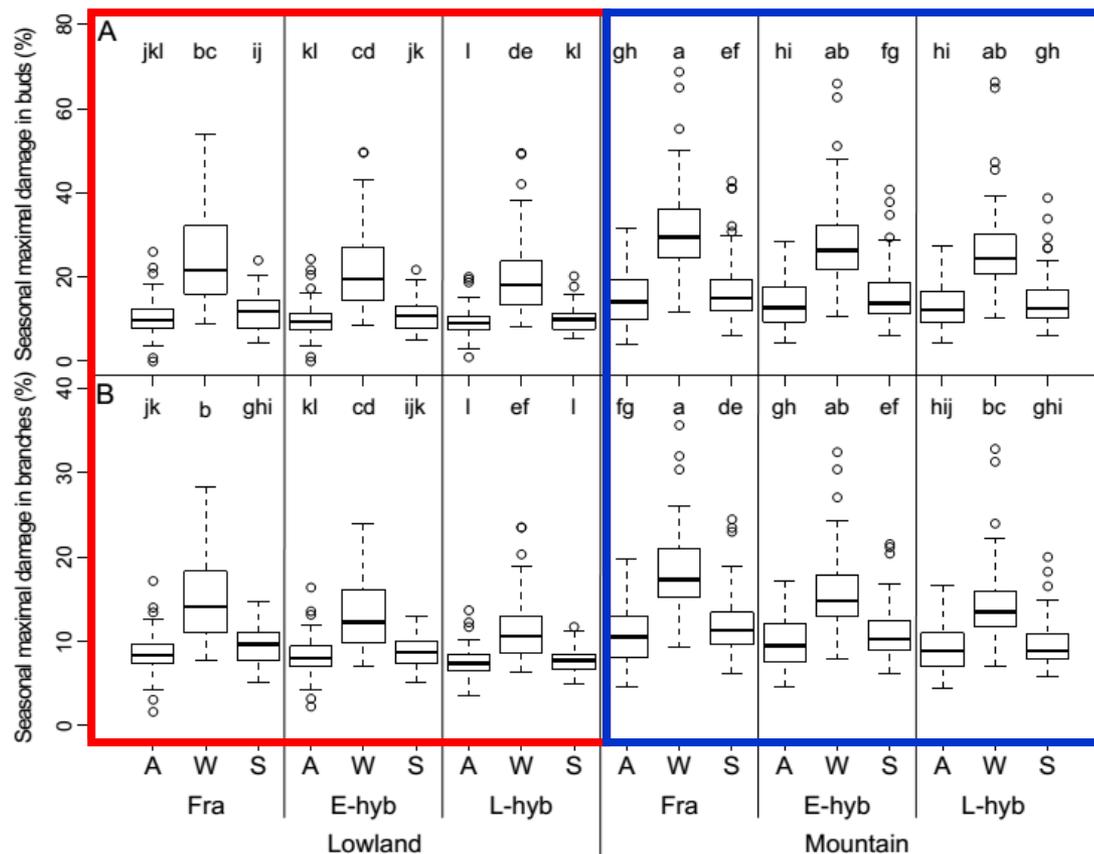
(Charrier *et al.*, en préparation)

Dommages estimés



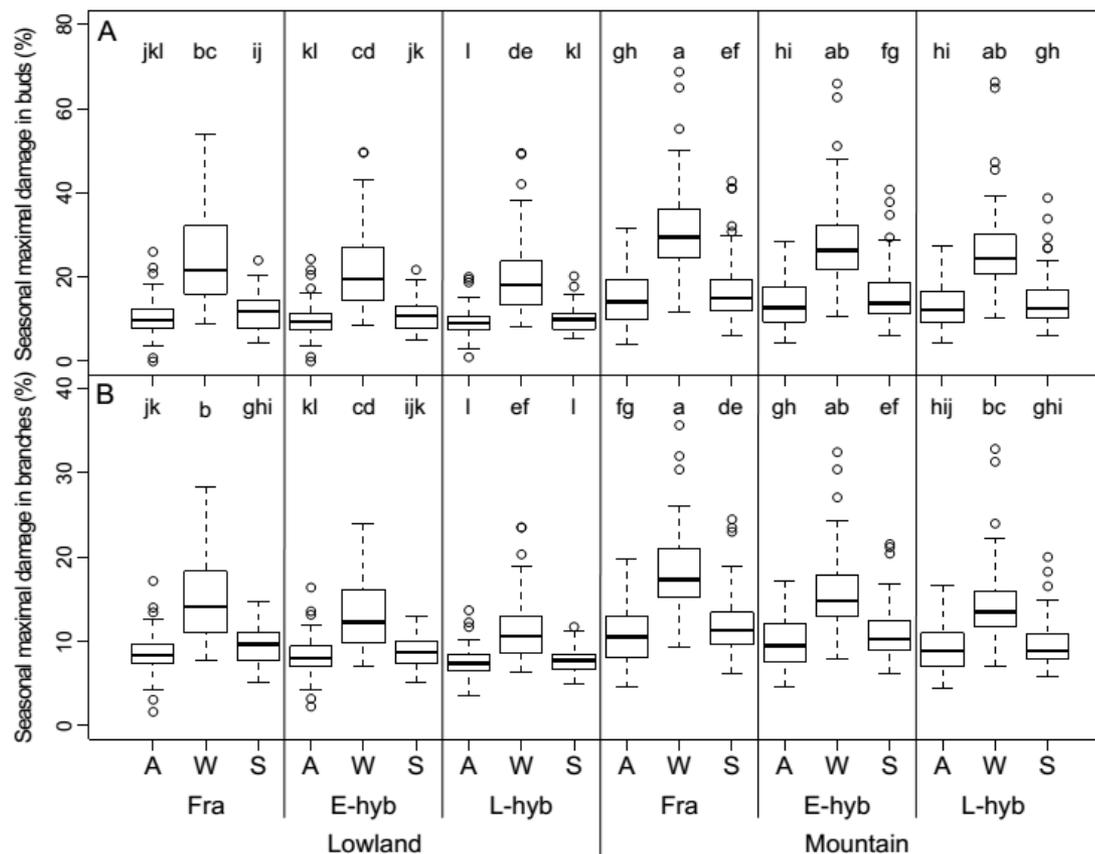
- Bourgeons > branches

Dommages estimés



- Bourgeons > branches
- Montagne > plaine

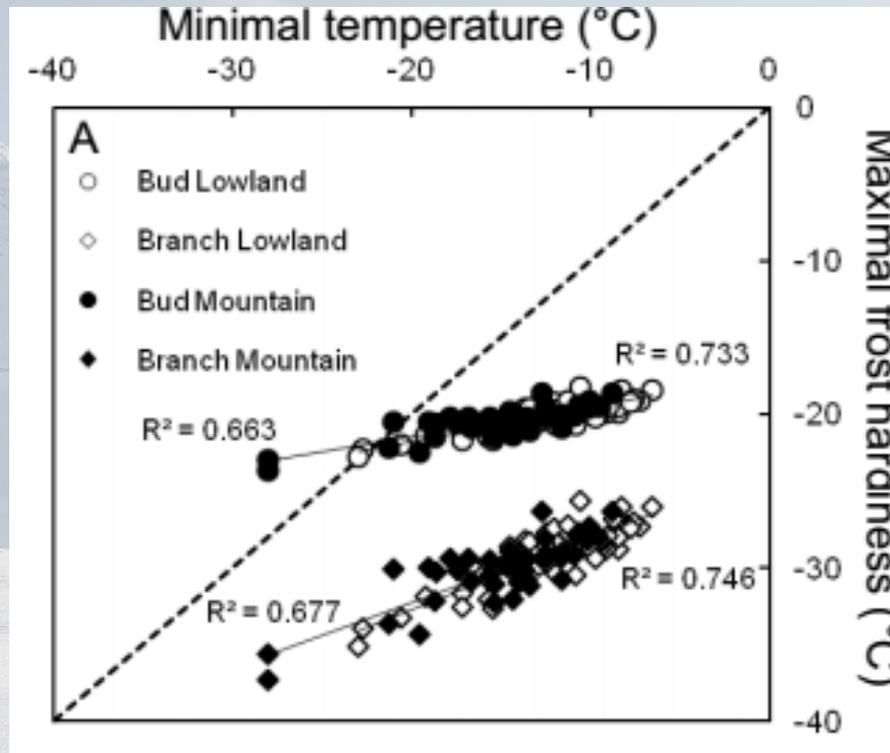
Dommages estimés



- Bourgeons > branches
- Montagne > plaine
- Franquette > Hybride précoce > Hybride tardif
- Hiver > automne ≈ printemps

Risques hivernaux

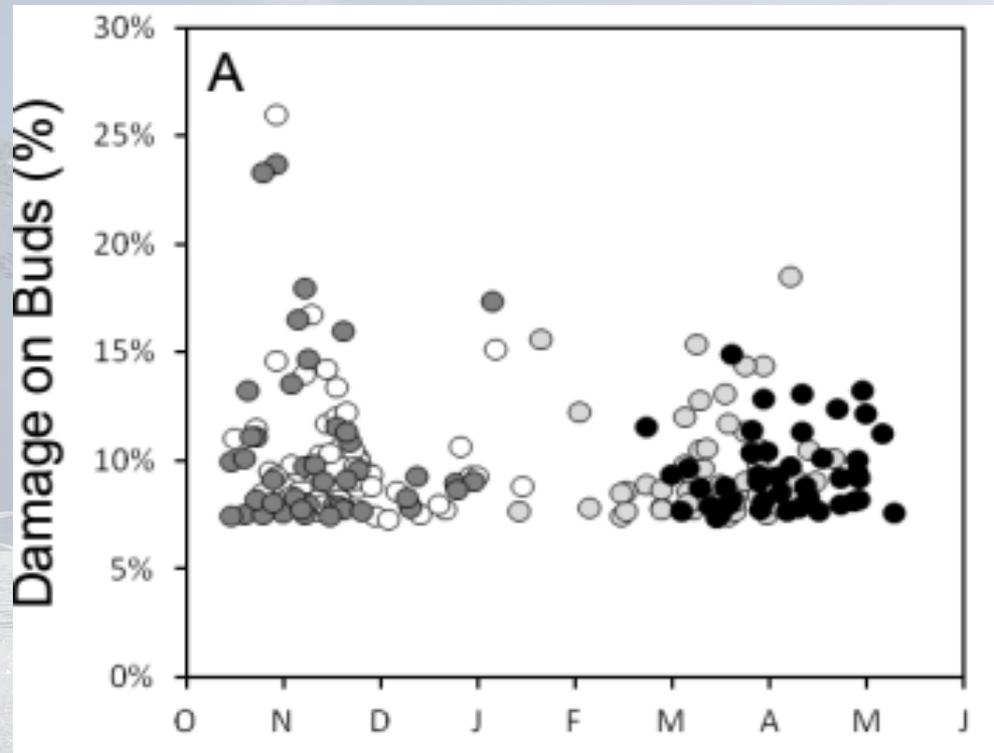
- Dommages hivernaux potentiellement fatals sur bourgeons



(Charrier *et al.*, en préparation)

Gels précoces et tardifs

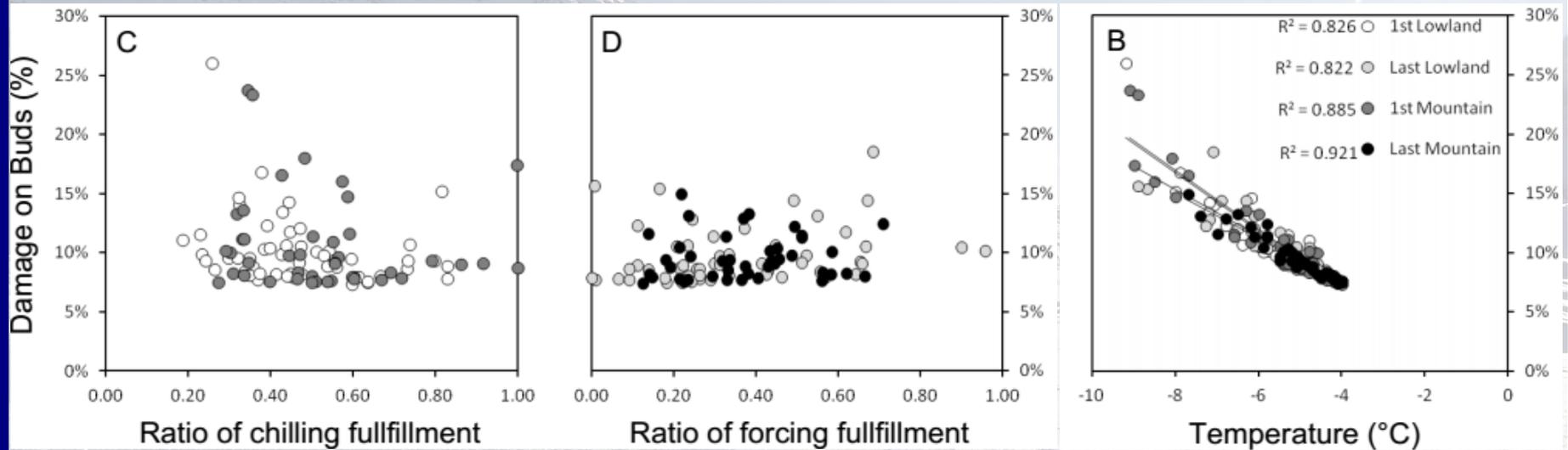
- Gels précoces potentiellement plus dommageables



(Charrier *et al.*, en préparation)

Gels précoces et tardifs

- Risque: uniquement contrôlé par l'aléa?



Comment prédire la résistance au gel ?

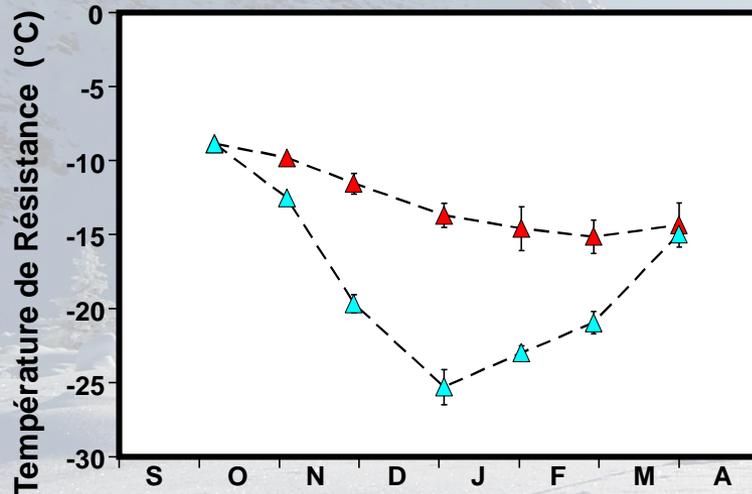


Robustesse de la relation température / vulnérabilité au gel

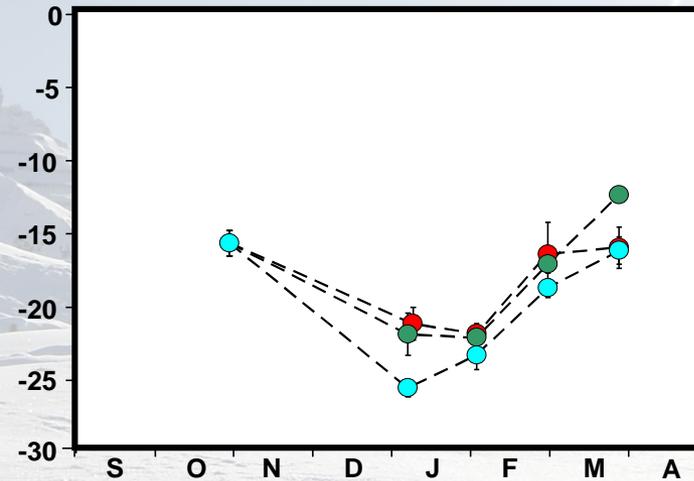
Température > 15°C

Hiver normal

Défoliation anticipée



Défoliation naturelle



(Charrier & Améglio, 2011 Env & Exp Bot)

Seule la physiologie permet d'expliquer ces dynamiques.

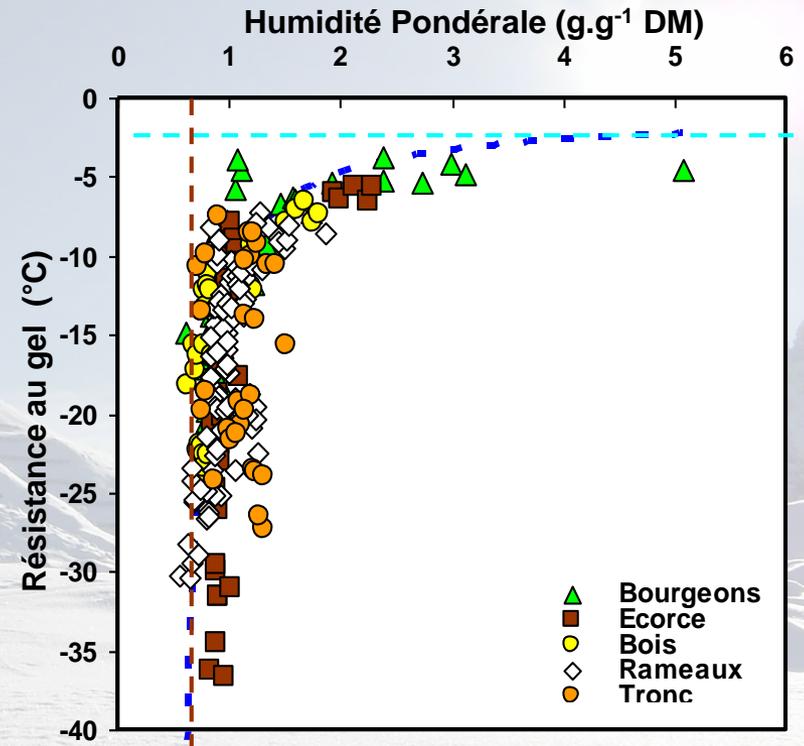
Humidité pondérale

Limitation de la quantité d'eau congelable dans les tissus :



2 asymptotes :

- Résistance minimale => Température de nucléation d'une solution diluée
- Déshydratation maximale = Quantité d'eau liée dans le bois.

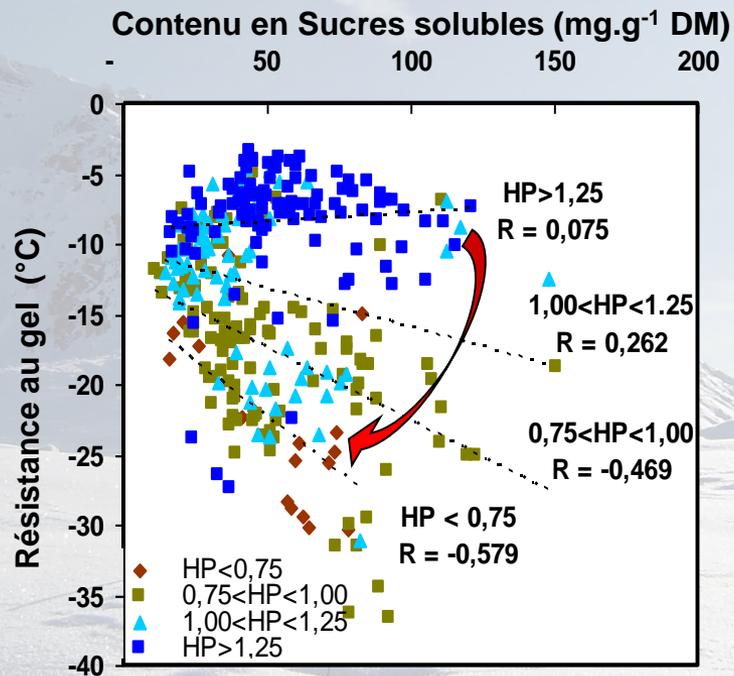


Charrier, Bonhomme, Lacoïnte & Améglio (2013) *Tree Physiology* 33: 1229-1241

Sucres solubles

Abaissement du point de congélation par les solutés

- ☞ Relation indépendante de l'organe/tissu, mais liée à l'humidité pondérale.

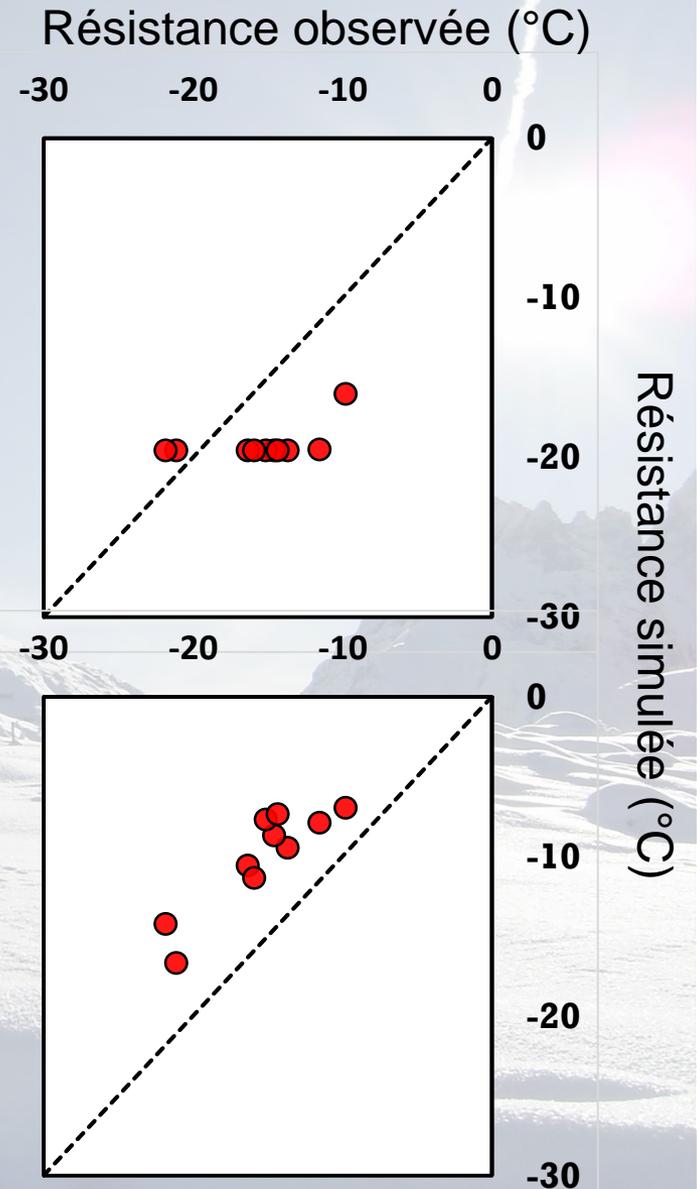


Charrier, Bonhomme, Lacoïnte & Améglio (2013) *Tree Physiology* 33: 1229-1241

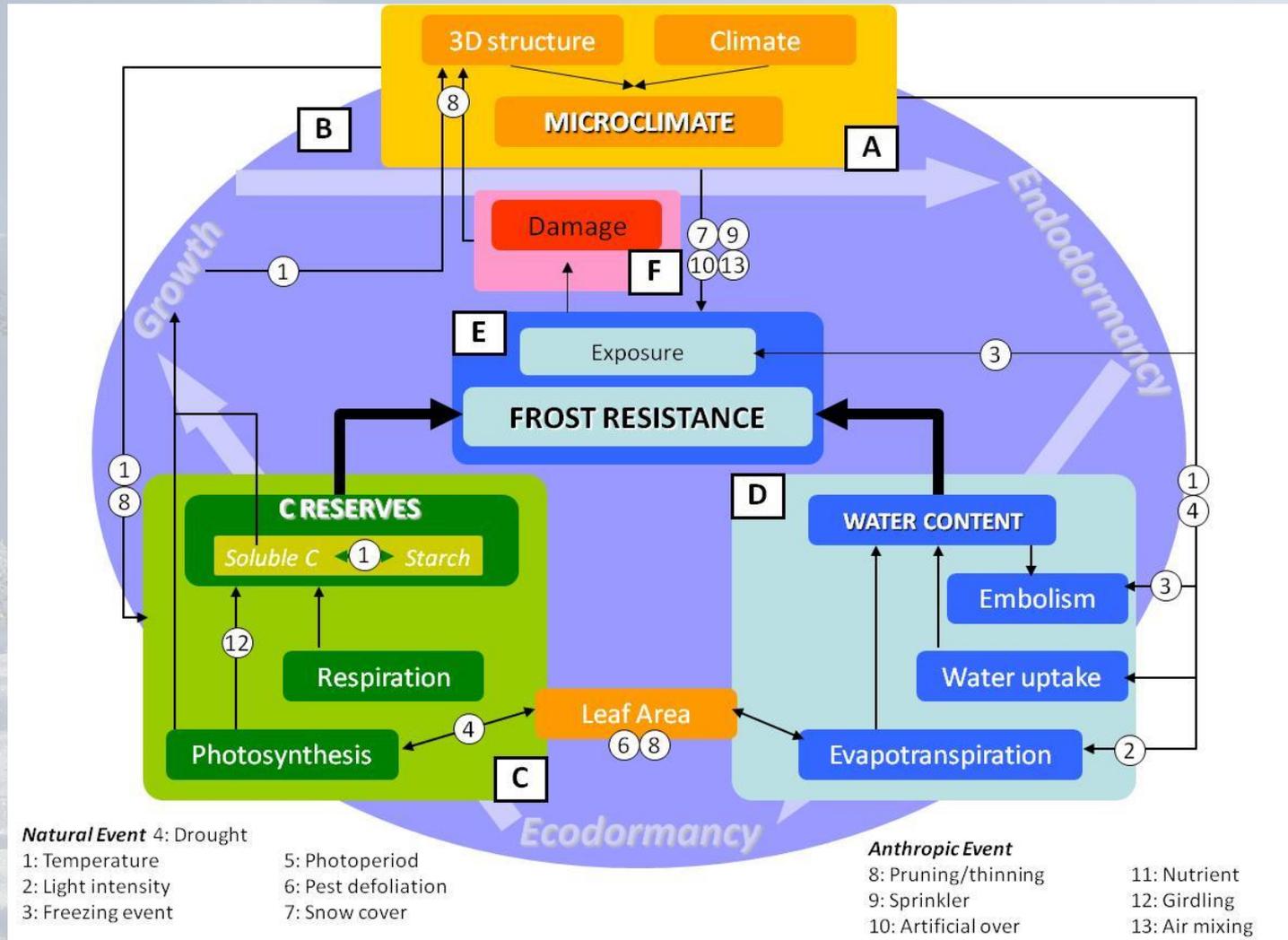
- **Modèle thermique**

Température > 15°C

- **Modèle physiologique**



Processus physiologiques



Charrier, Ngao, Saudreau & Améglio (2015) *Frontiers in Plant Science*

Phénologie et résistance au gel

Conclusion et perspectives

- Dormance et vulnérabilité au gel sous le même contrôle:
 - Endodormance/acclimatation: E
 - Ecodormance/Désacclimatation: E, G, GxE
- Les risques printaniers existent mais n'entament pas la survie de l'arbre, les risques automnaux et hivernaux peuvent être plus dommageables.
- Contenu en eau et en sucres solubles sont deux paramètres physiologiques robustes pour déterminer la vulnérabilité (quelque soit l'organe ou la période du cycle).
- Dommages et survie de la plante?
- Risques en cas d'automne doux prolongés (Catalogne)

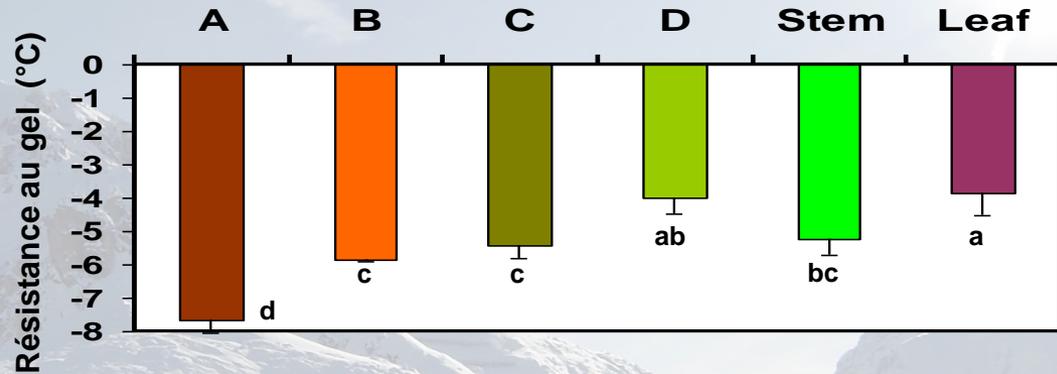


Merci !

Vulnérabilité aux gel tardifs



Stade phénologique:



• Date de débourrement:

