

Pour une meilleure conservation, comprendre la vie d'une aiguille



STEEVE PEPIN¹, *Ph.D.* & ARU THIAGARAJAN², *Ph.D.*

¹Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval

²Department of Environmental Sciences, Dalhousie University



UNIVERSITÉ
LAVAL

Faculté des sciences de l'agriculture
et de l'alimentation



Plan de la présentation

1. Facteurs environnementaux affectant la croissance des conifères
2. Relations hydriques de l'arbre
 - Potentiel de pression & osmotique
 - Mouvement de l'eau dans l'aubier
 - Contrôle des stomates, humidité et transpiration
3. Mécanismes impliqués dans la chute des aiguilles



Photo : A. Pettigrew



UNIVERSITÉ
LAVAL

Faculté des sciences de l'agriculture
et de l'alimentation

1- Croissance et facteurs environnementaux

- Statut hydrique = prélèvement – pertes par transpiration
- Influencés par : précipitations, humidité (sol, air), température (sol, air), vent et rayonnement solaire
- Division et croissance cellulaire — affectées par les stress hydriques et thermiques
- Périodes avec peu de précipitations, T° élevées et forte intensité solaire → croissance réduite des arbres
- Fertilité du sol

1- Croissance et facteurs environnementaux



Contents lists available at ScienceDirect

Forest Ecology and Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foreco



Modelling day-to-day stem diameter variation and annual growth of balsam fir (*Abies balsamea* (L.) Mill.) from daily climate

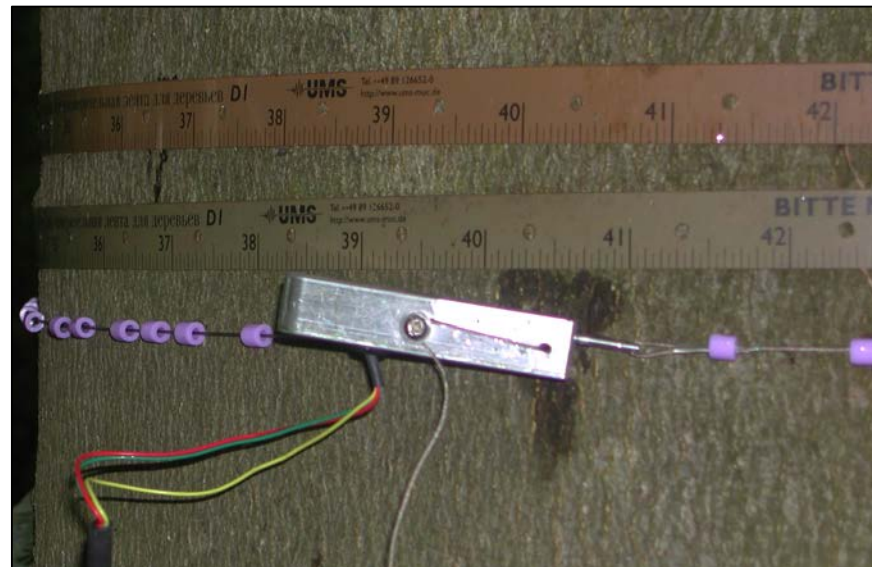
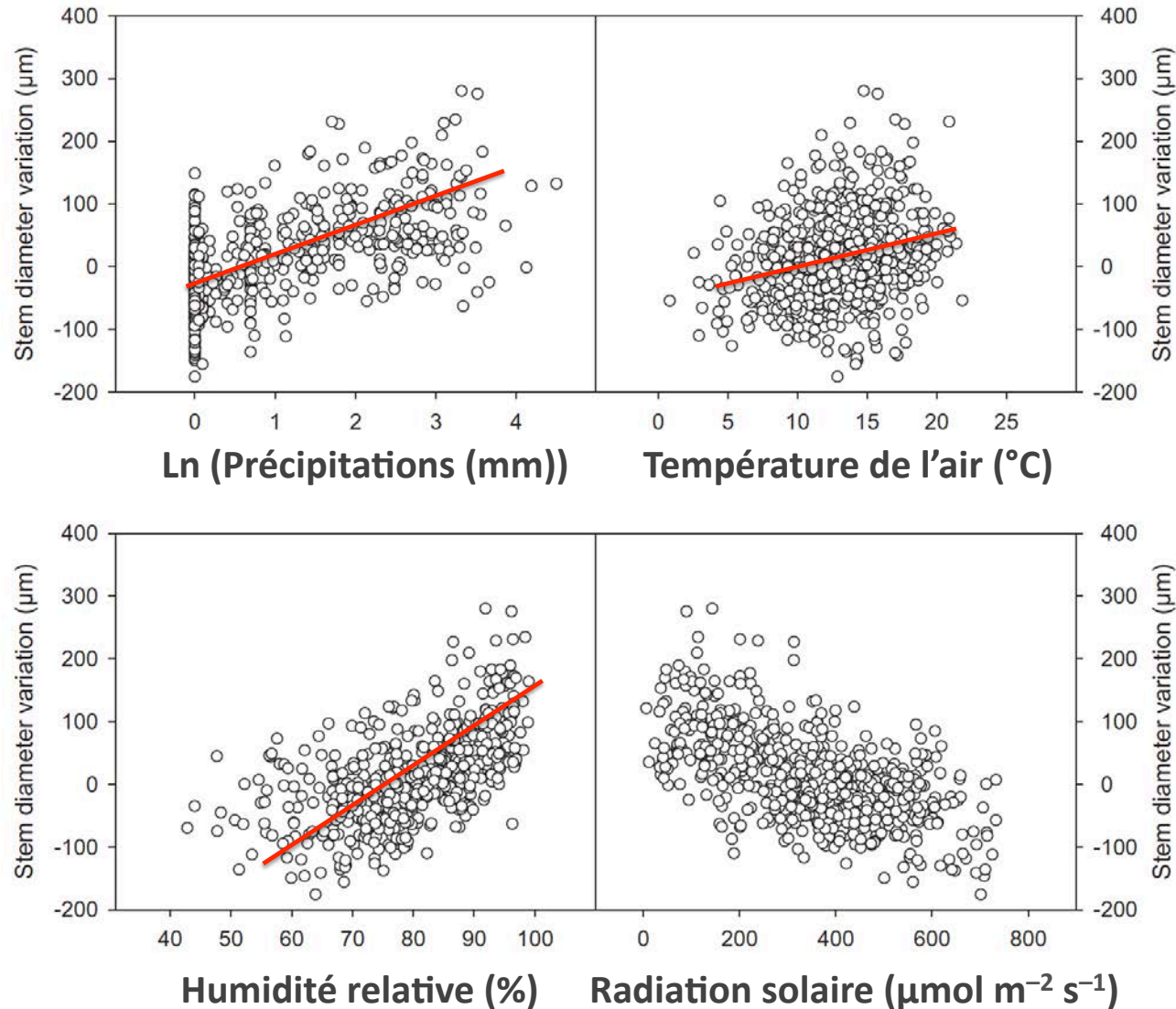


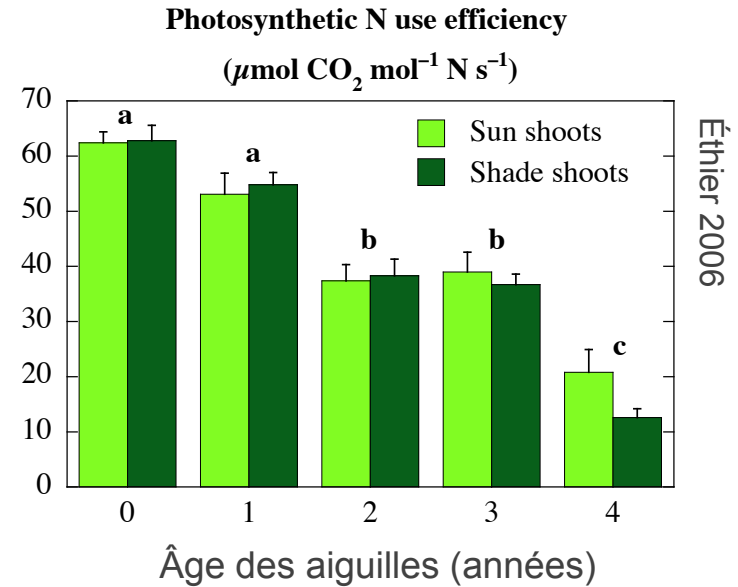
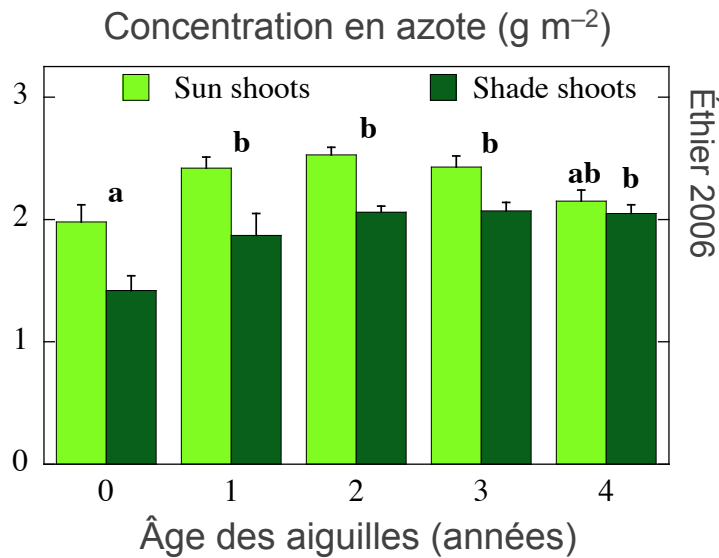
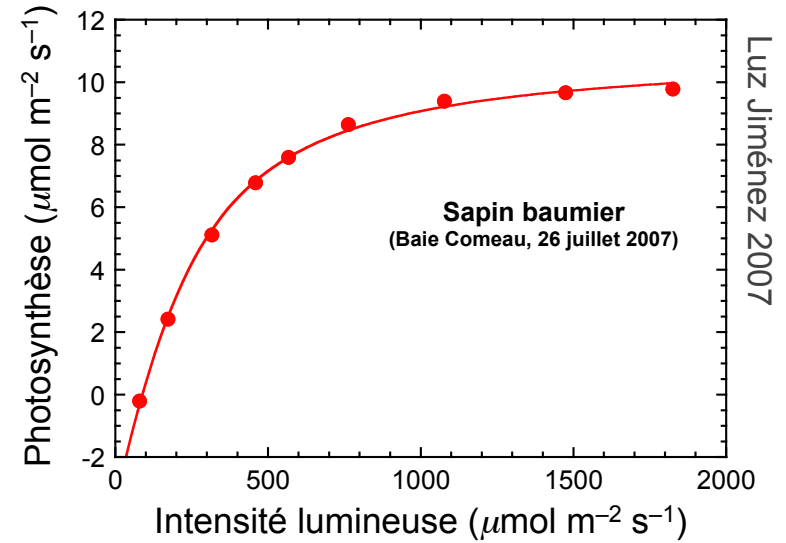
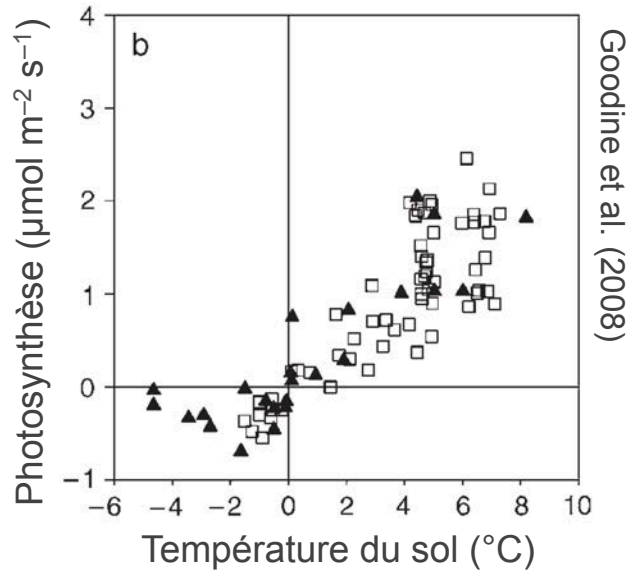
Photo : S. Pepin

Duchesne et Houle (2011)

1- Croissance et facteurs environnementaux



1- Photosynthèse et facteurs environnementaux



2- Relations hydriques chez l'arbre

- Turgescence et croissance: **concept du potentiel hydrique**

Potentiel hydrique (Ψ) = pression hydrostatique (P) – pression osmotique (π)



Photo : A. Pettigrew

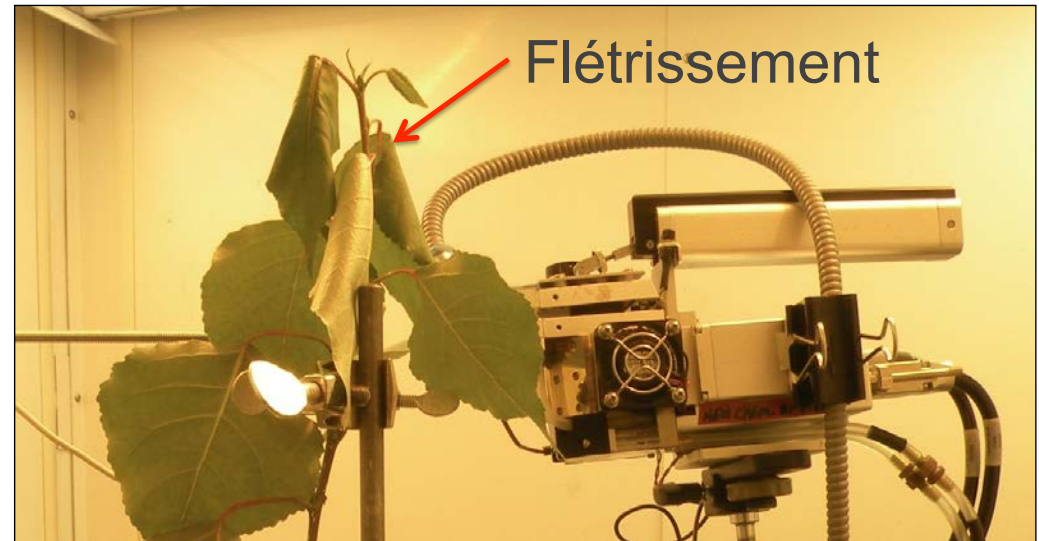
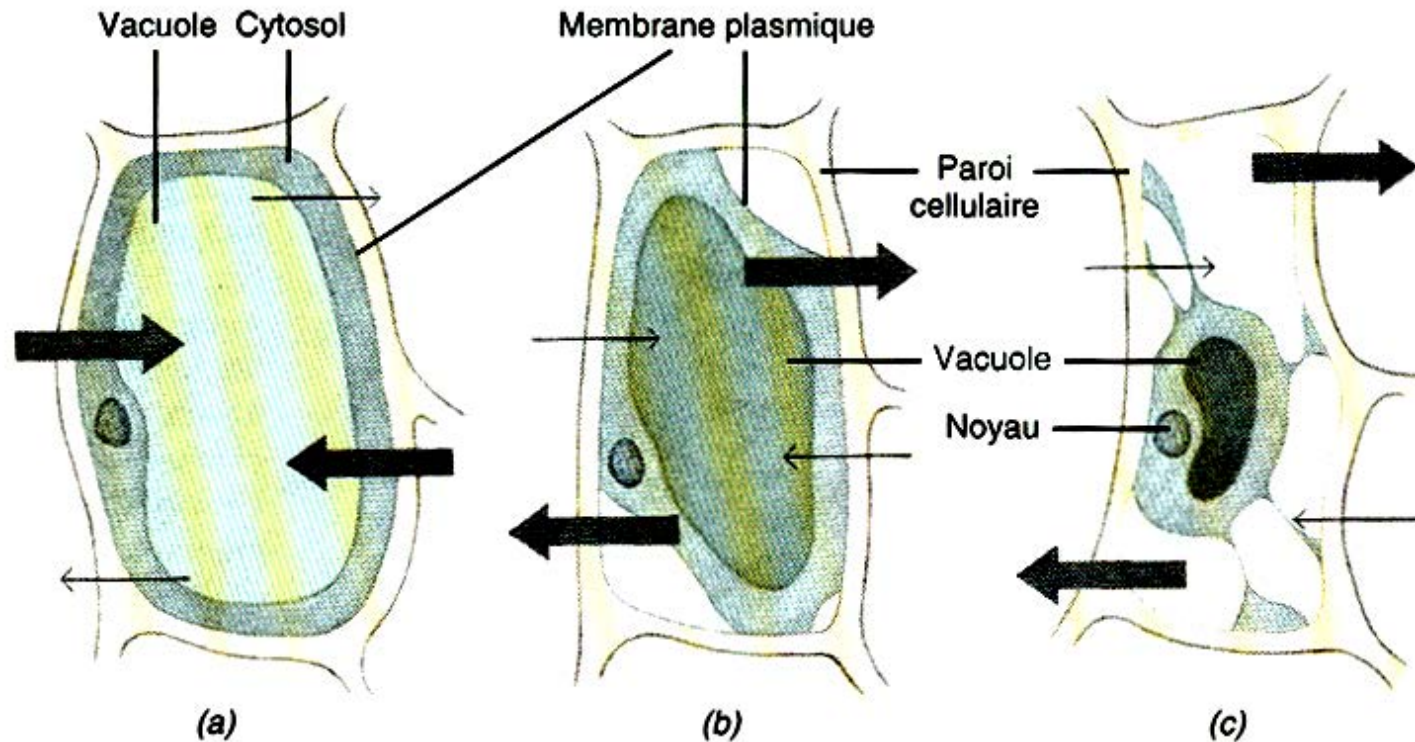


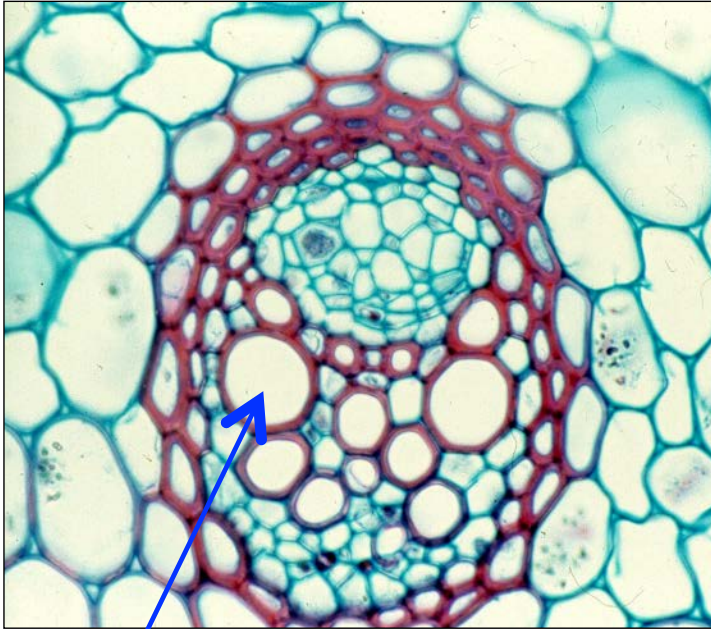
Photo : G. Thérroux Rancourt

2- Stress hydrique et croissance foliaire



Seules les cellules en turgescence maximale peuvent s'allonger

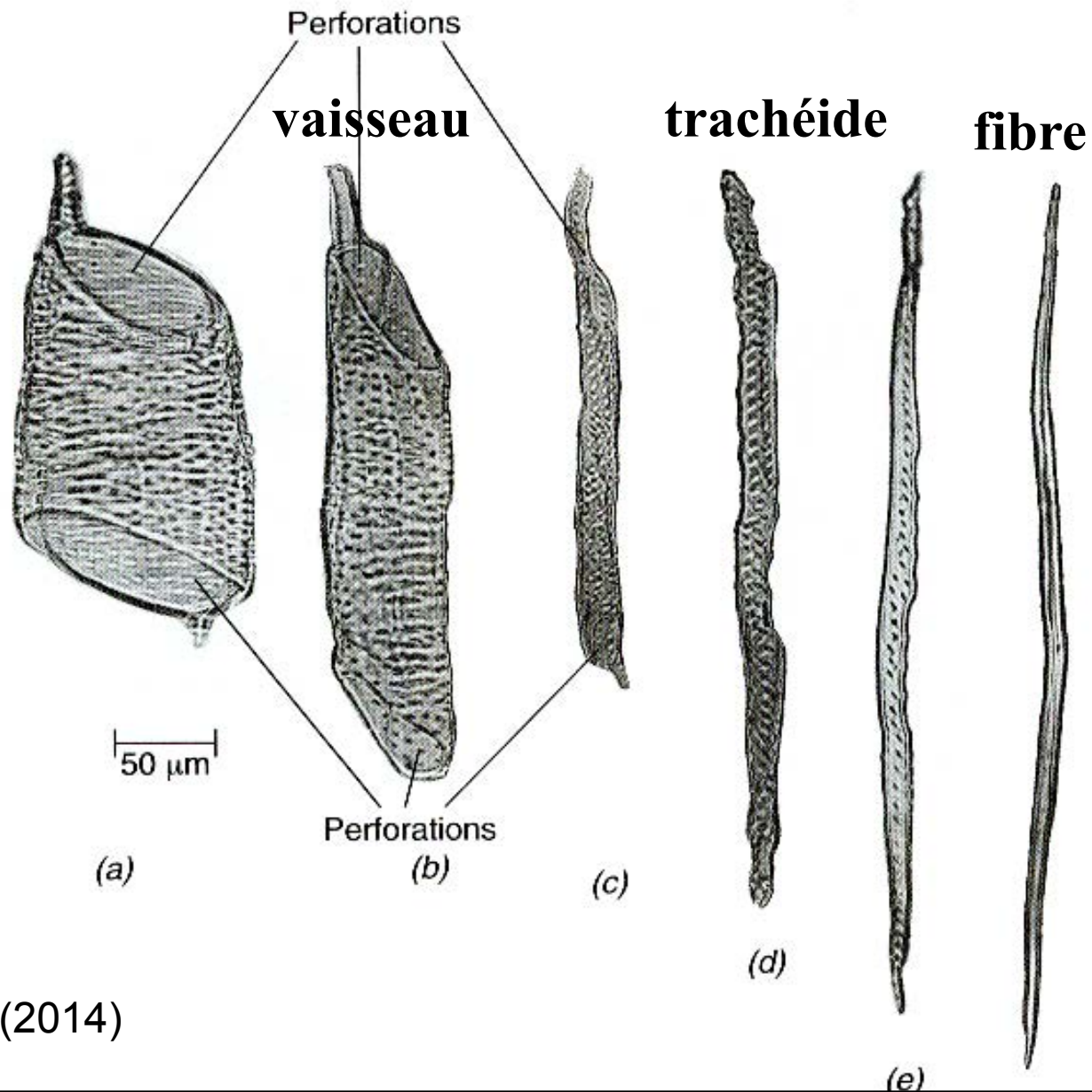
2- Mouvement de l'eau chez les plantes



Xylème

- composition du xylème
 - trachéides
 - vaisseaux
 - fibres de sclérenchyme
 - cellules parenchymateuses

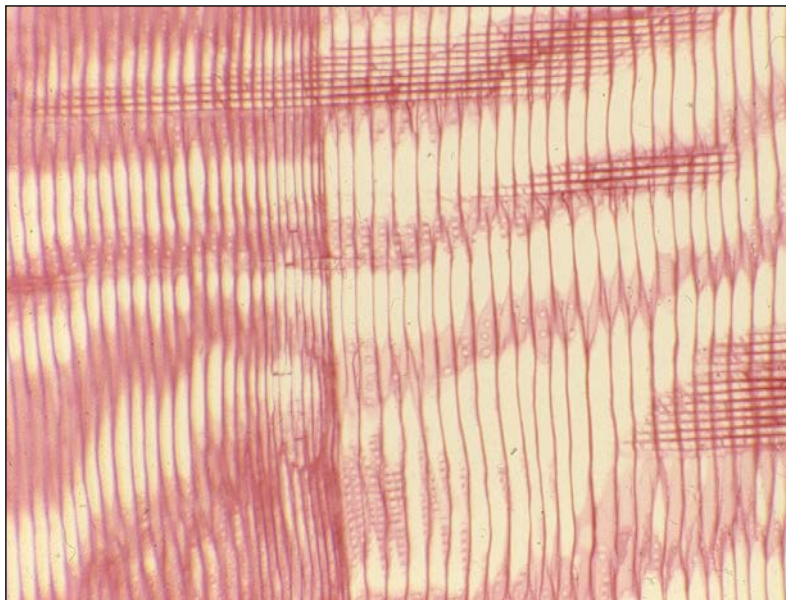
2- Mouvement de l'eau chez les plantes



Raven et al. (2014)

2- Anatomie des conifères

- Organisation des trachéides
 - côte à côte : échanges via les ponctuations
 - forment des files de cellules : l'eau doit traverser les ponctuations des parois mitoyennes

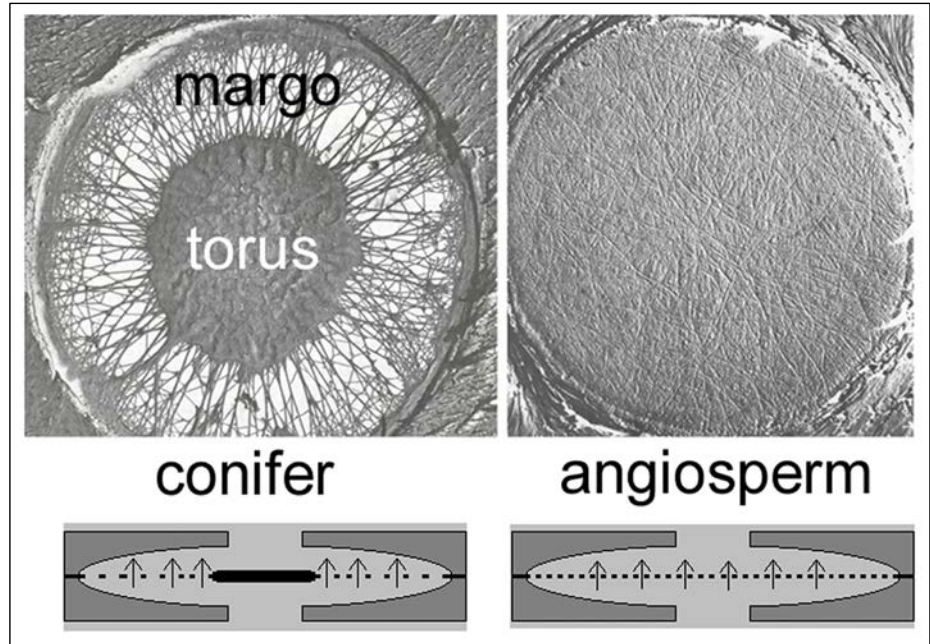


Organisation des trachéides dans une tige ligneuse de conifère

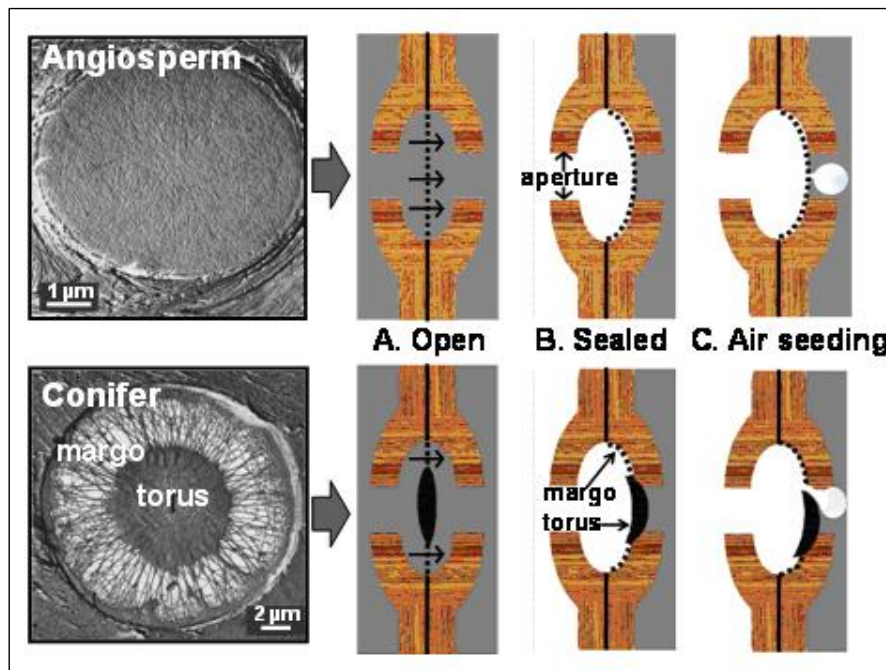


Ponctuations le long des parois des trachéides

2- Structure du xylème et ponctuations



http://unews.utah.edu/wp-content/uploads/d_and_e.jpg

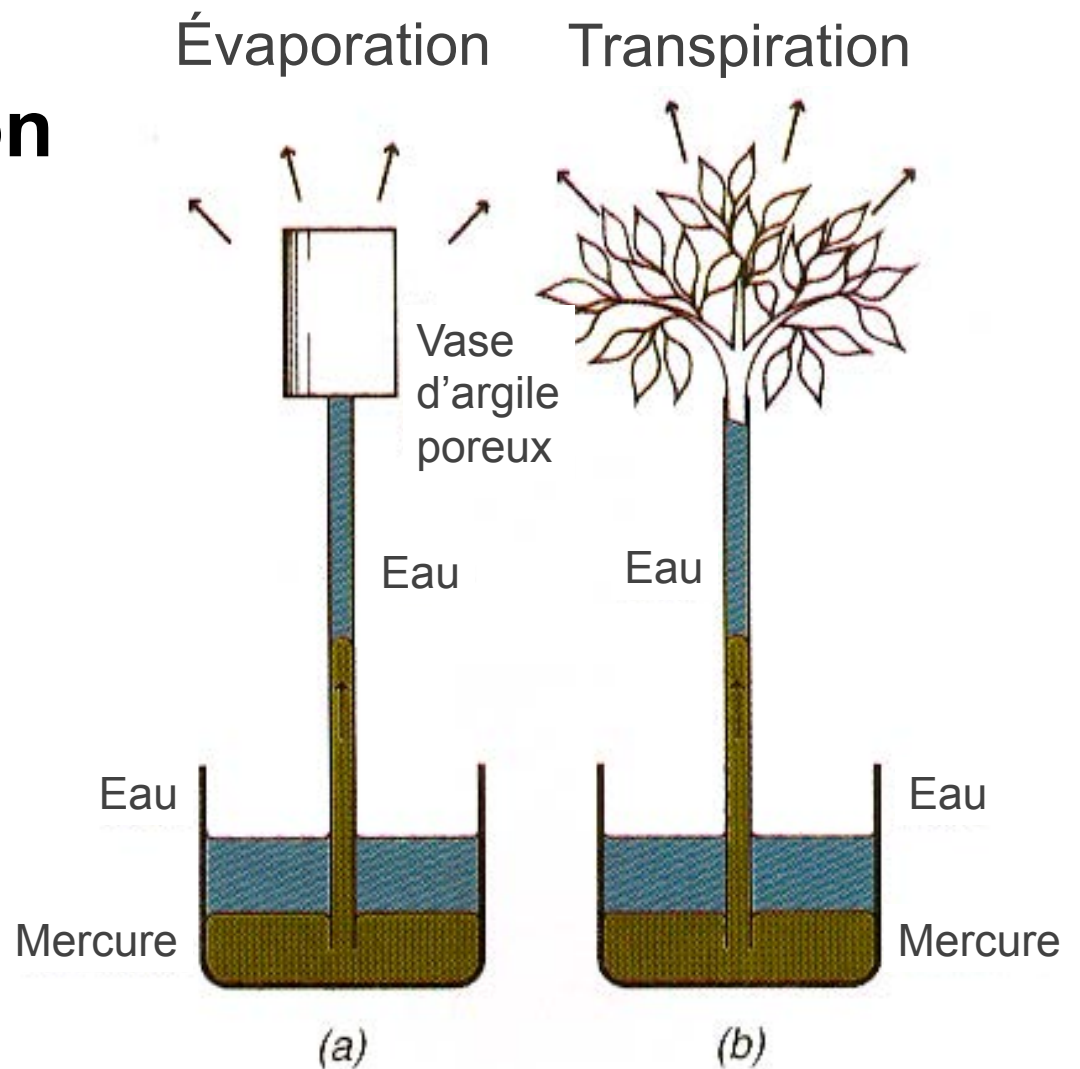


<http://biologylabs.utah.edu/sperry/image%20files/Pit%20structure.jpg>

2- Transport de l'eau dans le xylème

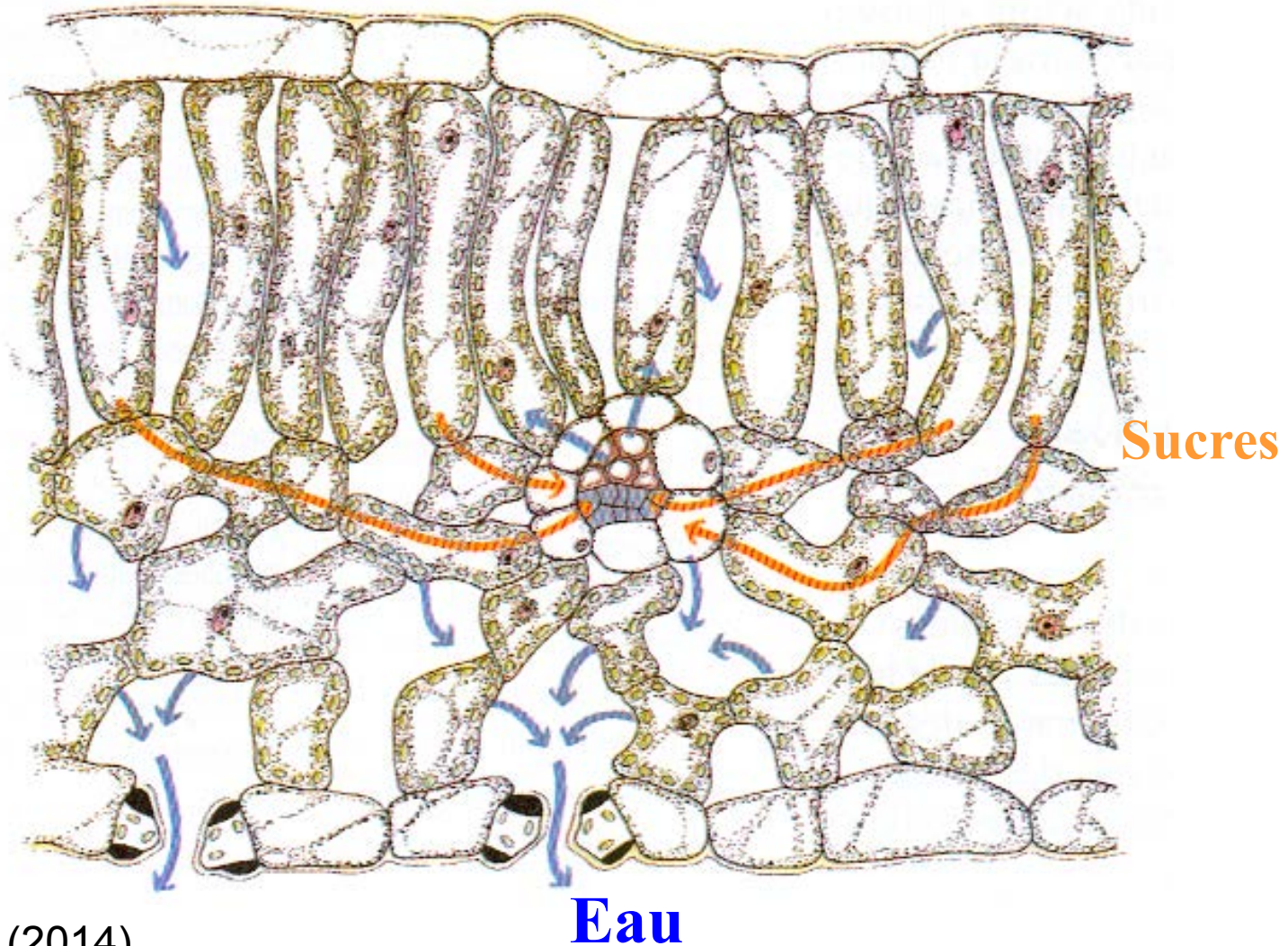
Théorie de la cohésion–tension

- Tension
- Cohésion
- Adhésion



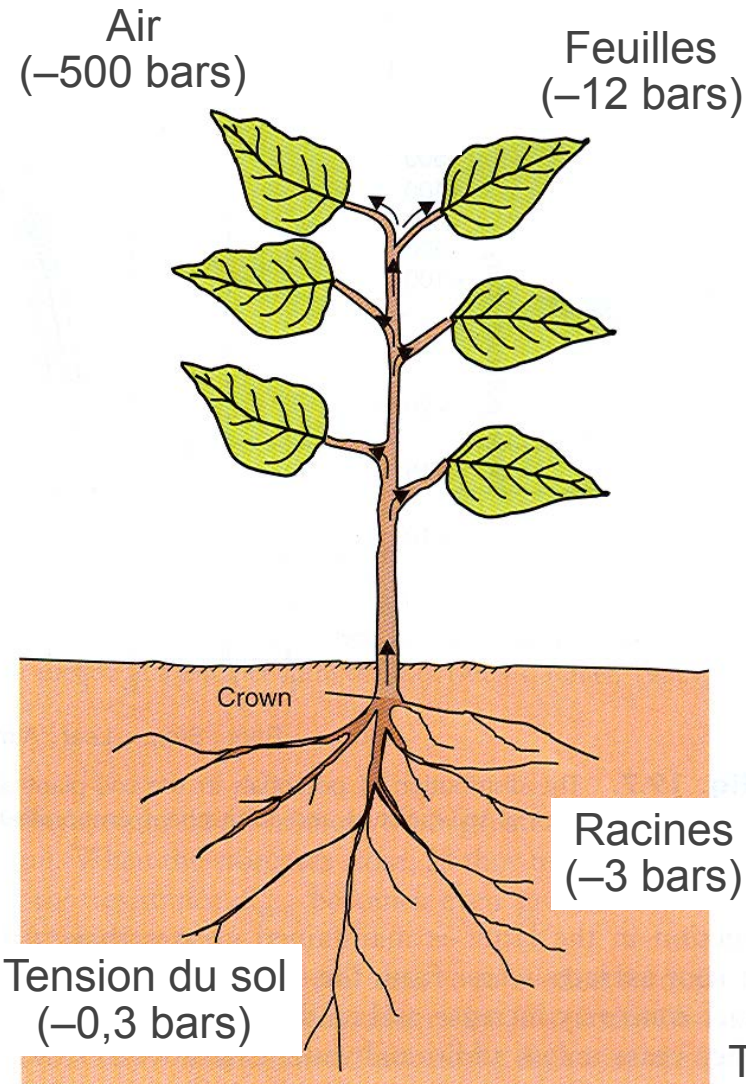
2- Moteur du transport de l'eau dans les tiges:

- PERTES EN EAU DES CELLULES DU MÉSOPHYLLE



Raven et al. (2014)

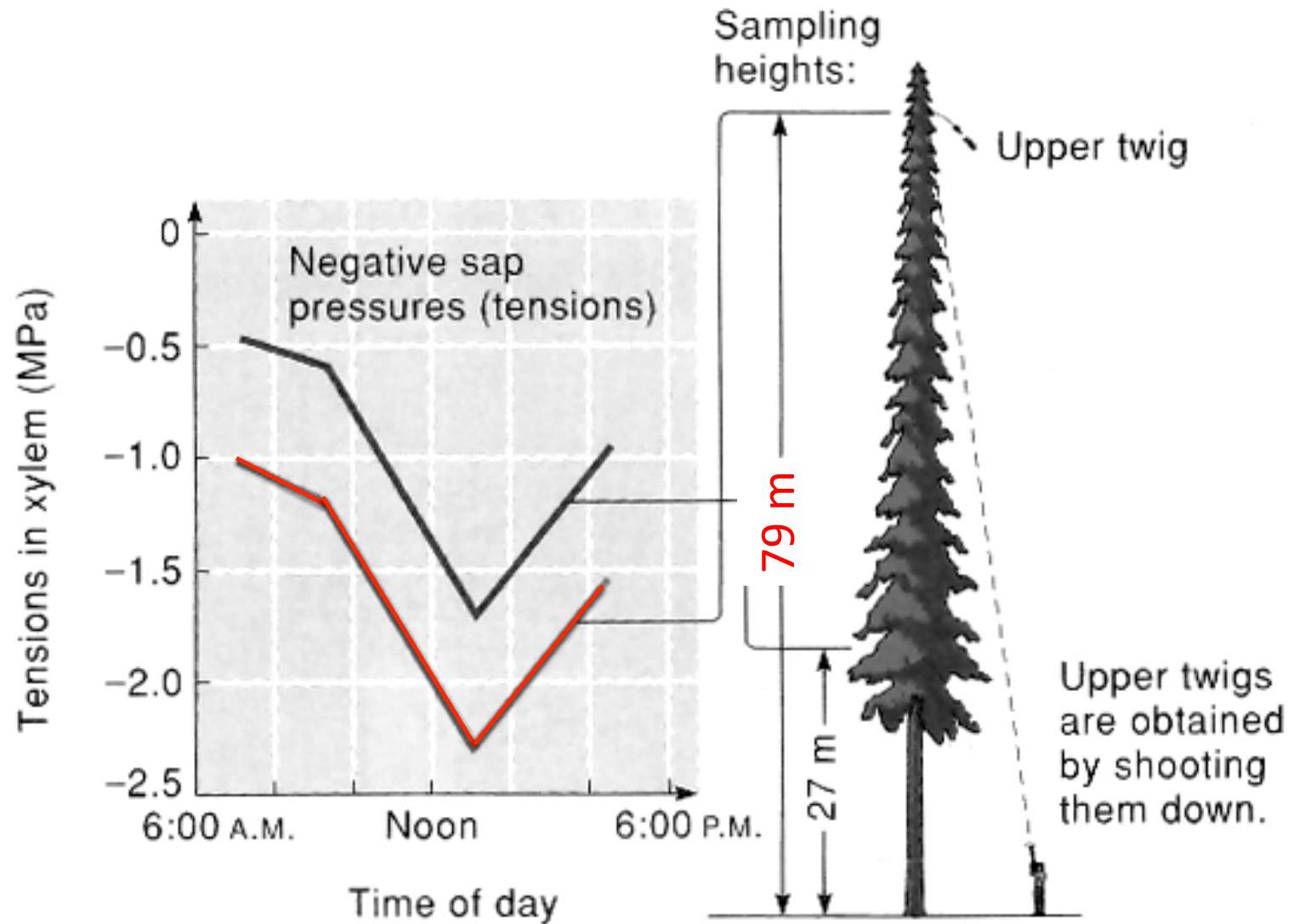
2- Potentiel hydrique (Ψ) dans le continuum sol-plante-atmosphère (CSPA)



L'eau se déplace d'un Ψ élevé (moins négatif, près de 0) vers un Ψ plus faible (plus négatif)

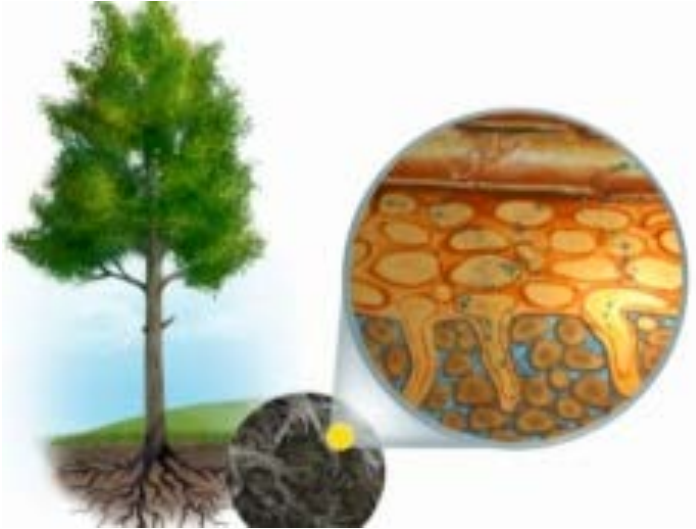
Tiré de Hillel 2003

2- Rôle du potentiel hydrique



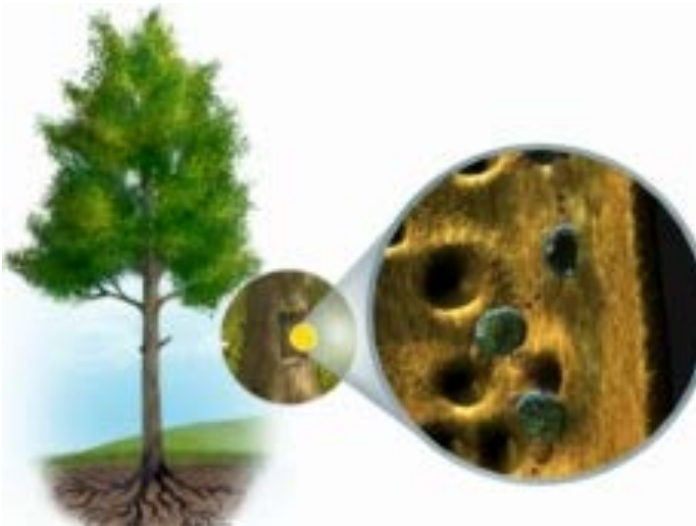
tiré de Moore *et al.* 1998

2- Transport de l'eau dans le xylème



- **Osmose** et absorption d'eau **au niveau des racines**

(i.e. $\uparrow \pi_{\text{racines}} \Rightarrow \downarrow \Psi_{\text{racines}}$)



- Transport de l'eau **des racines jusqu'aux aiguilles**

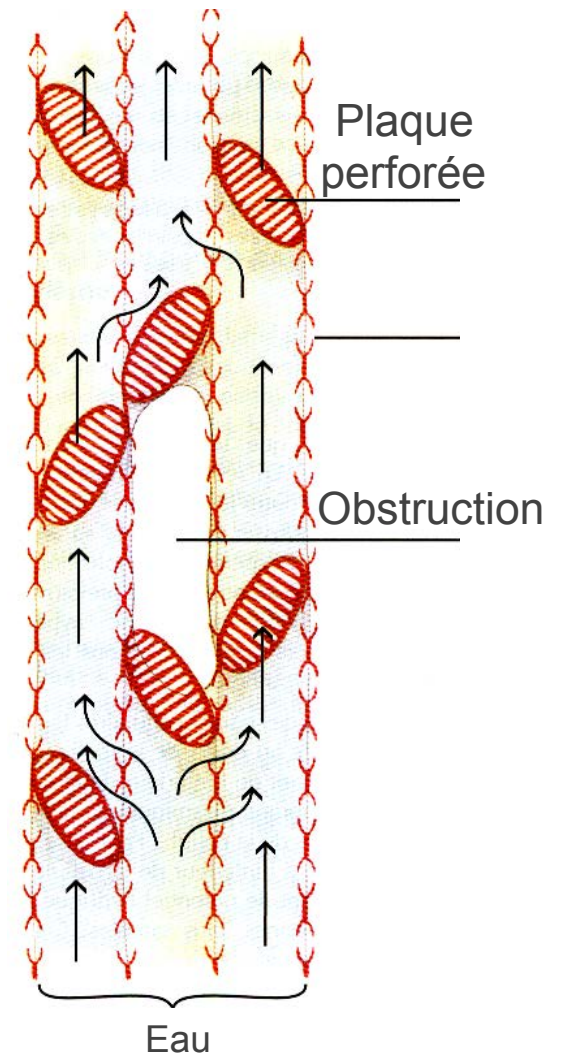
– montée de **l'eau sous tension** (pression nég.)

(i.e. $\downarrow P_{\text{xylème}} \Rightarrow \downarrow \Psi_{\text{xylème}}$)

2- Cavitation dans le xylème

Embolie des trachéïdes

- durant la saison de croissance:
 - si la transpiration est excessive (tension devient trop forte = bris de la colonne d'eau)
- lorsqu'on coupe une branche ou un arbre (bulles d'air pénètrent)
- amène un transport latéral de l'eau pour contourner les cellules obstruées



Raven et al. (2014)

2- Cavitation dans le xylème

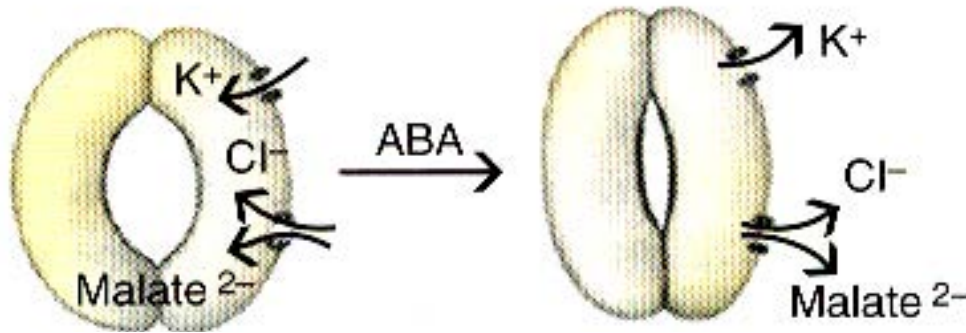
Embolie des trachéides et vaisseaux

– durant l'hiver :

- Solubilité des gaz augmente lorsque la T° ↓
 - plus de gaz dans l'eau près du point de congélation
 - formation de bulles d'air dans la glace
- Cycles gel/dégel
 - formation de bulles d'air lors du dégel (solubilité ↓)
- Remplacement saisonnier des cellules non fonctionnelles
 - cernes annuels

2- Contrôle de la transpiration: stomates

- Pression osmotique et ouverture des stomates
 - mouvements de l'eau dans les stomates
 - transport de K^+ à travers la membrane des cellules de garde → entrée ou sortie de l'eau par osmose



Cellules de garde
turgescents,
stomate ouvert

Cellules de garde
déturgescents,
stomate fermé



Photos Margarethe Maillart, ENS de Lyon

Photo : Margarethe Maillart

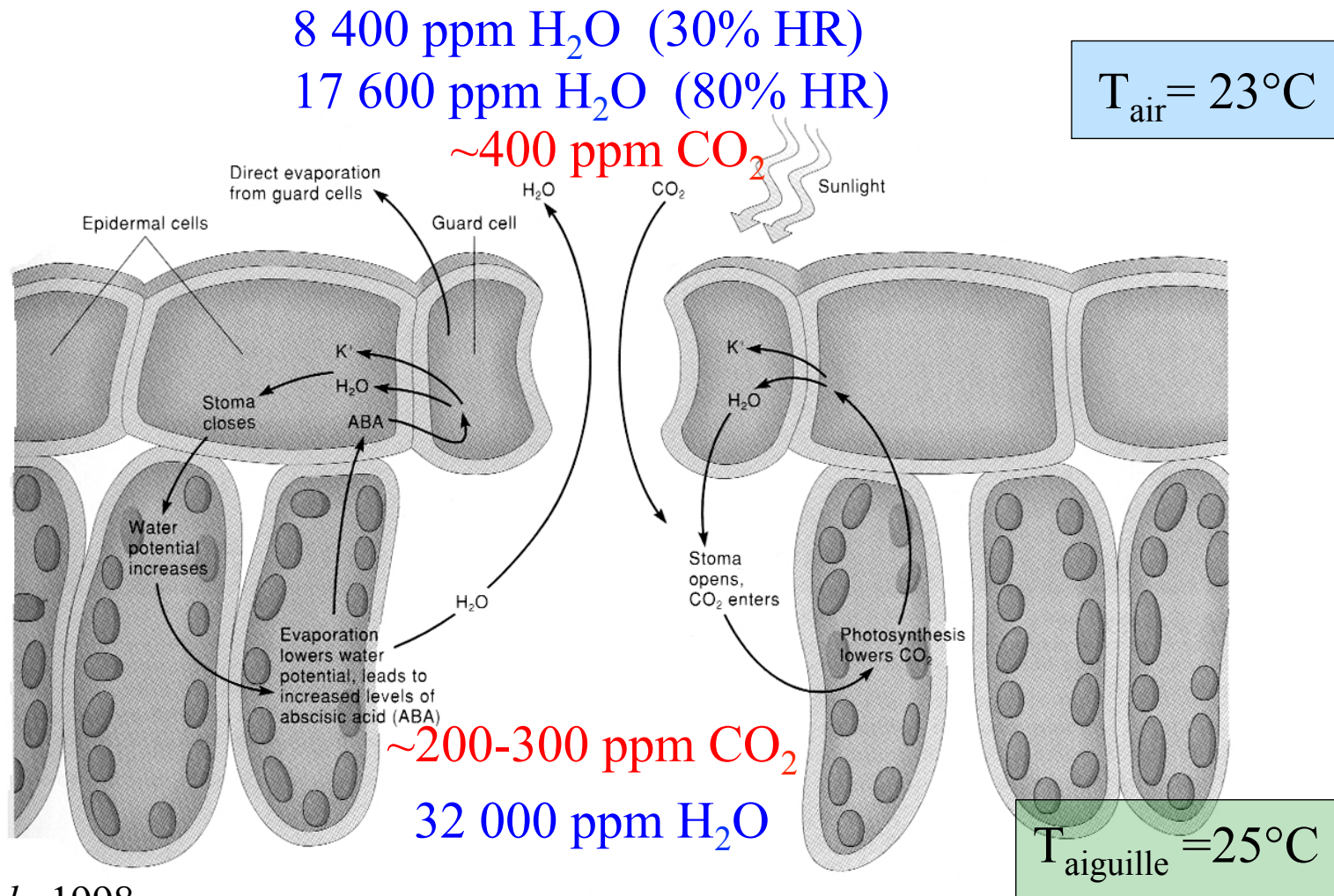
Raven et al. (2014)

2- Facteurs affectant la transpiration

- Transpiration = g_{aiguille} x gradient de H₂O
- Facteurs qui influencent la conductance (g_{aiguille})
 - vent
 - intensité lumineuse
 - disponibilité de l'eau dans le sol (via stomates)
 - *rôle de l'acide abscissique (ABA) synthétisé dans les racines*
 - concentration atmosphérique de CO₂

2- Transpiration du feuillage : dilemme

- Gradient de CO₂ et de H₂O



Moore *et al.*, 1998

2- Rôle de la transpiration

- Permet le transport de l'eau et des minéraux
- Contribue au refroidissement du feuillage
 - mécanisme :
 - passage de l'eau de la phase liquide à la phase gazeuse
 - énergie pour évaporer l'eau provient de la feuille
 - perte d'énergie = perte de chaleur = refroidissement
 - conditions favorisant le refroidissement :
 - taux de transpiration élevé
 - aiguilles ayant une température élevée

Effets des basses températures sur la durée de rétention des aiguilles et la sénescence en post-récolte chez le sapin baumier



Dr. Arumugam Thiagarajan

3- Pourquoi une chute accélérée des aiguilles

Trees (2010) 24:879–886

DOI 10.1007/s00468-010-0457-2

ORIGINAL PAPER

Ethylene triggers needle abscission in root-detached balsam fir

Mason T. MacDonald · Rajasekaran R. Lada ·
Alex I. Martynenko · Martine Dorais ·
Steeve Pepin · Yves Desjardins

Trees (2011) 25:947–952

DOI 10.1007/s00468-011-0569-3

SHORT COMMUNICATION

Endogenous and exogenous ethylene induces needle abscission and cellulase activity in post-harvest balsam fir (*Abies balsamea* L.)

Mason T. MacDonald · Rajasekaran R. Lada ·
Martine Dorais · Steeve Pepin

3- Pourquoi une chute accélérée des aiguilles

1. Récolte tôt dans la saison – moins bonne rétention des aiguilles (Mitcham-Butler et al. 1988)
2. Absence d'acclimatation au froid – accélère l'abscission (Mitcham-Butler et al. 1987)
3. Changements récents dans les conditions climatiques : automne plus chaud ou précipitations irrégulières (Environnement Canada 2012)

Hypothèse : basses températures permettent l'acclimatation au froid, retarde la sénescence et augmente la durée de rétention des aiguilles en post-récolte

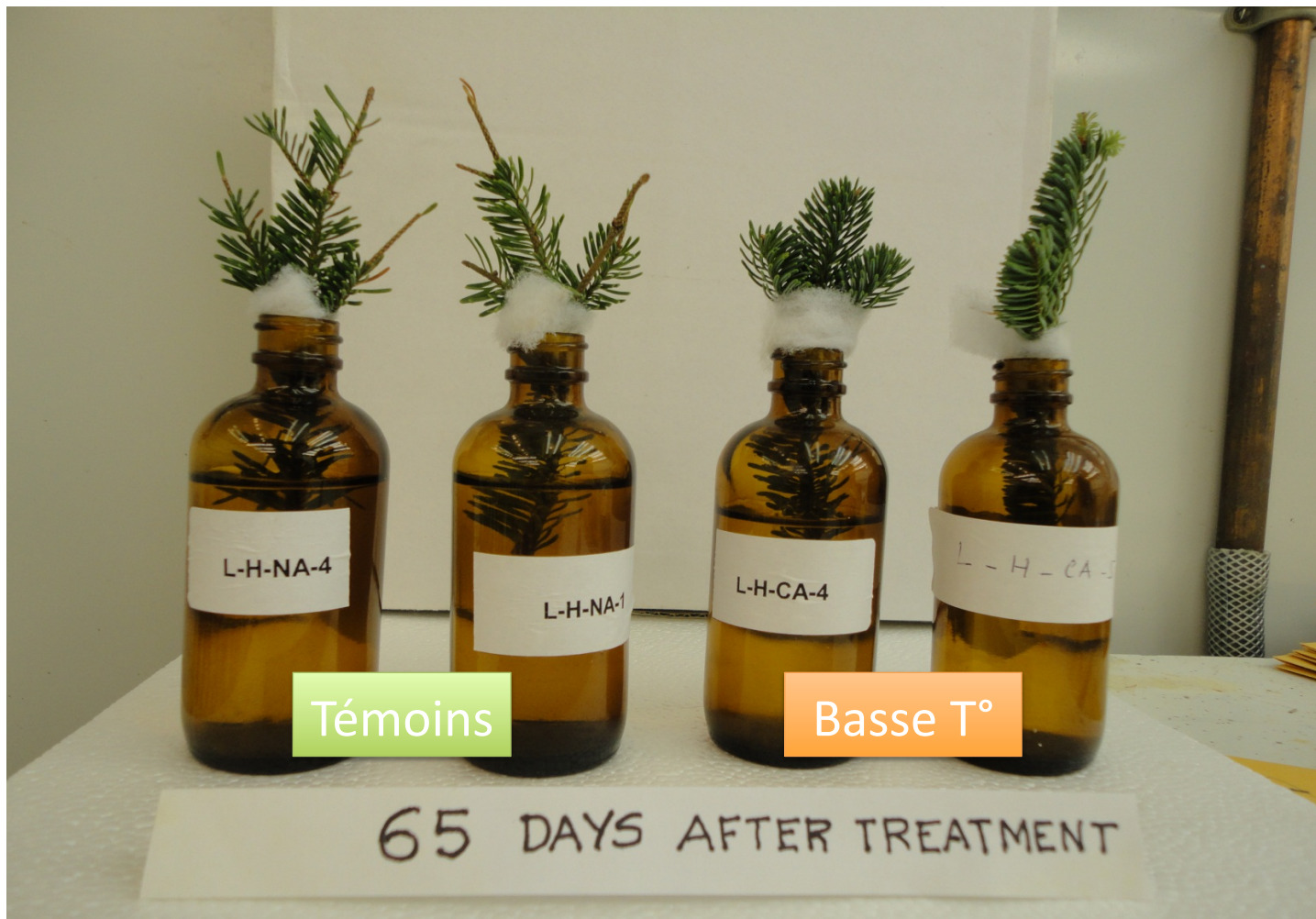
1. Basse T° permet-elle d'augmenter la durée de rétention des aiguilles (DRA) en post-récolte ?
2. Changements de concentration en phytohormones après un traitement de basse T°;
3. Effet interactif des facteurs génotypiques et environnementaux (basse T°, photopériode) sur la DRA;
4. Dynamique de l'accumulation de l'ABA induite par les basses T° et effet de l'ABA sur la DRA.



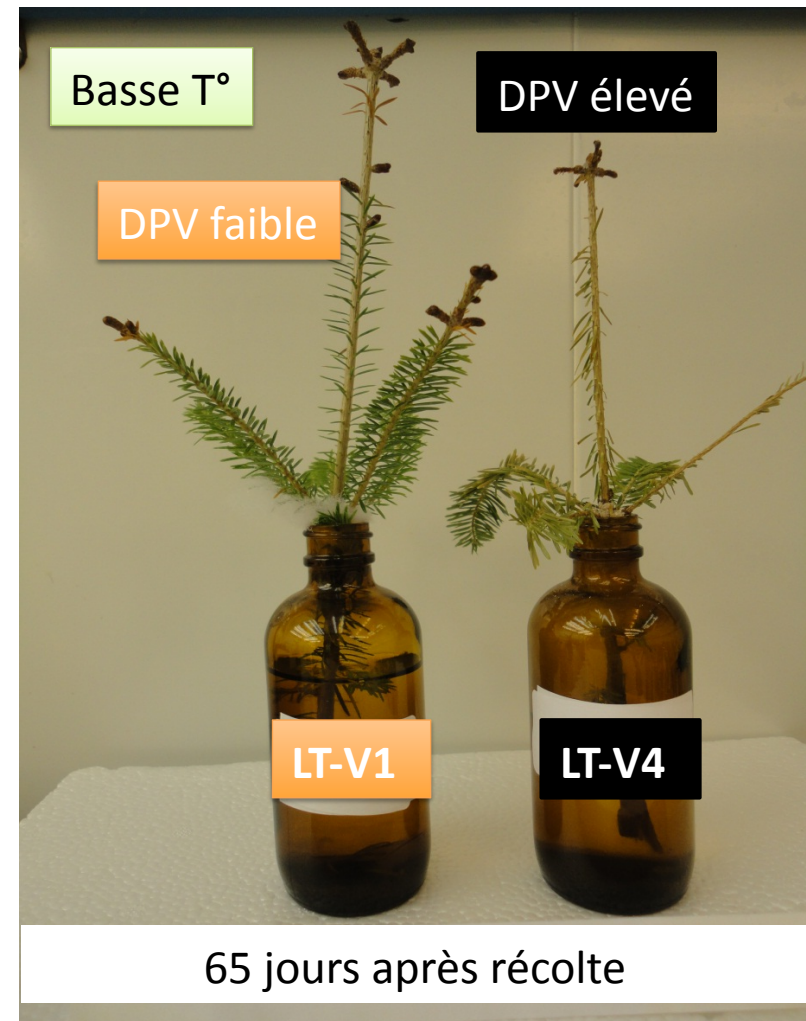
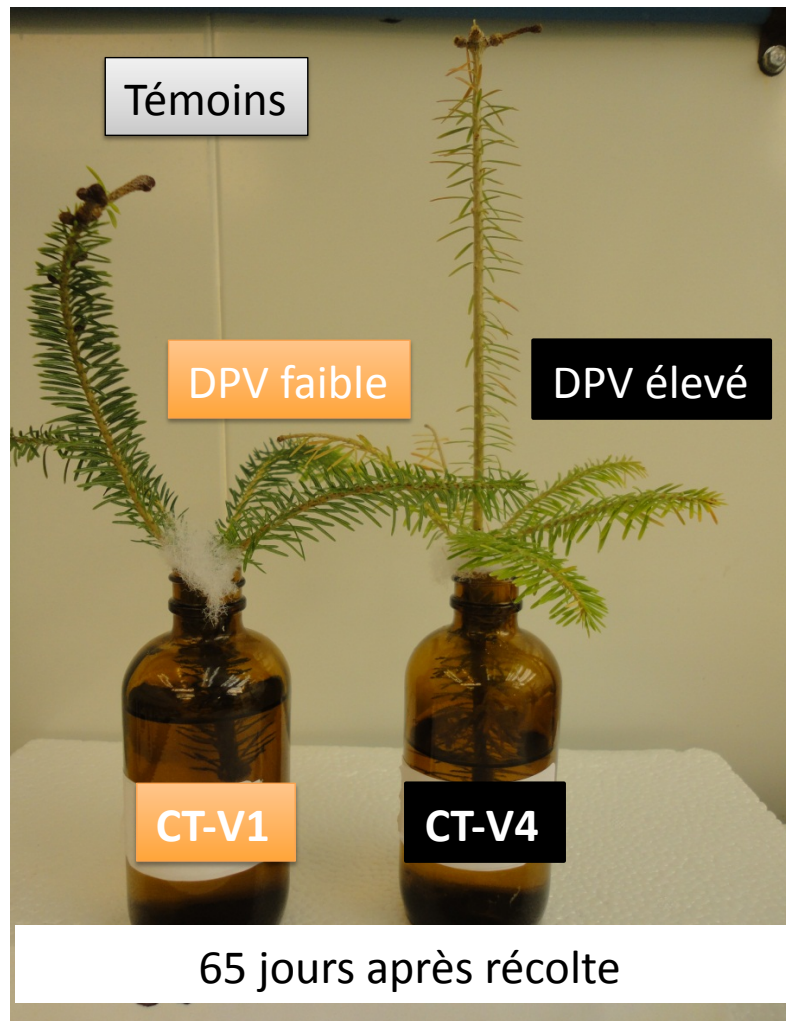
3- Conditions post-récolte modulent les changements dûs aux basses T°

- Hydratés vs. non-hydratés durant le traitement à basse température
- Lumière vs. obscurité durant le traitement à basse température
- Déficit de pression de vapeur (DPV) en post-récolte

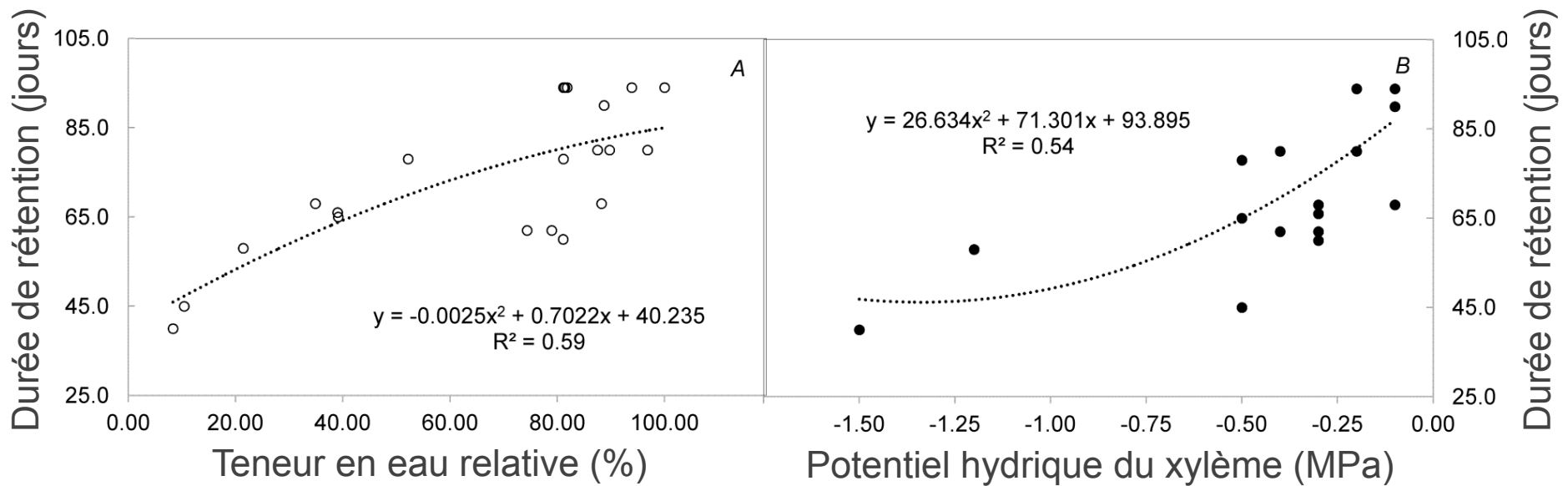
3- Basses T° atténuent les effets de la lumière



3- Effet du déficit de pression de vapeur (DPV) sur des semis exposés à une basse T°



Relations entre la teneur en eau relative, le potentiel hydrique du xylème et la durée de rétention des aiguilles



Principaux résultats issus de ces travaux

- Basses T° sont bénéfiques : 5 °C a retardé la sénescence (~10 days) — augmentation de l'ABA et diminution des GA
- Photopériode et T° maximale sont inversement reliées à la durée de rétention des aiguilles
- Basse T° compense les dommages causés par la lumière
- DPV élevé accélère la chute des aiguilles
- Teneur en eau relative et potentiel hydrique du xylème sont reliés à la durée de rétention des aiguilles
- Traitement d'ABA (long terme) accélère la chute des aiguilles; courte terme, ABA retarde l'abscission.

Remerciements

- Gilbert Éthier & Line Lapointe
 - CRC team in Truro, NS
 - CRSNG
 - AgriFutures
- SMART Christmas tree research center
 - SMART Tree Consortium
 - Atlantic Canada Opportunities Agency
- Christmas Trees Association of Nova Scotia
- Nova Scotia Department of Natural Resources

Questions ?



Photo : A. Pettigrew