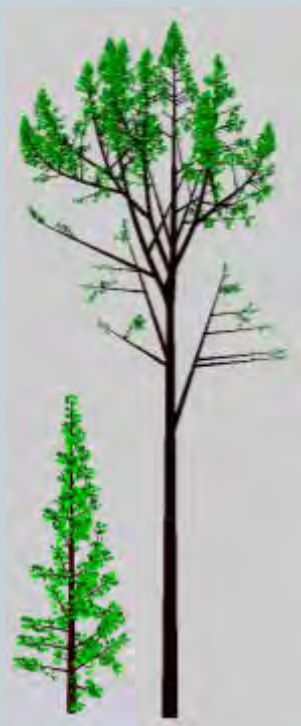


# Modélisation de la croissance et du développement de **l'érable** à sucre tout au long de son ontogénie

## UNE APPLICATION DU MODÈLE GreenLab POUR LES ARBRES

**Taugourdeau O**

Delagrange S  
de Reffye P  
Messier C



# Plan de la présentation



- **Contexte de l'étude**
- GreenLab (une introduction)
- Méthodes et collecte des données
- Résultats
- Conclusions et perspectives

# Contexte de l'Étude



**Chaire de recherche  
sur le contrôle de la  
croissance des arbres**

**(CRSNG/UQAM/HYDRO  
-QUÉBEC)**



## Contexte de l'étude

- Besoin de modéliser la croissance et le développement de la cime sur des arbres matures en milieu urbain (ouvert)



## Contexte de l'étude



- Besoin de modéliser la croissance et le développement de la cime sur des arbres matures en milieu urbain (ouvert)
- **Besoin d'un modèle dynamique** répondant à la taille de branche et aux contraintes biomécaniques associées au développement en taille

## Contexte de l'étude

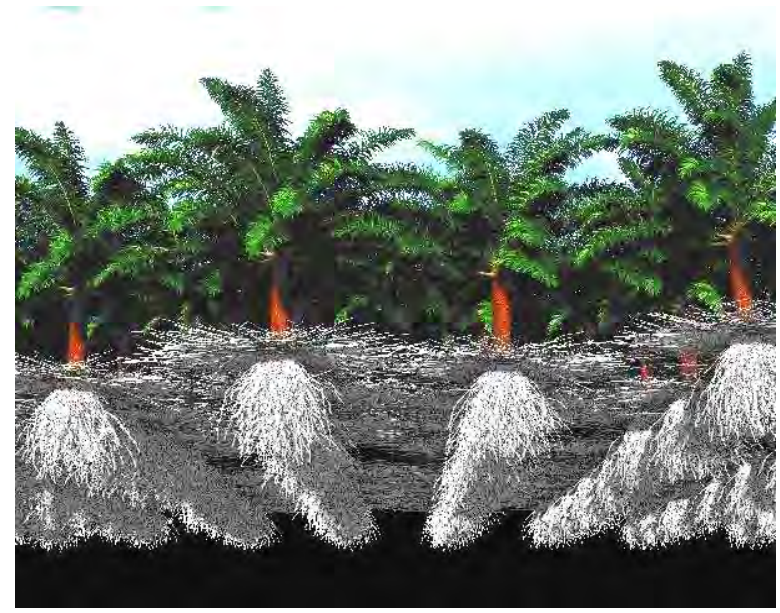


- Besoin de modéliser la croissance et le développement de la cime sur des arbres matures en milieu urbain (ouvert)
- **Besoin d'un modèle dynamique** répondant à la taille de branche et aux contraintes biomécaniques associées au développement en taille

**Modèles S&F = un outil incontournable**

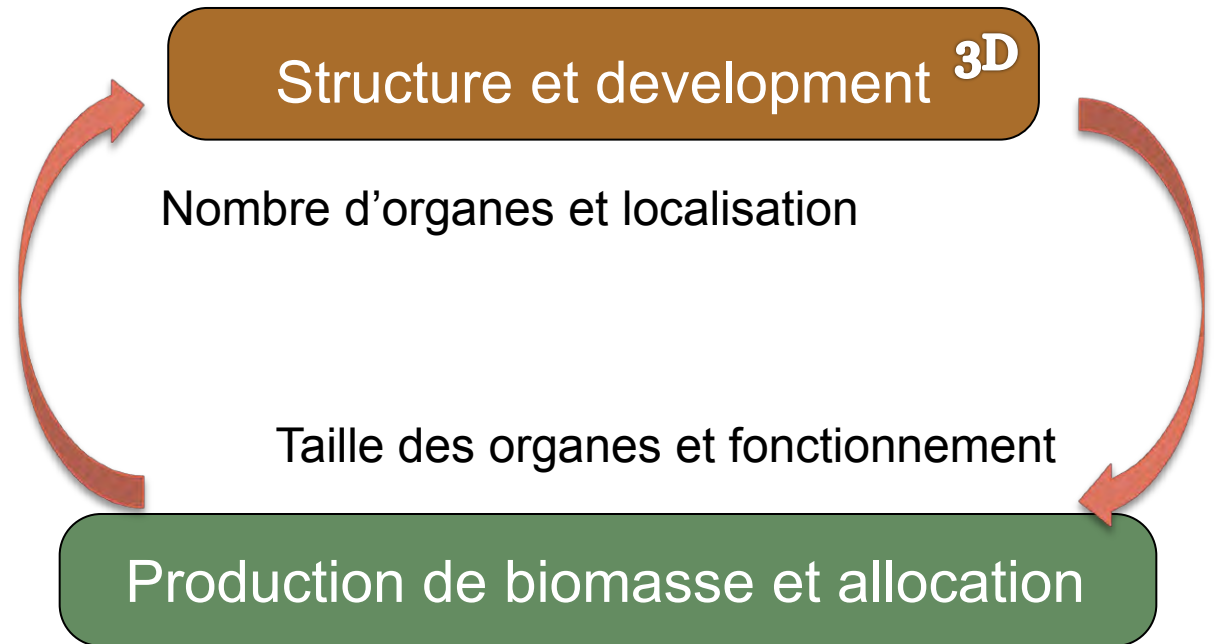


# Une introduction



## GreenLab une introduction

- 2 sous modèles qui se parlent







## GreenLab une introduction

- Modèle mathématique (donc extrêmement rapide)
- **Se base d'abord sur l'architecture** plutôt que la physiologie
- A été validé à maintes Occasions sur les grandes cultures et quelques jeunes arbres





## GreenLab une introduction

- Modèle mathématique (donc extrêmement rapide)
- **Se base d'abord sur l'architecture** plutôt que la physiologie
- A été validé à maintes Occasions sur les grandes cultures et quelques jeunes arbres
  - Passage aux grands arbres ??



# Méthodes et collecte de données



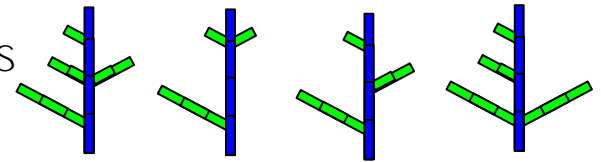
**CALIBRATION DU MODÈLE À PARTIR DE  
DONNÉES DE TERRAIN**

## Méthodes et collecte de données

- Calibration du modèle

- Besoin des taux de ramification (mortalité/survie) des axes en fonction du stade de développement

Mesure de systèmes  
ramifiés de 3 ans

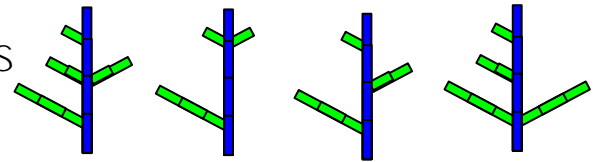


## Méthodes et collecte de données

- Calibration du modèle

- Besoin des taux de ramification (mortalité/survie) des axes en fonction du stade de développement

Mesure de systèmes  
ramifiés de 3 ans



- Besoin de la force des puits (investissement en C par organe)

Pesée des différents organes du même âge. Point de control au DHP

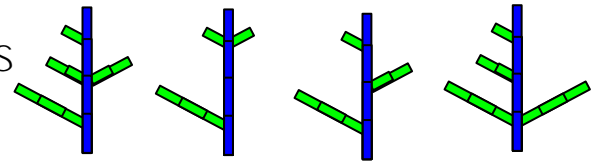


## Méthodes et collecte de données

- Calibration du modèle

- Besoin des taux de ramification (mortalité/survie) des axes en fonction du stade de développement

Mesure de systèmes  
ramifiés de 3 ans



- Besoin de la force des puits (investissement en C par organe)

Pesée des différents organes du même âge. Point de control au DHP

- Besoin de conditions de lumière constantes et très élevées

**Gradient d'âge dans un environnement ouvert**

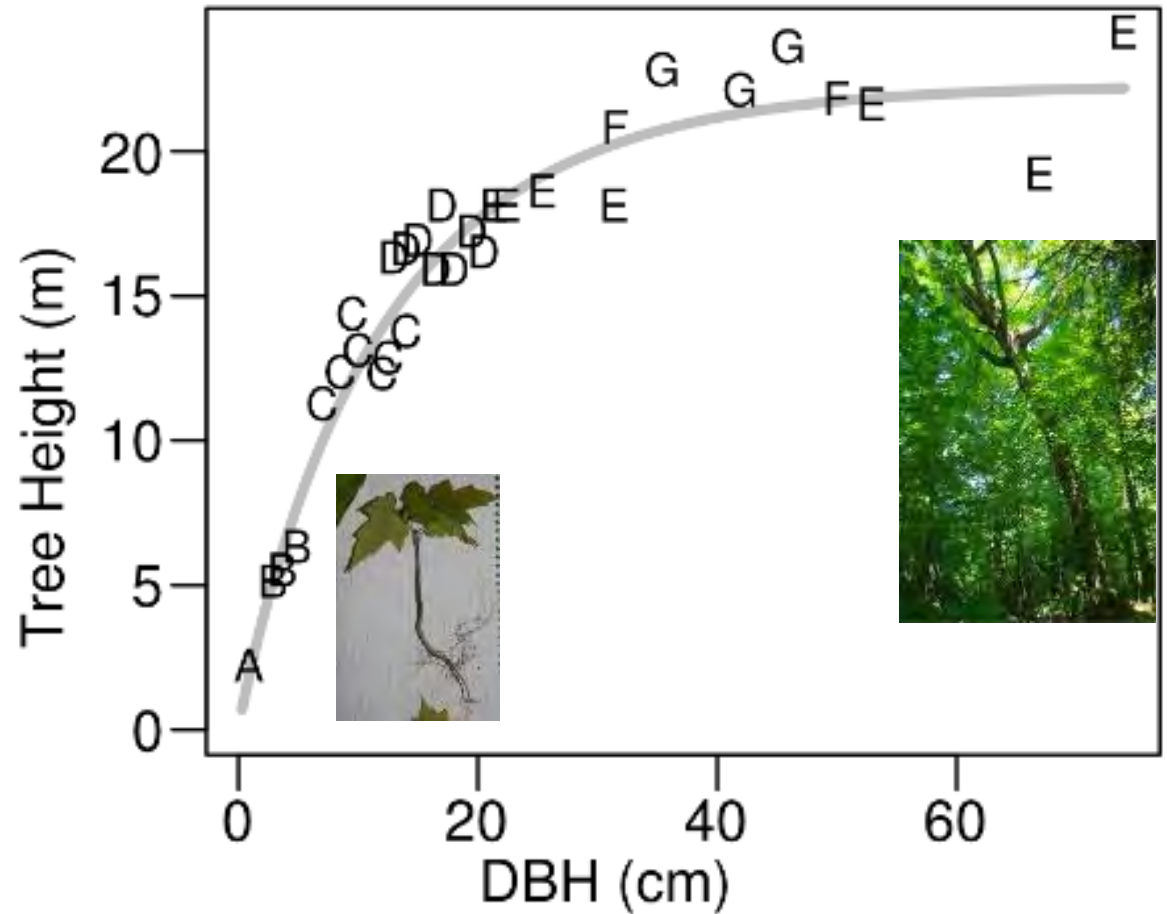
## Méthodes et collecte de données

Coupes par bandes de 15 ans

Coupes totales 5, 20, 40 et 60 ans

Arbres dominants dans un régime de coupes partielles

- 7 sites (réserve faunique PL)





## Méthodes et collecte de données

- Mesures sur les systèmes ramifiés
  
  - Topologie
  - Nombre entrenoeuds
  - Surface foliaire
  - Masse des feuilles
  - Masse des entrenoeuds
- } Calibration du développement
- } Calibration du fonctionnement



# Résultats

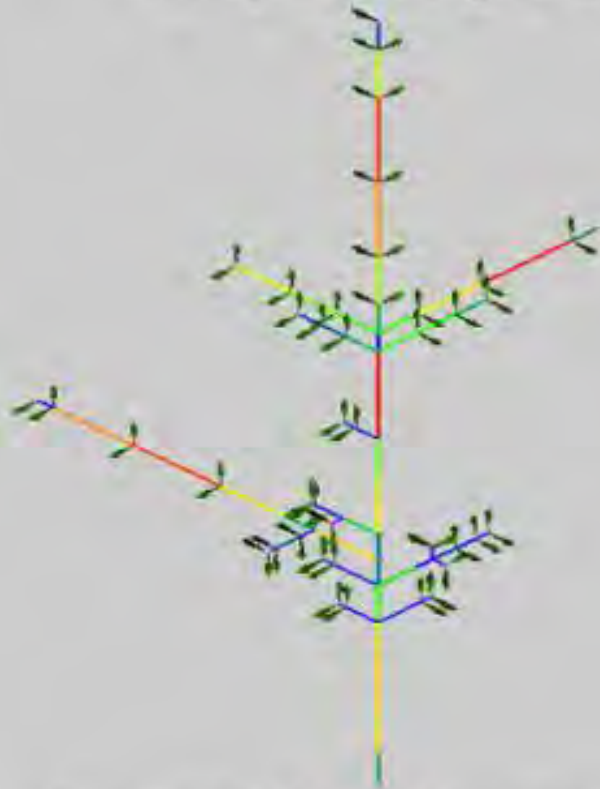


**ÉVOLUTION DES TRAITS AVEC L'ONTOGÉNIE**

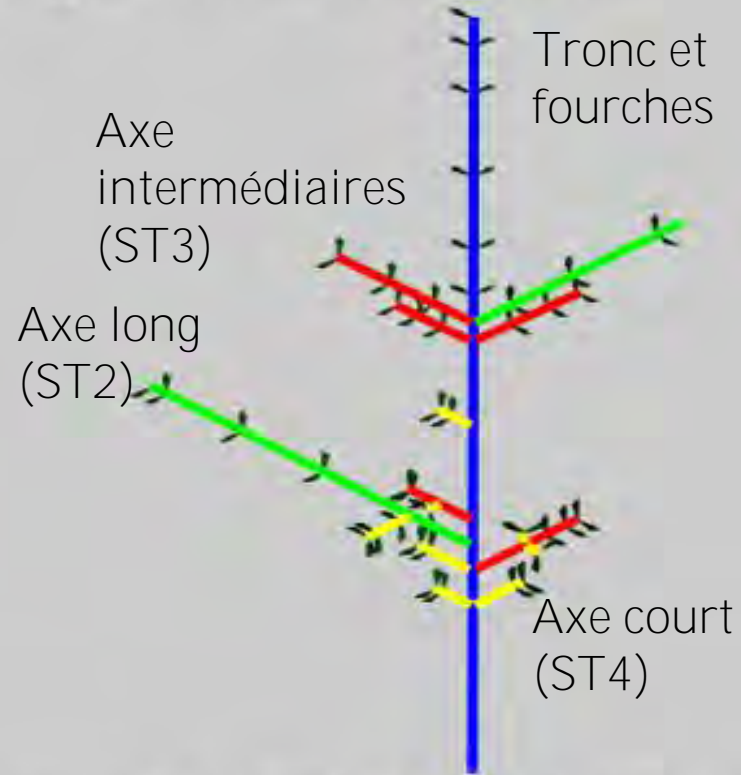
**SIMULATIONS**

- Les types d'axes : simplification

## Physiological age identification

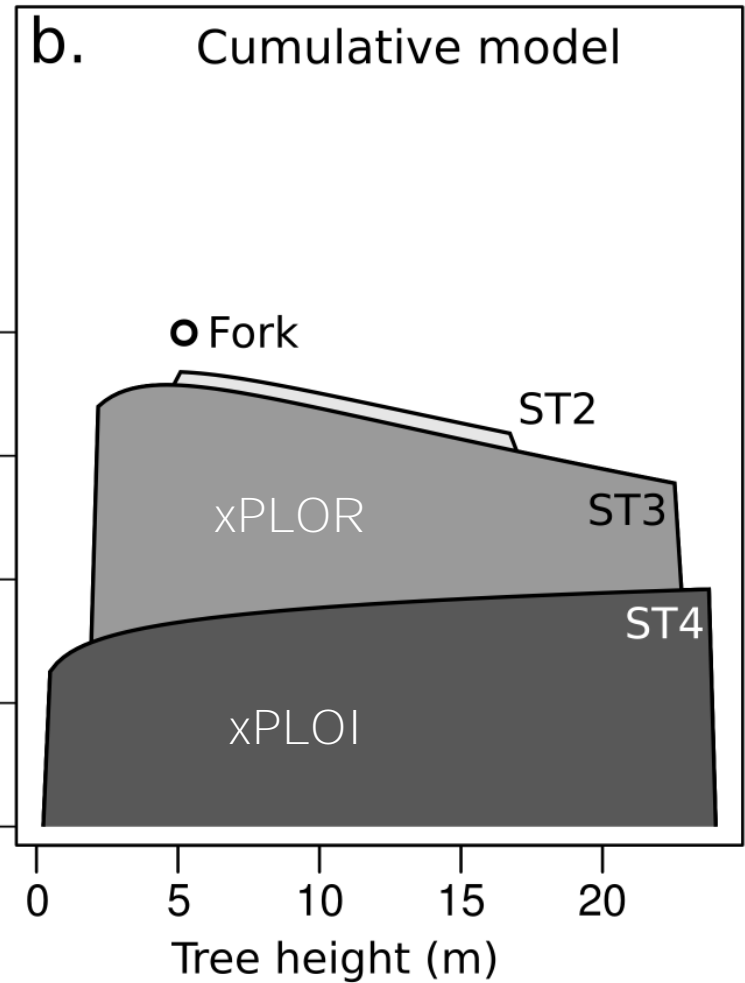
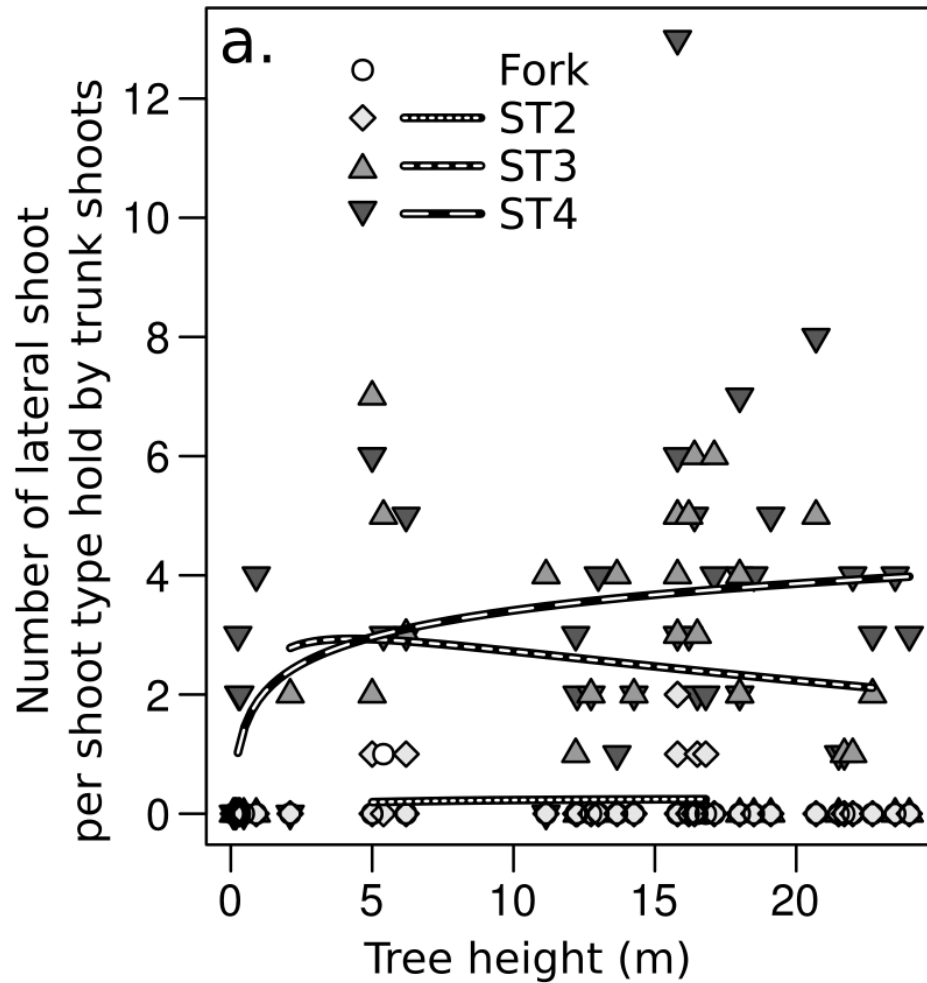


3-year old branching system  
(color gradient:  
internodes lengths)



3-year old branching system  
(color gradient: annual shoots  
physiological age)

- Les types d'axes : Ontogénie

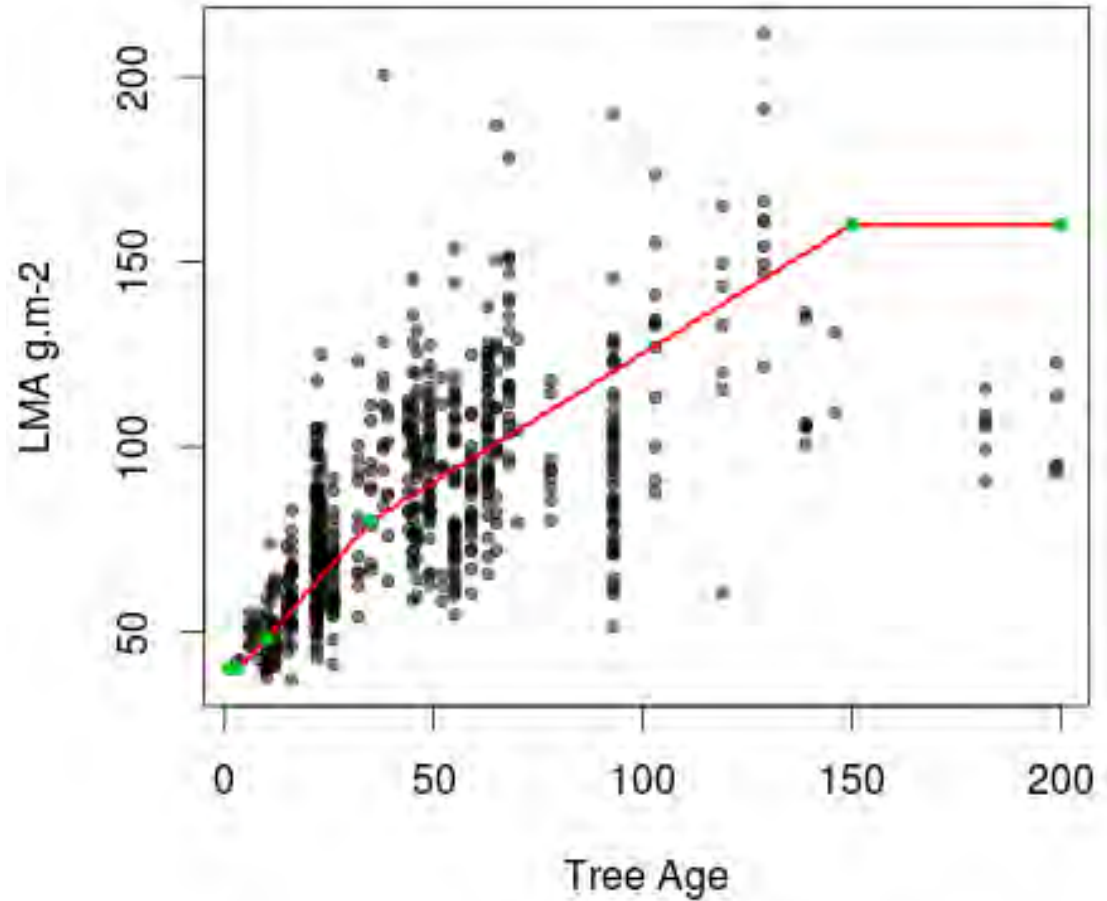




## Résultats

Utilisation  
de lumière

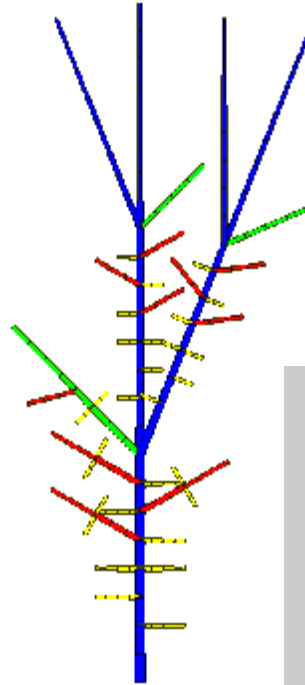
- Calibration : Fonctionnement



# Résultats

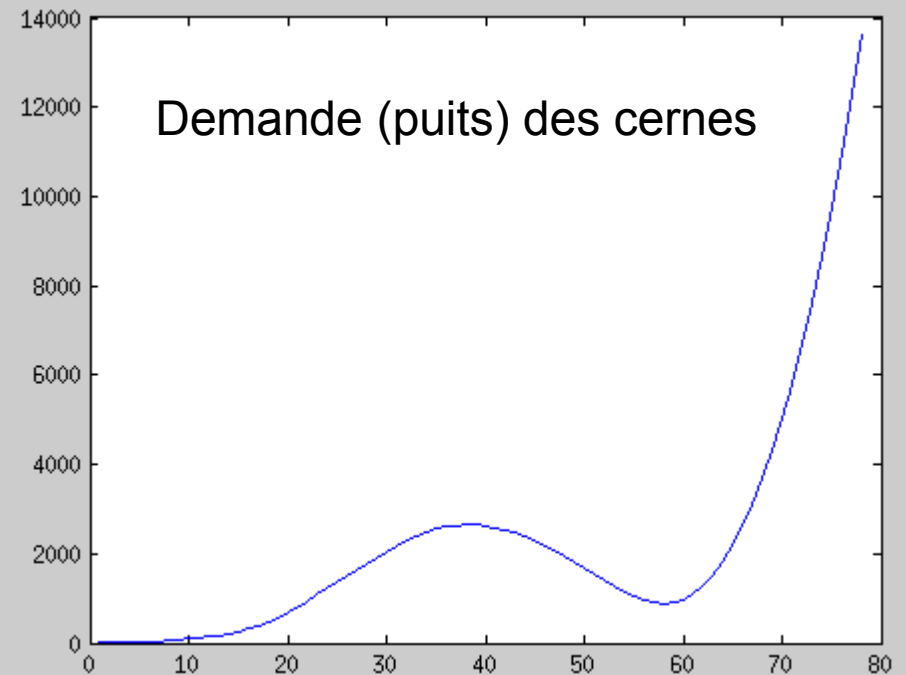
## Allocation

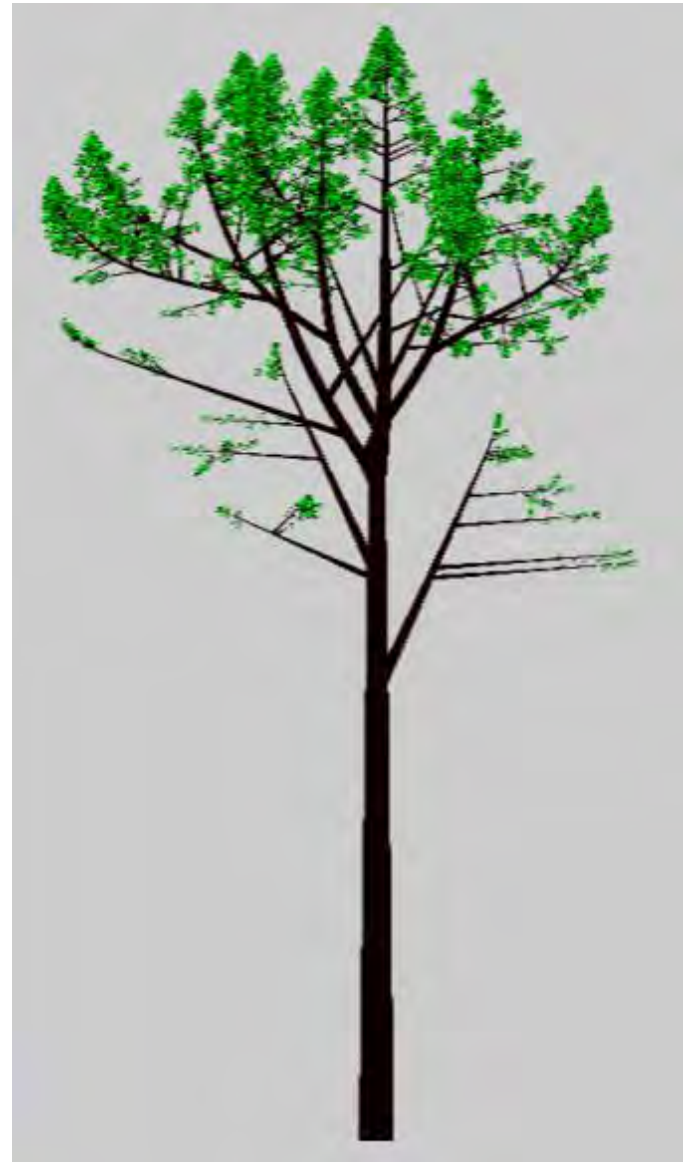
- Calibration : Structure/Allocation



- Croissance primaire (xPLOR de la structure potentielle)

- Croissance secondaire





# Conclusions et perspectives



**DÉVELOPPEMENT ET ONTOGÉNIE**

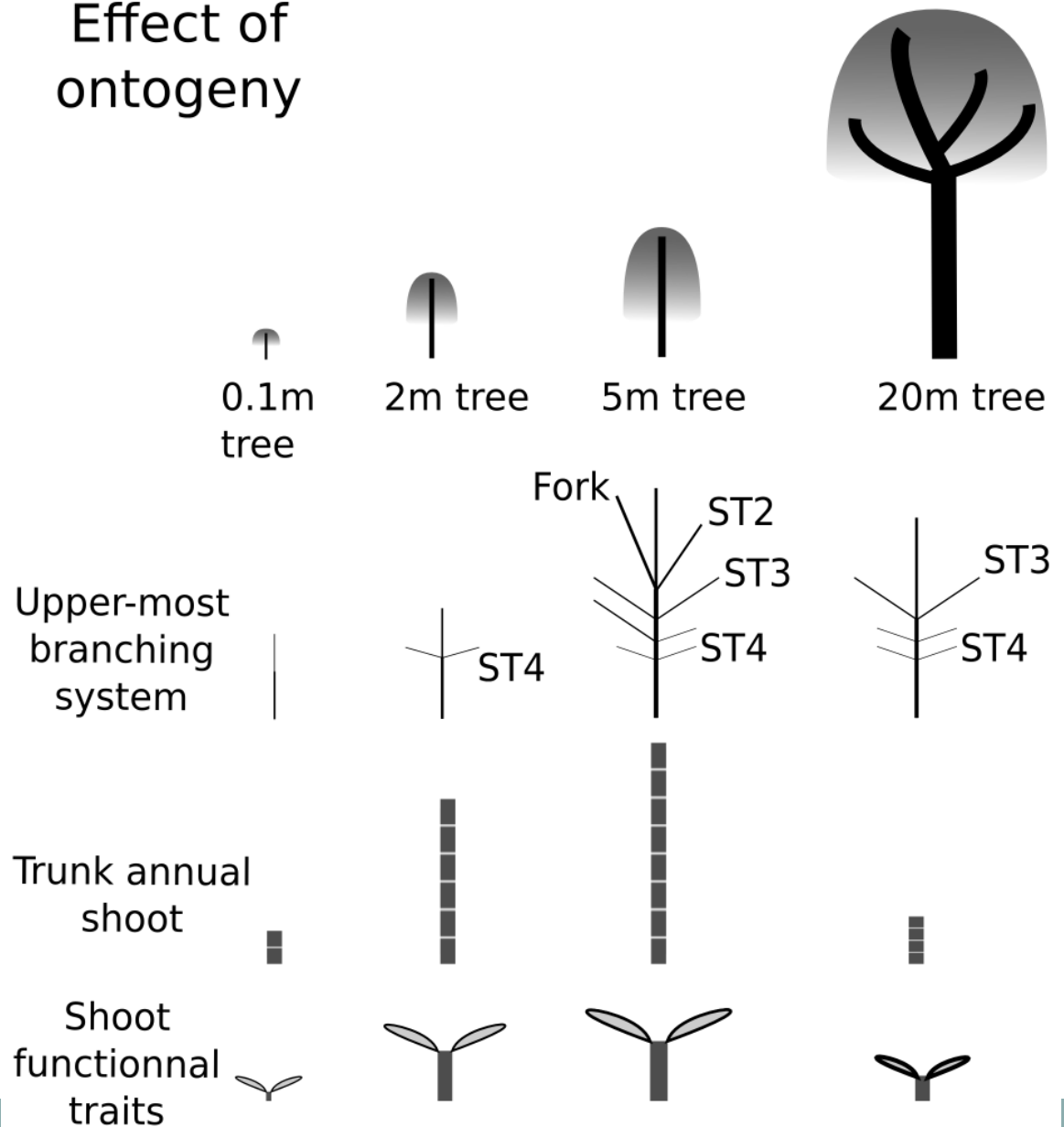
**AMÉLIORATION DES SIMULATIONS**

**LA SUITE...**

# Développement et ontogénie

Durant son ontogénie, l'arbre modifie grandement son architecture et les fonctions xPLOR et xPLOI qui en résultent

## Effect of ontogeny







## **Amélioration des simulations**

- Meilleure prise en charge de la croissance secondaire
- Prise en compte des racines et surtout des réserves
- Méthode de sélection (et effacement) de branches : Élagage
- Visualisation 3D (image de synthèse)



## Développements

- Lien avec LiDAR terrestre (point de départ sur un arbre réel)
- **Modules d'extraction de paramètres (CS, volume de cime...)**
- Outils de formation pour les élagueurs

La modélisation n'est pas vraiment là pour reproduire la réalité  
mais plus pour la comprendre

# Merci!



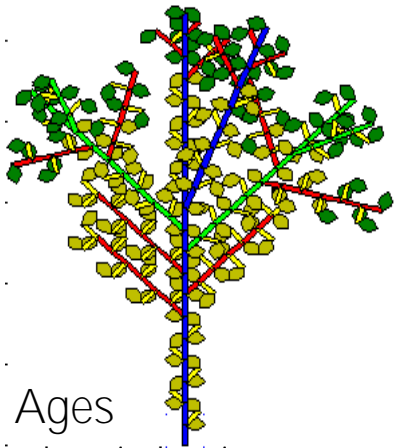
**MERCI** À BASTIEN LECIGNE (UQAM), JULIE POIRIER (ISFORT), MATT FOLLETT (UQAM) POUR LEUR AIDE DANS LA RÉCOLTE DES DONNÉES ET SÉBASTIEN GRIFFON (CIRAD) POUR SON AIDE AVEC LES LOGICIELS DE VISUALISATION 3D



# Structure + Fonctionnement = Phénotype

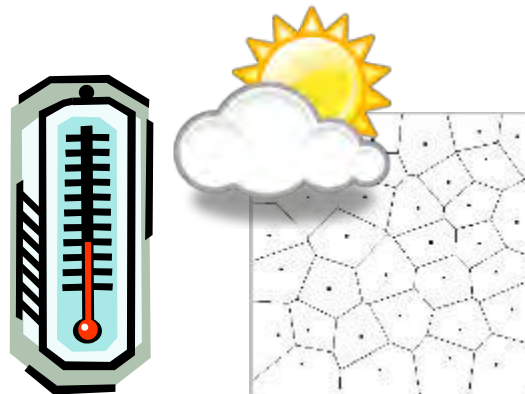


Définition des règles de croissance issues de la génétique de **l'arbre et la probabilité d'expression** de ces règles



Ages physiologiques

Définition des conditions environnementales (p.ex. compétition, lumière, gel, température) qui définissent les limites **de l'expression** des règles de croissance



Expression des règles et répartition de la biomasse.  
Visualisation 3D du développement





## GreenLab une introduction

- Quelques hypothèses fortes:
  - Pas de simulation d'interception de lumière
  - Pas de racines, de floraisons ni de réserves
  - Environnement lumineux constant
  - Ages physiologiques



## GreenLab une introduction

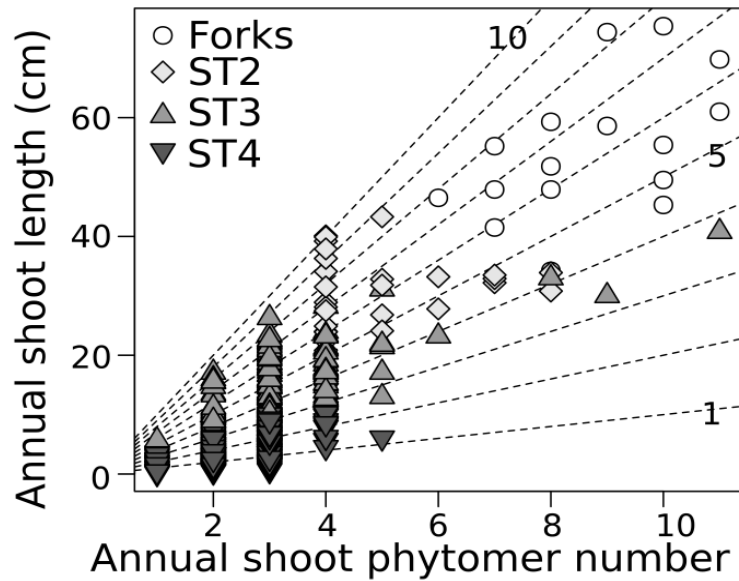
- 2 sous modèles qui se parlent

$$D(t) = D_{wood}(t) + \sum_p (Di_p \cdot NbIN_p(t) + Dl_p * NbL_p(t))$$
$$q(i, t) = d(i, t) \cdot \frac{Q(t-1)}{D(t)}$$

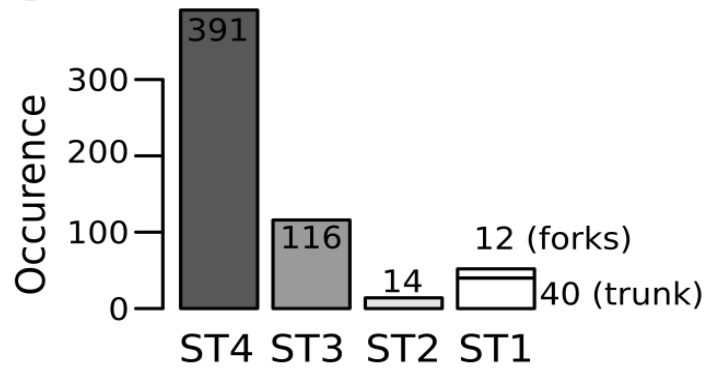
$$Q(t) = f(TotalLeafArea_t)$$

- Les types d'axes : fonctions

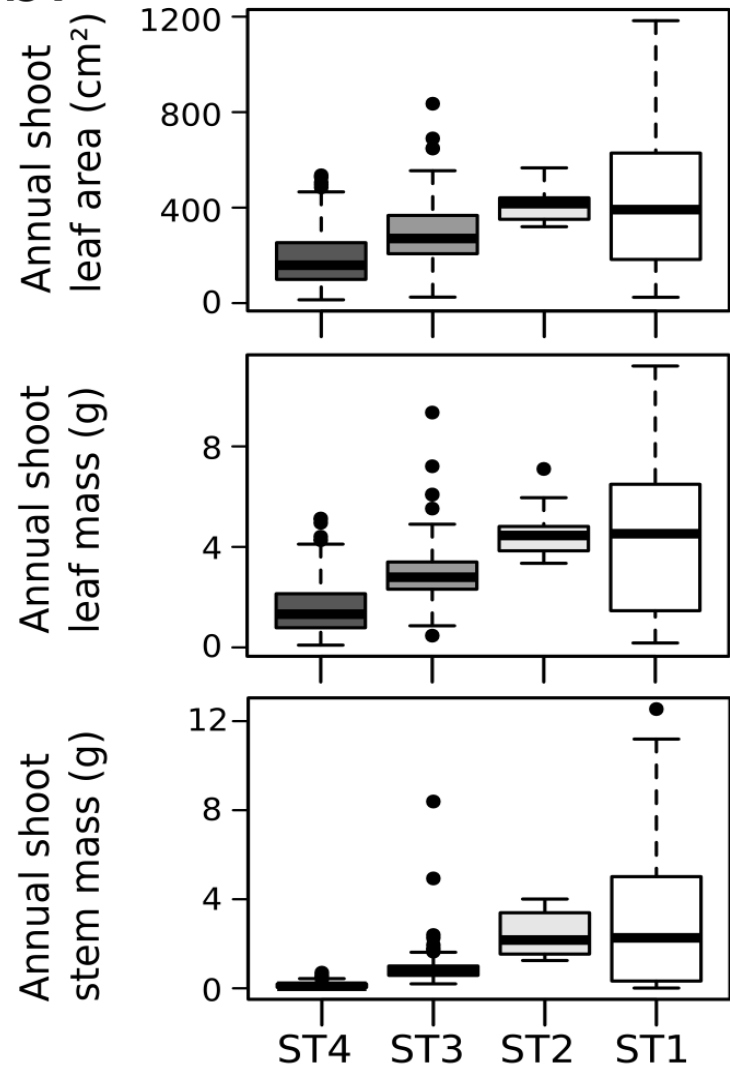
a.



c.



b.

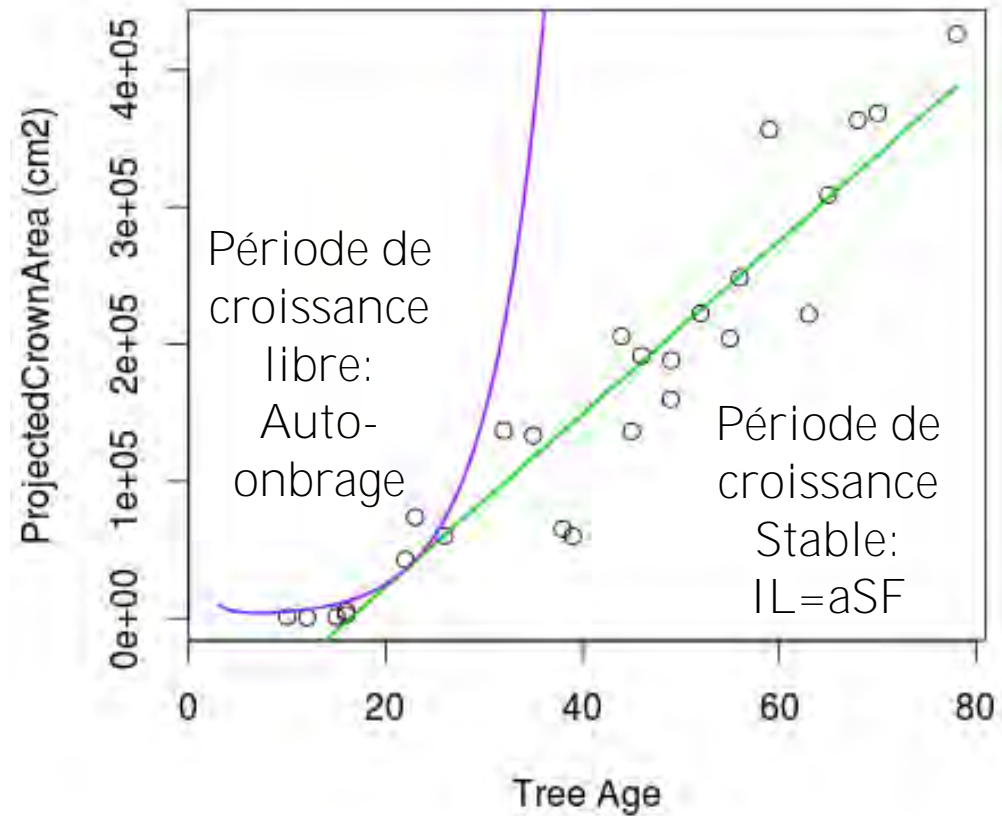




## Résultats

Interception  
de lumière

- Calibration : Fonctionnement







# Profil des cernes au DHP

