

Avons-nous tout compris de la croissance des arbres?



Valentina Buttò, PhD (elle/she/her)
Professeure
Institut de recherche sur les forêts (IRF) |
Campus Rouyn-Noranda

Mon parcours



Dendro-anatomie
Relations climat – traits fonctionnels

Maîtrise
Università di Padova
Giai Petit
Angela L Prendin



Coulée et
productivité dans
les érablières

Postdoc
UQO-UQAC
Sergio Rossi
Sylvain Delagrange

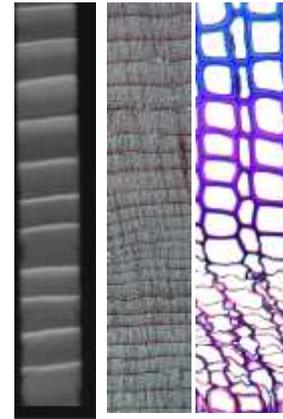


Baccalauréat
Università di
Palermo



Doctorat
sciences de
l'environnement
UQAC

Hubert Morin
Annie Deslauriers
Sergio Rossi



Phénologie et dynamiques de
développement– anatomie du bois
densité du bois – modélisation de
croissance - mise à l'échelle

Professeure
Institut de recherche sur les forêts
(IRF) - UQAT

Axe de recherche :

Modélisation des mécanismes de
croissance et allocation de
ressources

Mise à l'échelle de l'arbre à
l'écosystème

Écophysiologie et perturbation
anthropiques et naturelles

Sciences forestières et environnementales
(eq ing. Forestier en Italie)

Avons-nous tout compris de
la croissance des arbres?

Non.



Avons-nous tout compris de la croissance
des arbres pour faire des prédictions pour
le futur?



Encore moins

Déjà...pourquoi la croissance?

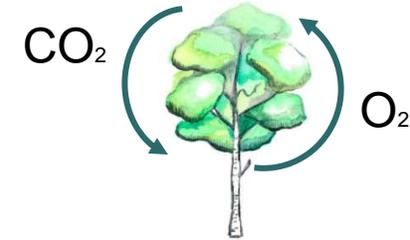
A la base du calcul de la
possibilité forestière:



**Les prédictions de croissance ont
des aspects stratégiques**

Aspects économiques

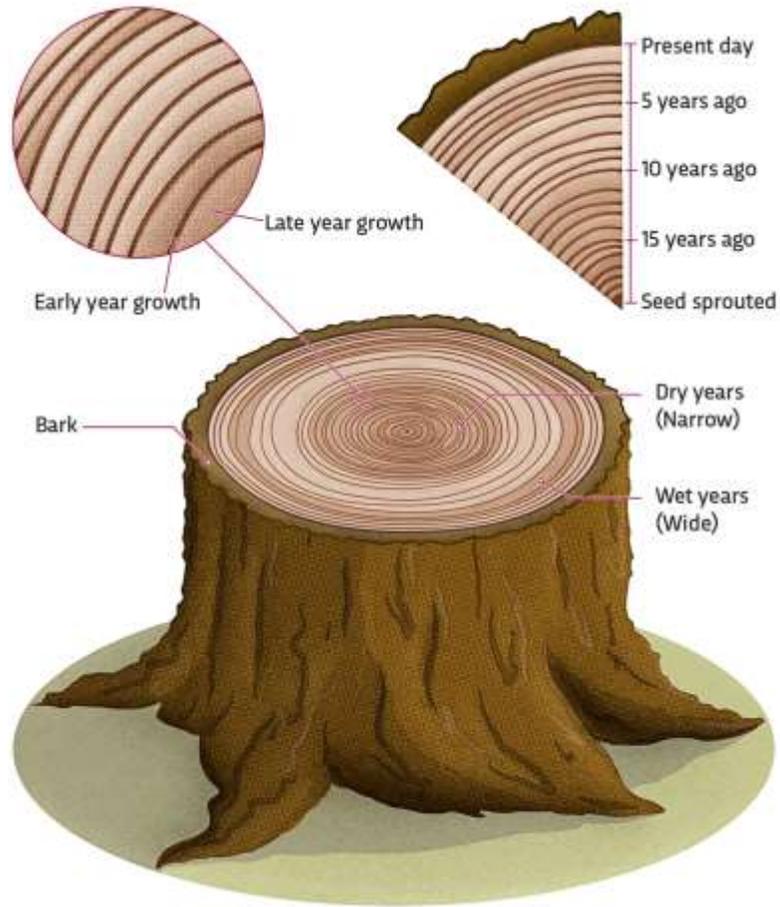
Reliées à la séquestration de carbone et
aux dynamiques forestiers



**Services écosystémiques
Mitigation du changement
climatique**

Plusieurs modèles empiriques peuvent faire des prédictions à plusieurs échelles

Généré à partir de nos observations, mesures et expériences



Prédictions basées sur les réponses de croissances aux variables environnementales des années précédentes

Conséquences:

Étroite lien avec les données d'entraînement



Les prédictions sont basées sur des modèles empiriques*

Quelques exemples des modèles empiriques utilisés au Québec



Échelle du peuplement

Artemis

Natura

Et dans le monde



Échelle de l'arbre

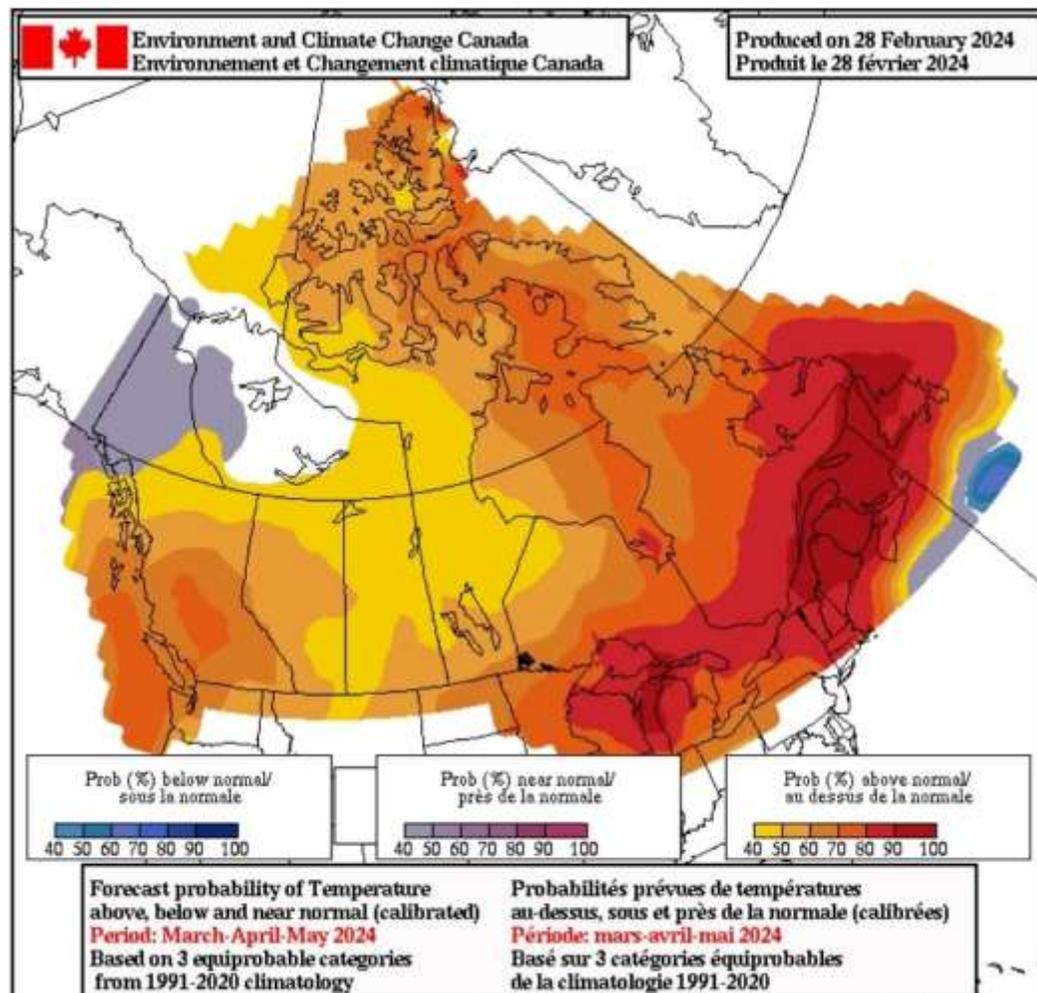
SaMARE

Ex. Vaganov-sushkin

*Où basés sur des relations empiriques



Avec le changements climatique.... Il n'y a plus de saisons



Des fluctuations très éloignées des patrons historiques

Plus d'incertitude sur les prédictions basées sur les modèles empiriques...

Effet d'interaction des perturbations ayants de nouveaux régimes?

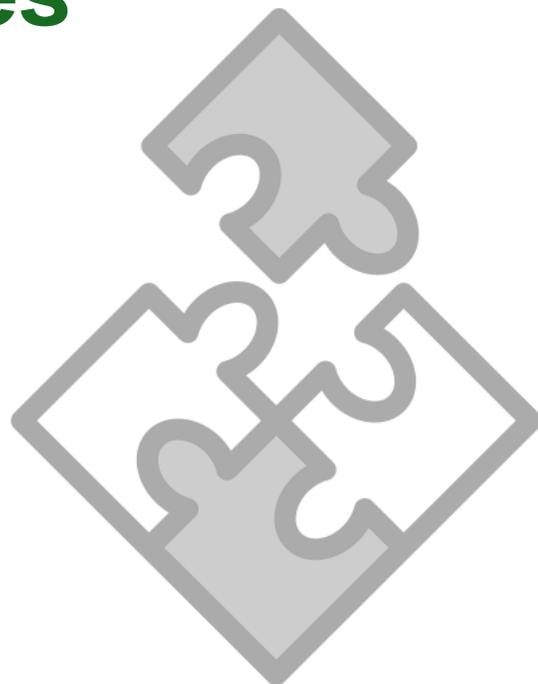
Avec le changements climatique.... Il n'y a plus de saisons

Modèles empiriques

Très intéressant à court-moyen terme

Peuvent nourrir des réflexions sur les processus

Très utiles pour repérer des informations à grande échelle



Modèles basés sur le processus

Basés sur une compréhension des mécanismes et des processus de croissance

Plus de potentiels pour prévoir la croissance à long terme

Attention: parfois la définition dépend de la conception des équipes de recherche

La démarche de modélisation de croissance basée sur les processus:



Croissance primaire

- 🍁 Exploration de l'espace aérienne
- 🍁 Photosynthèses
- 🍁 stockage de carbone

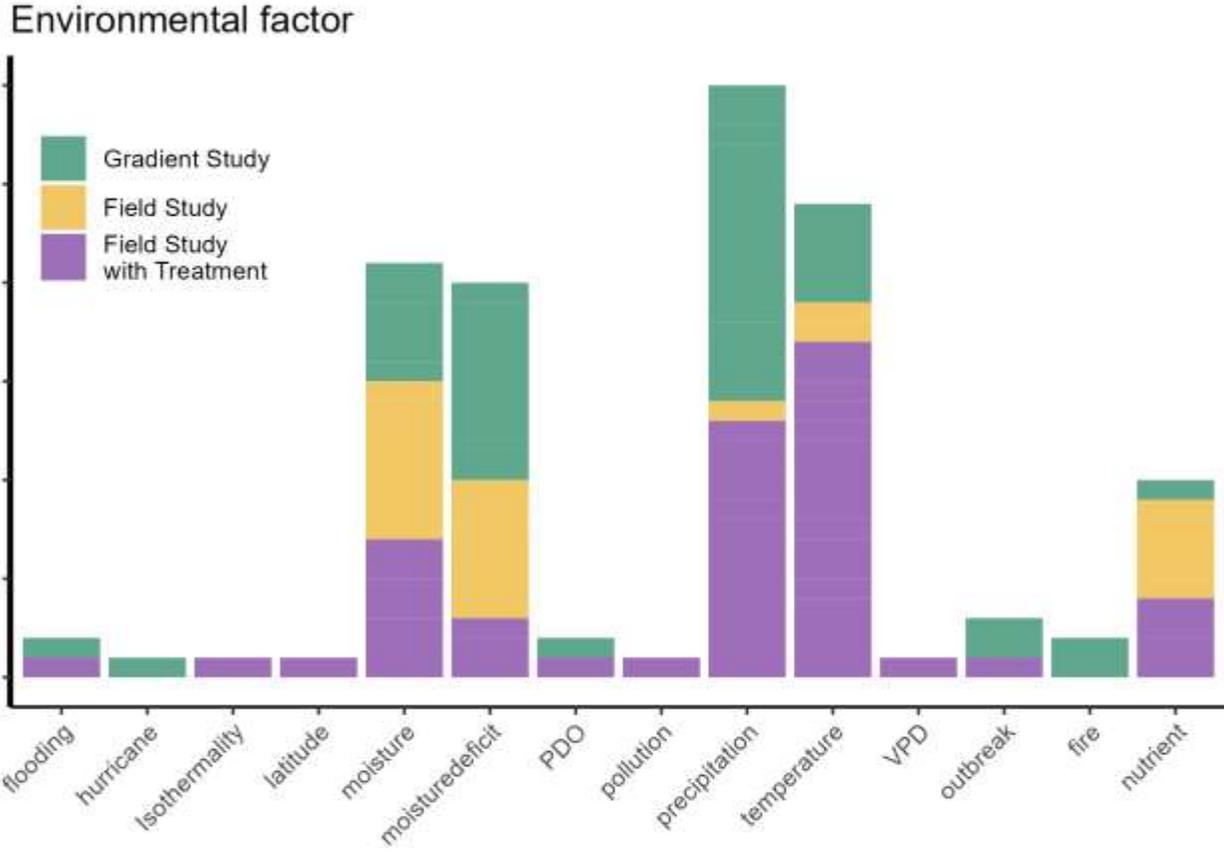
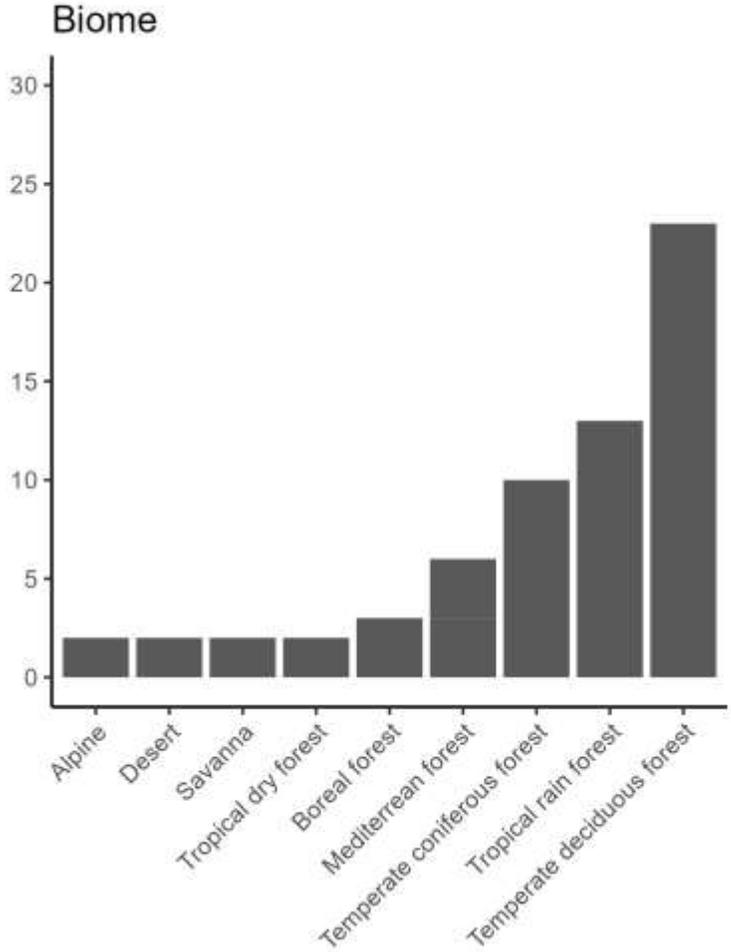


Croissance secondaire

- Capacité de transport en eau
- Support mécanique
- stockage de carbone

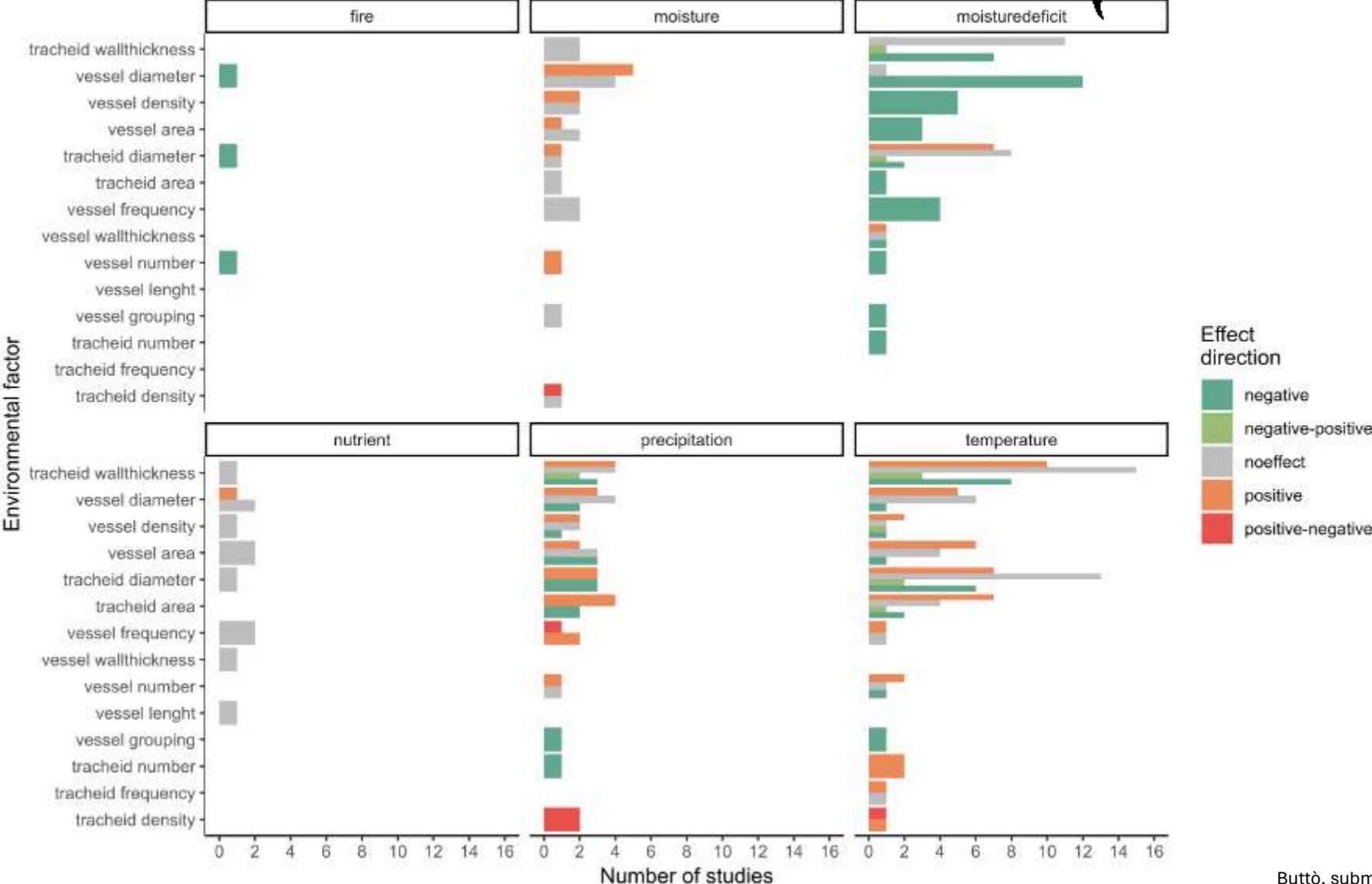
🍁 Intégration des traits fonctionnels = **possibilité d'intégrer la résilience des peuplements et leur réponses environnementaux**

Variabilité des traits du bois en fonction de l'environnement



La démarche de modélisation de croissance basée sur les processus: les moteurs de la variabilité des traits

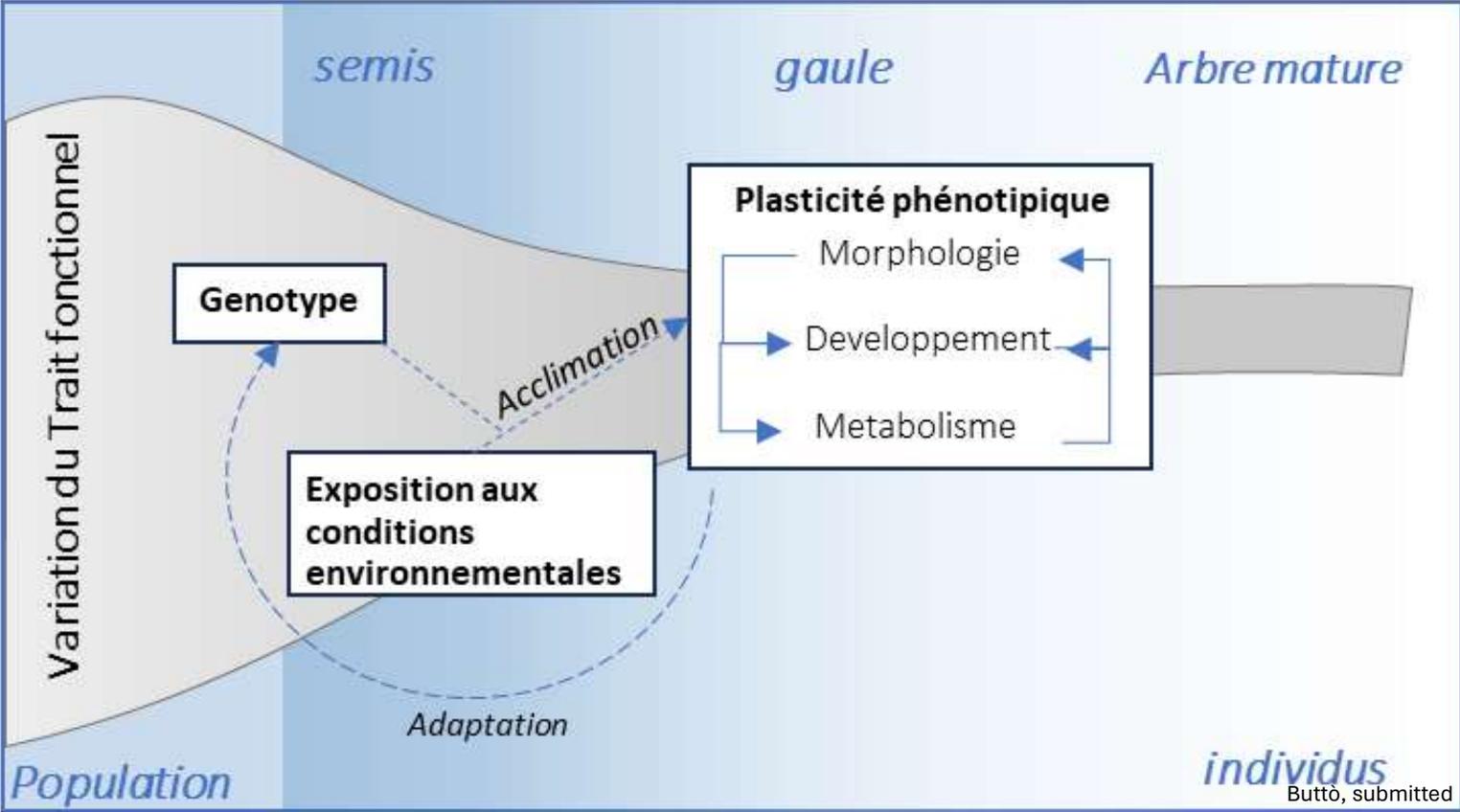
WHAT?



Effets des facteurs environnementaux sur les traits cellulaires dans la littérature (derniers 5 ans)

- Pearson's correlations - 36%,
- linear mixed model - 27%
- ANOVA - 15%
- linear regressions - 5%

La démarche de modélisation de croissance basée sur les processus: les moteurs de la variabilité des traits



Trait du bois:

Lien exposition aux conditions
environnementales

97 études dans le monde dans les derniers
5 ans

Processus et mécanismes qui déterminent la variabilité de traits fonctionnels qui caractérisent la croissance

Mes études:



Variabilités inter et intra saisonnière de:

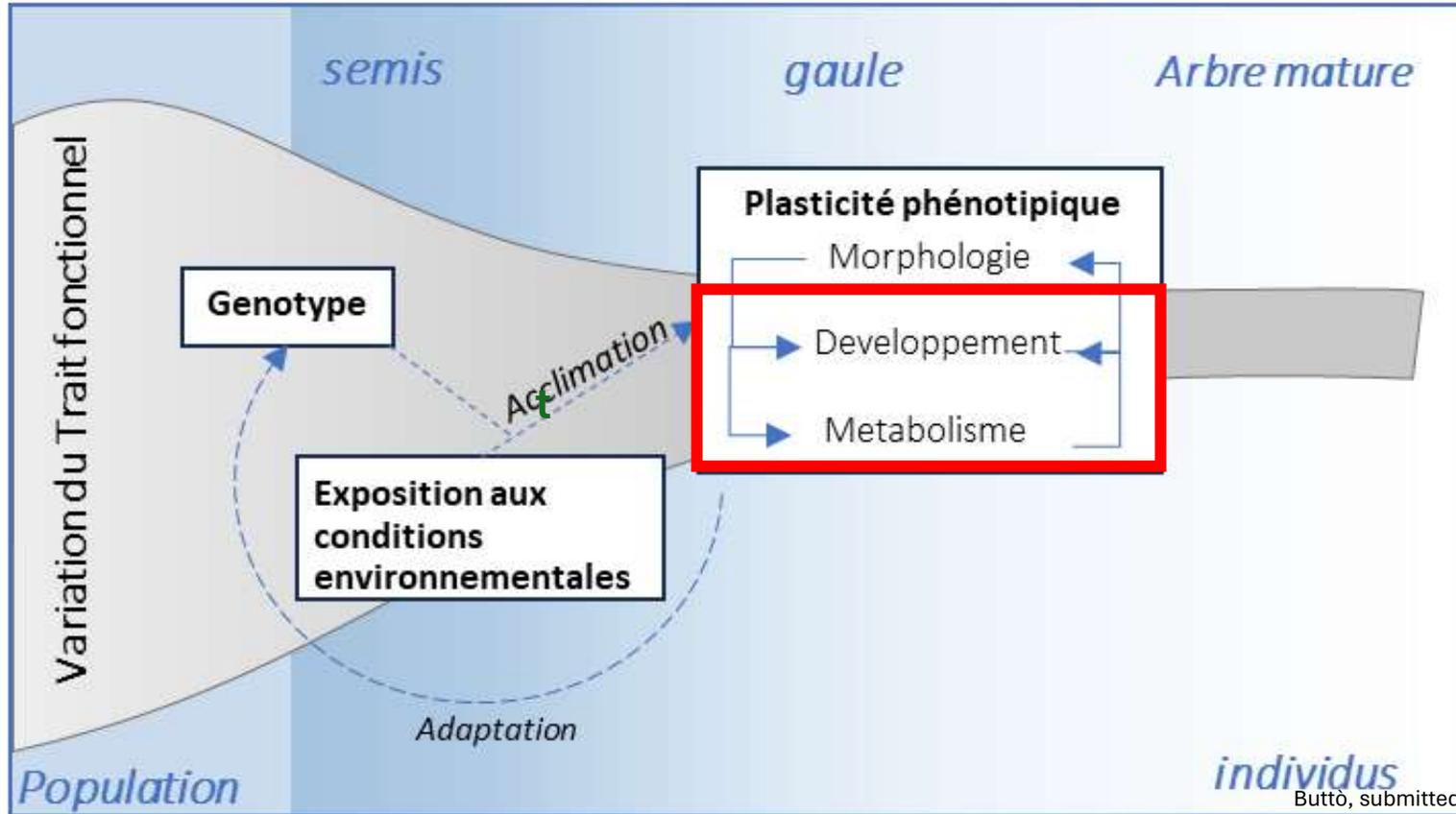
Densité du bois

■ Taille des cellules du bois

□ Épaisseur de paroi des cellules du bois

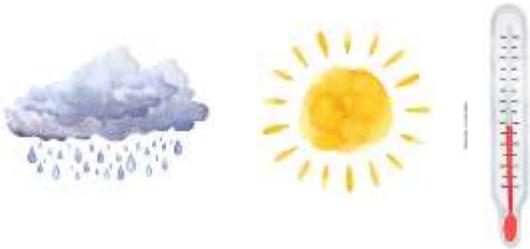
Traits liés à la croissance et à la résilience des arbres

Développement des traits à partir des séries de formation du bois



Traits liés à la croissance et à la résilience des arbres

**Historiquement associé à
des variables
environnementales:**



(Richardson and Dinwoodie, 1960; Larson, 1964; Gordon and Larson, 1968, Hao et al., 2013).

Traits liés à la croissance et à la résilience des arbres

Historiquement associé à des variables environnementales:



(Richardson and Dinwoodie, 1960; Larson, 1964; Gordon and Larson, 1968, Hao et al., 2013).

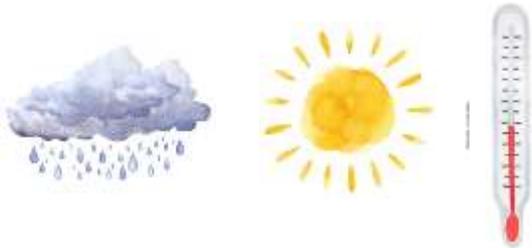
Beaucoup d'information dans des régions éloignées (facteur limitant)



Focus pour les réponses de croissance à long terme (études dendro-chronologiques)

Traits liés à la croissance et à la résilience des arbres

Historiquement associé à des variables environnementales:



(Richardson and Dinwoodie, 1960; Larson, 1964; Gordon and Larson, 1968, Hao et al., 2013).

Beaucoup d'information dans des régions éloignées (facteur limitant)



Focus pour les réponses de croissance à long terme (études dendro-chronologiques)

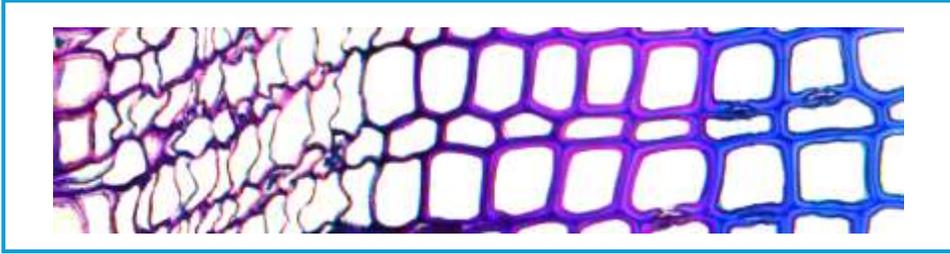
Critique chez certaines espèces: par ex: Très peu de réponse aux stress chez l'épinette noire (anatomie, phénologie)



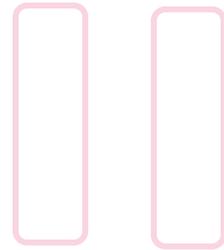
Belien et al., 2012; Balducci et al., 2016; Sniderhan et al., 2018), Chen et al. (2019)

Traits liés à la croissance et à la résilience des arbres

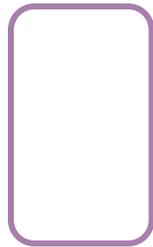
Lien développement- anatomie et densité du bois



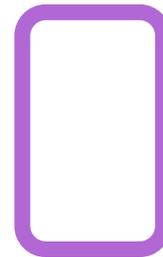
Un bébé cerne ça rassemble à ça!



Division cellulaire



élargissement



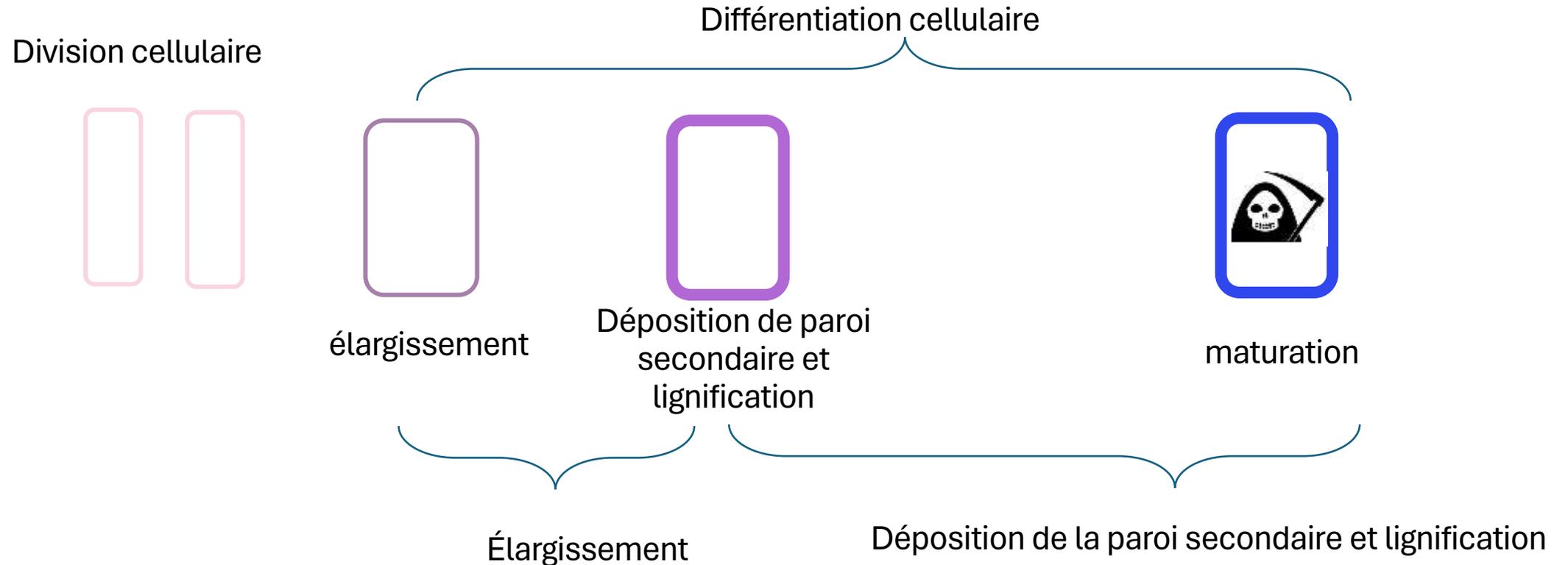
Déposition de paroi
secondaire et
lignification



maturation

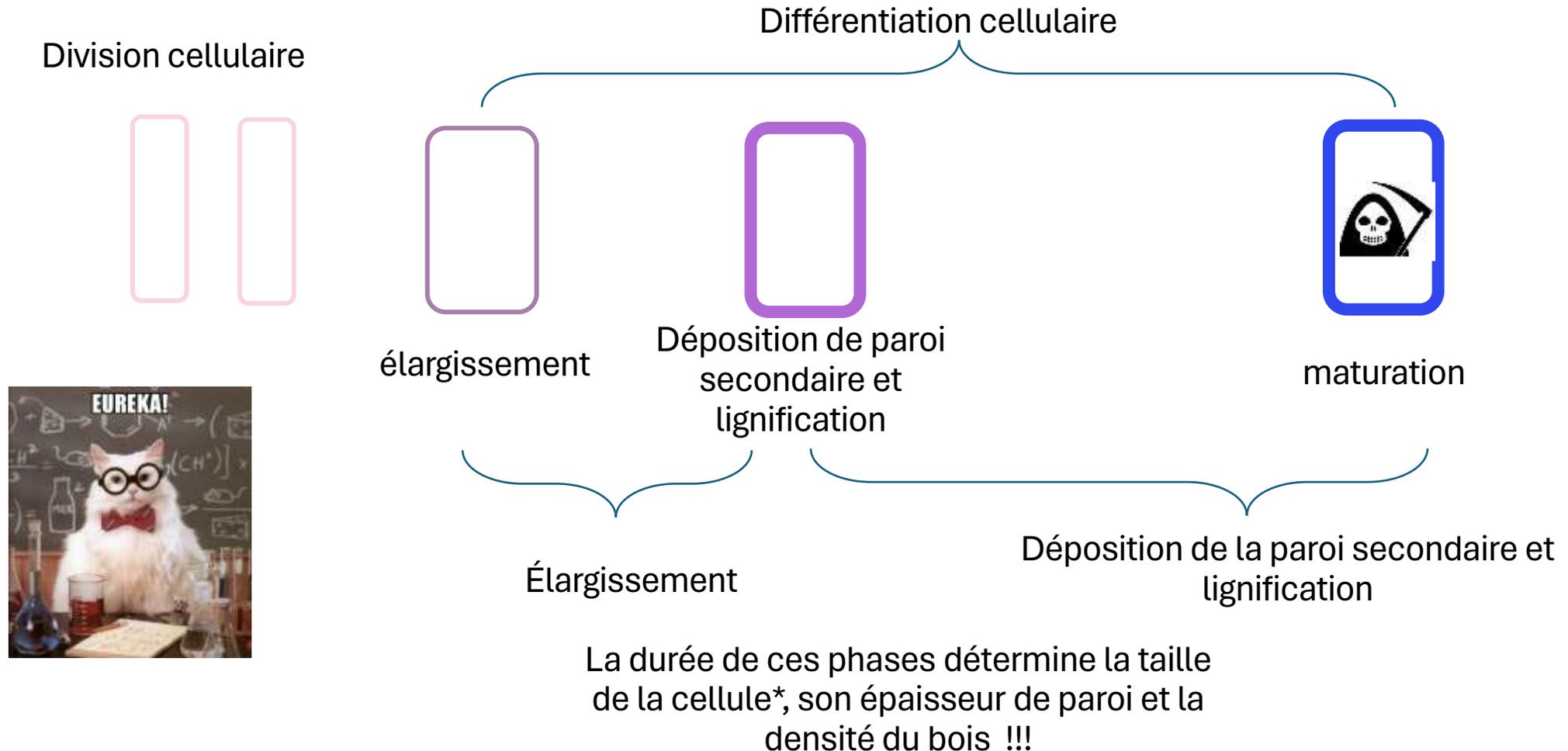
Traits liés à la croissance et à la résilience des arbres

Lien développement- anatomie et densité du bois



Traits liés à la croissance et à la résilience des arbres

Lien développement- anatomie et densité du bois

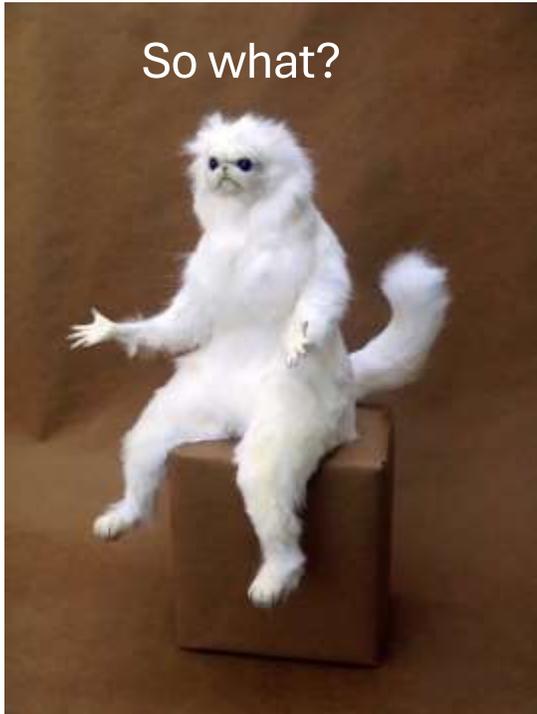


Buttò, Valentina, Sergio Rossi, Annie Deslauriers, and Hubert Morin. "Is size an issue of time? Relationship between the duration of xylem development and cell traits." *Annals of Botany* 123, no. 7 (2019): 1257-1265.

Buttò, Valentina, Philippe Rozenberg, Annie Deslauriers, Sergio Rossi, and Hubert Morin. "Environmental and developmental factors driving xylem anatomy and micro-density in black spruce." *New Phytologist* 230, no. 3 (2021): 957-971.

Traits liés à la croissance et à la résilience des arbres

La durée des phases de développement est **prédictive** de la **densité**



Les cellules ont des besoins écologiques différents pendant leur développement



mécanisme qui explique les différences de sensibilités de la croissance aux facteurs environnementaux

La relation entre développement et croissance n'est pas linéaire



La productivité n'augmente pas avec la température et la longueur de la saison de croissance *

* Même si d'autres facteurs ne deviennent pas limitant en même temps

Buttò, Valentina, Sergio Rossi, Annie Deslauriers, and Hubert Morin. "Is size an issue of time? Relationship between the duration of xylem development and cell traits." *Annals of Botany* 123, no. 7 (2019): 1257-1265.

Buttò, Valentina, Philippe Rozenberg, Annie Deslauriers, Sergio Rossi, and Hubert Morin. "Environmental and developmental factors driving xylem anatomy and micro-density in black spruce." *New Phytologist* 230, no. 3 (2021): 957-971.

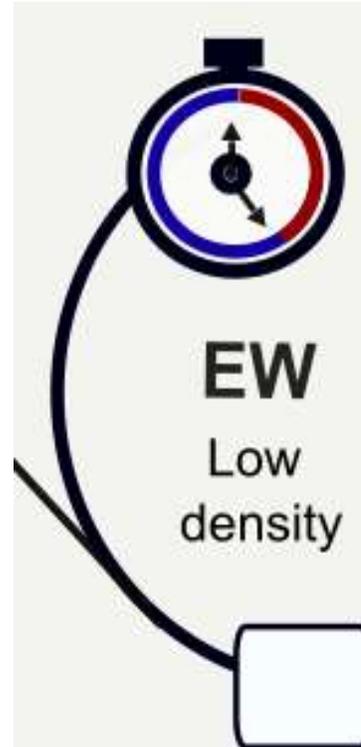
Traits liés à la croissance et à la résilience des arbres

Le développement est un moteur très important de la croissance

Bois initial

En rouge : durée de déposition de paroi
En bleu : durée d'agrandissement cellulaire

La proportion de temps passé en **bleu** dans le stade d'élargissement cellulaire augmente la taille de la cellule



Cellules plus grandes:
Ratio durée d'élargissement vs déposition de paroi

Disponibilité d'eau

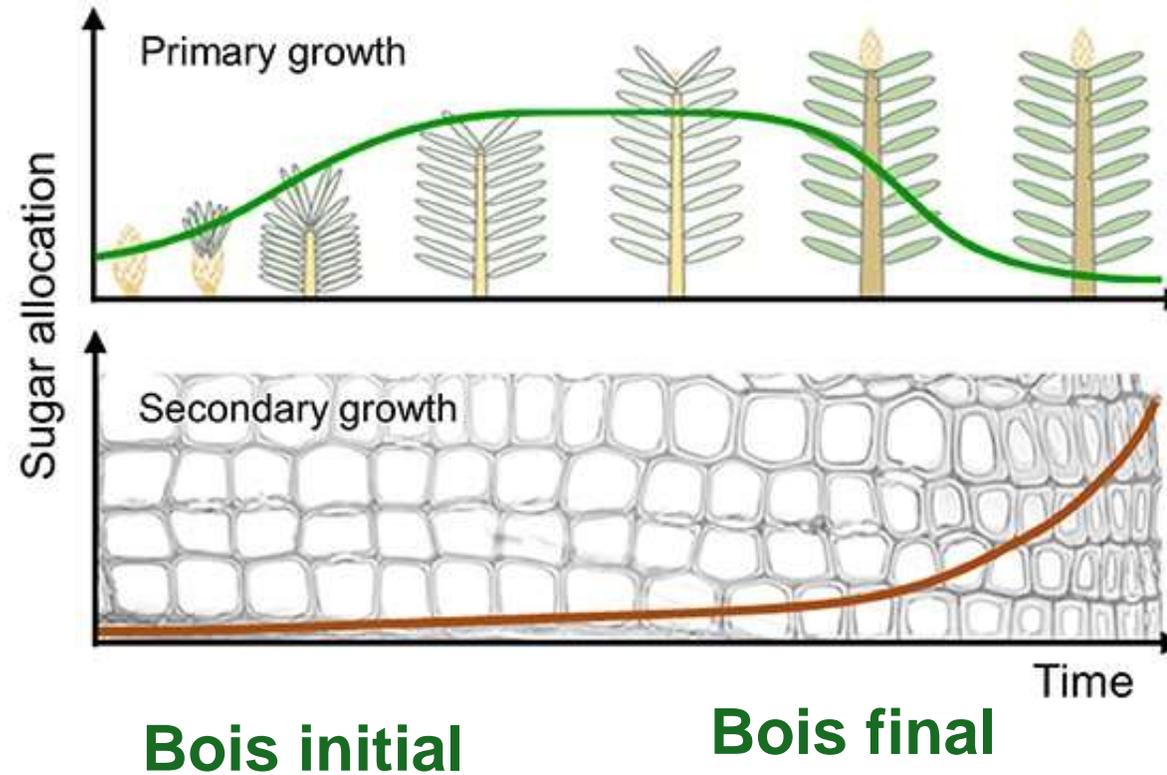


Photopériode longue (parois plus élastiques)



Et les moteurs du développement?

A Carbon partitioning throughout the growing season



Traits liés à la croissance et à la résilience des arbres

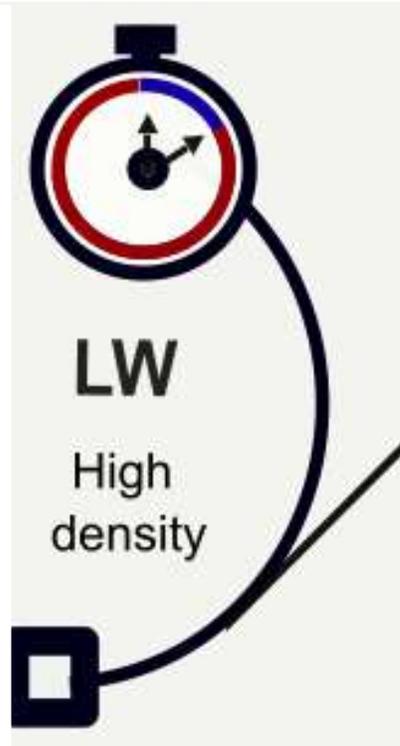
Le développement est un moteur très important de la croissance

En rouge : durée de déposition de paroi
En bleu : durée d'agrandissement cellulaire

Ratio durée d'élargissement vs déposition de paroi

Température (assimilation carbone + rubisco)

Photopériode plus courte (switch de priorité d'allocation de carbone)



Bois final

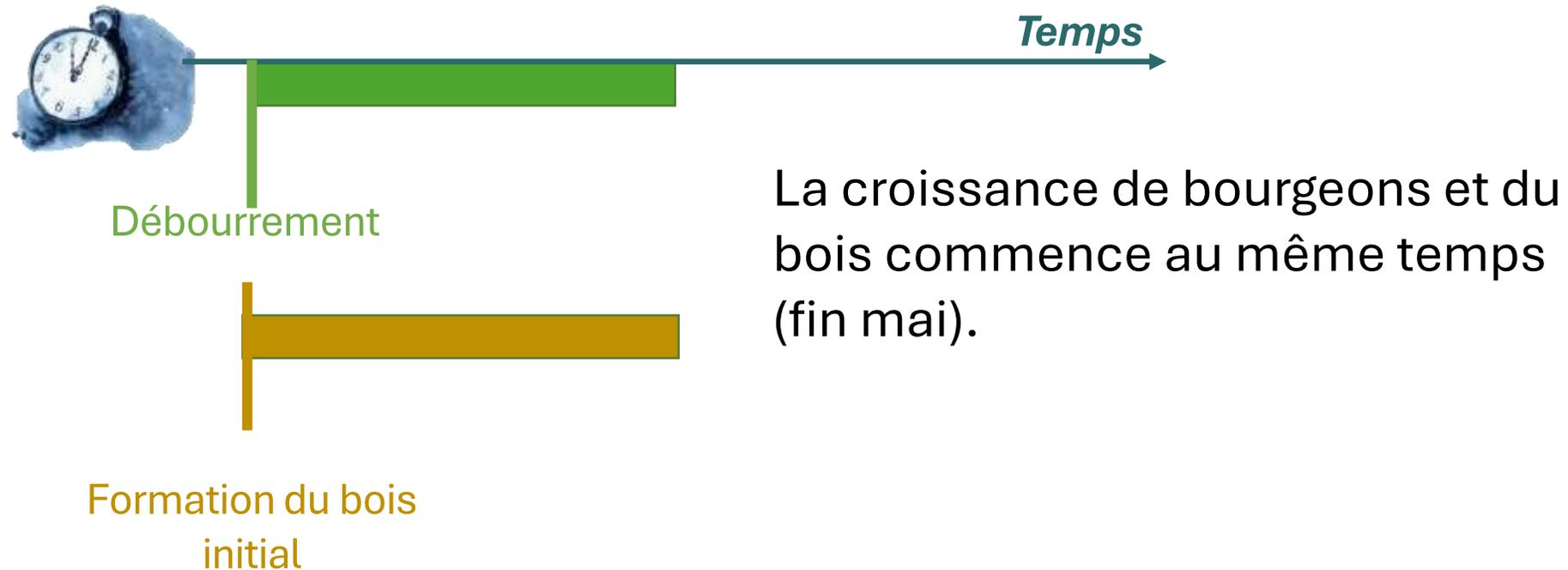
La proportion de temps passé en **déposition de paroi** augmente la quantité de paroi

La durée des phases développent est très **prédictive** de la **densité**

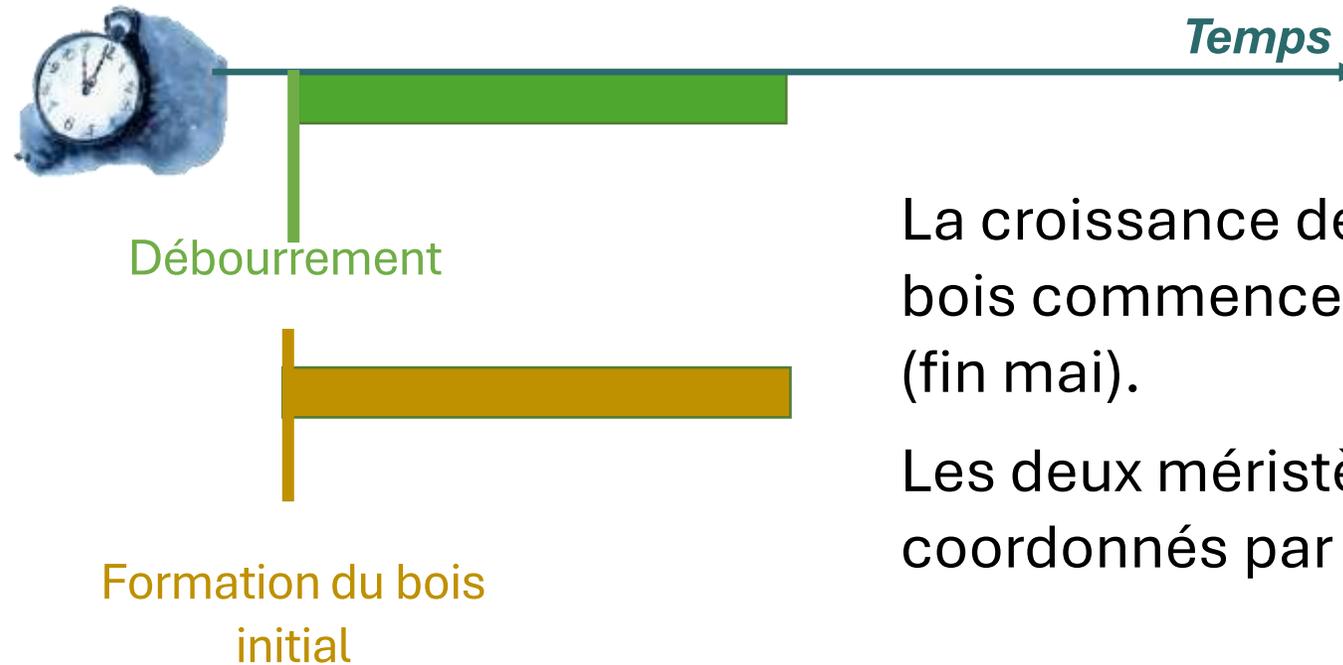
Buttò, Valentina, Sergio Rossi, Annie Deslauriers, and Hubert Morin. "Is size an issue of time? Relationship between the duration of xylem development and cell traits." *Annals of Botany* 123, no. 7 (2019): 1257-1265.

Buttò, Valentina, Philippe Rozenberg, Annie Deslauriers, Sergio Rossi, and Hubert Morin. "Environmental and developmental factors driving xylem anatomy and micro-density in black spruce." *New Phytologist* 230, no. 3 (2021): 957-971.

Et les moteurs du développement?



Et les moteurs du développement?



La croissance de bourgeons et du bois commence au même temps (fin mai).

Les deux méristèmes sont coordonnés par l'action de l'auxine

Et les moteurs du développement?



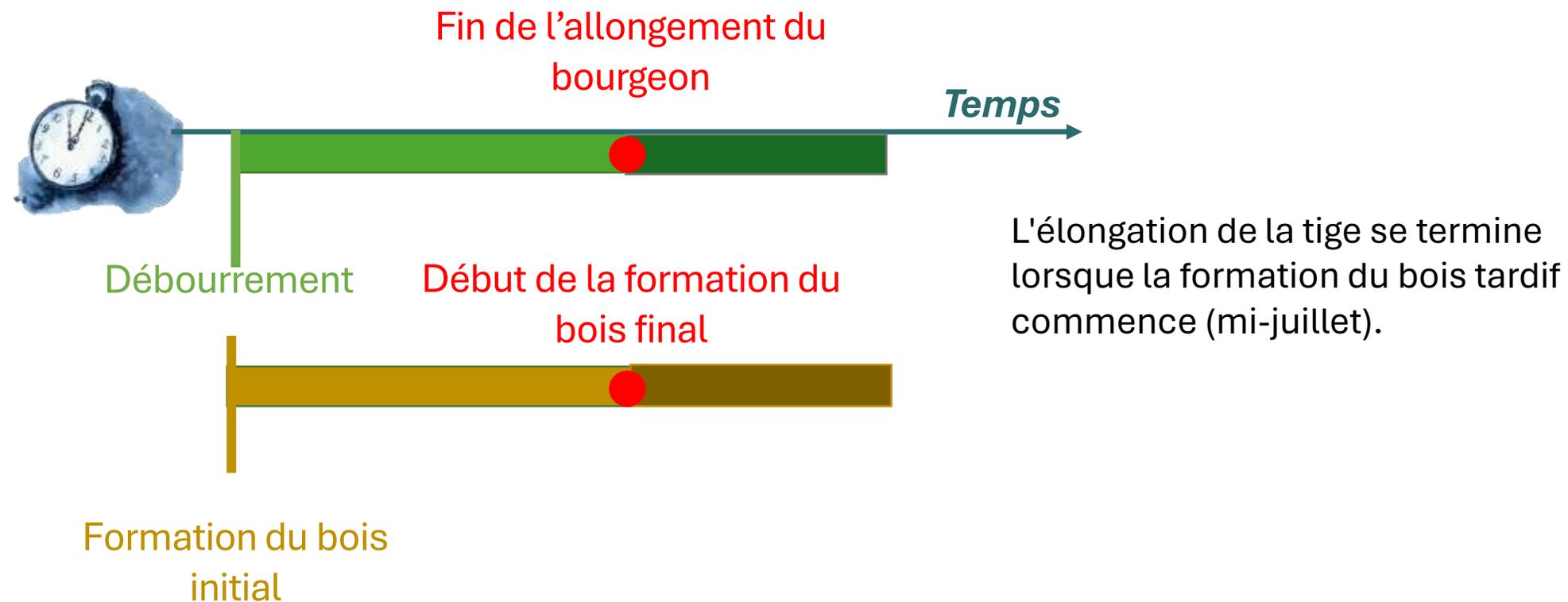
La **sensitivité** des tissus à l'auxine change pendant l'année

La production de cet hormone est liée à l'état de la canopée

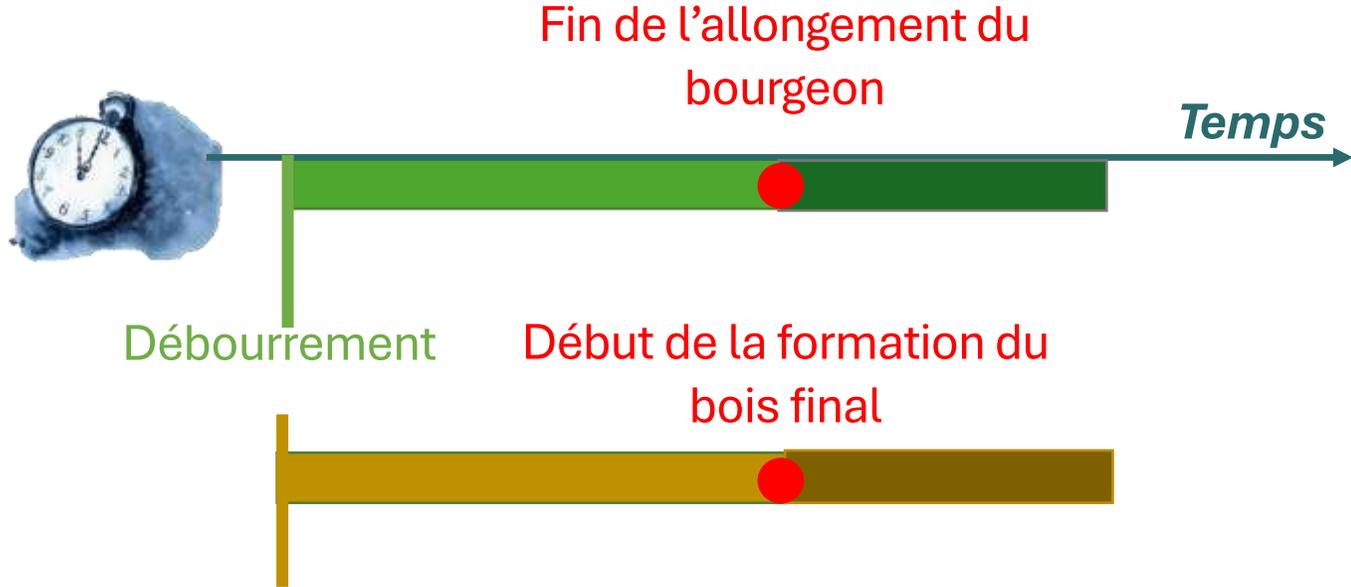


Est-ce que la **sensitivité** aux hormones détermine les stratégies de croissance des arbres ??

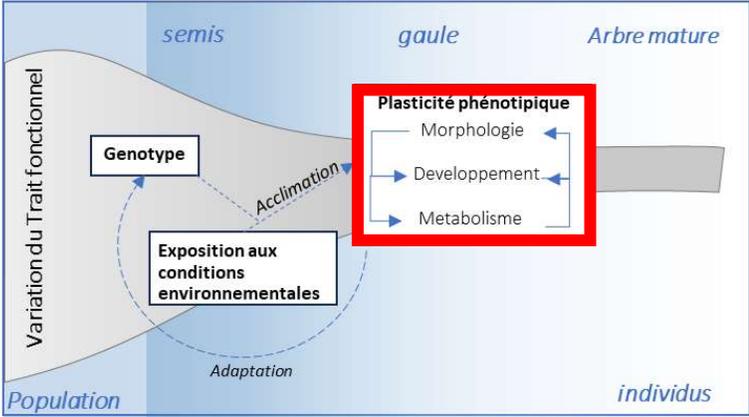
Et les moteurs du développement?



Et les moteurs du développement?

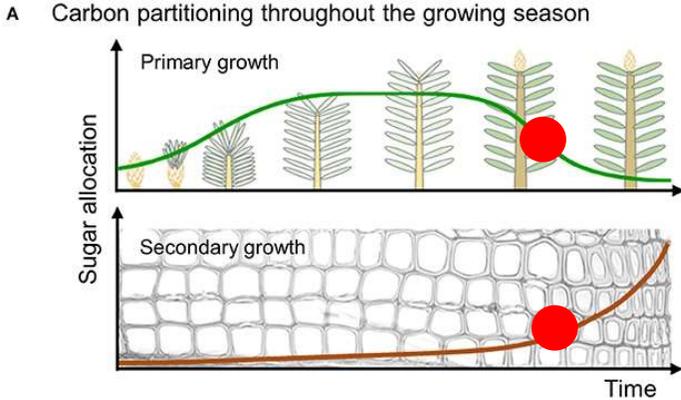


Formation du bois initial



Bourgeons et bois sont en concurrence pour l'allocation du carbone.

Deslauriers *et al.*, 2016



Cartení et al 2017

L'arbre sépare dans le temps ces processus plus dispendieux

Chronologie des sucres ?

Buttò, Valentina, Siddhartha Khare, Guillaume Drolet, Jean-Daniel Sylvain, Fabio Gennaretti, Annie Deslauriers, Hubert Morin, and Sergio Rossi. "Regionwide temporal gradients of carbon allocation allow for shoot growth and latewood formation in boreal black spruce." *Global Ecology and Biogeography* 30, no. 8 (2021): 1657-1670. Buttò, Valentina, Annie Deslauriers, Sergio Rossi, Philippe Rozenberg, Vladimir Shishov, and Hubert Morin. "The role of plant hormones in tree-ring formation." *Trees* 34 (2020): 315-335. Deslauriers, Annie, Jian-Guo Huang, Lorena Balducci, Marilène Beaulieu, and Sergio Rossi. "The contribution of carbon and water in modulating wood formation in black spruce saplings." *Plant Physiology* 170, no. 4 (2016): 2072-2084.

Pour faire un arbre, il faut:

Phénologie et croissance



Effets des perturbations et changements climatiques

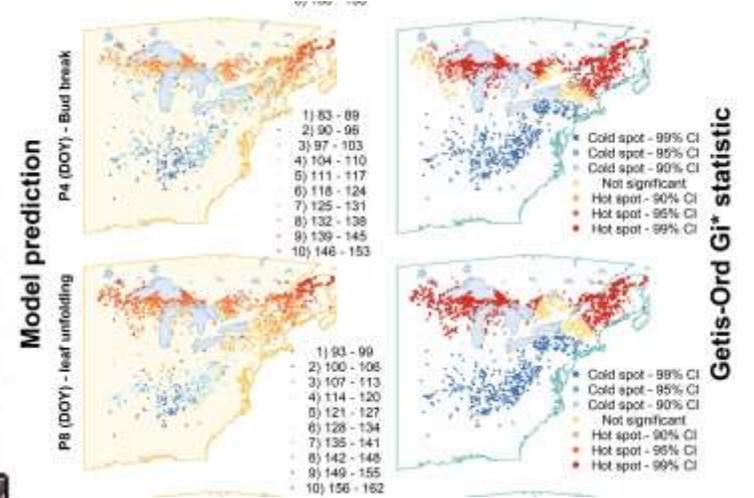


Pre Valentina Buttò,
valentina.butto@uqat.ca

SUGAR

Métabolisme et physiologie

Modélisation et mise à l'échelle



Traits fonctionnels

