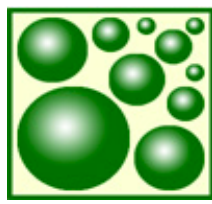


# **Etude de la dynamique des peuplements forestiers : apport d'un modèle individu centré explicitement 3D**

**Cécile Madelaine, Marilyne Laurans, Grégoire Vincent, Degi Harja**



# Sexi-fs



**Spatially EXplicit Individual-based forest simulator**

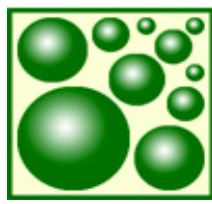
**Développé par Grégoire Vincent (IRD) & Degi Harja (ICRAF) en Indonésie**



## **Objectifs du modèle:**

- Formaliser et synthétiser les données et l'expertise acquises sur la dynamique d'agroforêts indonésiennes
- Simuler le fonctionnement des agroforêts
- Explorer des scénarios de gestion

# Sexi-fs



**S**patially **EX**PLICIT Individual-based  
forest simulator



- Spatialement explicite
- Individu-centré
- Pluri-spécifique
- 3D (compartiment aérien)
- Processus simulés : croissance, mortalité, régénération
- Originalité: diversité fonctionnelle et plasticité du houppier

# Transfert en cours de Sexi-fs dans la plateforme CAPSIS

- **Contexte scientifique d'AMAP :**

- volonté d'en faire un outil d'intégration et d'exploration de connaissances sur la plasticité morphogénétique

- 2 thèses en cours liées au modèle : C. Madelaine (modélisation 3D des forêts de Ghâts) et M. Laurans (caractérisation et signification écologique des variations interspécifiques de plasticité)

- **Diffusion du modèle**

# Transfert dans CAPSIS :

**Sexi-fs => Stretch**

- Modifications d'algorithmes
  - ⇒ Interfaçage avec la bibliothèque Biomechanics de CAPSIS et un module externe de lumière (MMR)
- Augmentation de la généricité du modèle (modularité)
  - ⇒ Elargissement du champ d'application du modèle en terme :
    - d'échelle d'étude (spatiale)
    - de type de peuplement
    - de type de question

# Des questions autour de la plasticité phénotypique

- **Définition** : aptitude d'un génotype à exprimer différents phénotypes en réponse à des fluctuations environnementales
- S'exprime à différents niveaux d'organisation
- 2 types de réponse :
  - 'passive'
  - 'active' ou adaptative : transduction d'un signal

# Valeur adaptative et écologique de la plasticité morphogénétique

- Tester l'impact de différentes **stratégies** de plasticité morphologique sur :
  - les performances individuelles et populationnelles
  - la composition et la structure du peuplement

en interaction avec :

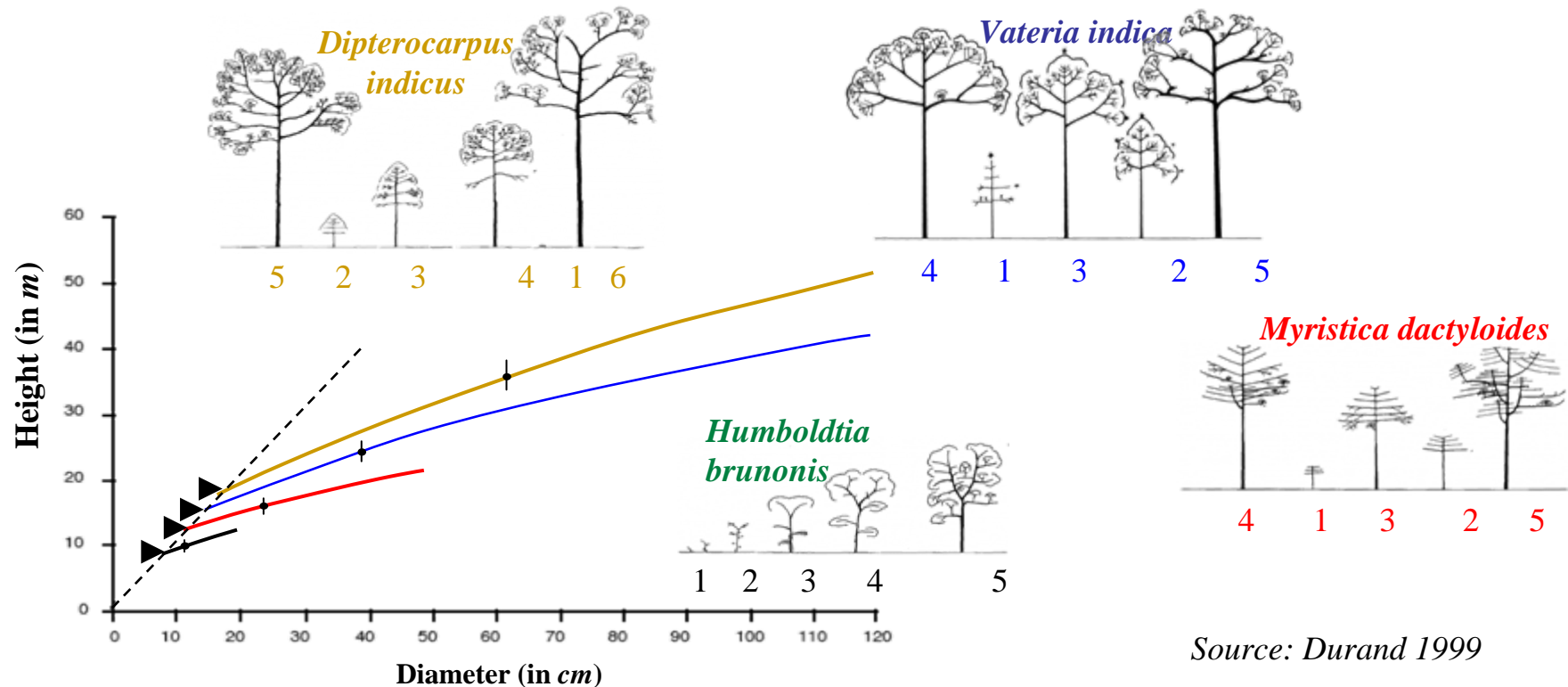
- le degré d'hétérogénéité spatiale et temporelle des ressources
- la densité du peuplement
- la fréquence dans le peuplement d'une stratégie donnée



# Application de Stretch aux forêts des Ghâts occidentaux (Inde)

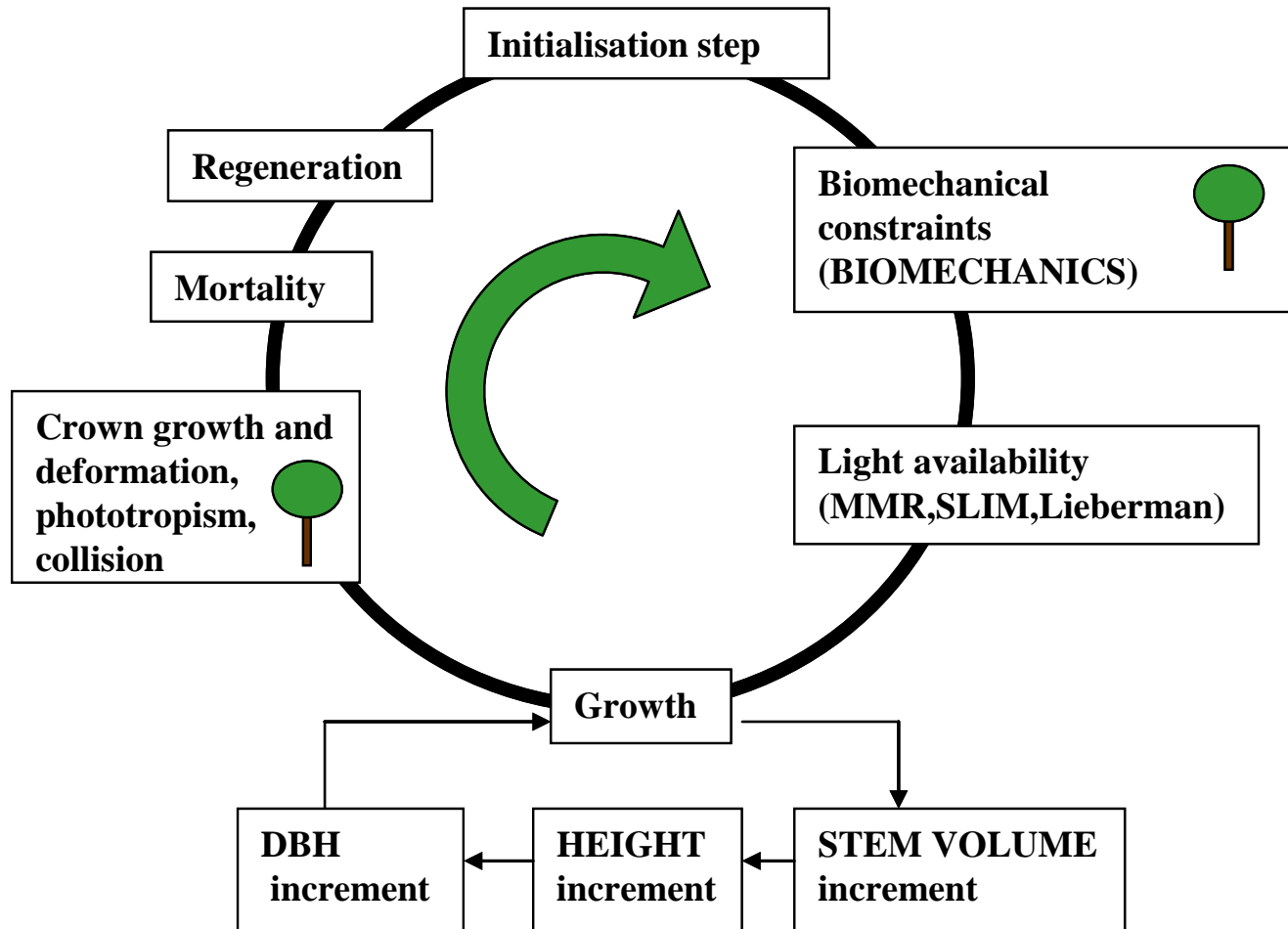
Variabilité inter/intra-spécifique des stratégies de croissance en fonction de l'environnement

=> Exploration des trajectoires de développement individuelles





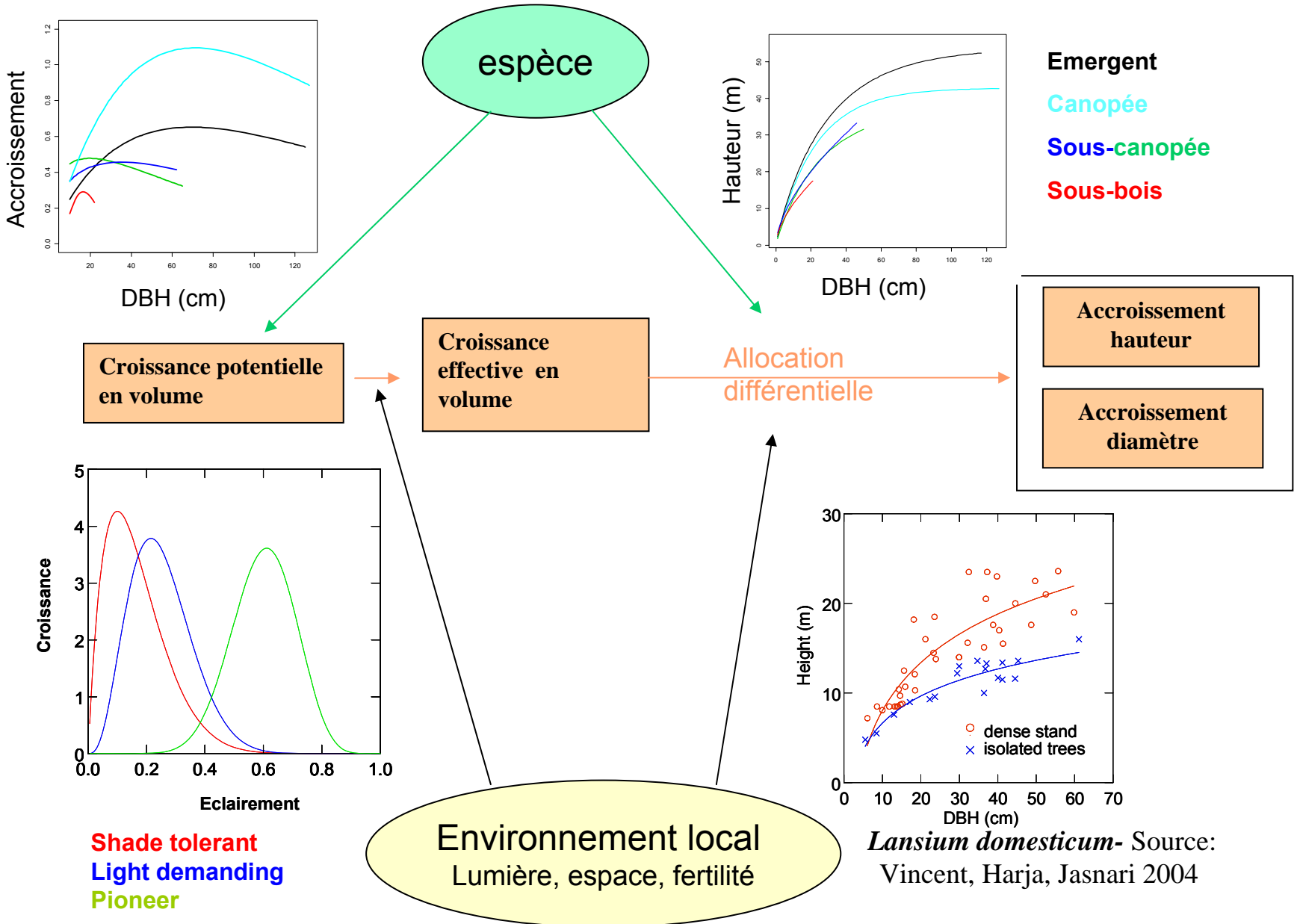
# Boucle de simulation au pas de temps annuel



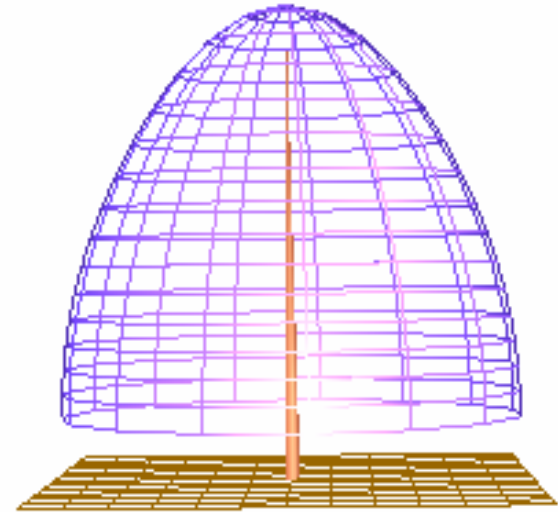
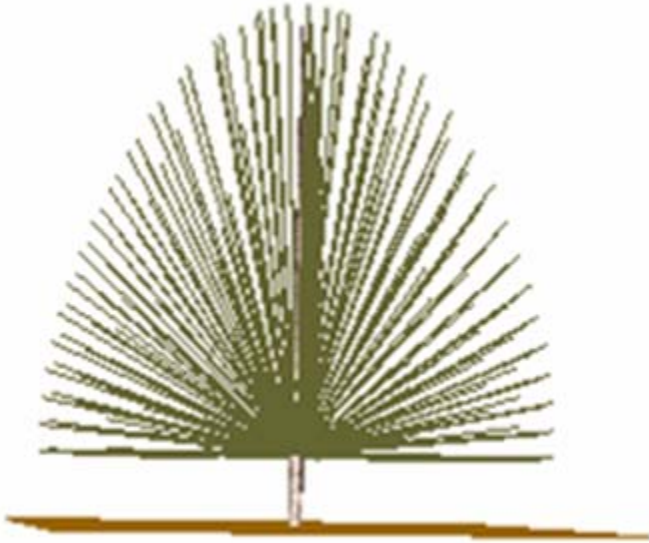
# Mortalité et régénération

- Facteurs de contrôle de la mortalité
  - Vigueur
  - Sénescence
  - Instabilité biomécanique
- Facteurs de contrôle de la régénération
  - Espace et lumière : nombre de recrutés
  - Abondances et efficacité de la dispersion :  
détermination spécifique

# Plasticité de la croissance de la tige

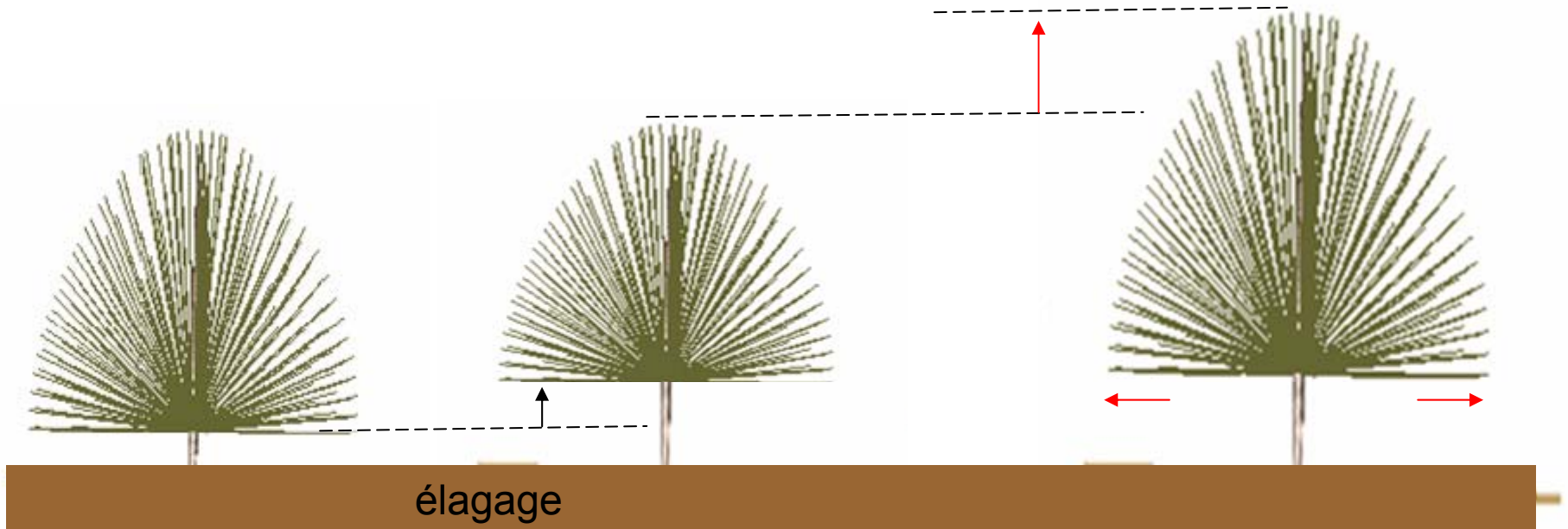


# Modèle 3D de houppier



- Branches virtuelles
- Solide déformable
- Forme de l'enveloppe : demi-ellipsoïde ou conique

# Plasticité de la croissance du houppier : déformation globale



**Branches virtuelles**

**$\theta$  : angle d'insertion**

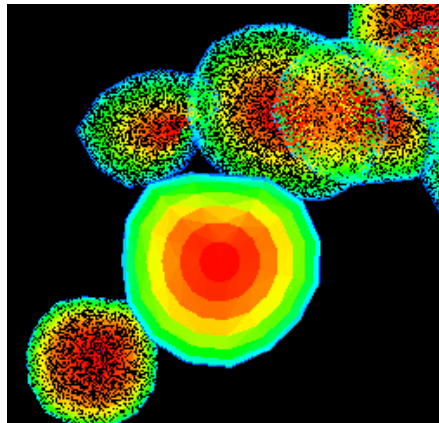
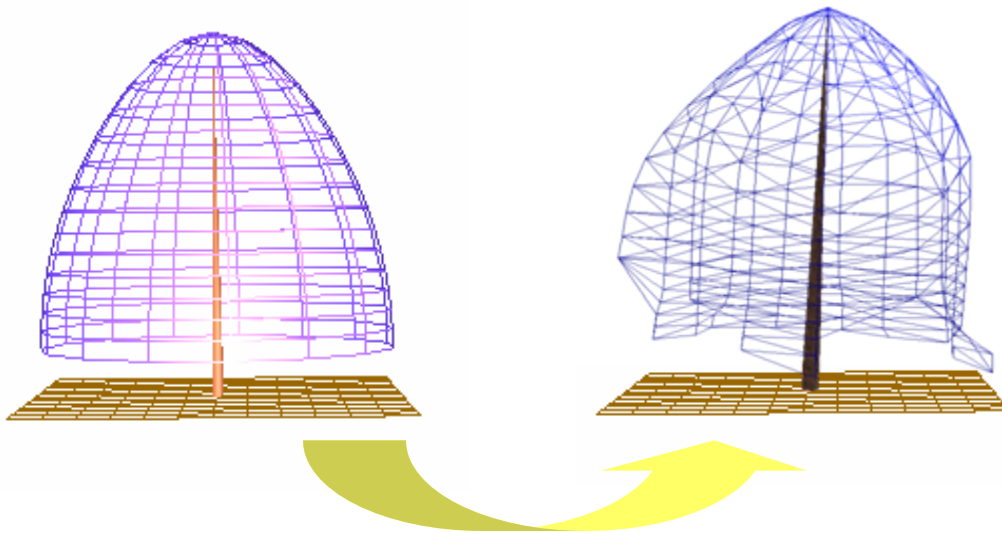
**Croissance des branches virtuelles:**

$$\text{Inc\_vertical} = f(\theta, \text{Height\_inc})$$

$$\text{Inc\_horizontal} = f(\theta, \text{DBH\_inc})$$

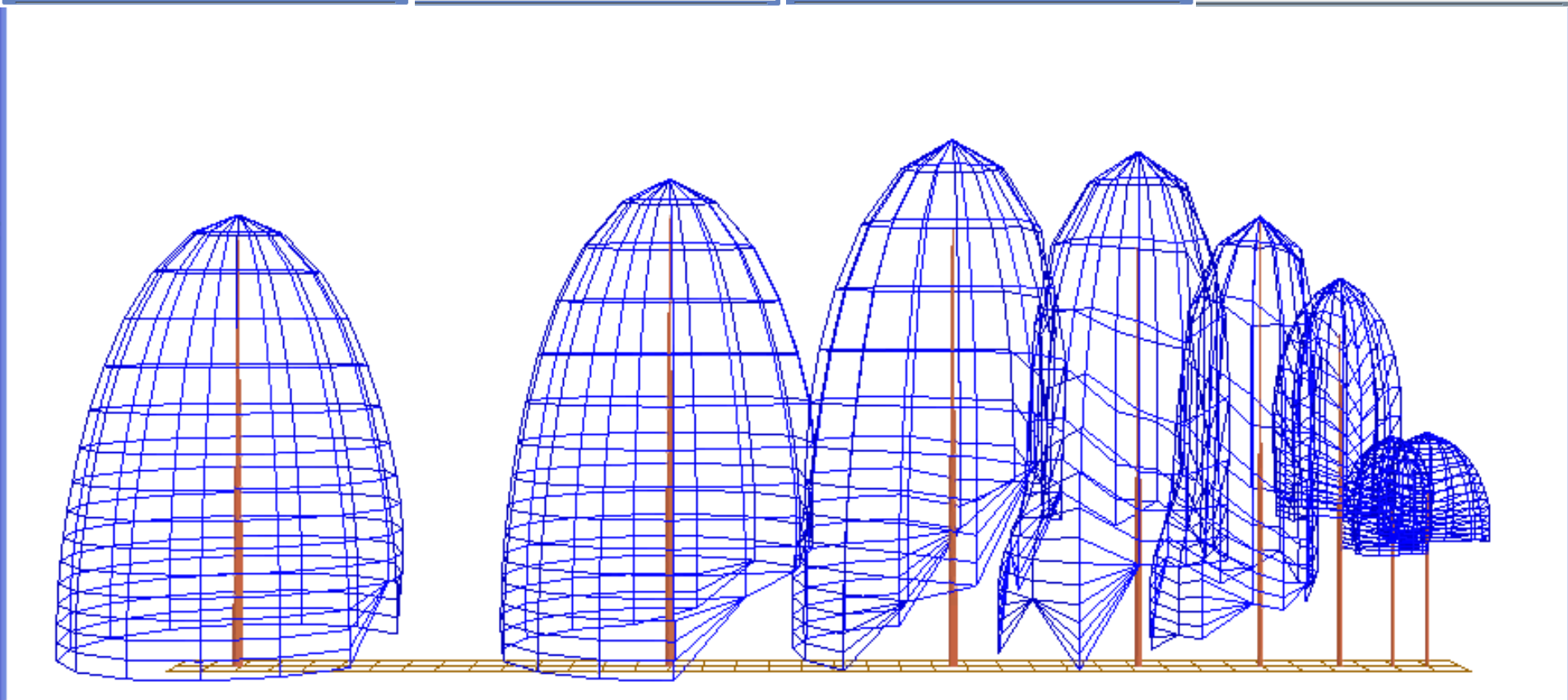
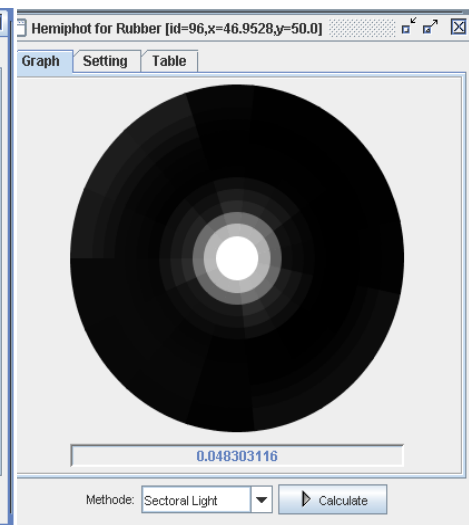
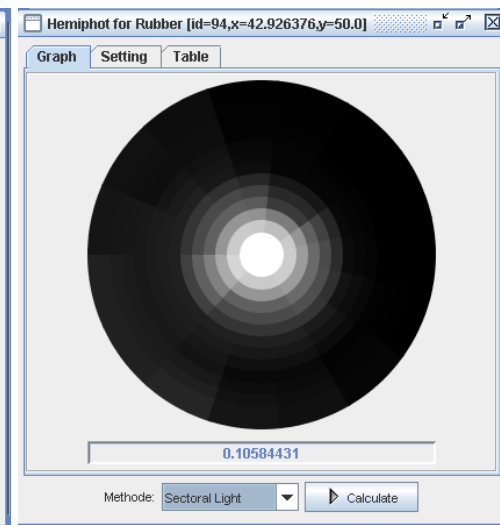
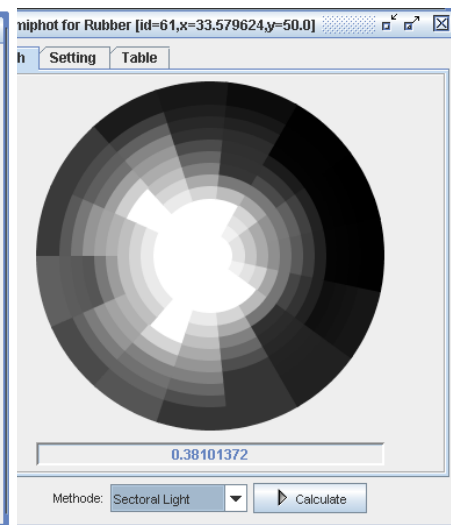
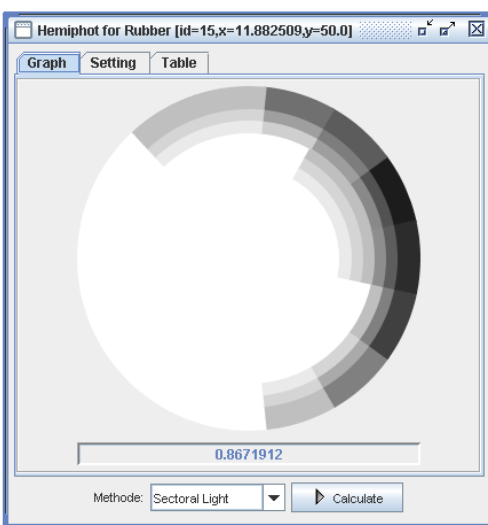
# Plasticité de la croissance du houppier : déformation locale

*Anisotropie*



Exclusion spatiale  
compétitive

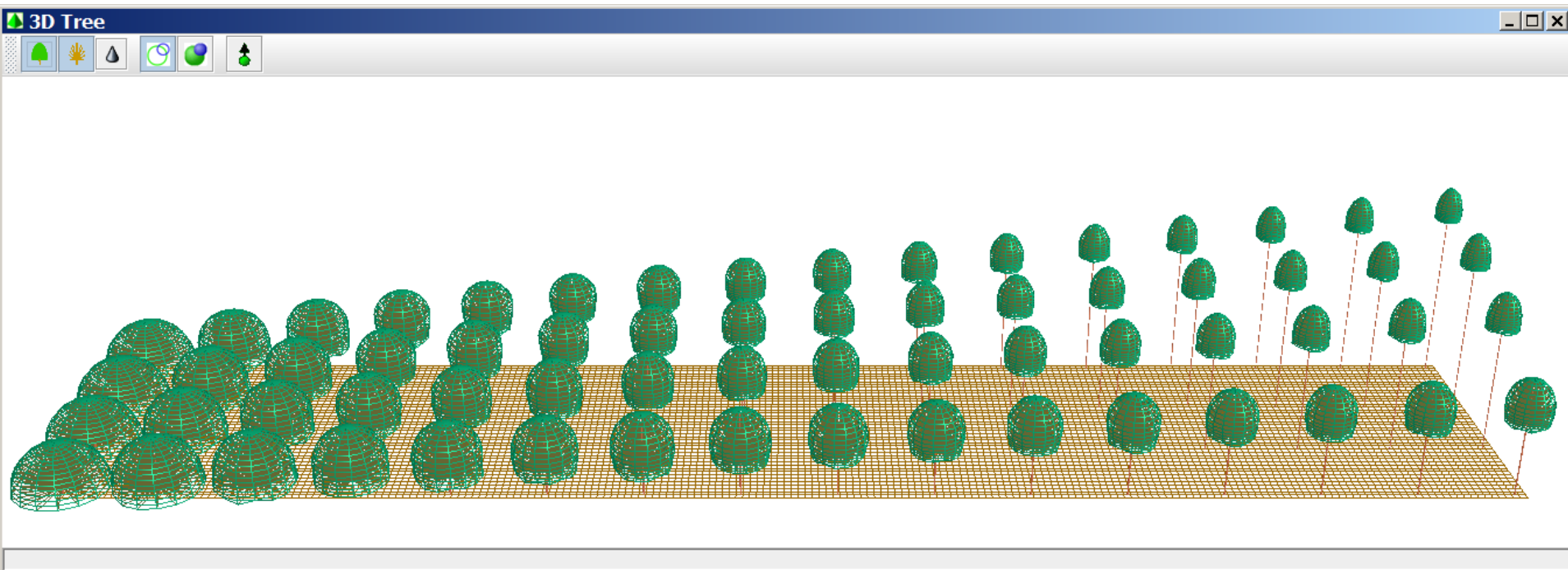




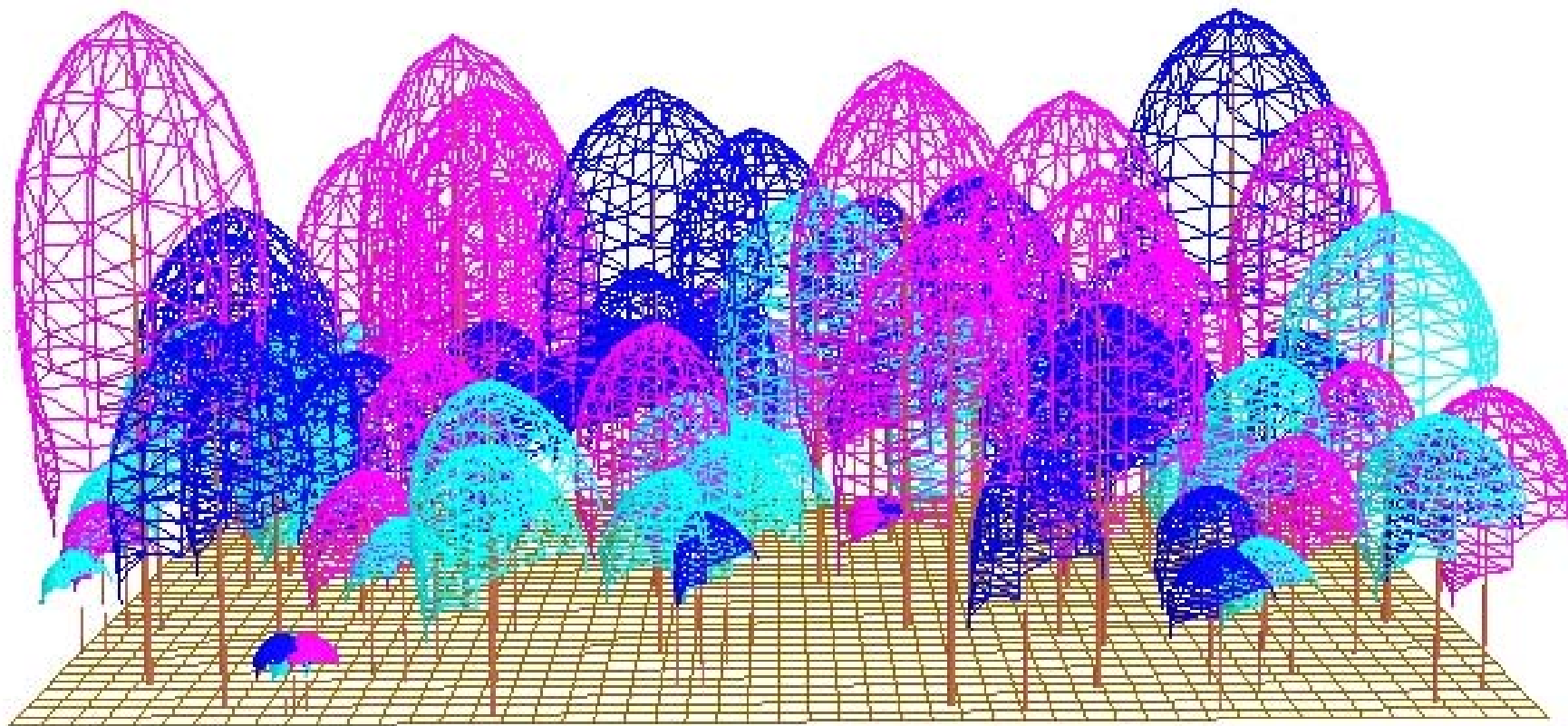


# Plasticité morphogénétique dans Stretch

- Niveaux d'organisation : houppier, tige, branches (virtuelles)
- Types de réponses et processus :
  - Plasticité passive :
    - Croissance
  - Plasticité adaptative :
    - Shade-avoidance : allométrie h/dbh, hauteur et largeur du houppier
    - Phototropisme local : excentricité du houppier
    - Phototropisme global : déplacement du houppier
- Indices de plasticité : 4 paramètres dépendants de l'espèce
  - Flexibilité (tige/houppier): amplitude de la réponse
  - Sensibilité (tige/houppier): seuil de réponse



Arbres de même âge,  
présentant des paramètres de plasticité différents (d'avant en arrière  
paramètre de sensibilité « sensi » =0.5, 1 et 1,5 ; de gauche à droite  
paramètre de flexibilité « flexi » variant de 0 à 3 par pas de 0.2).



Représentation « fil de fer » d'une scène forestière générée par SEI montrant le type de déformation simulée (étirement vertical, déformation latérale, remontée de houppier asymétrique). Les différentes couleurs simulent des génotypes plus ou moins plastiques.