



Valentina Butto  
Aquarelle

# Vulnérabilité à la sécheresses et au dépérissement des arbres affectés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette

---

2023

Lorena Balducci, Annie Deslauriers, Sylvain Delzon, Clara Devautour,  
Richard Berthiaume, Patrick Perreault

**Mitacs**

**UQAC**  
Université du Québec  
à Chicoutimi

**INRAE**

biogeco

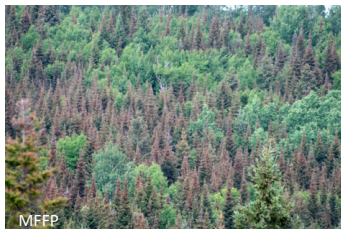


Société de protection  
des forêts contre  
les insectes et maladies

# Perturbations naturelles



- Les perturbations en forêt boréale



- La TBE limite la croissance et cause la mortalité
  - Interaction défoliation x relation hydrique?
  - Est-ce que des épisodes de sécheresses peuvent augmenter la mortalité?
  - Comment en tenir compte pour l'aménagement?

# Relations hydriques et défoliation



- Les effets directs de la défoliation sur les relations hydriques – l'absorption et le transport de l'eau – ne sont pas souvent étudiés ou pris en compte
- Beaucoup d'expérience mais sur des semis/milieu contrôlé
  - **Effets positif de la défoliation:** 1 an de défoliation réduit les pertes en eau lors d'une sécheresse (semis épinette noire)
  - **Effets négatif de la défoliation :** diminution de la taille des feuilles (feuillus), effets physiologiques similaire à la sécheresse



# Relations hydriques et défoliation

## Paradoxe de la défoliation

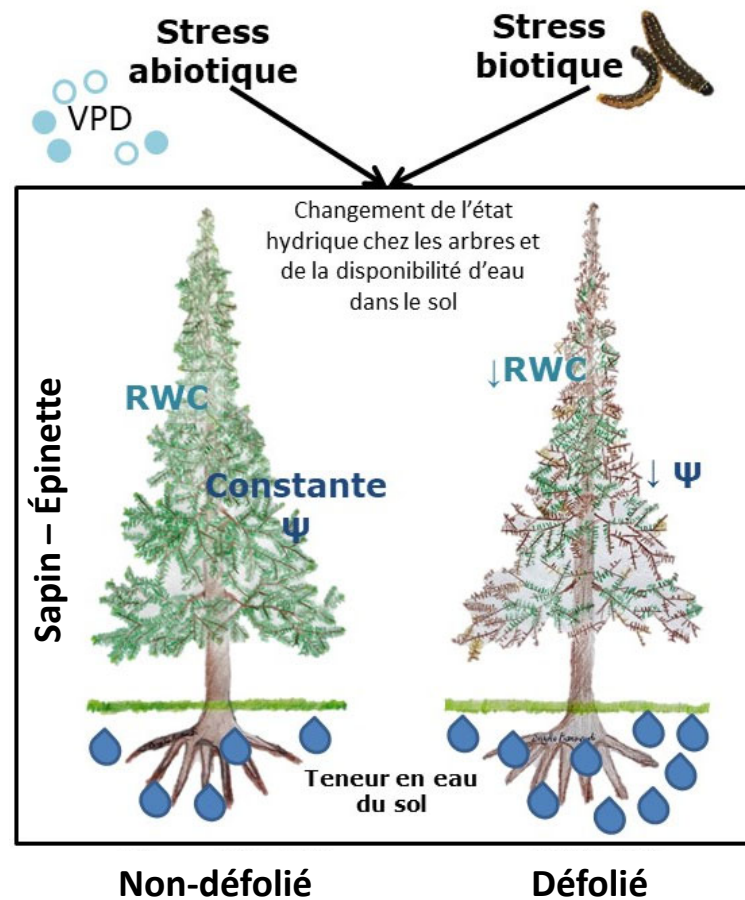
(Balducci et al., 2020 Agri For Meteo)

- Diminution du potentiel hydrique (tension de l'eau dans le xylème plus forte pour absorber l'eau du sol)
  - Épinette noire
  - Sapin baumier
- Augmentation du contenu en eau du sol!

**RWC**: Contenu relatif en eau

$\Psi_{md}$  : Potentiel hydrique mi-jour

**VWC**: Contenu en eau du sol





# La cavitation dans le xylème

---

- **Cavitation** : Formation de bulle d'air dans le xylème – compromet le transport de l'eau et la vitalité de l'arbre

Bulle d'air formée par la cavitation



Source: Hervé Cochard (INRA, Clermont-Ferrand, France)

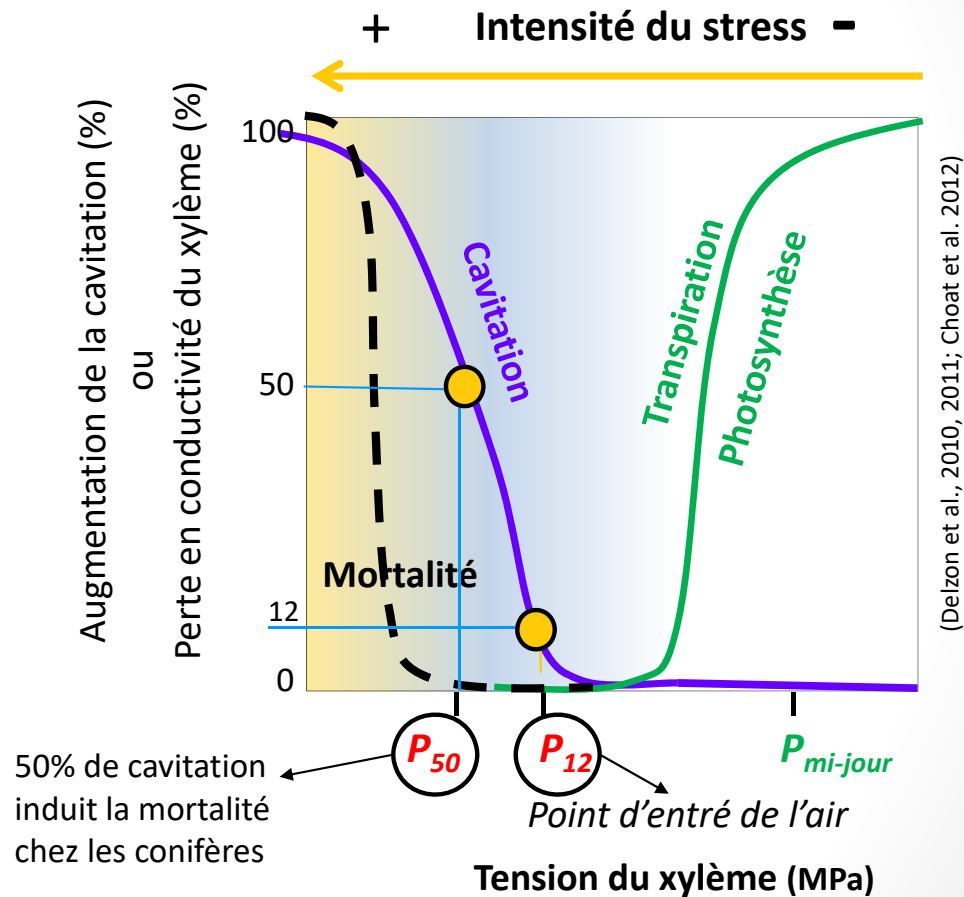
## **Courbe de vulnérabilité à la cavitation:**

- permet de savoir le potentiel hydrique ( $\psi$ ) où il y a 50% de cavitation
- Seuil de la vitalité chez les conifères

Interaction avec la défoliation?

# La cavitation dans le xylème

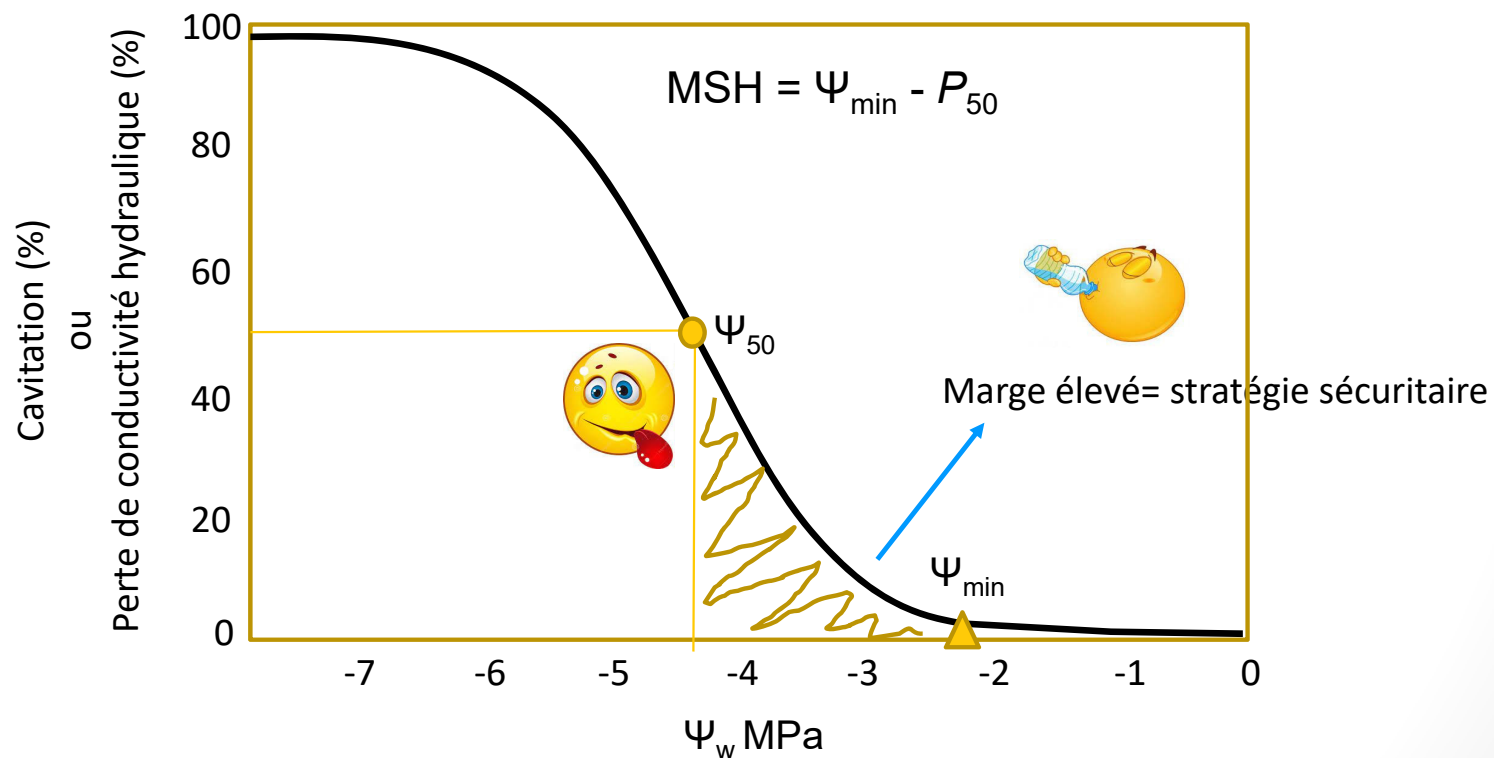
La résistance à la cavitation est un trait du xylème qui permet d'expliquer la vitalité des arbres sous stress hydrique – aussi sous défoliation



50% de cavitation induit la mortalité chez les conifères

# La cavitation dans le xylème

Marge de sécurité hydraulique (MSH): jouer « *safe* » ou risquer sa vie!



# Objectifs

---



- Relations entre les conditions du site et les caractéristiques hydrauliques expliquant la vulnérabilité et la vitalité des arbres sous défoliation
  - Pression du xylème induisant une perte de conductivité de 50% (pourcentage de perte de conductivité de l'eau, PLC%)
  - Marge de sécurité hydraulique (MSH)
  - Sapin baumier – Épinette noire – Épinette blanche



# Méthodes

## Design expérimentale

**2022** (*n total* = 32 sites)  
*n* = 13 SAB  
*n* = 12 EPN  
*n* = 13 EPB

## Facteurs abiotique

Classes de drainage:  
 (well,  
 moderately well,  
 well,  
 imperfect)

% défoliation  
 (Piene, 1981;  
 Fettes, 1950)



## Facteur biotique



## Variables mesurées

Branches



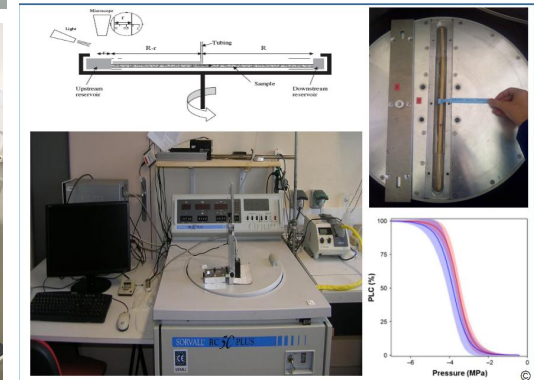
Xylème



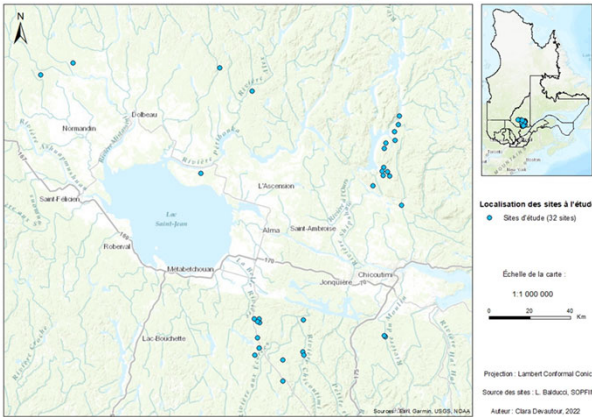
Potentiel hydrique mi-jour  
 ( $\psi_{md}$ ; 2022)



Courbes de vulnérabilité  
 ( $P_{12}$ ,  $P_{50}$ , and MSH, 2022)



Source: Sylvain Delzon (Univ. Bordeaux, INRAE, BIOGECO, France)



## Analyses statistiques

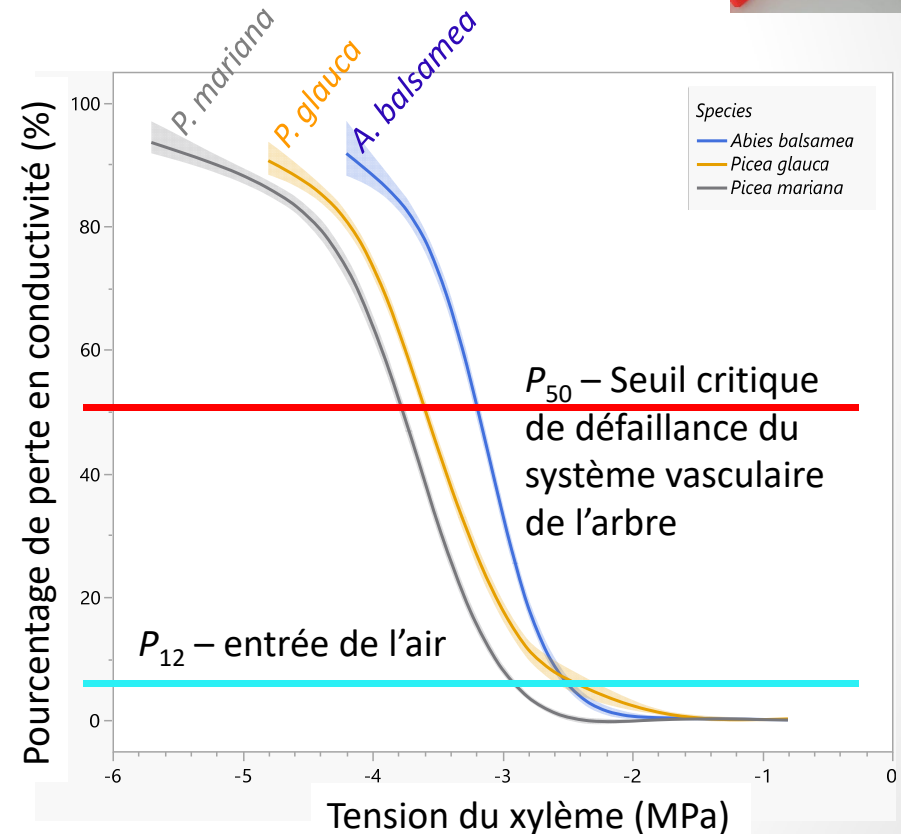
Modèle linéaire mixte (LMM) pour évaluer l'effet des espèces, du drainage du sol et de la défoliation

# Résultats et discussion

## Courbes de vulnérabilité à la cavitation:

- $P_{12}$  – Entrée de l'air dans le xylème
  - SAB – EPB atteignent la valeur  $P_{12}$  value à une tension du xylème plus élevée
- $P_{50}$  – Seuil critique (tension du xylème où 50% de perte en conductivité)
  - SAB > EPB > EPN
  - EPN:  $P_{50}$  plus negative = espèce la plus résistante à la cavitation du xylème

Espèce	$P_{12}$ (MPa)	$P_{50}$ (MPa)	MSH (MPa)
SAB	-2.74 <sup>a</sup>	-3.19 <sup>a</sup>	1.48 <sup>a</sup>
EPB	-2.81 <sup>a</sup>	-3.47 <sup>b</sup>	1.52 <sup>a</sup>
EPN	-3.23 <sup>b</sup>	-3.82 <sup>c</sup>	2.03 <sup>b</sup>



# Résultats et discussion

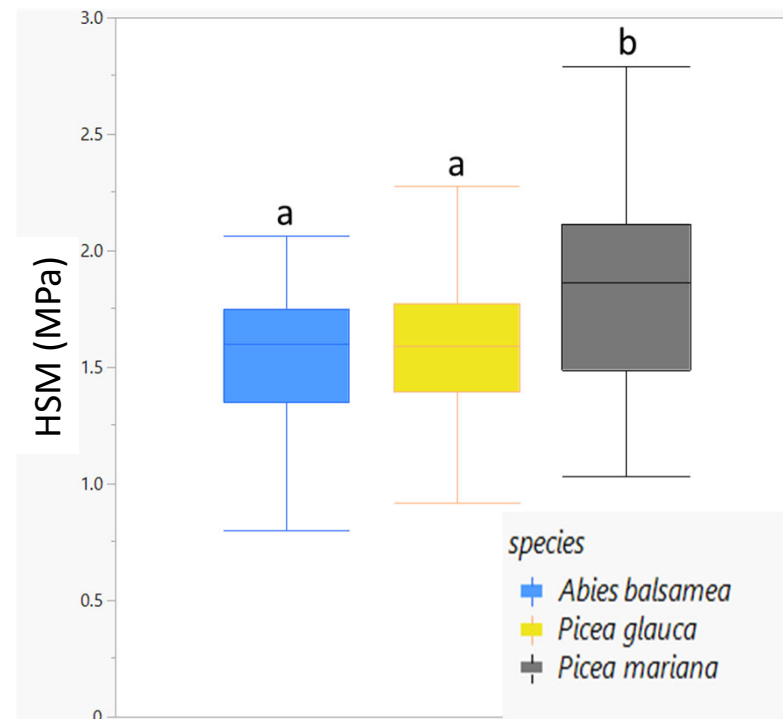


- Marge de sécurité hydraulique (MSH)
  - **SAB et EPB** marge plus étroite, valeurs dans le quartile inférieur < à 1 MPa
  - **EPN** marge plus large > 1 MPa

$$\text{MSH} = \Psi_{\min} - P_{50}$$

- Étroite = risque majeur de mortalité
- Large = moindre risque de mortalité

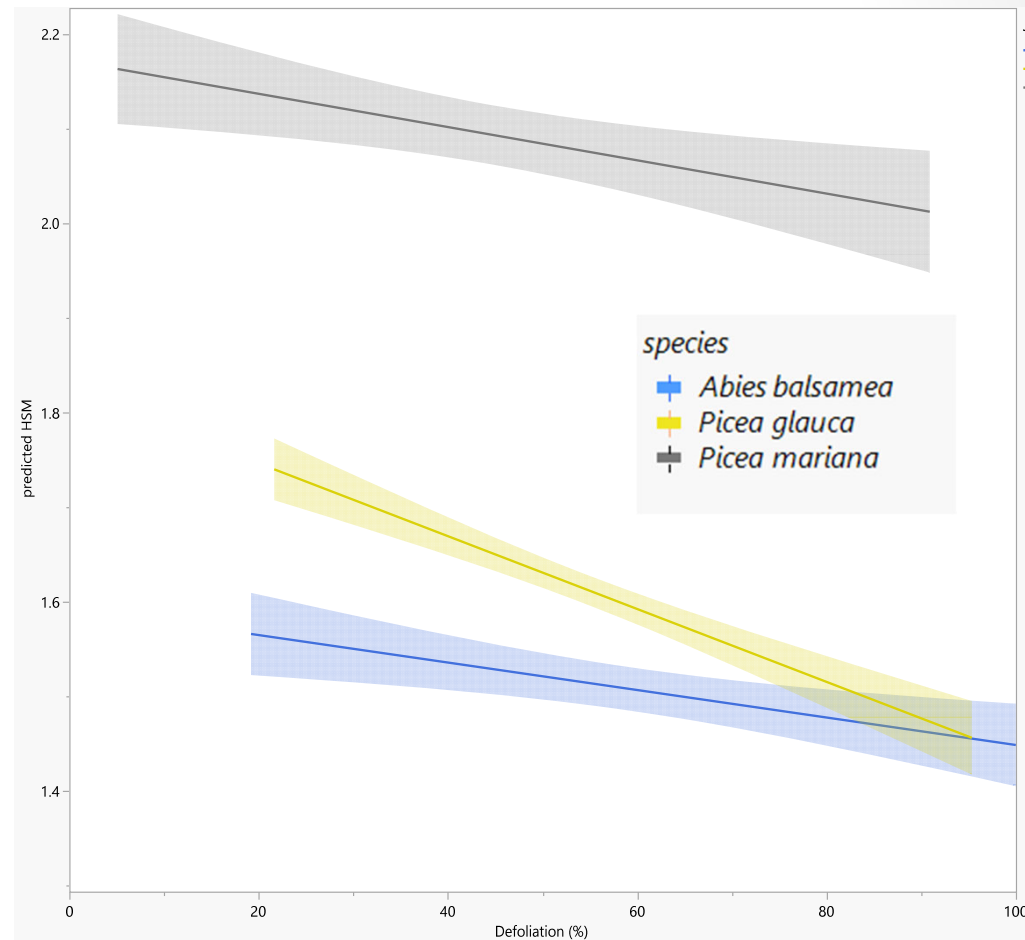
Espèce	$P_{12}$ (MPa)	$P_{50}$ (MPa)	MSH (MPa)
SAB	-2.74 <sup>a</sup>	-3.19 <sup>a</sup>	1.48 <sup>a</sup>
EPB	-2.81 <sup>a</sup>	-3.47 <sup>b</sup>	1.52 <sup>a</sup>
EPN	-3.23 <sup>b</sup>	-3.82 <sup>c</sup>	2.03 <sup>b</sup>



# Résultats et discussion

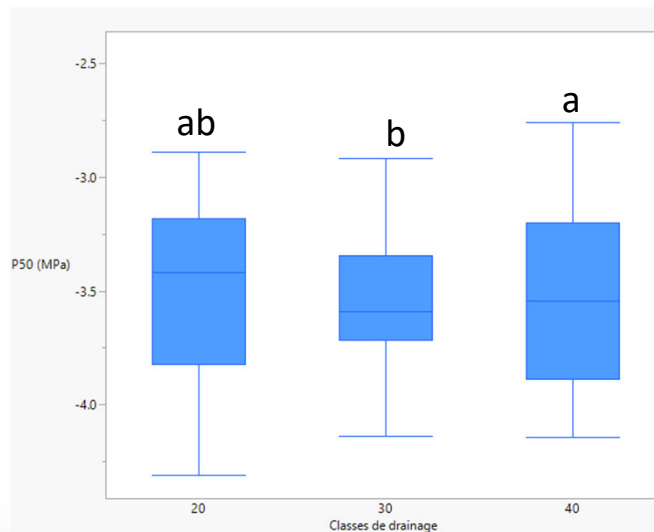


- Diminution de la marge hydraulique avec l'augmentation de la défoliation
  - Le **sapin baumier** et l'**épinette blanche** sont plus sensibles à un niveau plus élevé de défoliation
  - L'épinette blanche diminue rapidement et pourrait être plus vulnérable que le sapin baumier à plus forte défoliation
  - L'épinette noire évite largement l'effet négatif de la défoliation. C'est l'espèce la plus tolérante à la cavitation



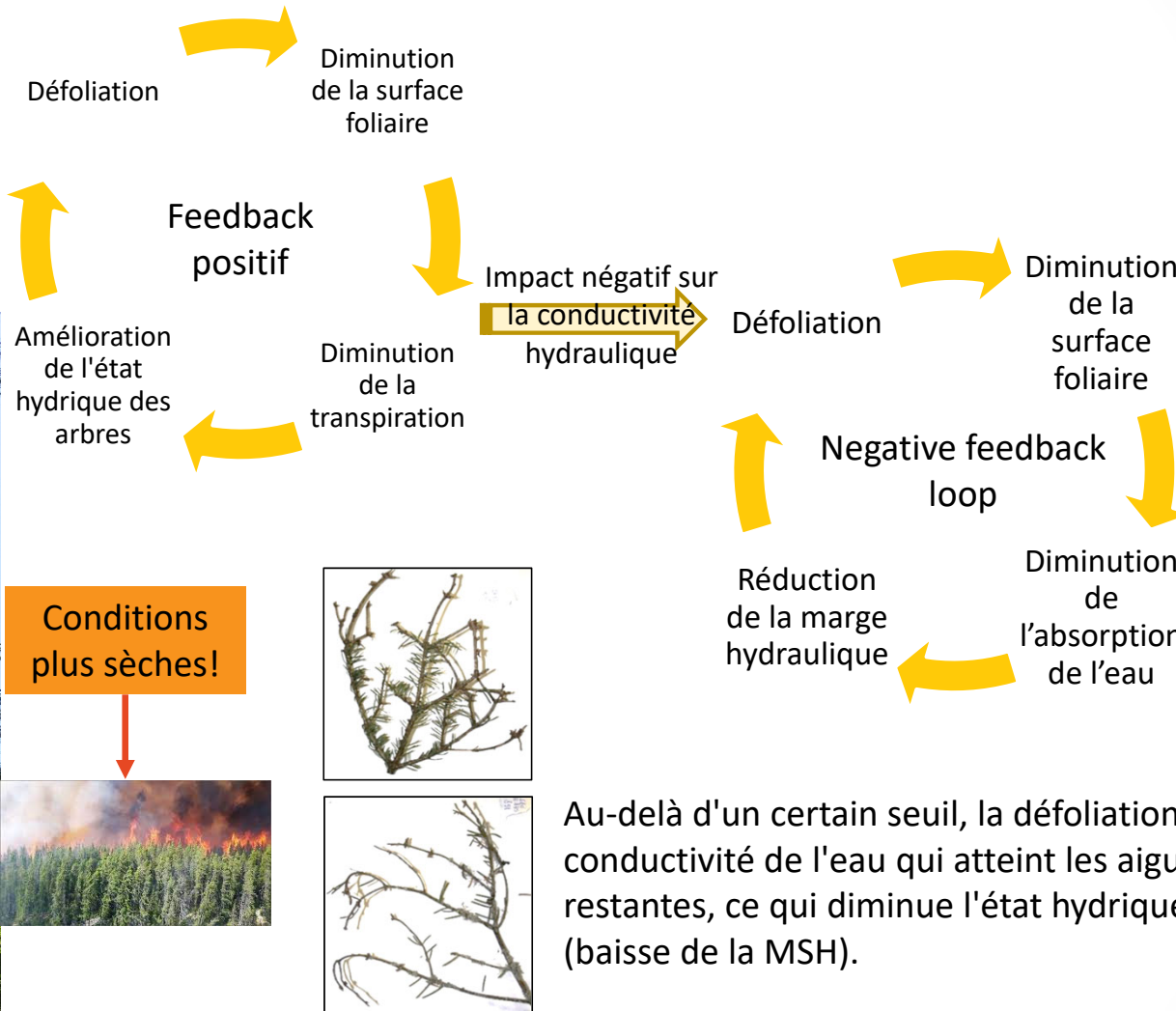
# Lien avec le sol et l'aménagement

- Lien avec le drainage du sol
  - Effet significatif du drainage du sol sur  $P_{50}$
  - Dans les sites à drainage imparfait,  $P_{50}$  moins négatif comparativement les sols modérément bien drainés.
  - Essences qui se régénèrent bien dans les sites pauvres et mal drainées plus susceptible à la cavitation.
- Lien avec l'aménagement (en cours, MSc de Clara Devautour)
  - Définition des patrons spatiaux de vulnérabilité en utilisant les changements dans les traits hydrauliques (cavitation et anatomie) et des indices de dépérissements des peuplements (SLSJ)
  - Élaborer une cartographie de la susceptibilité des essences sous défoliation qui pourra constituer un outil important pour l'aménagement du territoire.





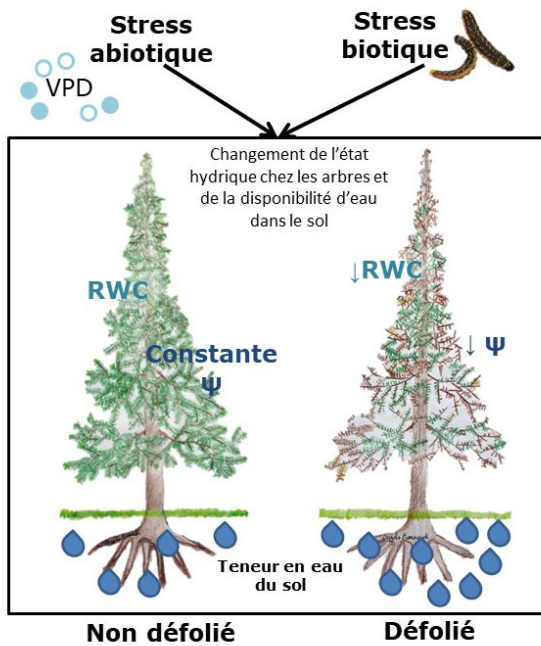
Un peu c'est positif!



Au-delà d'un certain seuil, la défoliation réduit la conductivité de l'eau qui atteint les aiguilles restantes, ce qui diminue l'état hydrique de l'arbre (baisse de la MSH).



# Merci ! Questions ?



© Lorena Balducci



© Lorena Balducci

# Relations hydriques et défoliation

