EARTH & LIFE INSTITUTE

HETEROFOR

Un modèle spatialement explicite et individu-centré pour le fonctionnement des écosystèmes forestiers hétérogènes dans un environnement changeant

Frédéric André, Louis de Wergifosse, François de Coligny, Nicolas Beudez, Mathieu Jonard

| Journées CAQSIS 2018 |

- Clermont-Ferrand, 27 mars 2018 -

fnrs LA LIBERTÉ DE CHERCHER

SPW Service public de Wallonie

UCL UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN

1. Objectifs

- **Décrire la croissance des arbres sur base de concepts éco-physiologiques simplifiés et de l'utilisation des ressources**

  ⇒ comprendre la réponse des arbres aux stress hydriques et nutritionnels

  ⇒ évaluer la résilience des peuplements hétérogènes face aux changements globaux

  ⇒ estimer la durabilité de la gestion (maintien de la fertilité)

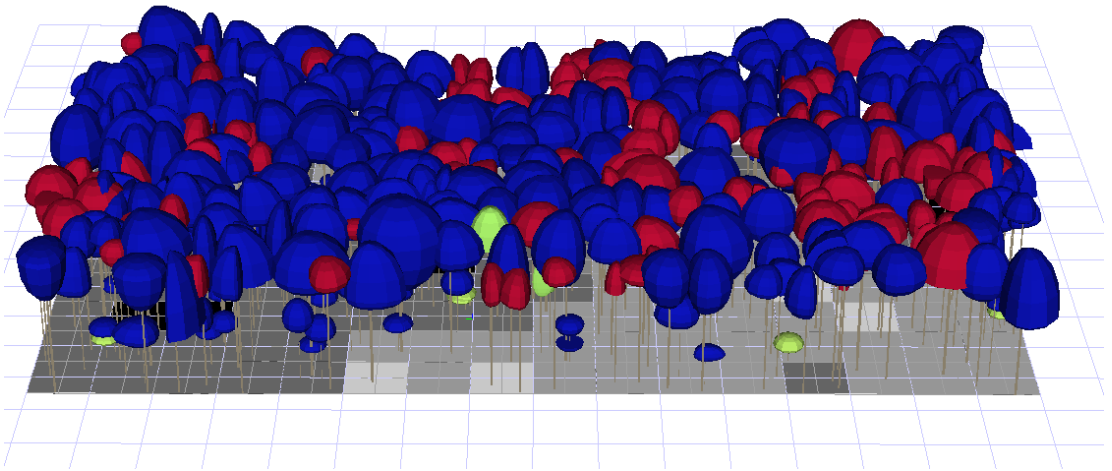
- **Tester l'impact de différents scénarios**

  ⇒ scénarios de changements environnementaux (climat, CO_2, dépôts d'azote)

  ⇒ itinéraires de gestion des forêts feuillues de chênes et de hêtres

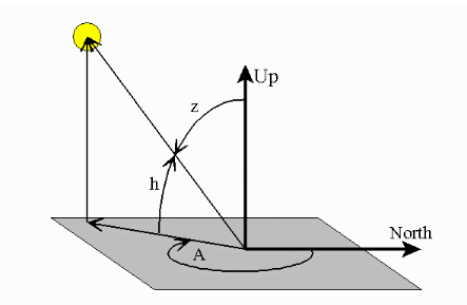
2. Fonctionnement de HETEROFOR

→ modèle individu-centré, spatialement explicite

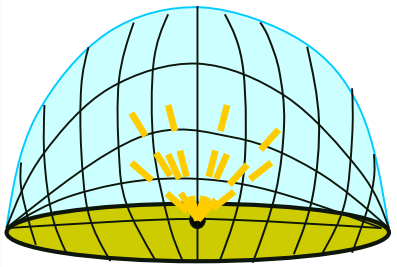


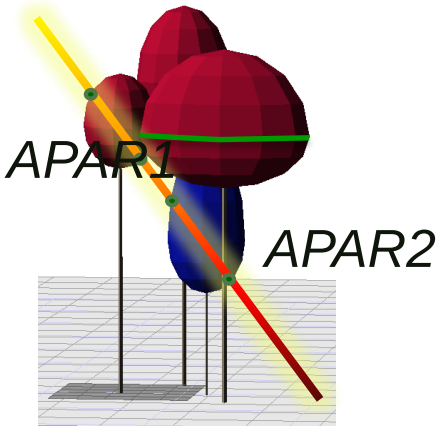
→ interception du rayonnement (SAMSARALIGHT)

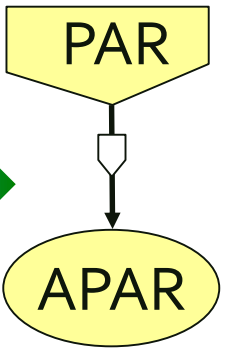
DIRECT



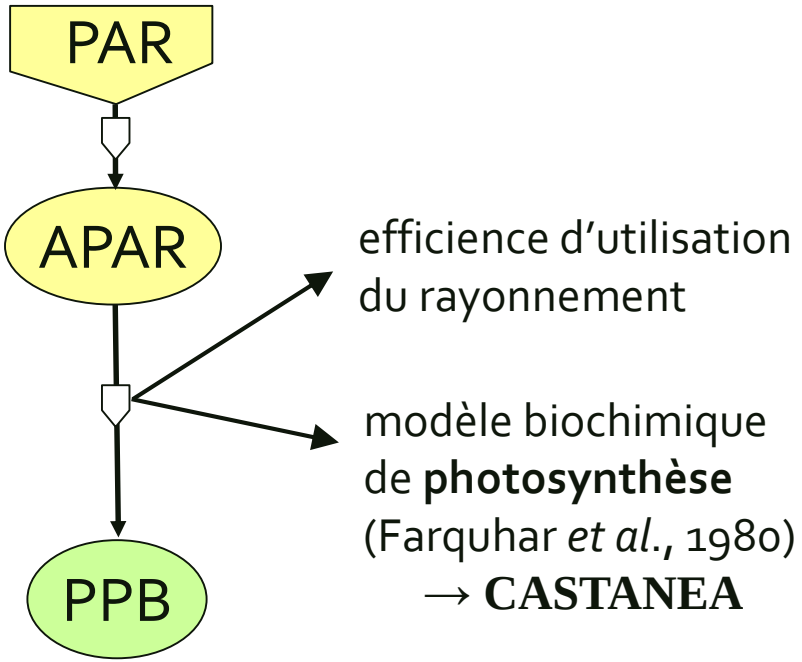
DIFFUS



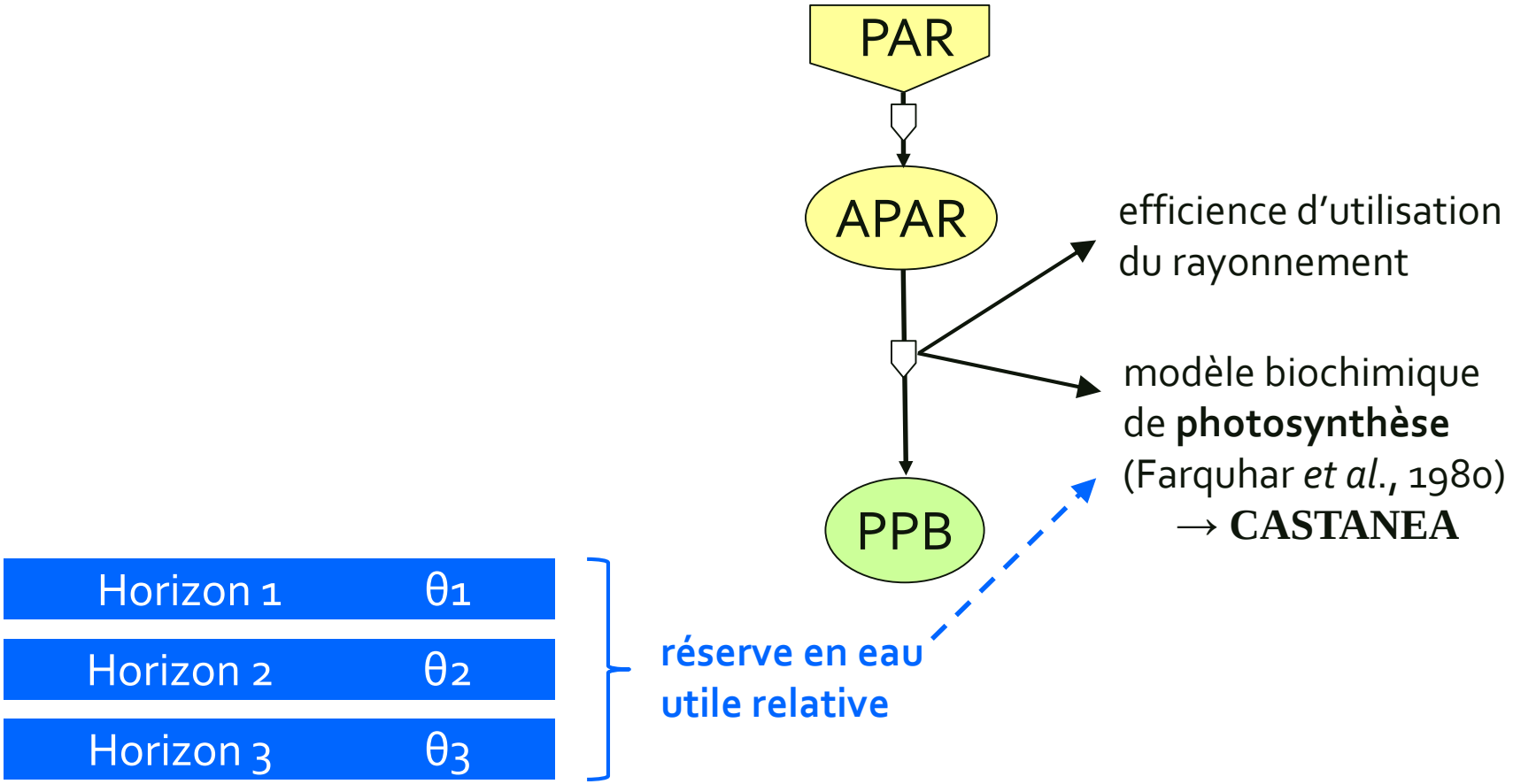




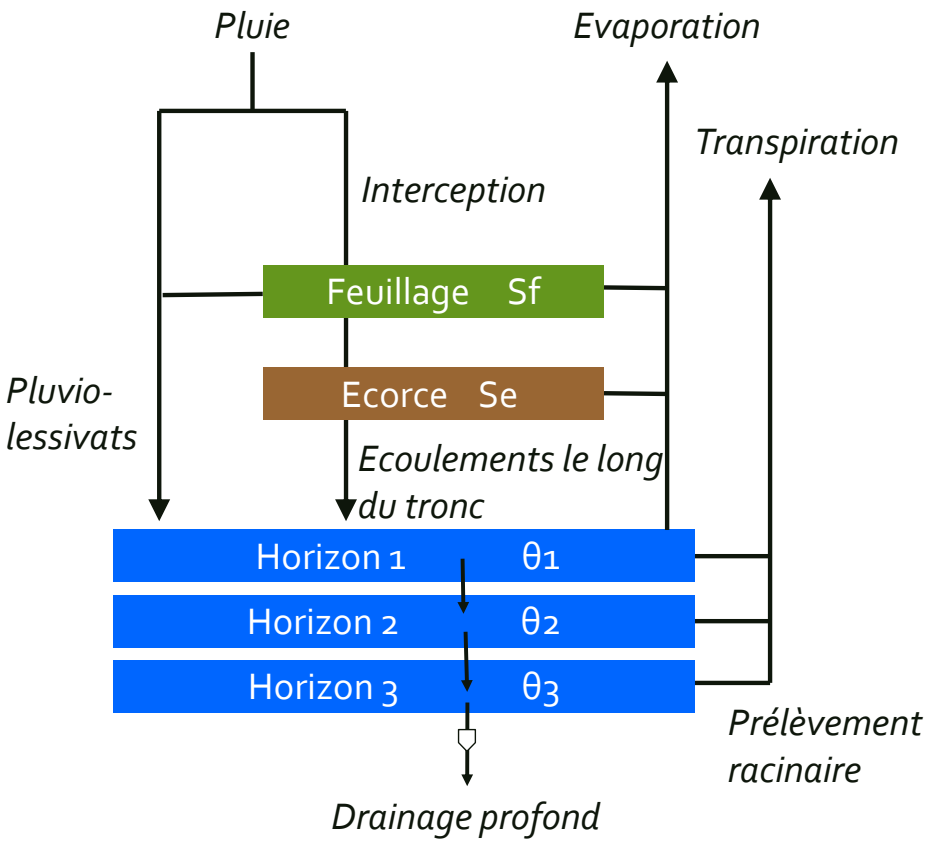
2. Fonctionnement de HETEROFOR
→ module de croissance

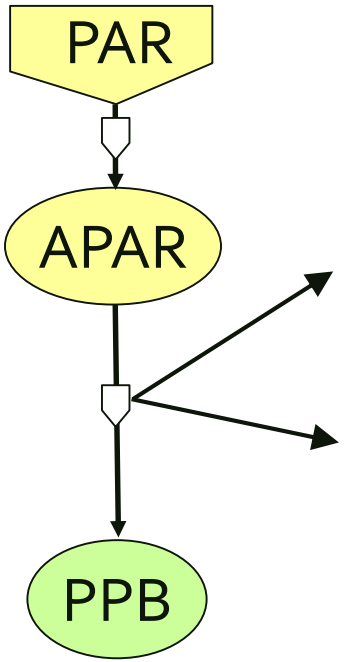


2. Fonctionnement de HETEROFOR
→ module de croissance x module hydrique



2. Fonctionnement de HETEROFOR
→ module de croissance x module hydrique





efficience d'utilisation du rayonnement

modèle biochimique de **photosynthèse** (Farquhar *et al.*, 1980)
→ **CASTANEA**

2. Fonctionnement de HETEROFOR
→ dépendance au climat

données météo

PAR

APAR

PPB

efficience d'utilisation du rayonnement

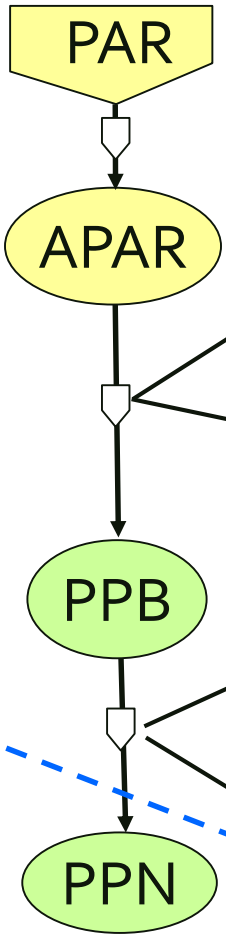
modèle biochimique de **photosynthèse** (Farquhar *et al.*, 1980)
→ **CASTANEA**

Horizon 1	θ_1
Horizon 2	θ_2
Horizon 3	θ_3

réserve en eau utile relative

2. Fonctionnement de HETEROFOR
→ dépendance au climat

données météo



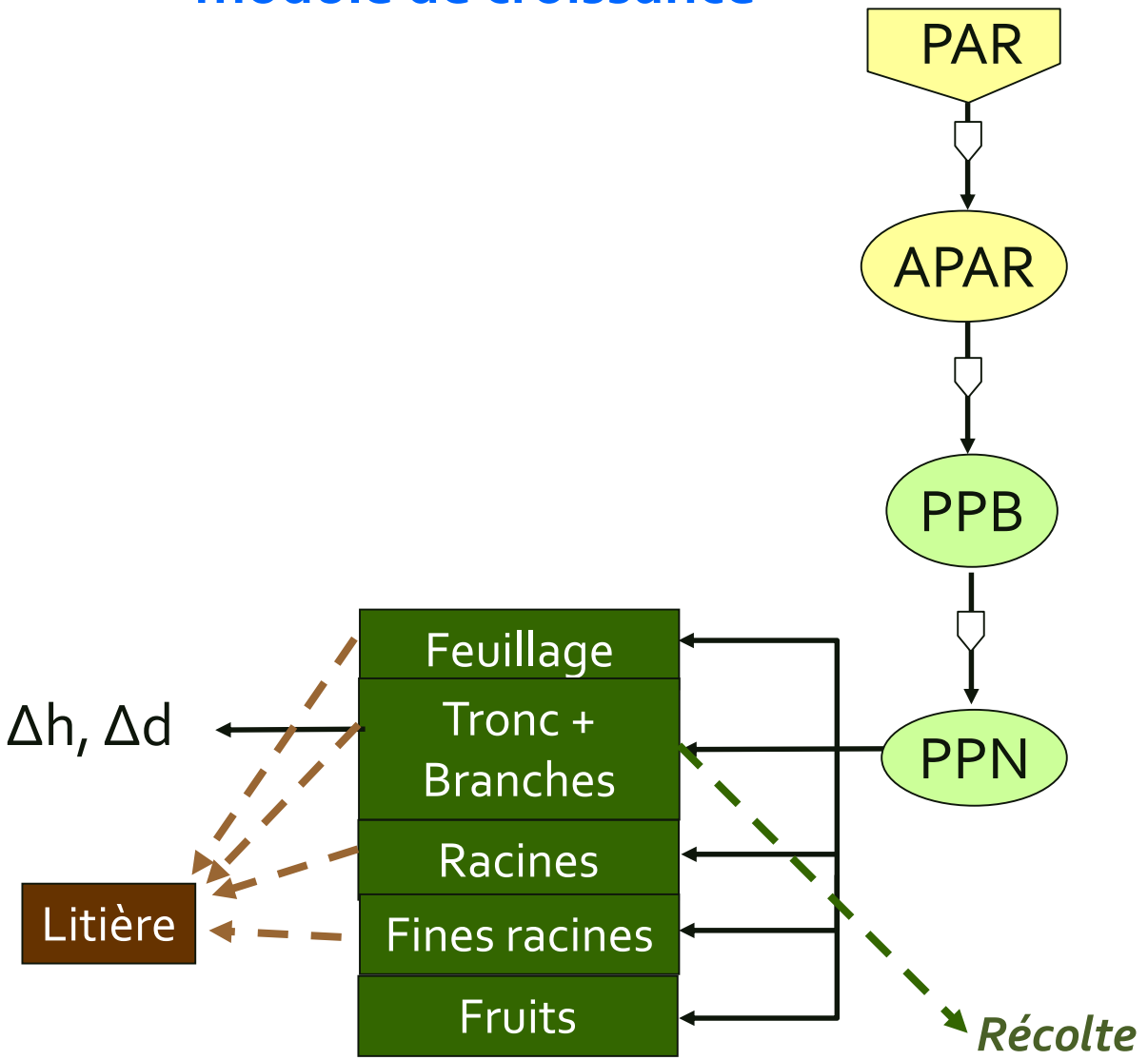
efficience d'utilisation du rayonnement

modèle biochimique de **photosynthèse** (Farquhar *et al.*, 1980)
→ **CASTANEA**

rapport constant PPN/PPB

calcul de la **respiration** sur base de la % de tissus vivants, de la teneur en N et de la t° de l'air (Q10)
→ **CASTANEA**

2. Fonctionnement de HETEROFOR
→ module de croissance



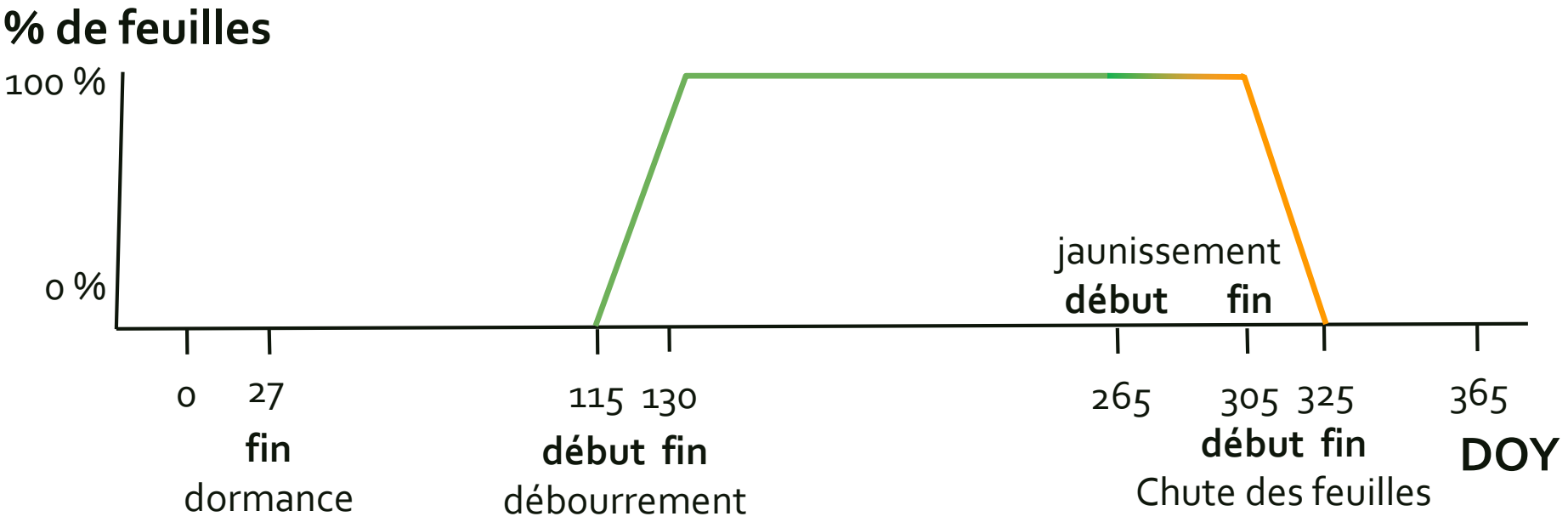
2. Fonctionnement de HETEROFOR
→ module de phénologie

Modèles

- Unichill
- Uniforc
- Thermal time
- Sequential

Calibration

- 46 sites (Allemagne et France)
- 1951 → 2015
- PMP5 (I. Chuine)



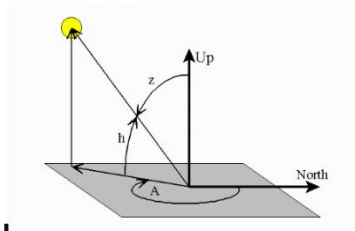
2. Fonctionnement de HETEROFOR
→ adaptation de SAMSARALIGHT

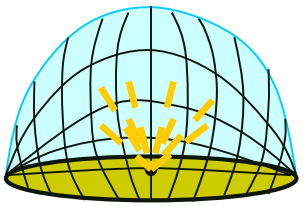
Rayonnement global

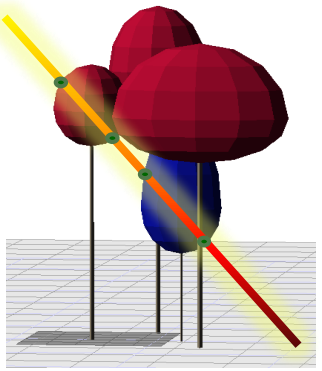
Rapport diffus/global

direct

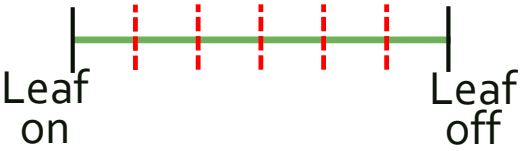
diffus







Mode 'Legacy'



Diffus: 1 seul set de rayons

Direct: 1 set de rayons par jour moyen

↓

Σ énergies sur la période

/ rayonnement incident

↓

Coef. interception pour la période

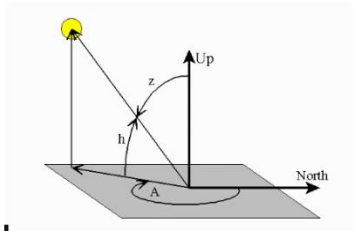
2. Fonctionnement de HETEROFOR → adaptation de SAMSARALIGHT

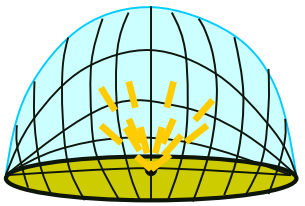
Rayonnement global

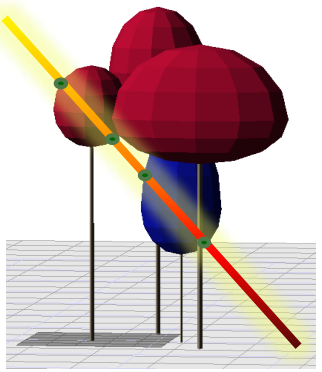
Rapport diffus/global

direct

diffus







Mode 'Legacy'

Diffus: 1 seul set de rayons

Direct: 1 set de rayons par jour moyen

↓

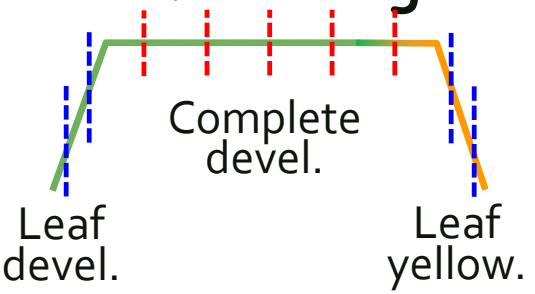
Σ énergies sur la période

/ rayonnement incident

↓

Coef. interception pour la période

Mode 'Tag'



+ subdivision horaire

Diffus: 1 set de rayons pour complete devel., par jour clé et par heure

Direct: 1 set de rayons par jour moyen, par jour clé et par heure

↓

Σ énergies complete devel., par jour clé et par heure

/ rayonnement incident

↓

Coef. interception pour complete devel., par jour clé et par heure

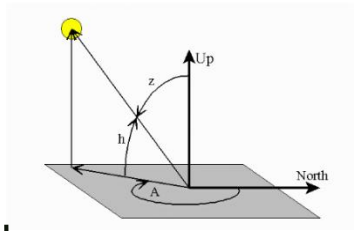
2. Fonctionnement de HETEROFOR
→ adaptation de SAMSARALIGHT

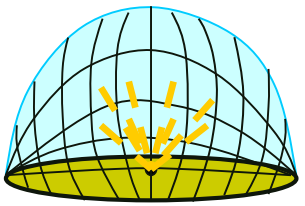
Rayonnement global

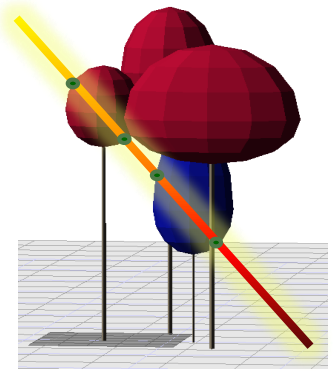
Rapport diffus/global

direct

diffus





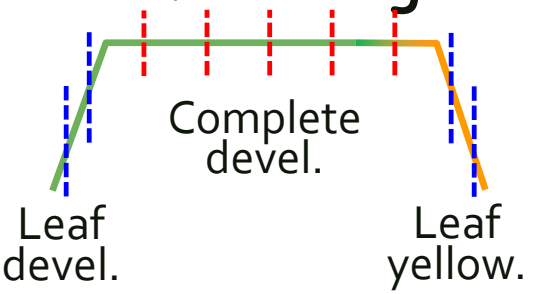


Mode 'Legacy'

Diffus: 1 seul set de rayons

Direct: 1 set de rayons par jour moyen

Mode 'Tag'



+ subdivision horaire

Diffus: 1 set de rayons pour complete devel., par jour clé et par heure

Direct: 1 set de rayons par jour moyen, par jour clé et par heure

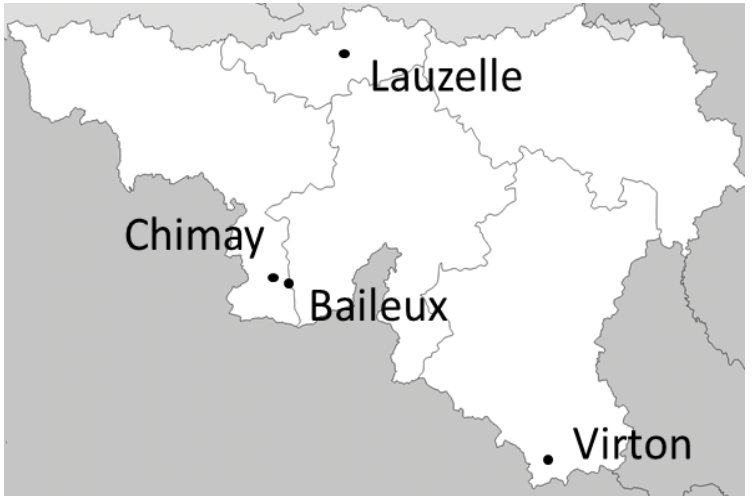
Code parallélisé

Optimisation pour rayons diffus

Temps de calcul ≈ 4 x legacy

3. Evaluation du modèle

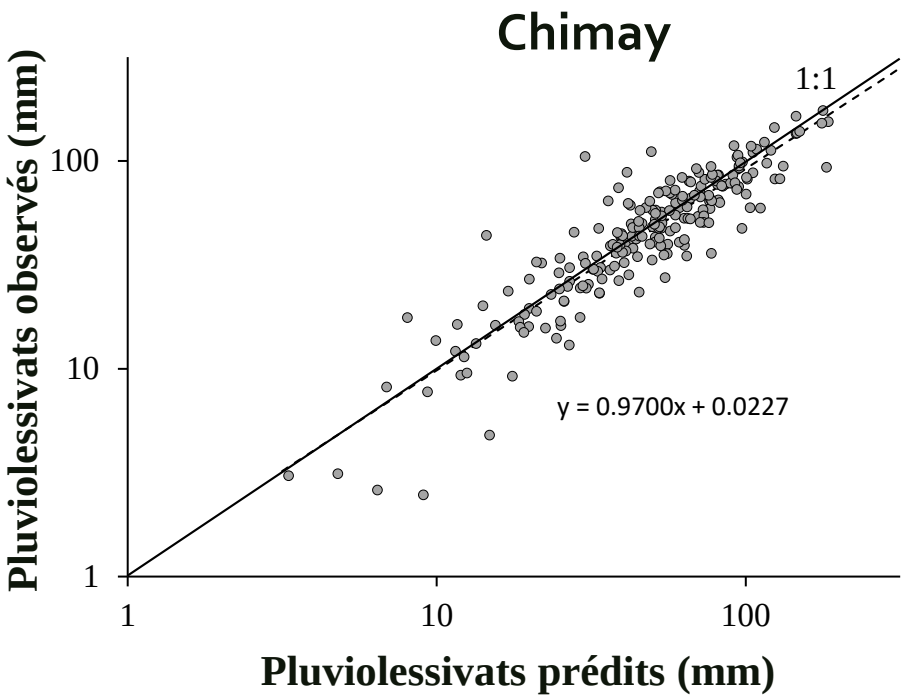
Comparaison simulations ↔ observations

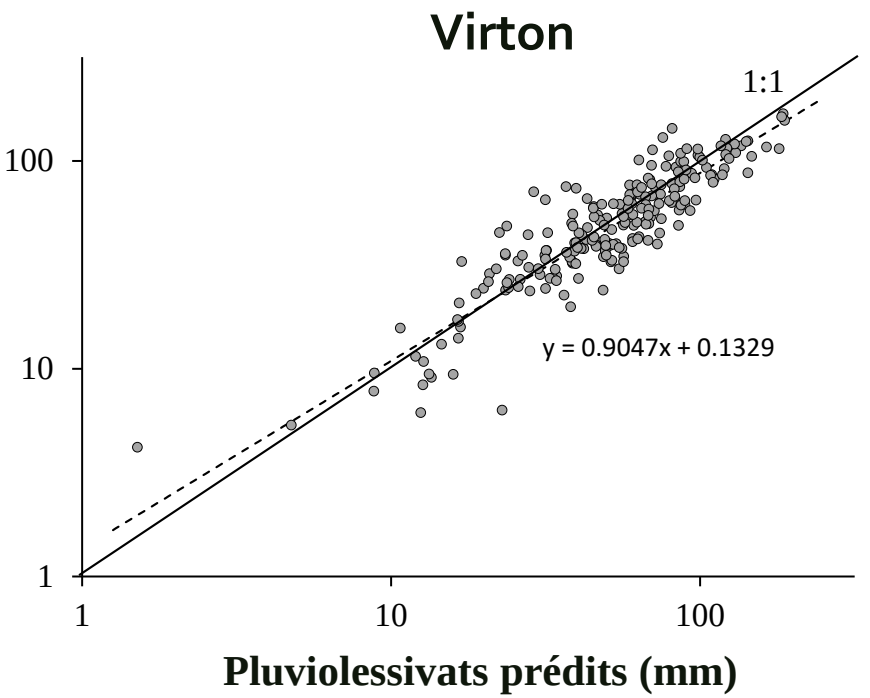


- **Lauzelle** : hêtre
- **Virton**: hêtre (+ charme & autres feuillus)
- **Chimay**: chêne + charme (TSF)
- **Baileux**:
  - Chênaie: chêne + charme (ancien TSF)
  - Hêtraie
  - Mélange chêne - hêtre

3. Evaluation du modèle: module hydrique

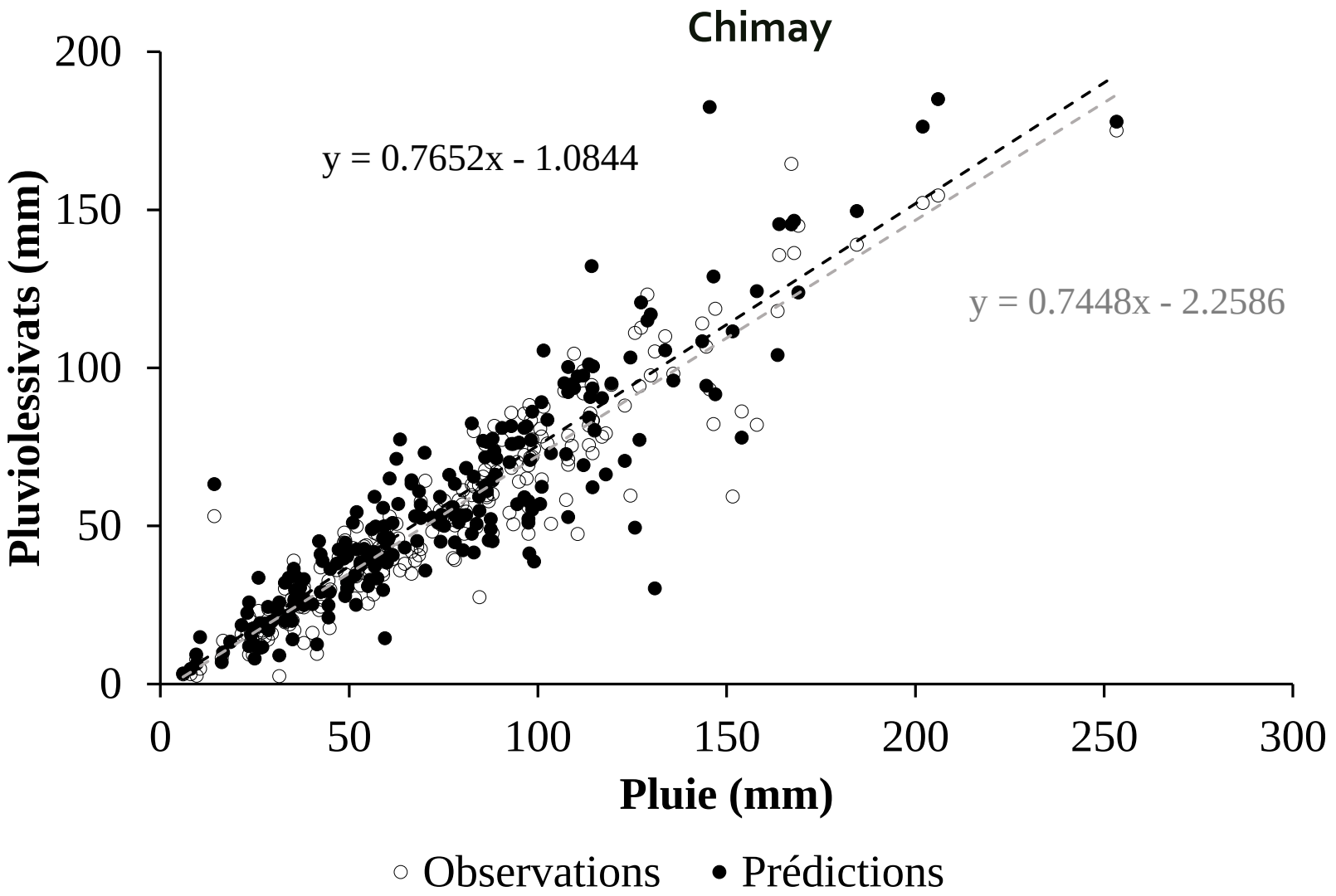
Comparaison des pluviolessivats prédits et observés





3. Evaluation du modèle: module hydrique

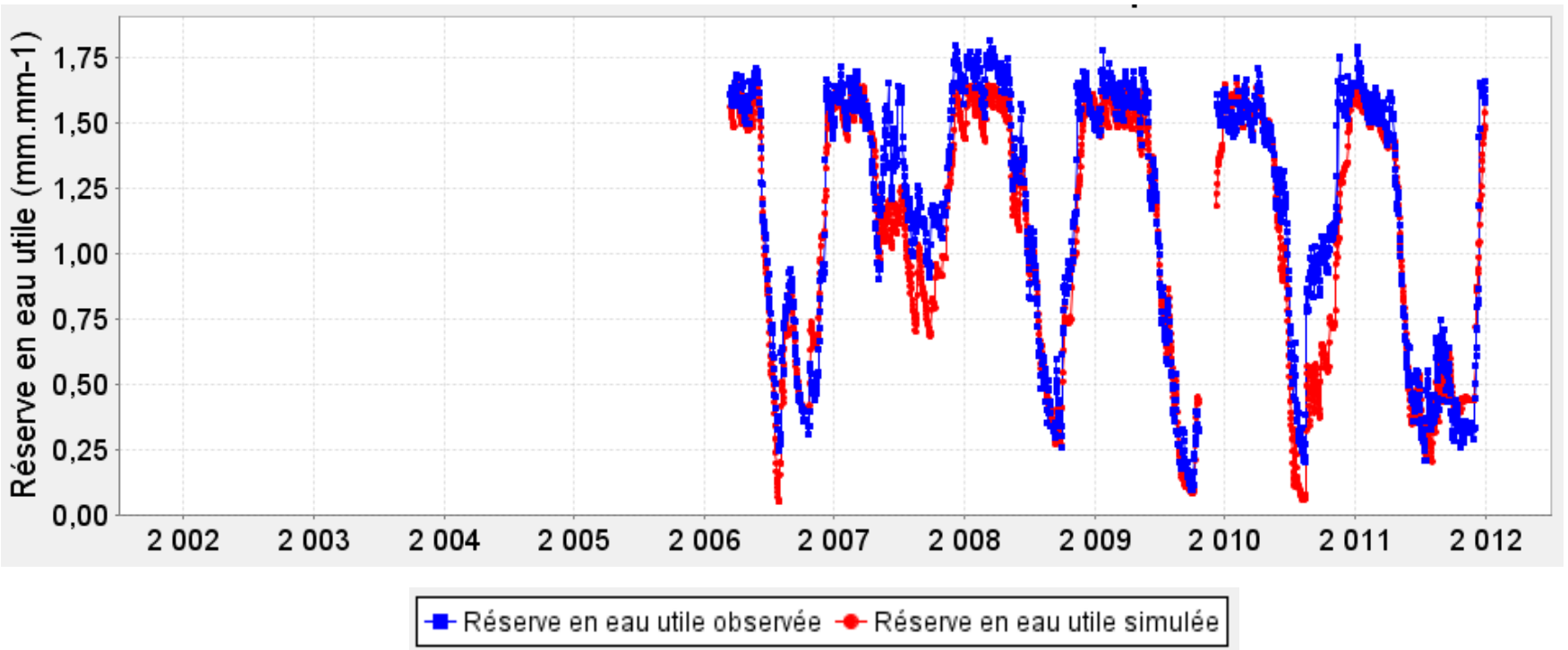
Relation entre pluviolessivats et pluie incidente



3. Evaluation du modèle: module hydrique

Evolution temporelle de la réserve en eau utile relative

Baileux - chênaie

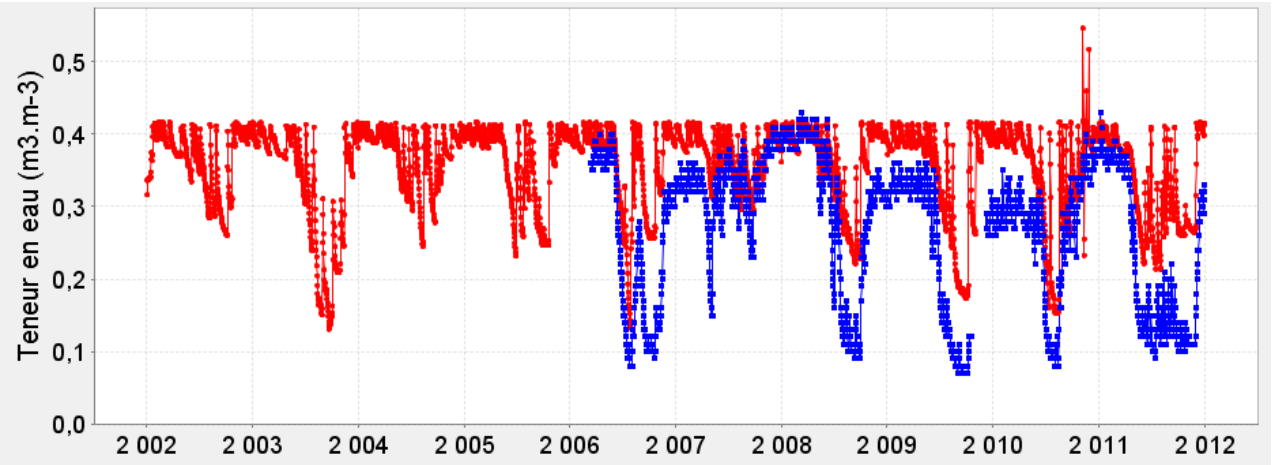


3. Evaluation du modèle: module hydrique

Evolution temporelle de la teneur en eau du sol

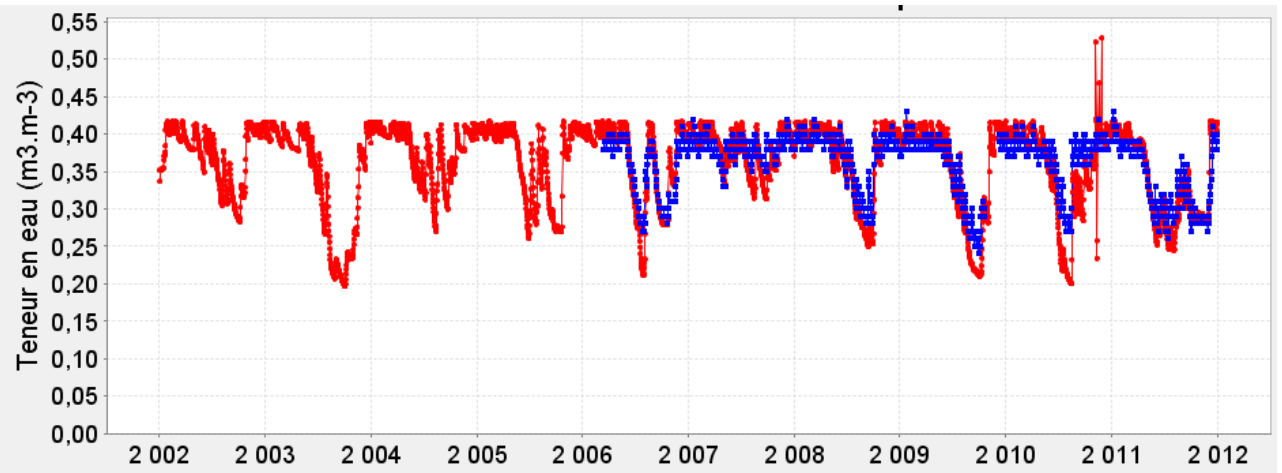
Baileux - chênaie

Horizon Ah
(0 – 6 cm)



Teneur en eau observée - horizon 4 — Teneur en eau simulée - horizon 4

Horizon Bw1
(6 – 27 cm)

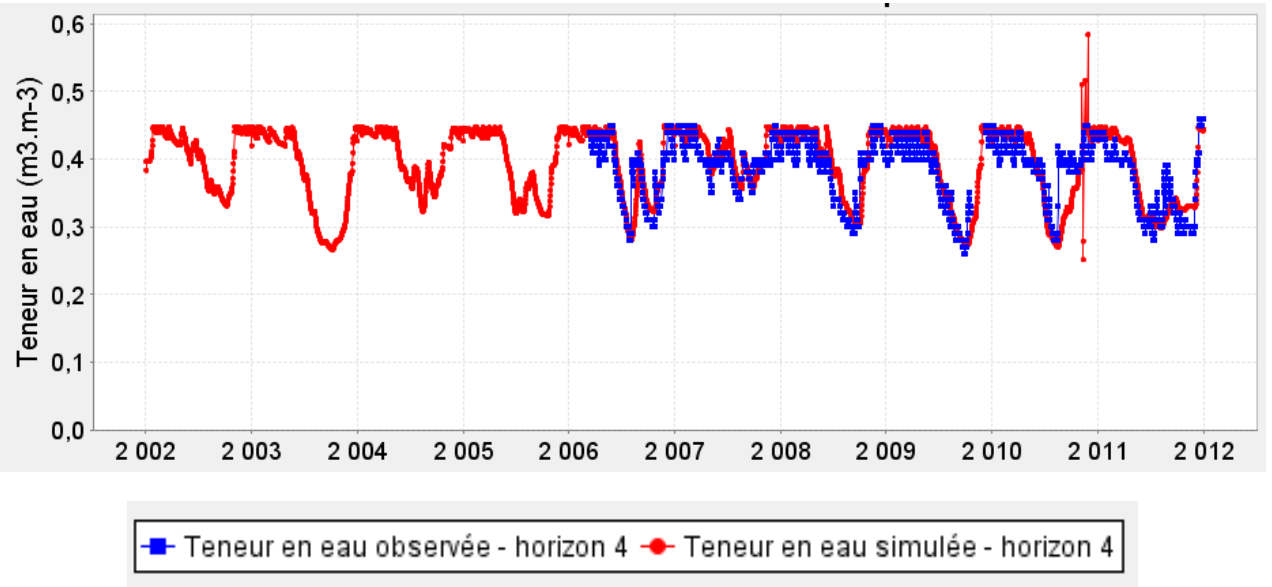


3. Evaluation du modèle: module hydrique

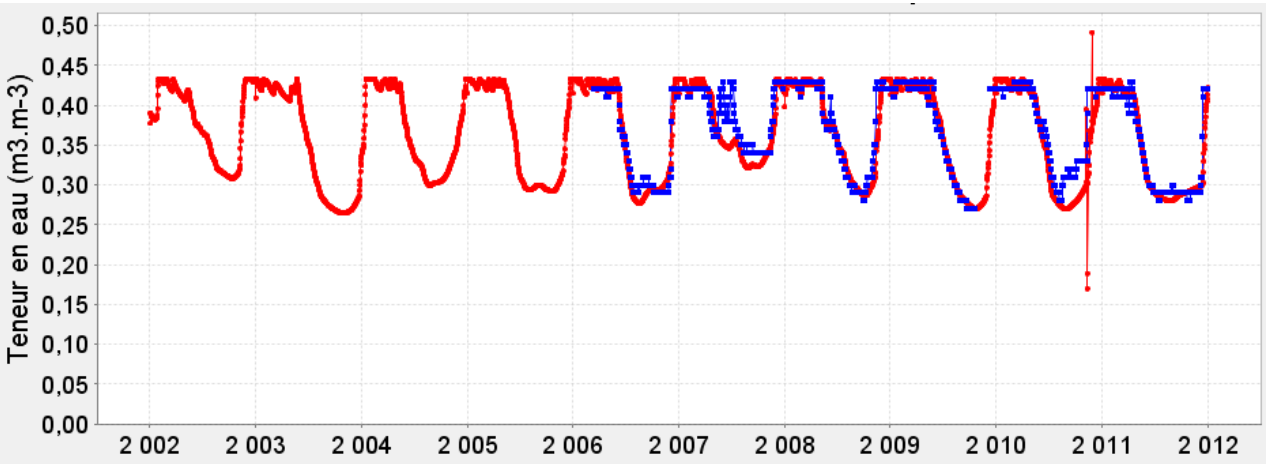
Evolution temporelle de la teneur en eau du sol

Baileux - chênaie

Horizon 2Bw3
(42 – 55 cm)



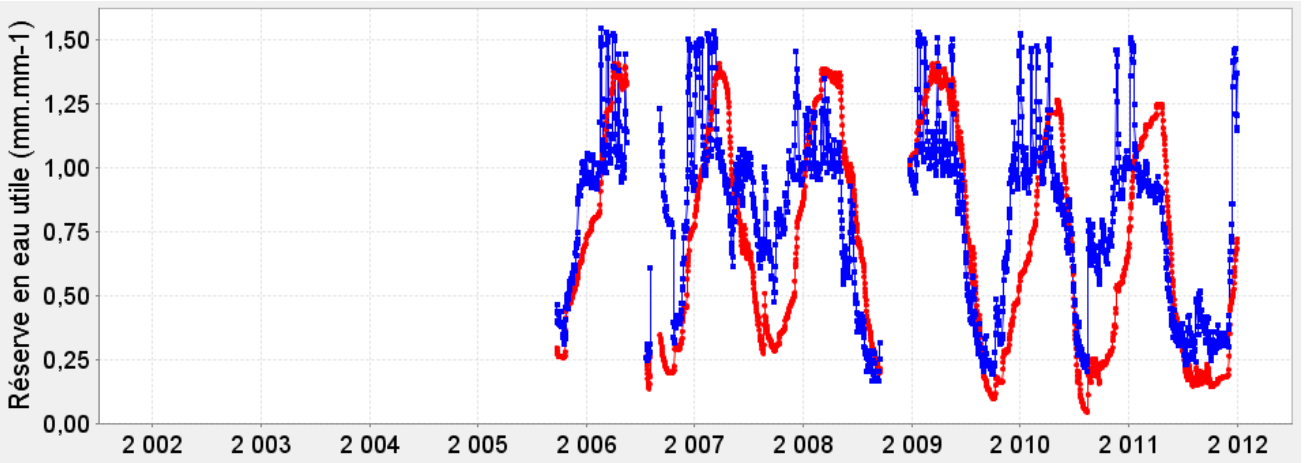
Horizon 2Bg2
(75 – 119 cm)



3. Evaluation du modèle: module hydrique

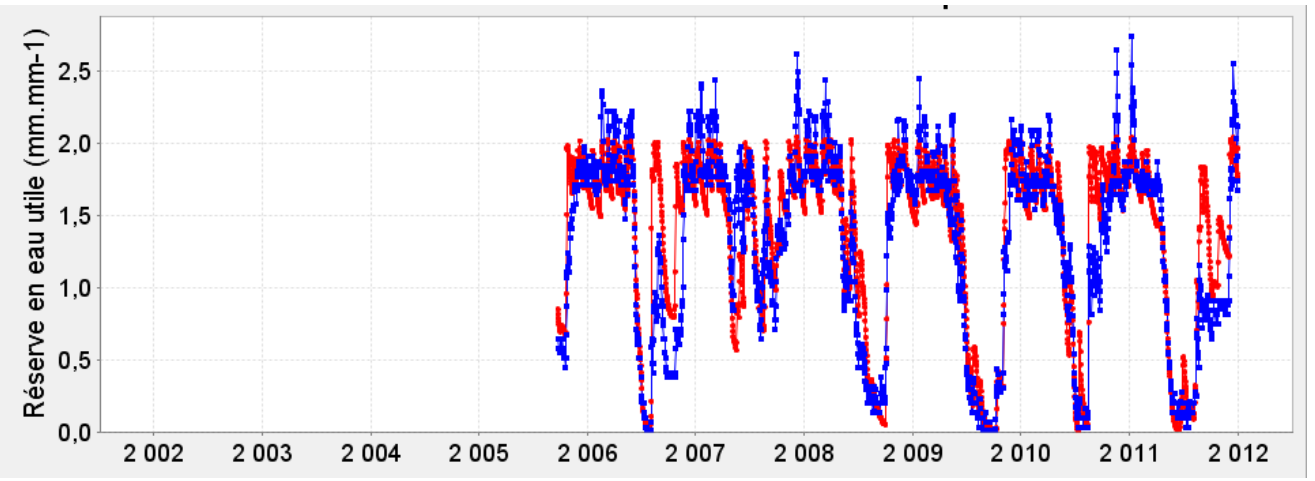
Evolution temporelle de la réserve en eau utile relative

Baileux - mélange



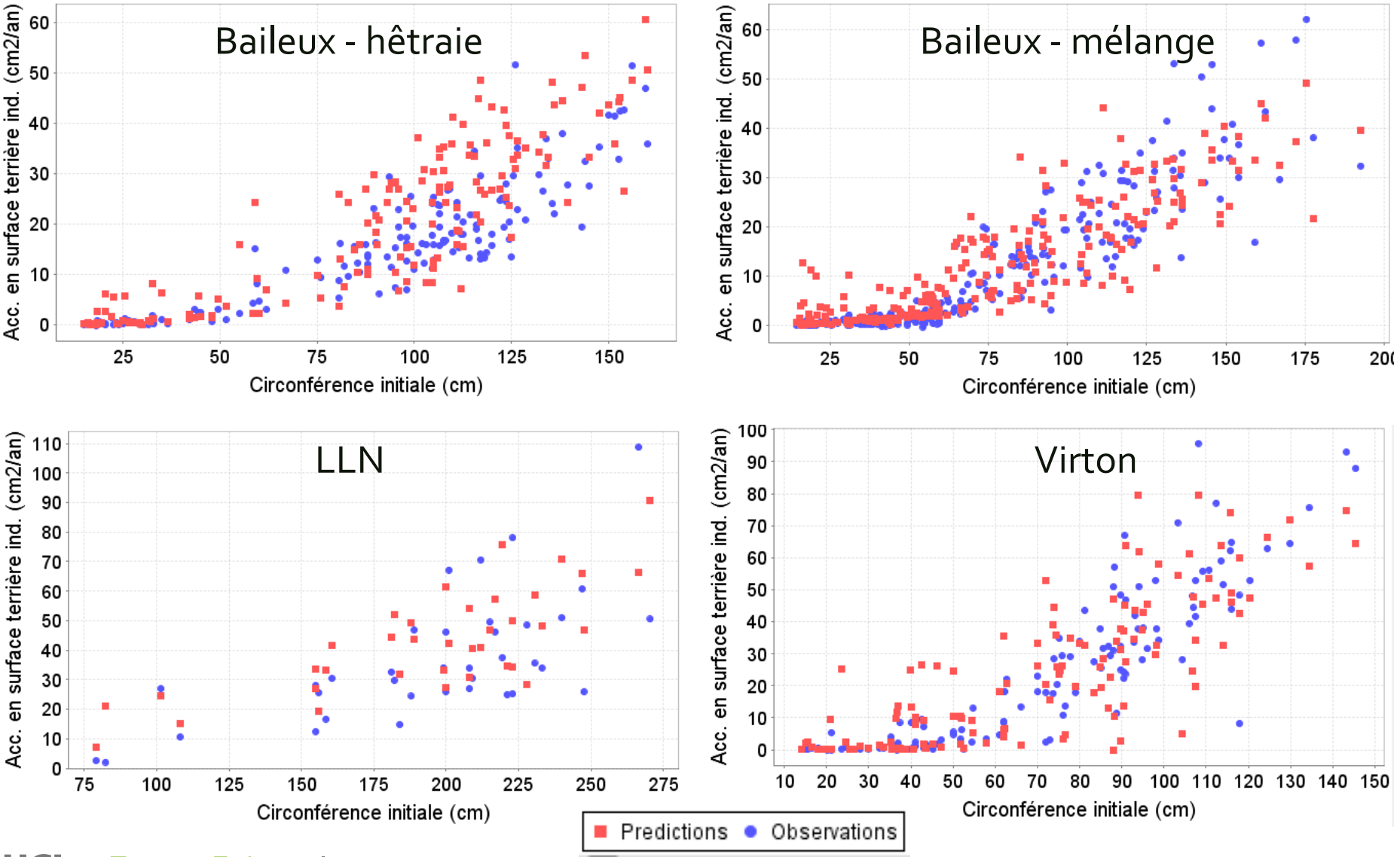
Baileux - hêtraie

Réserve en eau utile observée — Réserve en eau utile simulée



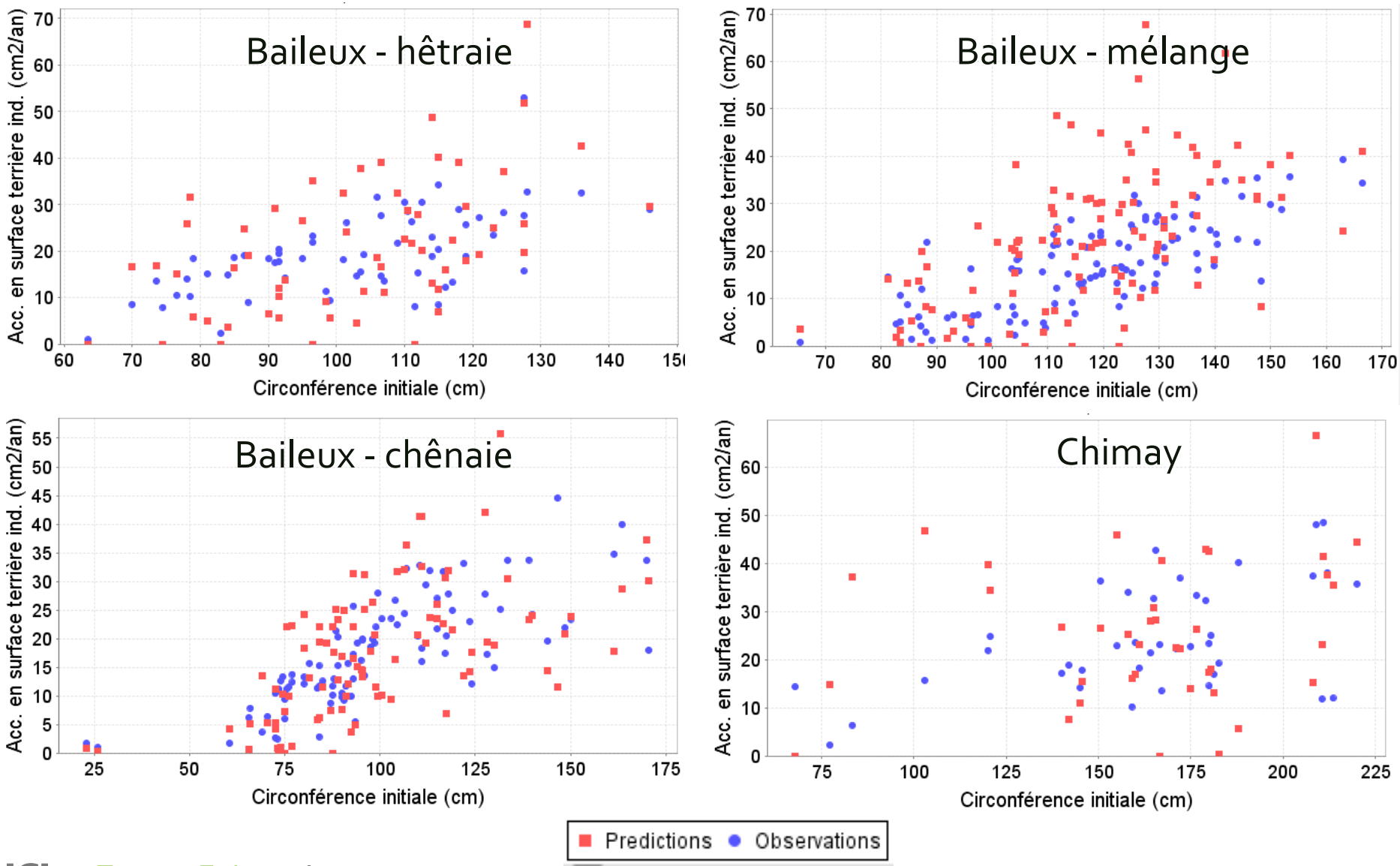
3. Evaluation du modèle: module de croissance

Relation 'accroissement en surface terrière *vs* taille' chez le **hêtre**



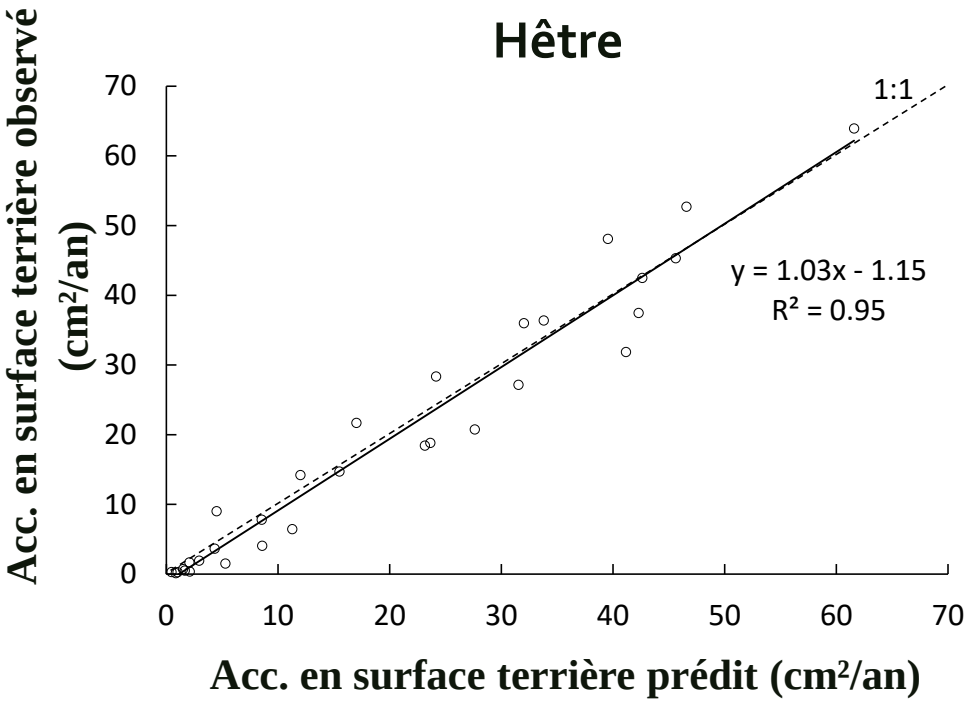
3. Evaluation du modèle: module de croissance

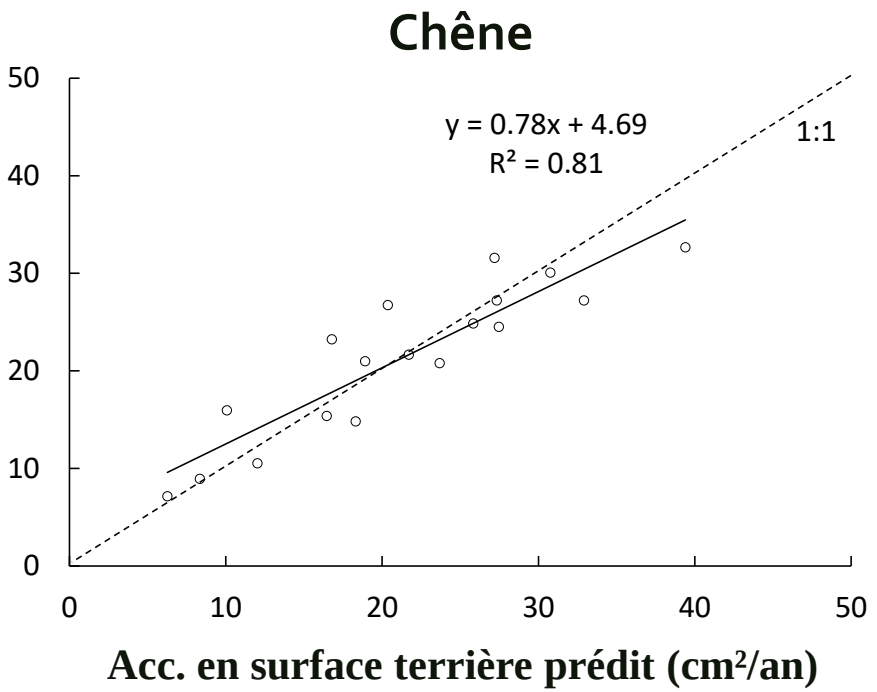
Relation 'accroissement en surface terrière *vs* taille' chez le **chêne**



3. Evaluation du modèle: module de croissance

Comparaison de la croissance radiale prédite et observée



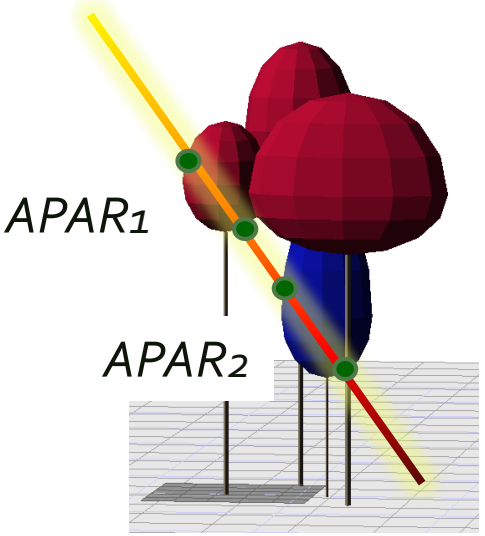


4. Perspectives

4.1. Poursuite de l'évaluation de chaque module & calibration + analyse de sensibilité

Ex.: Bilan radiatif

- **Paramètres:**
  - Interception



Beer-Lambert

$$APAR_{\text{arbre_i}} = PAR_0 \cdot [1 - \exp(-k \cdot DF \cdot l)]$$

Enveloppe poreuse

$$APAR_{\text{arbre_i}} = PAR_0 \cdot [1 - T]$$

4. Perspectives

4.1. Poursuite de l'évaluation de chaque module & calibration + analyse de sensibilité

Ex.: Bilan radiatif

- **Paramètres:**
  - Interception

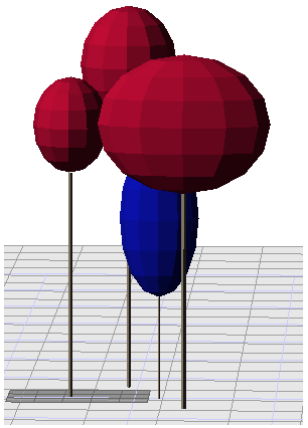
Beer-Lambert

$$APAR_{\text{arbre_i}} = PAR_0 \cdot [1 - \exp(-k \cdot DF \cdot I)]$$

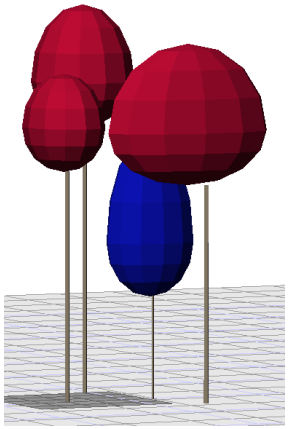
Enveloppe poreuse

$$APAR_{\text{arbre_i}} = PAR_0 \cdot [1 - T]$$

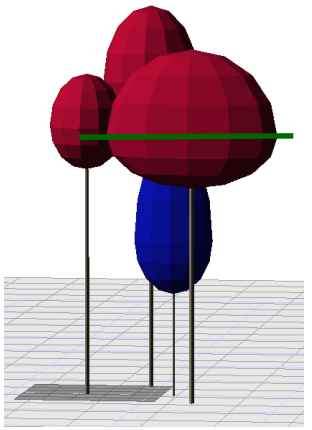
  - Forme des couronnes



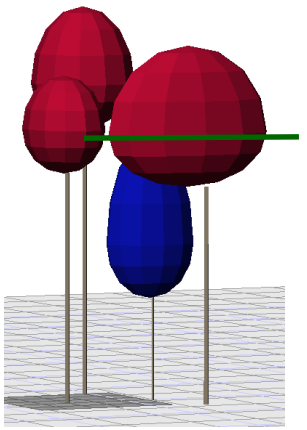
ellipsoïde simple centré ('Ec')



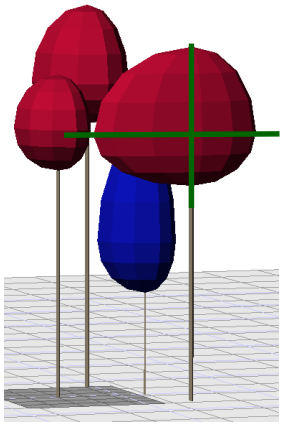
ellipsoïde simple décentré ('Ed')



demi ellipsoïdes centrés ('Bc')



demi ellipsoïdes décentrés ('Bd')



8ième ellipsoïde ('M')

4. Perspectives

4.1. Poursuite de l'évaluation de chaque module & calibration + analyse de sensibilité

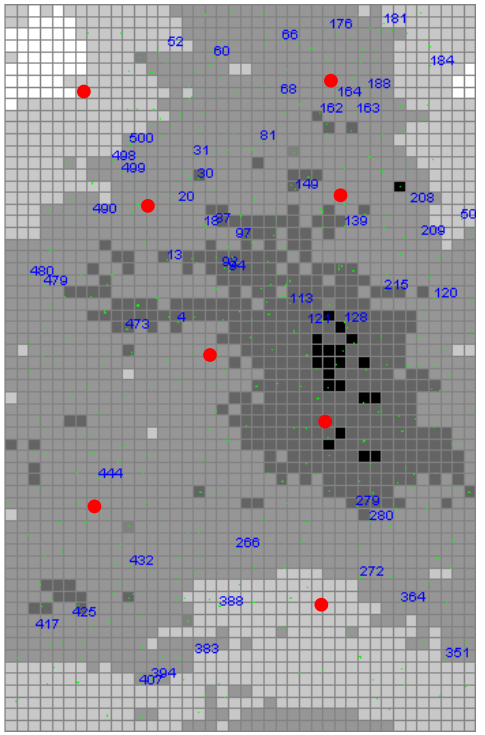
Ex.: Bilan radiatif

Modélisation inverse

Mesures ⟷ **Simulations**

Photos hémisphériques
(G. Ligot)

666 mesures, 26 placettes



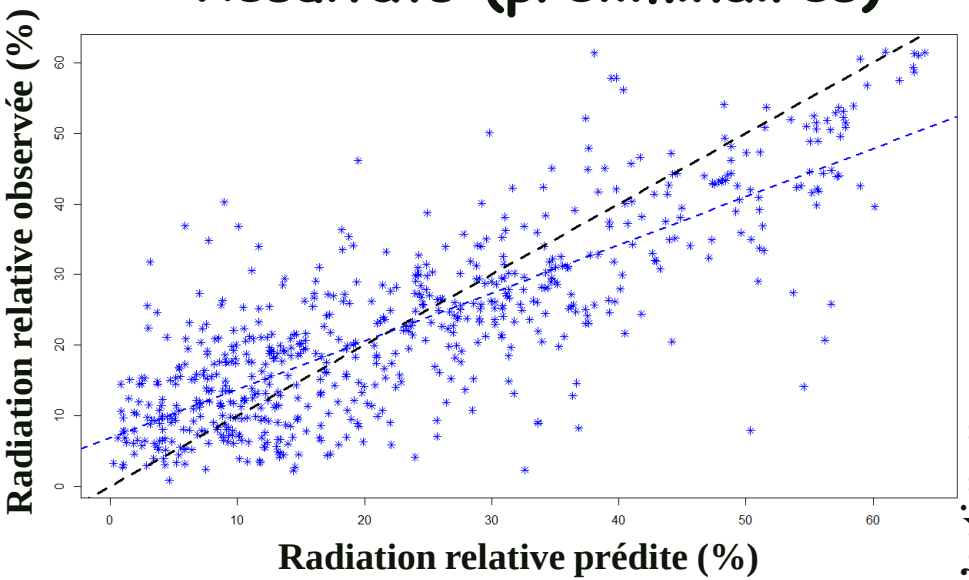
• Photos hémisphériques

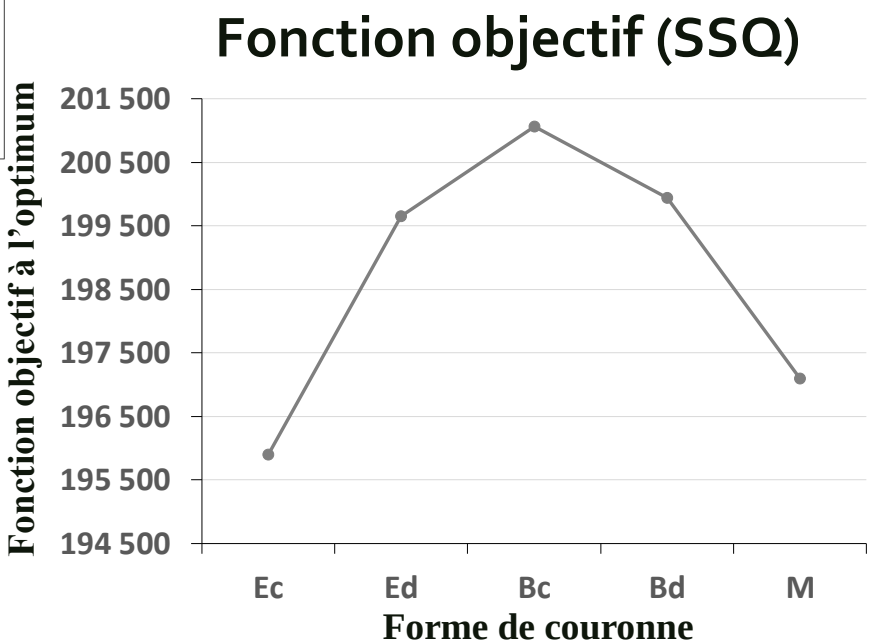
4. Perspectives

4.1. Poursuite de l'évaluation de chaque module & calibration + analyse de sensibilité

Ex.: Bilan radiatif

Résultats (préliminaires)





4. Perspectives

4.2. Couplage du module 'nutriments'

4.3. Comparaison SAMSARALIGHT legacy *vs* tag modes

4.4. Adaptation du modèle aux essences résineuses

4.5. Développement d'un module régénération

4.6. Simulations pour divers scénarios climatiques et/ou sylvicoles

Thèse de L. de Wergifosse

- Réponse des forêts hétérogènes aux changements climatiques
- Quantification des incertitudes liées au climat et au modèle

Projet SUSTAINFOR

- Itinéraires et pratiques sylvicoles adaptés pour la gestion durable des écosystèmes tempérés face aux changements climatiques

Merci pour votre attention !