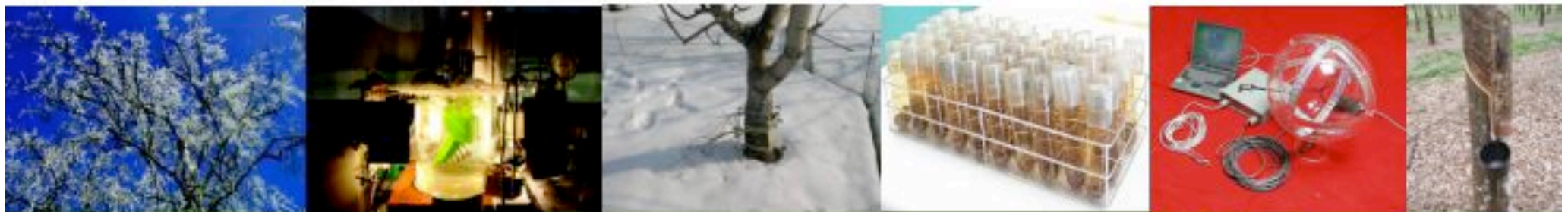


25<sup>ème</sup> Arborencontres de Seine-et-Marne : 02/02/2012

# « Impacts du froid sur les Arbres »

Thierry AMEGLIO

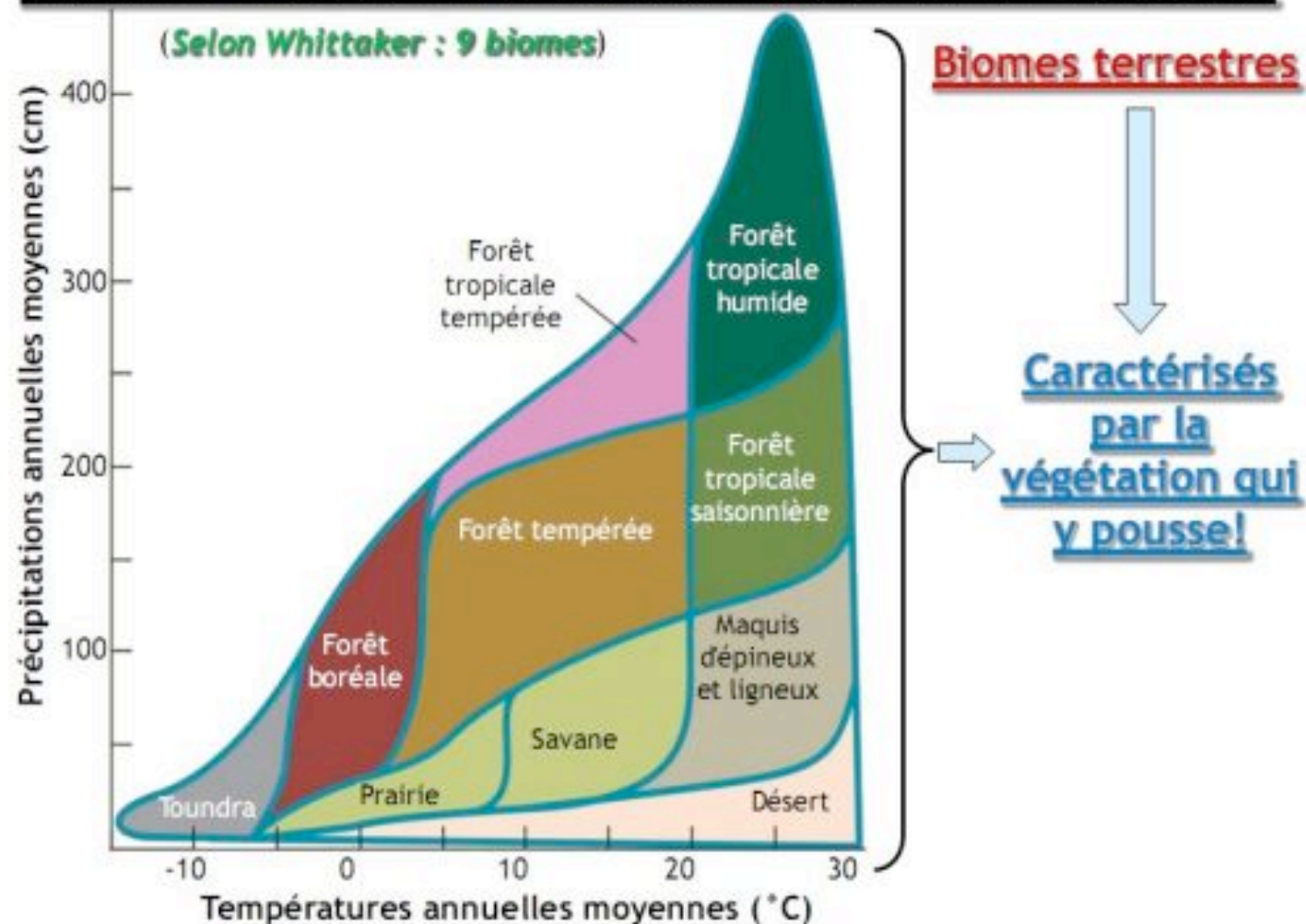
Directeur de Recherche, INRA, UMR PIAF  
ameglio@clermont.inra.fr



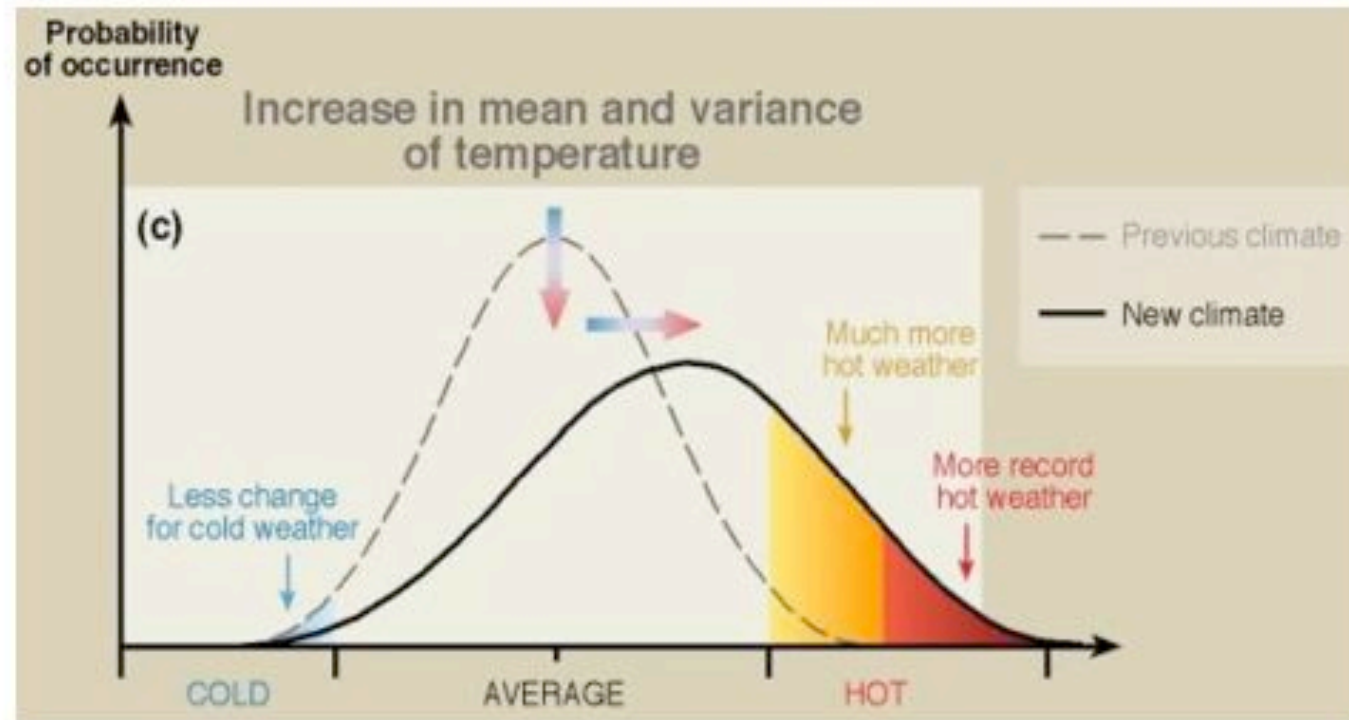
# Mais que font les arbres en hiver?

- Ils doivent résister aux basses températures

## Impact du climat sur la distribution des formations végétales



# Les risques de Gel dans un climat changeant ?



(www.ipcc.ch)

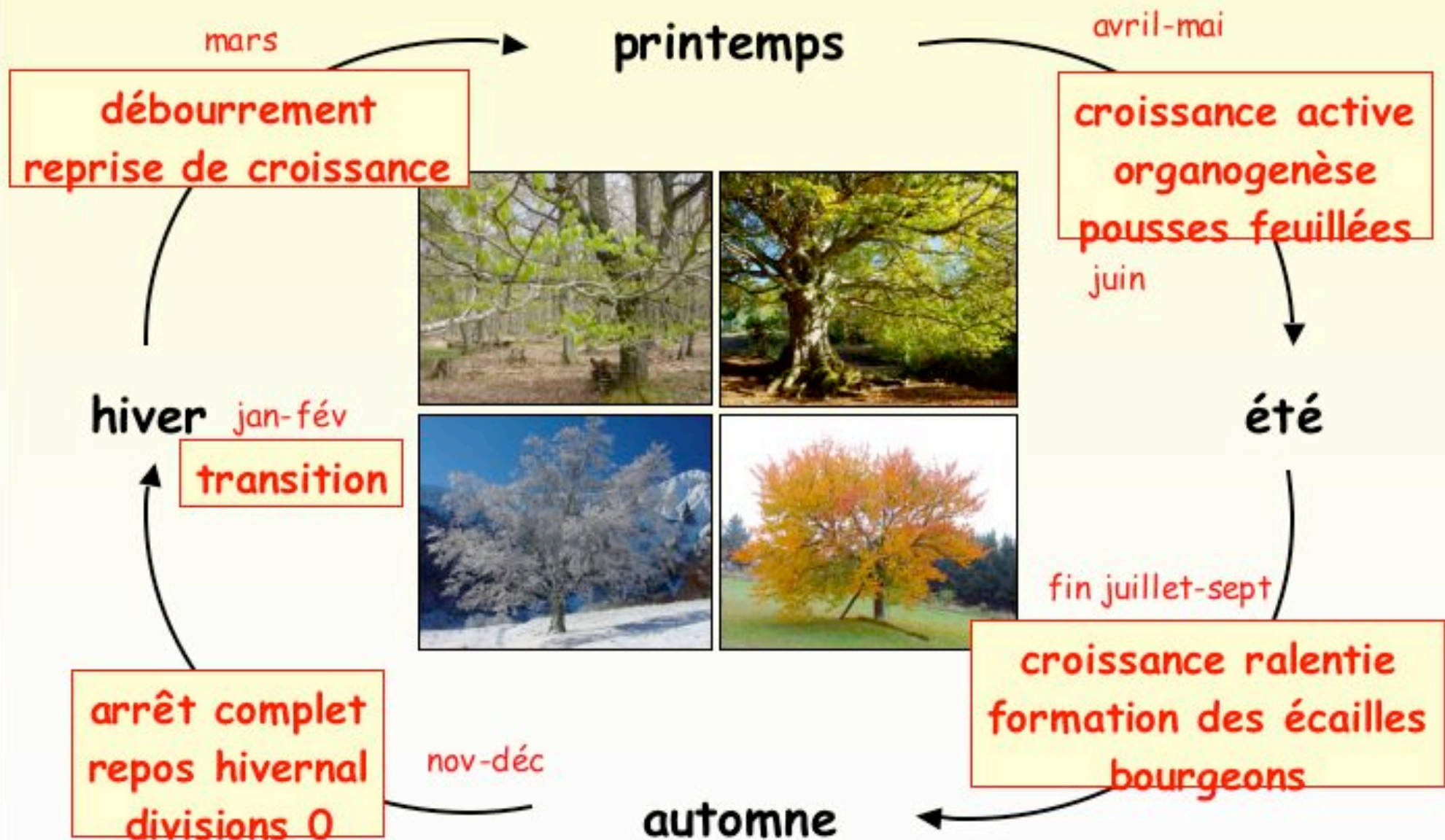
**toujours réels !**  
**...risque de dommages dus au gel**

# Comment résister ?

- En adaptant les structures : cellulaires, tissulaires ou organes.
- En évitant le gel.
- En limitant les effets.
- En réparant les dommages.
- Nécrose corticale orientée « échaudure ».

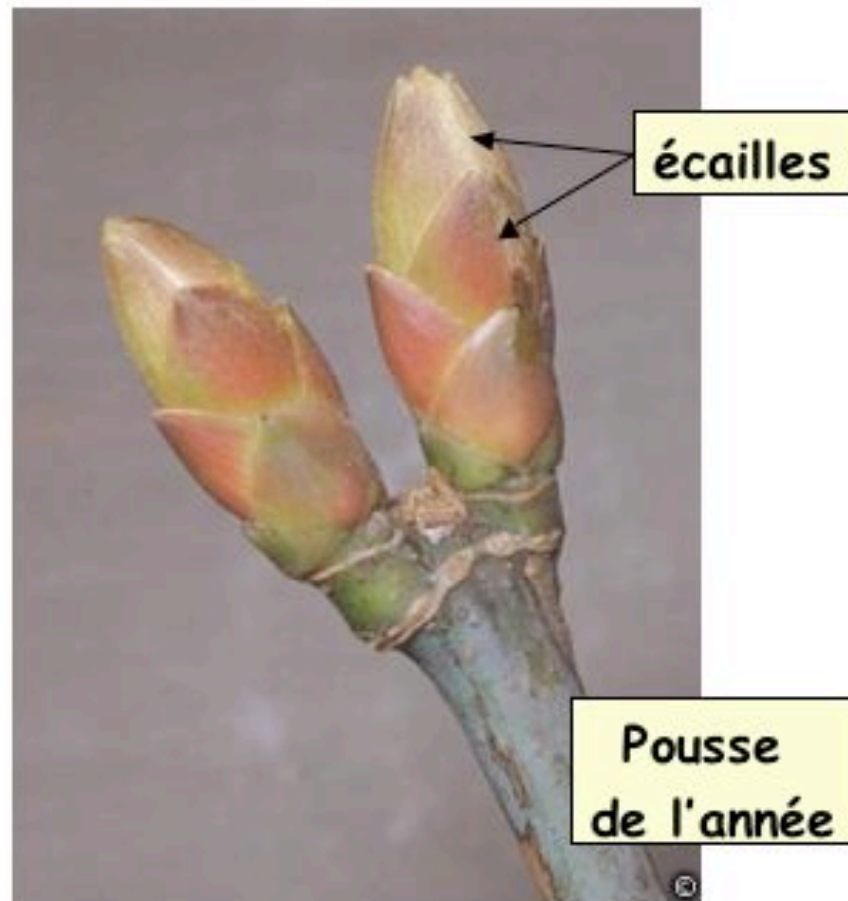


# LE CYCLE ANNUEL D'UN LIGNEUX



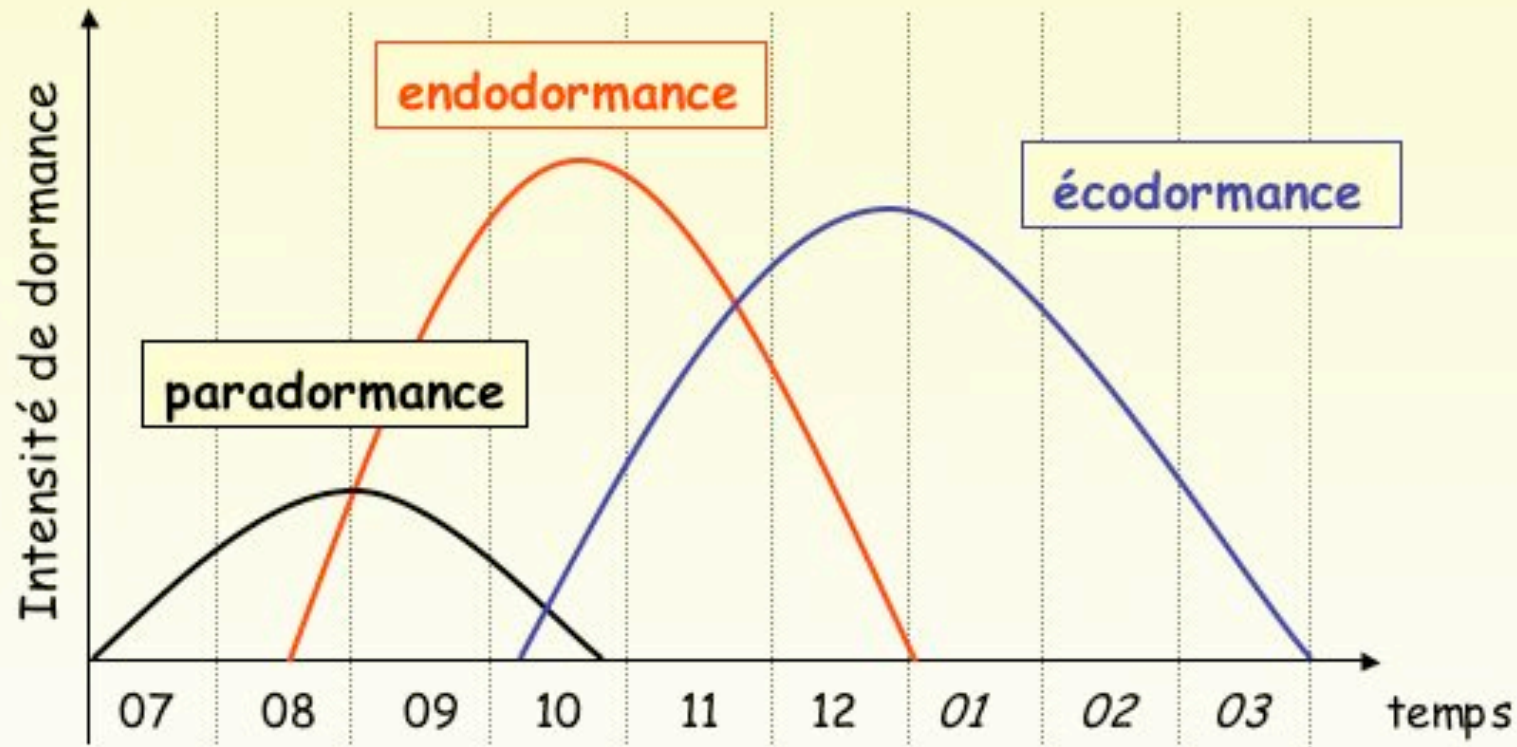
Comment résister ?

Le Bourgeon écailleux et la Dormance



Bourgeons apicaux d'Erable

➔ **les phases de la dormance**



**paradormance** : inhibitions corrélatives. *Été-octobre.*

Inhibition extérieure au bg, de + en + **proche**, réversible

**endodormance** : issue de la paradormance. Inhibition intrinsèque levée par le froid dure jusqu'à fin décembre (début hiver).

**écodormance** : *Début hiver - printemps.*

Inhibition par conditions environnementales levée par chaleur

# Comment résister ?

en évitant le gel : l'Etat de surfusion

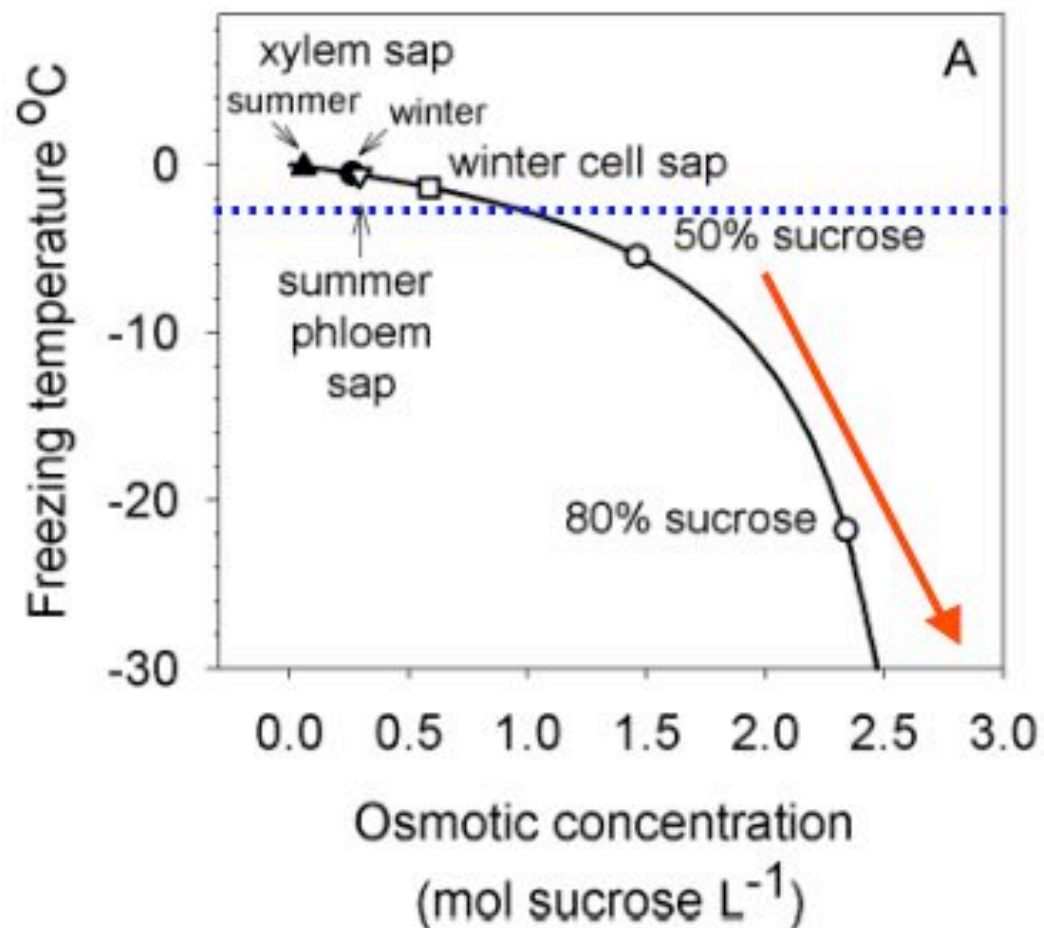


- Prise en glace d'un rameau de noyer  $\approx -7^{\circ}\text{C}$
- Visualisation d'un exotherme (dégagement de chaleur latente : lutte contre les gelées)





## Comment résister en limitant l'impact du gel? en augmentant « l'antigel » et en diminuant la quantité d'eau



- Acclimatation au froid en Automne :
  - Sucres solubles ↗
  - Humidité pondérale des tissus ↘

Cavender-Bares (2005)

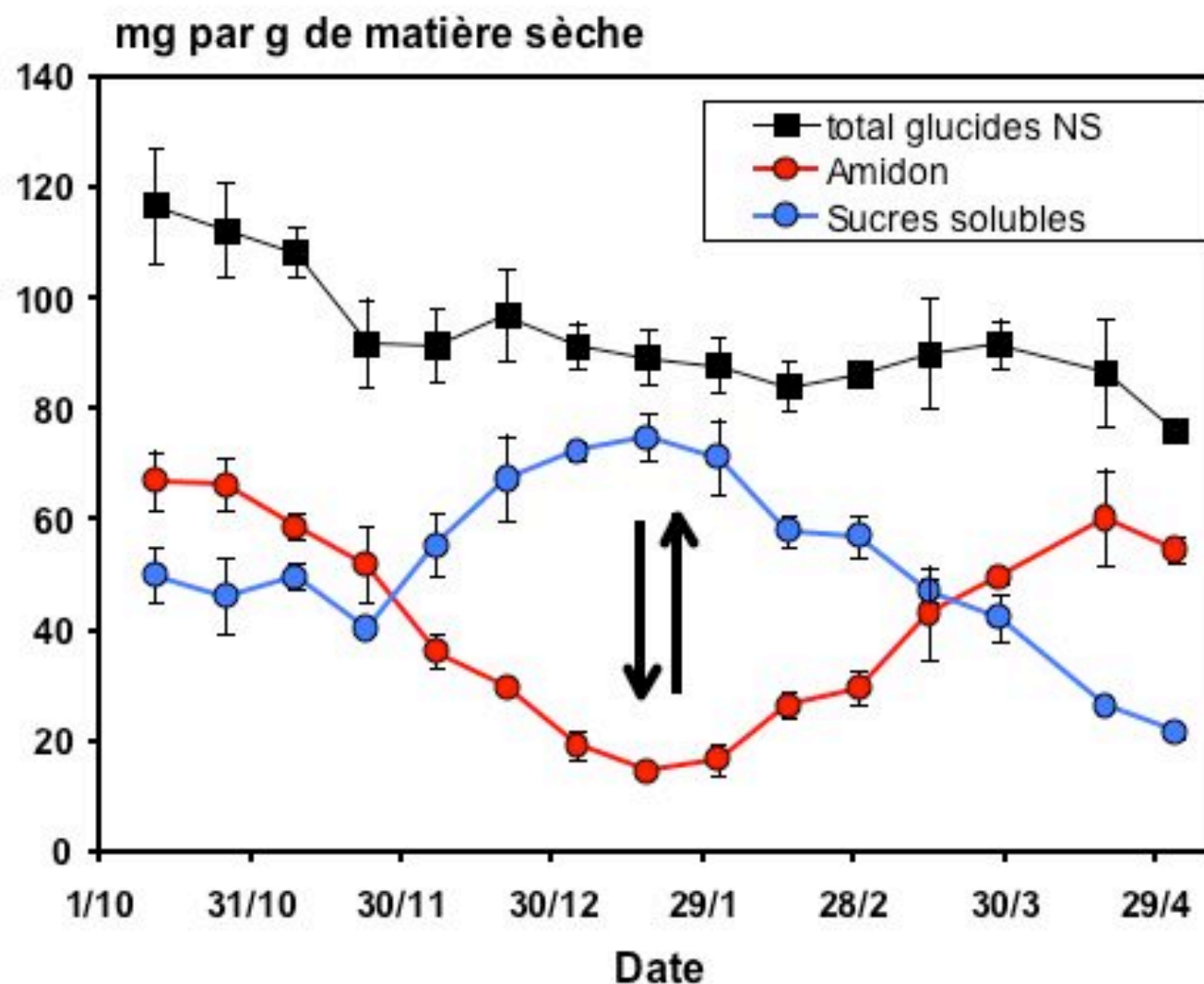
# “L’antigel” = les sucres solubles

Noyer de 18 ans  
(rameaux de l’année)

(Améglio et al., 2002)

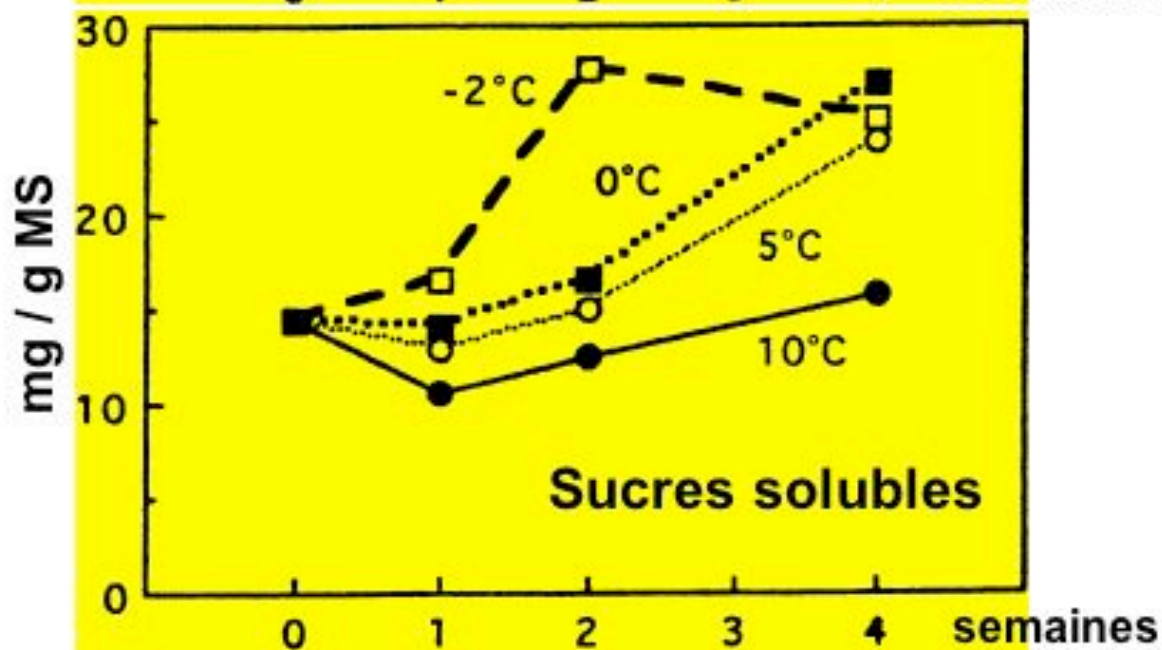
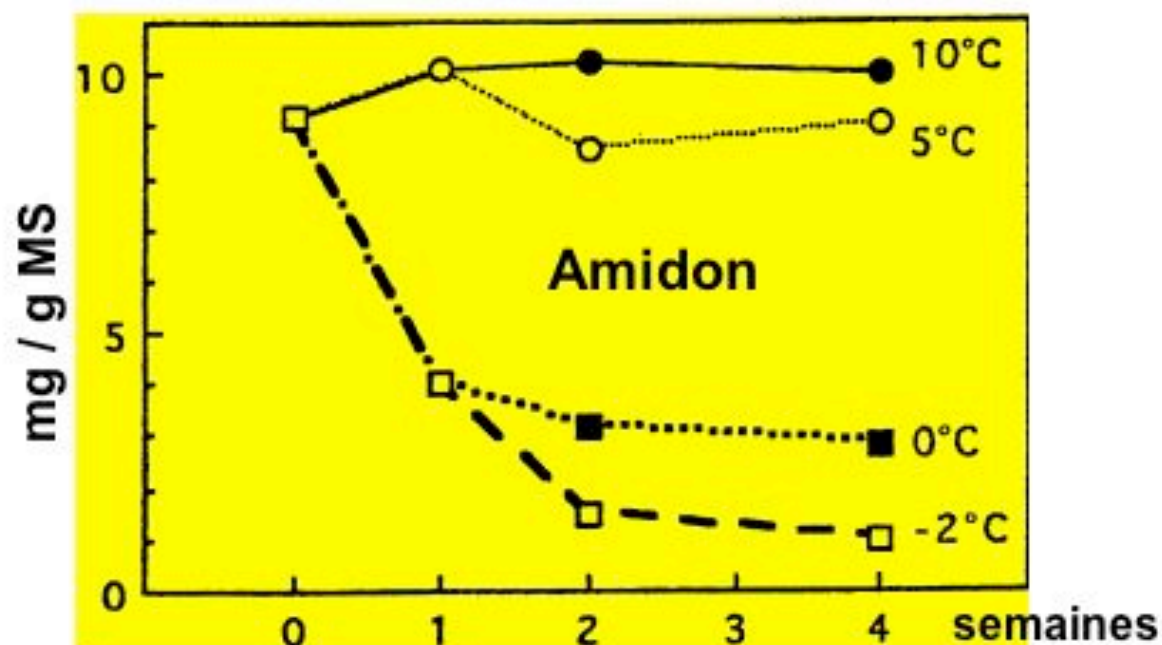
Consommation  
d’entretien

Interconversion  
amidon  $\leftrightarrow$  sucres



# Dynamique hivernale : effet des températures

*Populus x canadensis*  
tiges de 5 ans  
(Sauter, 1988)



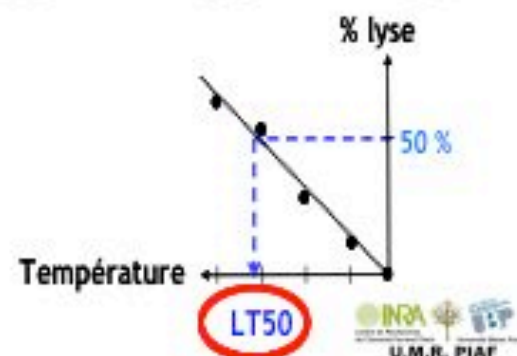
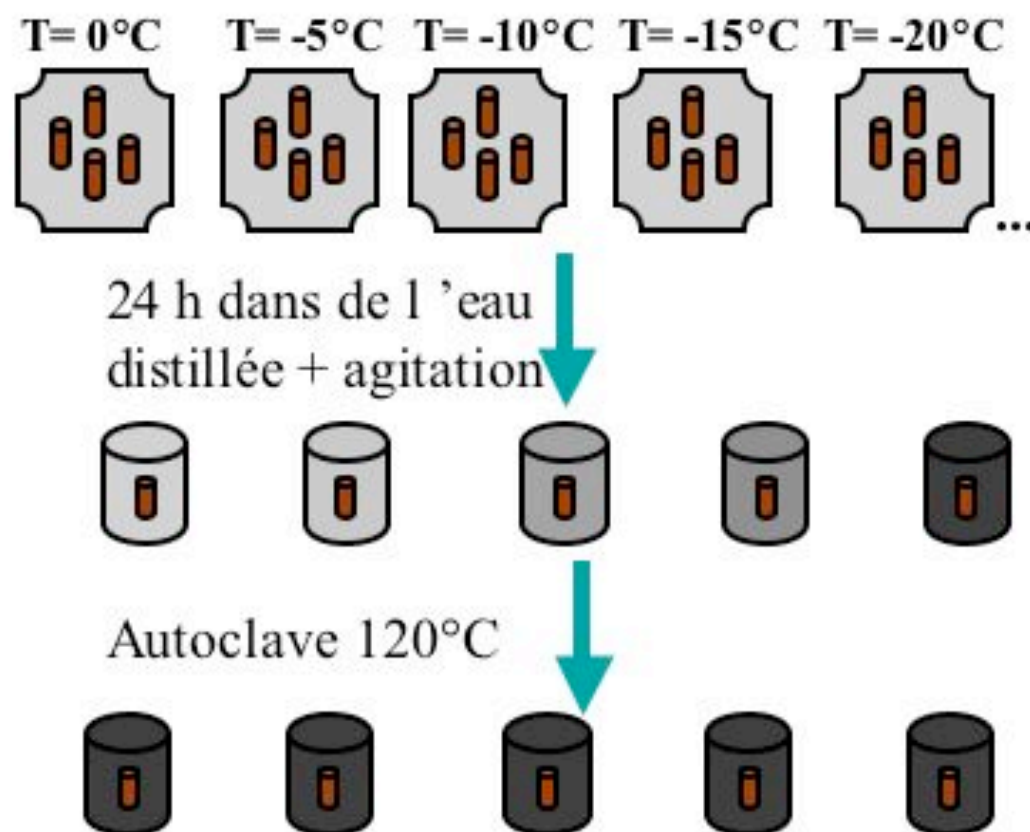
Hydrolyse activée par  
températures froides

# Mesurer la Résistance au gel : Test $LT_{50}$

Température où 50% des cellules sont lysées (conductivité électrique)

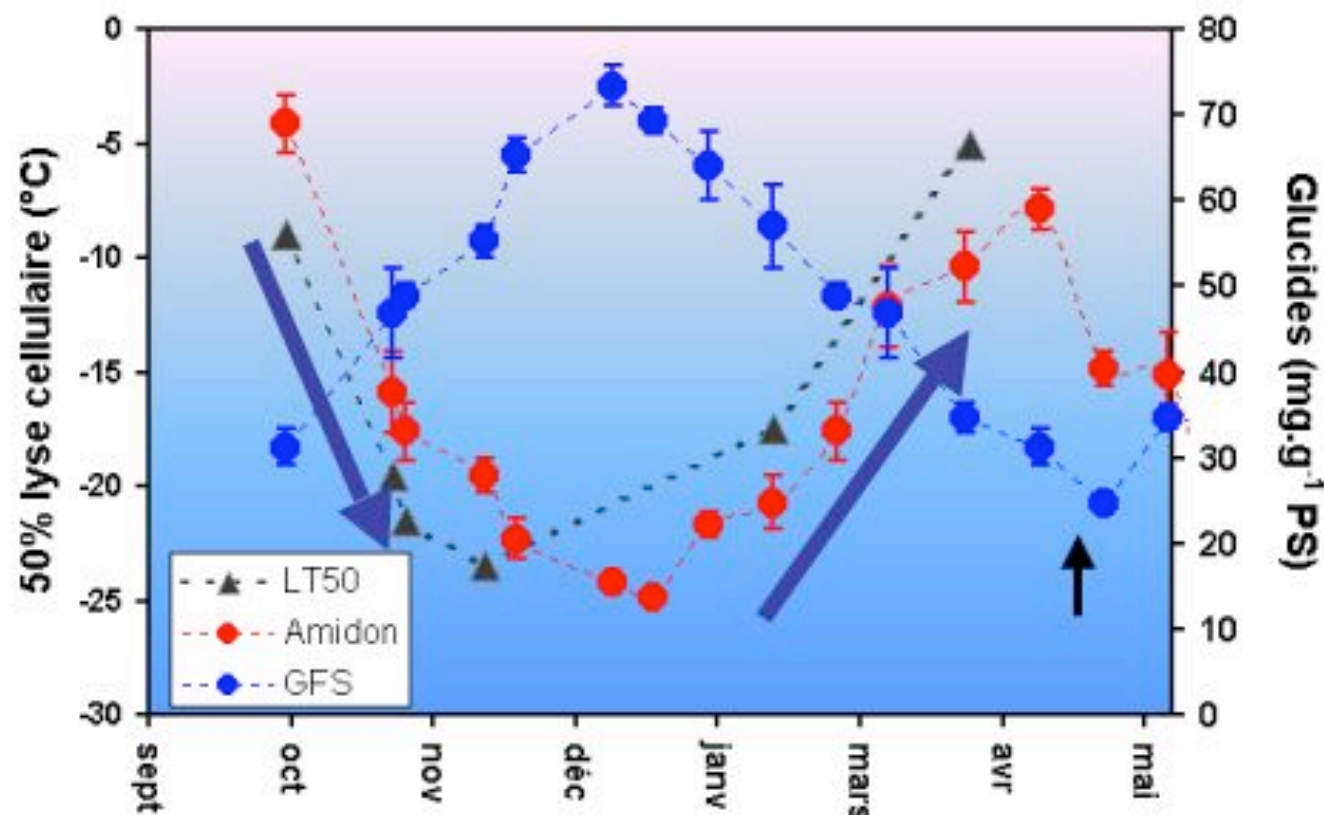


- Conditionnement thermique.
- Mesure d'une conductivité électrique :  $C1_{T_n}$
- Mesure d'une conductivité électrique :  $C2_{T_n}$
- Indice de mortalité =  $100 * C1_{T_n} / C2_{T_n}$ 
  - % de lyse cellulaire =  $100 * (I_{T_n} - I_{T_c}) / (100 - I_{T_c})$
  - Détermination du 50% de lyse cellulaire



# Résistance au froid : Test $LT_{50}$

Température où 50% des cellules sont lysées (conductivité électrique)

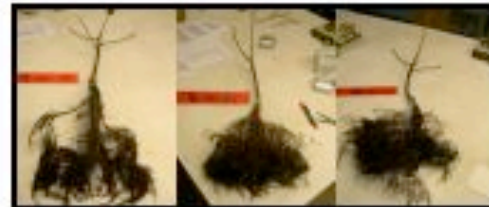


- Tolérance au froid : acclimatation (endurcissement) à la chute des feuilles et dé-acclimatation au printemps.

# Étude de cas



Témoins



Stress hydrique 1



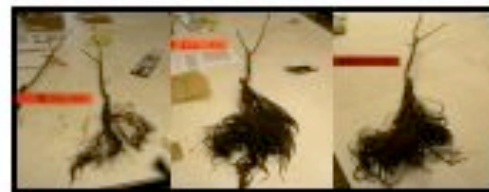
Défolié 1



Stress hydrique 2



Défolié 2



Ombrage 1



Défolié 3



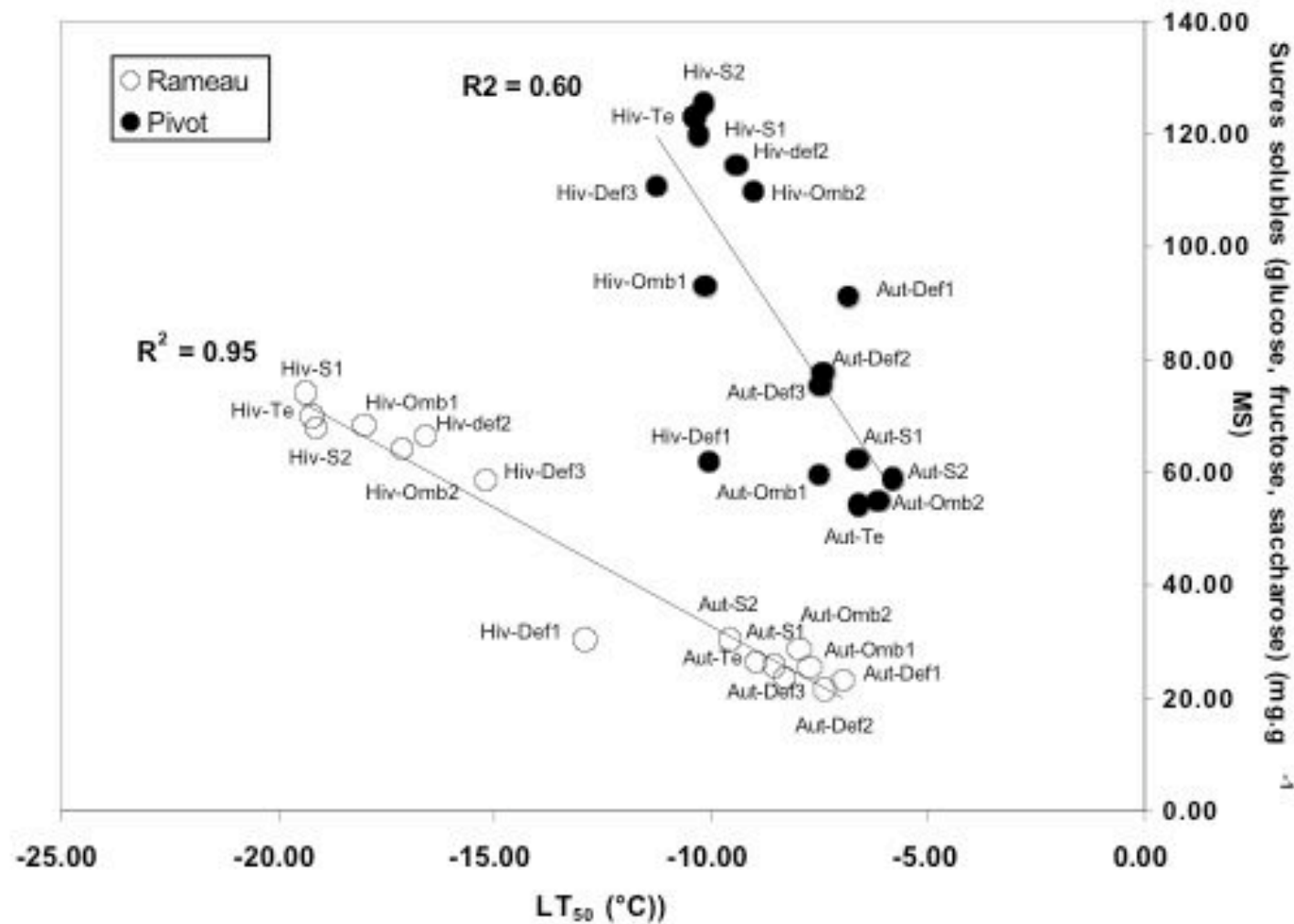
Ombrage 2



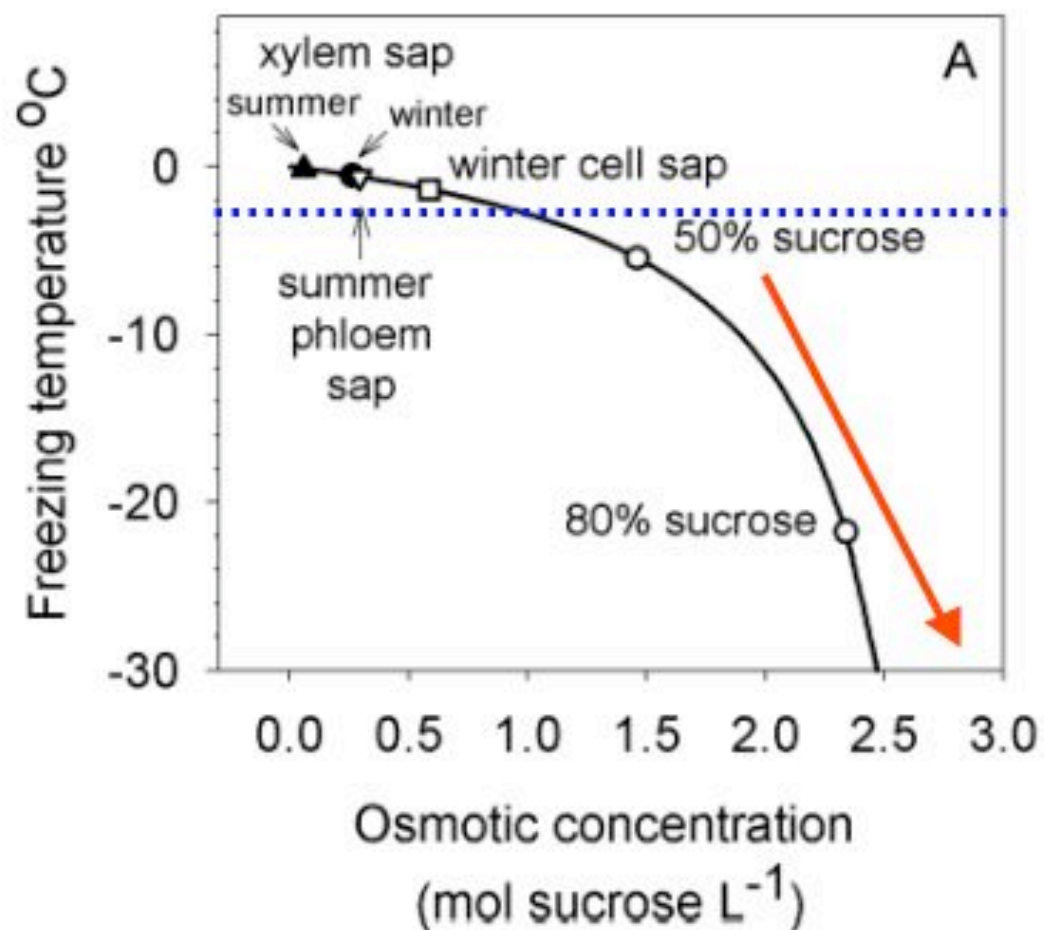
**Automne**

Magalie Poirier - Thèse 2008

# Étude de cas



## Comment résister en limitant l'impact du gel? en augmentant « l'antigel » et en diminuant la quantité d'eau



Cavender-Bares (2005)

- Acclimation au froid en Automne :
  - Sucres solubles ↗
  - Humidité pondérale des tissus ↘

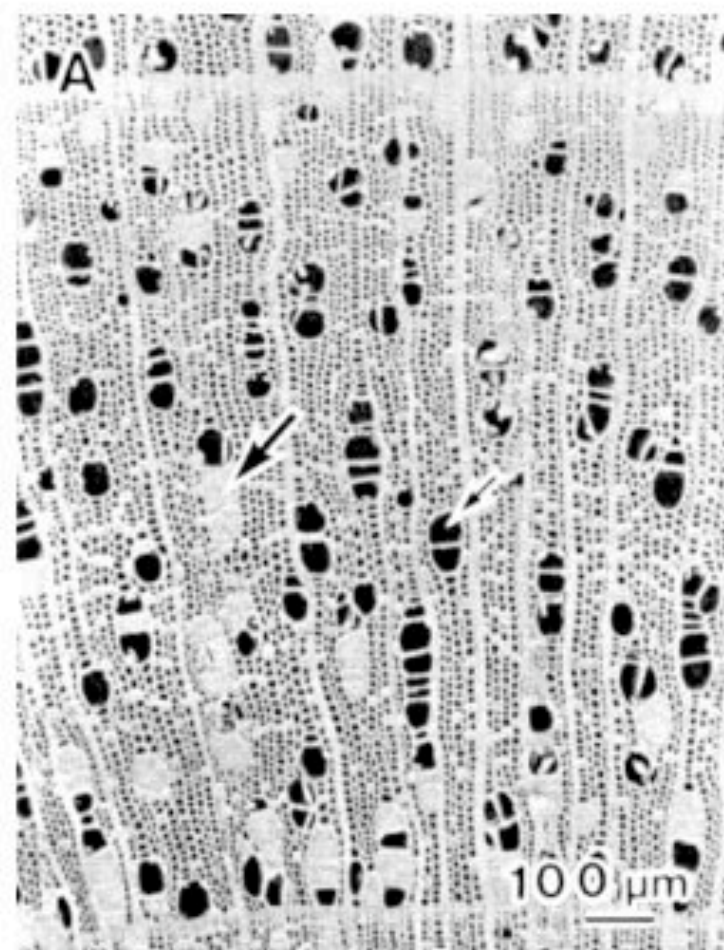


Comment Résister ? En diminuant les quantités d'eau :  
l'embolie hivernale et déshydratation des tissus

Eté



Hiver



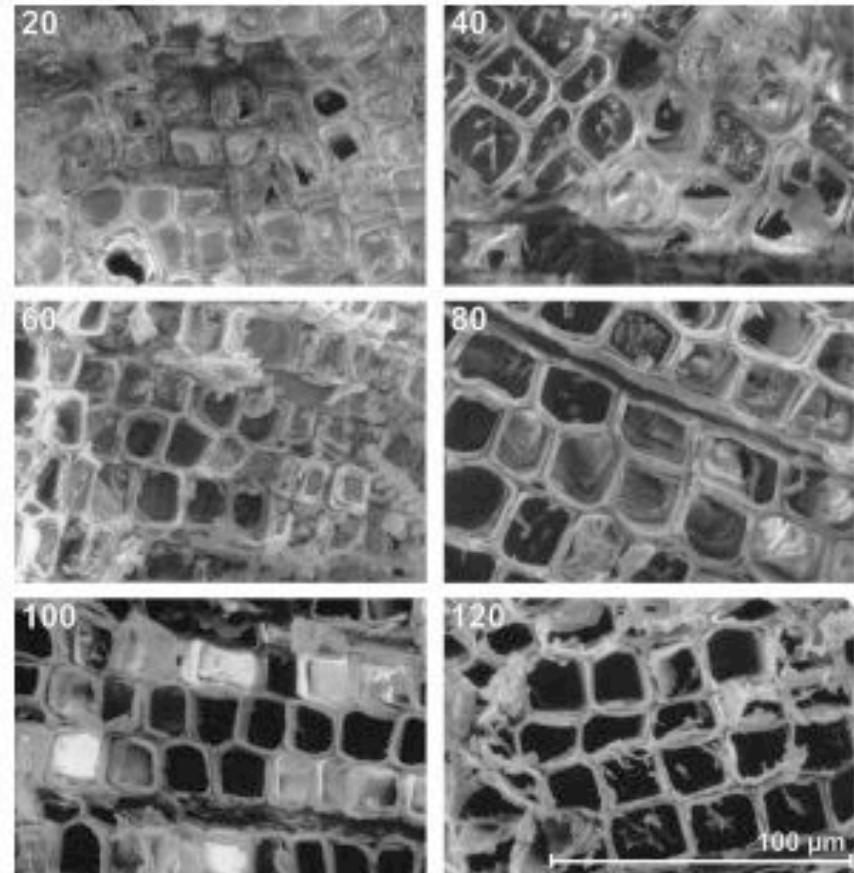
*Betula platyphylla*, (Utsumi *et al.*, 1998)

# Embolie hivernale

Feuillus : 1 seul cycle gel-degel



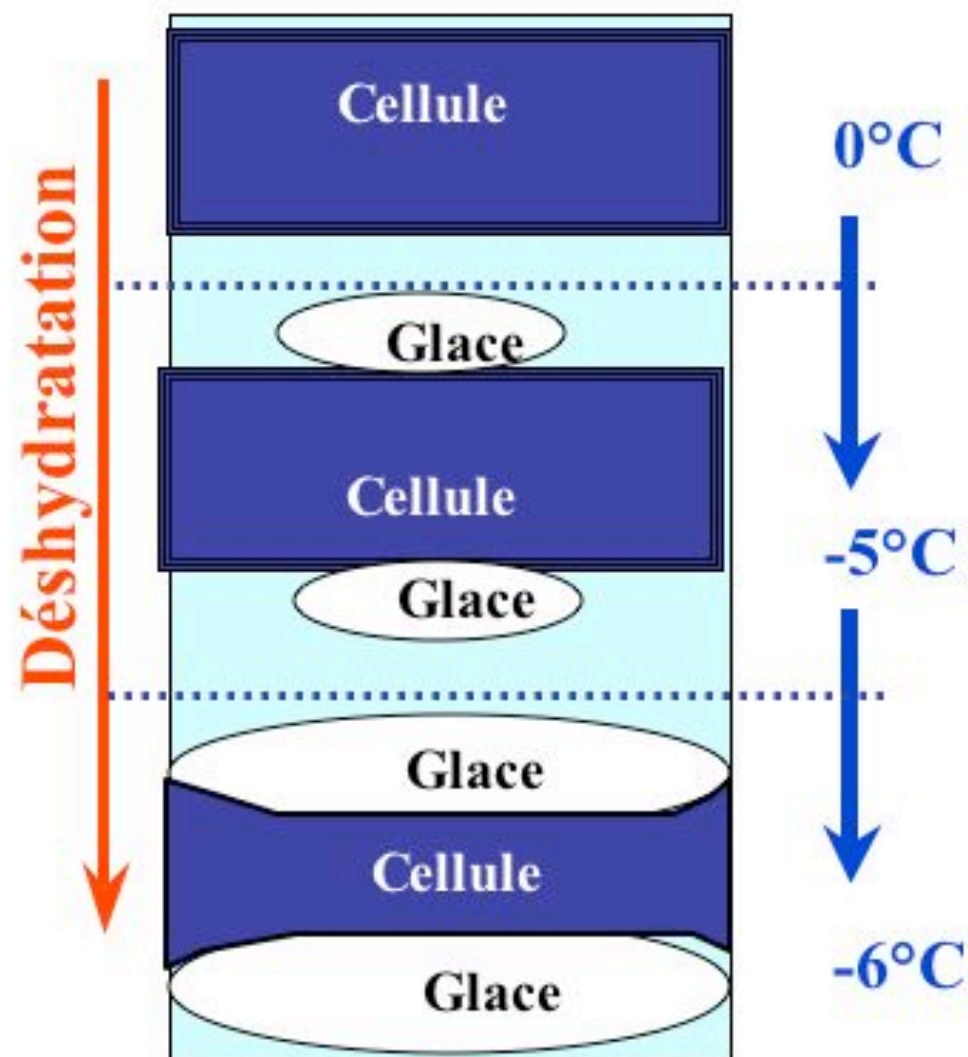
Conifère : Xrs cycles gel-degel



Impact de la taille des vaisseaux => **répartition altitudinale**

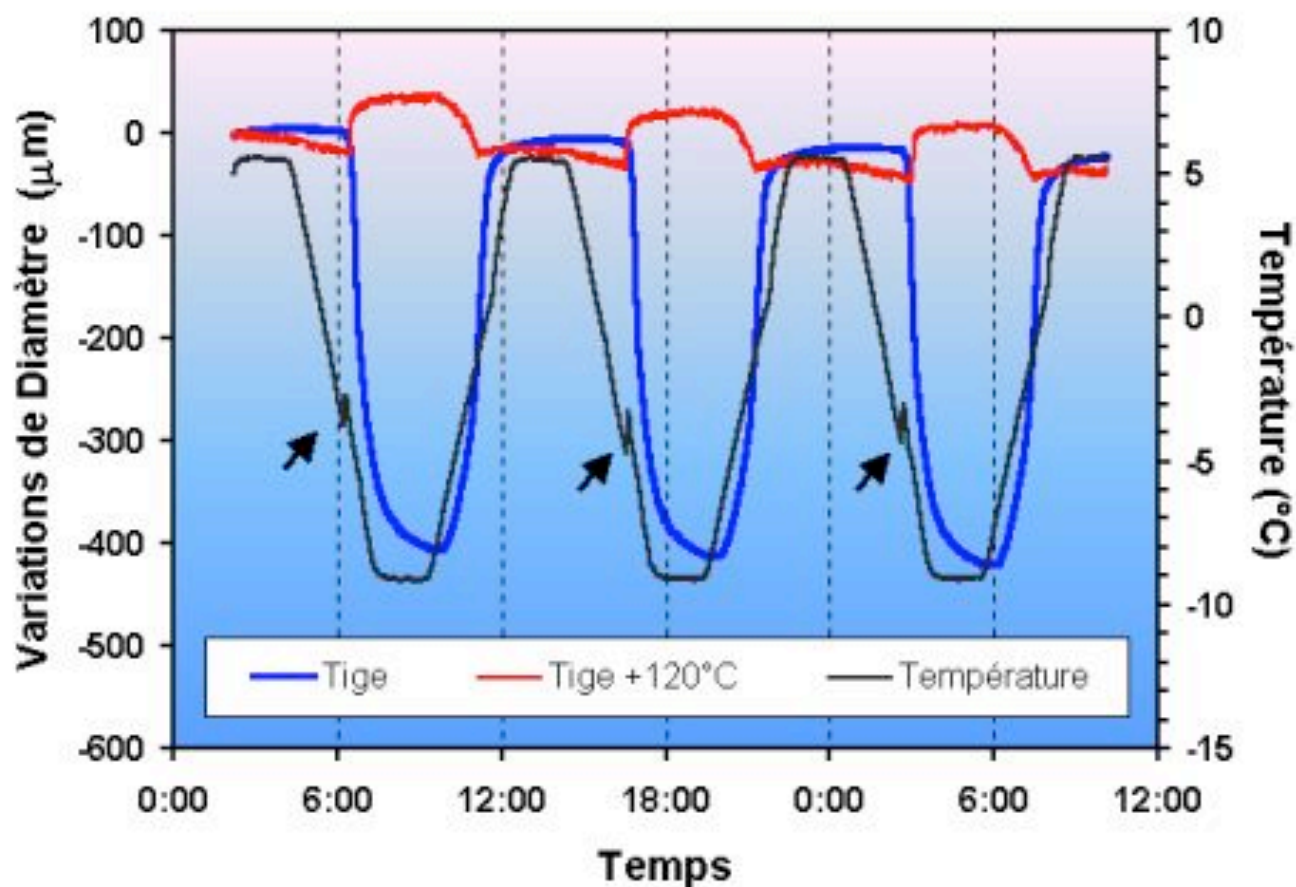
## Evitement du Gel : Congélation extra-cellulaire

- $[\text{extra-cellulaire}] \ll [\text{cellulaire}] \Rightarrow$   
( $-1.86 \text{ }^\circ\text{C/mole}$ ) : cristal de glace se forme à l'extérieur des cellules.
- Glace extra-cellulaire  $\Rightarrow$  force de déshydratation ( $-11 \text{ bars/}^\circ\text{C}$ )  $\Rightarrow$  l'eau sort des cellules.
- Déshydratation cellulaire  $\Rightarrow$   
potentiel osmotique  $\nearrow \Rightarrow$   
point de congélation  $\searrow$



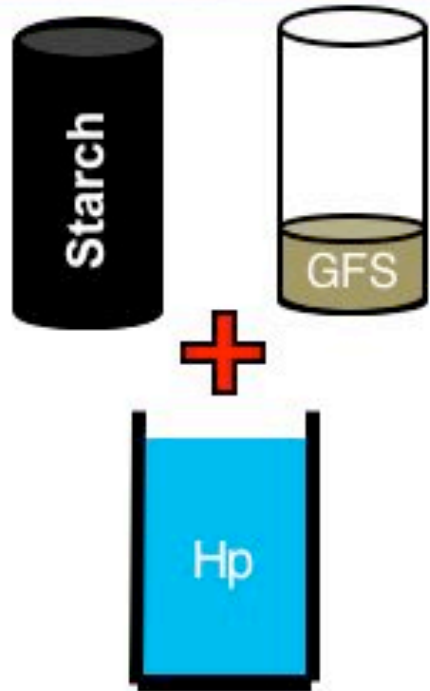
# Protection des cellules de l'écorce : « cacher l'eau dans le bois »

- Contraction =  
Acclimatation
- Gonflement =  
mort  
cellulaire.



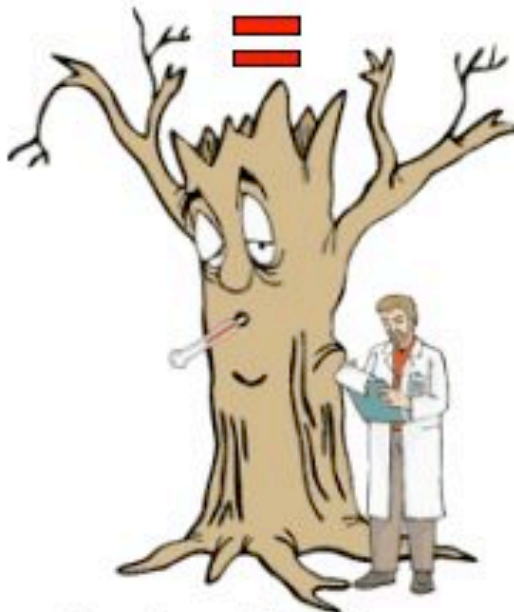
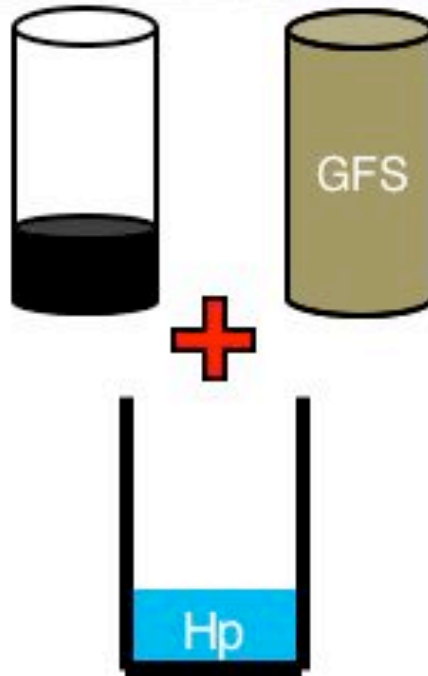
Améglio et al. 2001

Automne



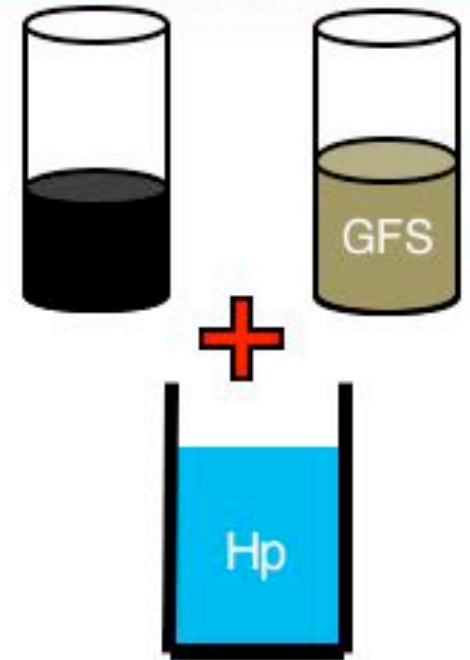
Faible résistance au gel

Hiver



Forte résistance

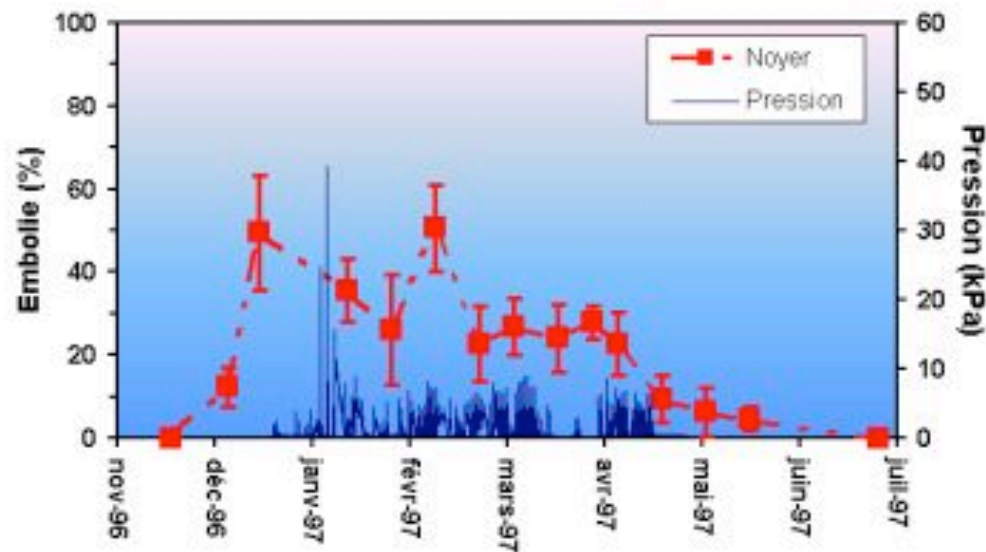
Printemps



Faible résistance

# Comment Résister ? En réparant les dommages

## Pression du xylème : Réparer l'embolie



- Réparation de l'embolie = « Pression du xylème »

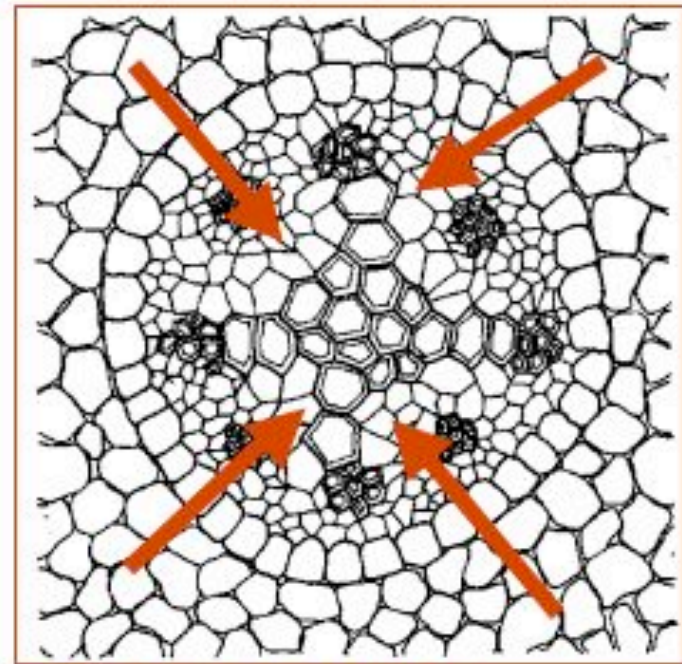


**Récolte sirop d'Erable**

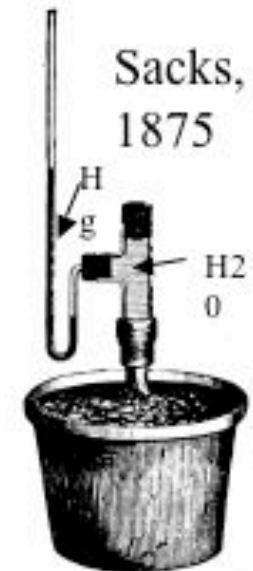
# Poussée racinaire

Transport actif de minéraux dans la stèle:

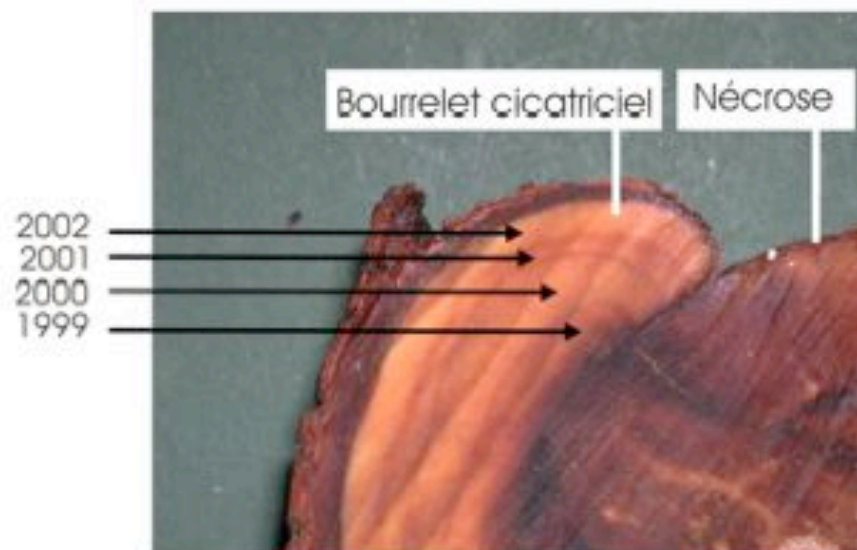
- Surtout au cours de la nuit ou en absence de transpiration (sans feuille).
- Augmente l'osmolarité de la stèle.
- L'eau se déplace vers la stèle et pénètre dans le xylème par osmose = **pression racinaire**.



**Transport actif de minéraux dans la stèle**



# Nécroses corticales orientées (échaudures ou « sunscald »)

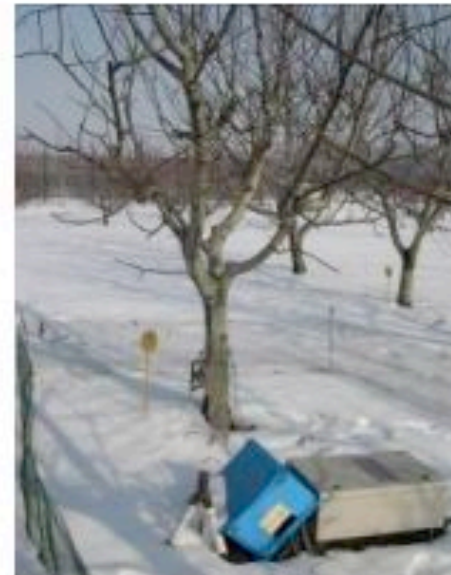
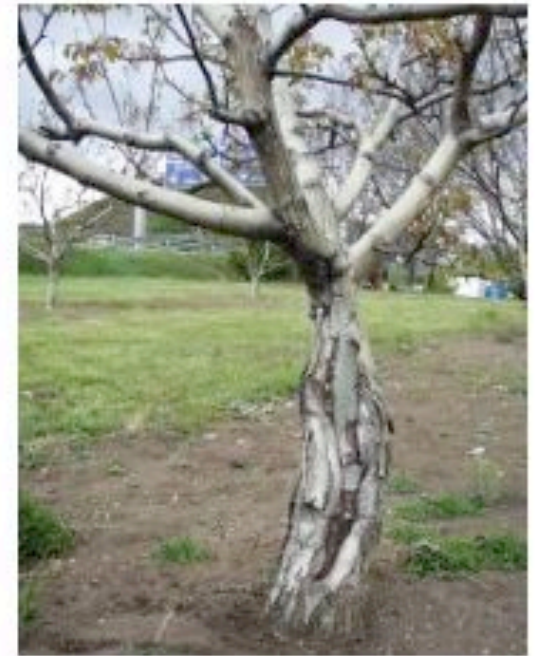


- Étude de V. Dellus : Ville de St Quentin en Yvelines

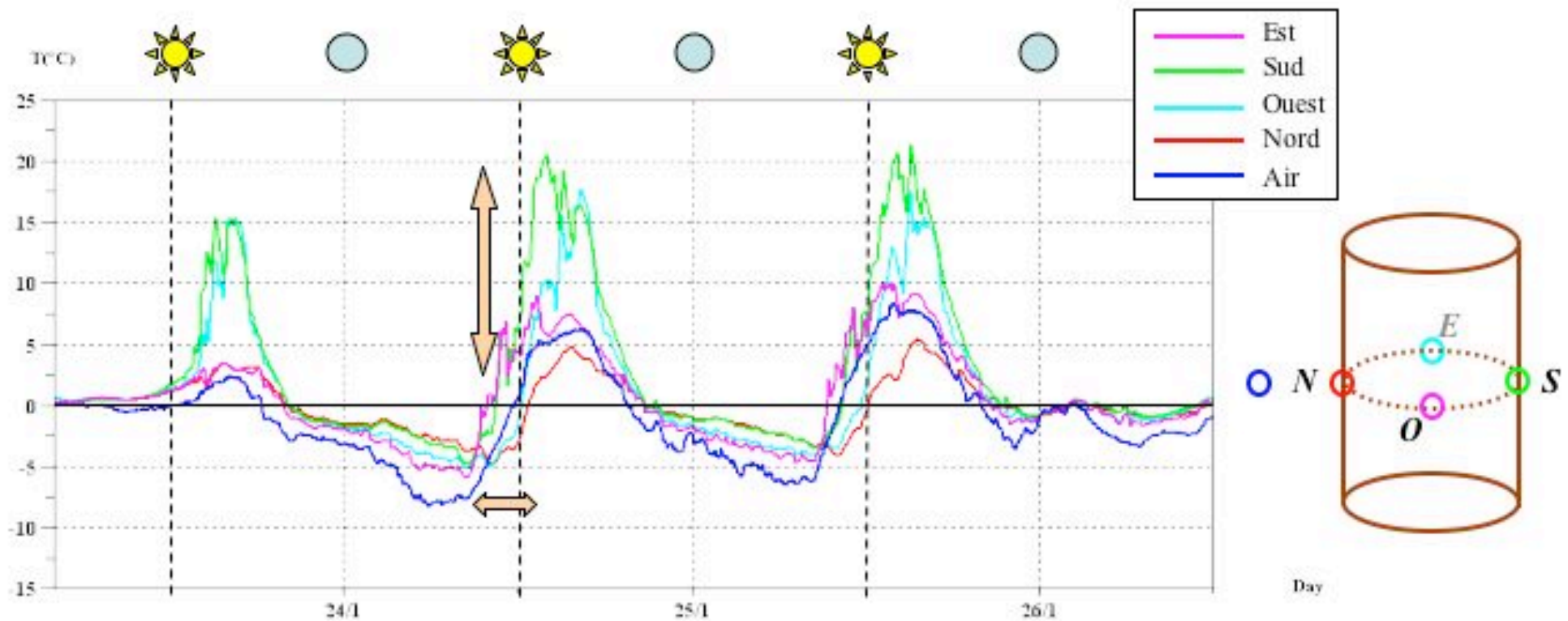


# Nécroses corticales orientées (échaudures ou « sunscald »)

- En hiver arbre isolé = environnement thermique très fluctuant.
- Rayonnement solaire intense (absence de feuillage) avec dissymétrie d'action (face ombragée / face éclairée).
- Variation temporelle rapide et intense des températures et émergence de gradients thermiques spatiaux



# Températures de surface



Saudreau et al. 2006

- Dissymétrie entre les faces = Gradient thermique  $\sim 15^{\circ}\text{C}$
- Décalage temporel entre les faces  $\sim 3\text{h}$
- Forte dynamique spatiale et temporelle pilotée par la course du soleil (sources radiatives)

# Merci de votre attention

<http://www2.clermont.inra.fr/piaf/>



Physique et physiologie Intégratives  
de l'Arbre Fruitier et Forestier