EARTH & LIFE INSTITUTE

Dynamique de croissance des arbres & utilisation des ressources en peuplements hétérogènes : état d'avancement du modèle HETEROFOR

Mathieu Jonard

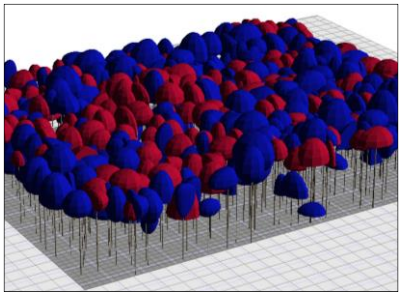
| Journées CAQSIS - Gembloux, 8 au 10 avril 2014|

UCL UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN

SPW Service public de Wallonie

1. Objectifs

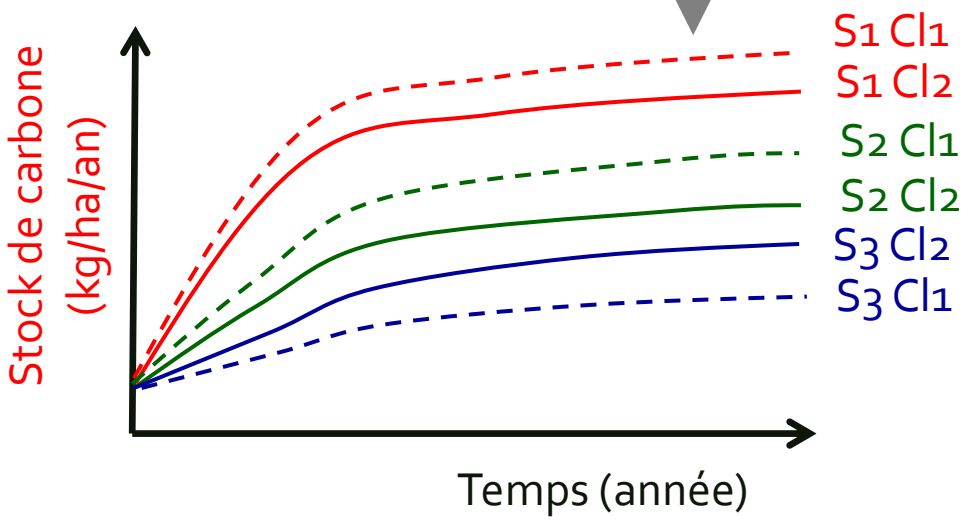
Peuplements hétérogènes



Evolution climat
- scénario Cl 1
- scénario Cl 2
...

Interventions sylvicoles
- scénario S1
- scénario S2
- scénario S3
...

Modèle hybride (dendro x écophysio)
individu centré et spatialement explicite

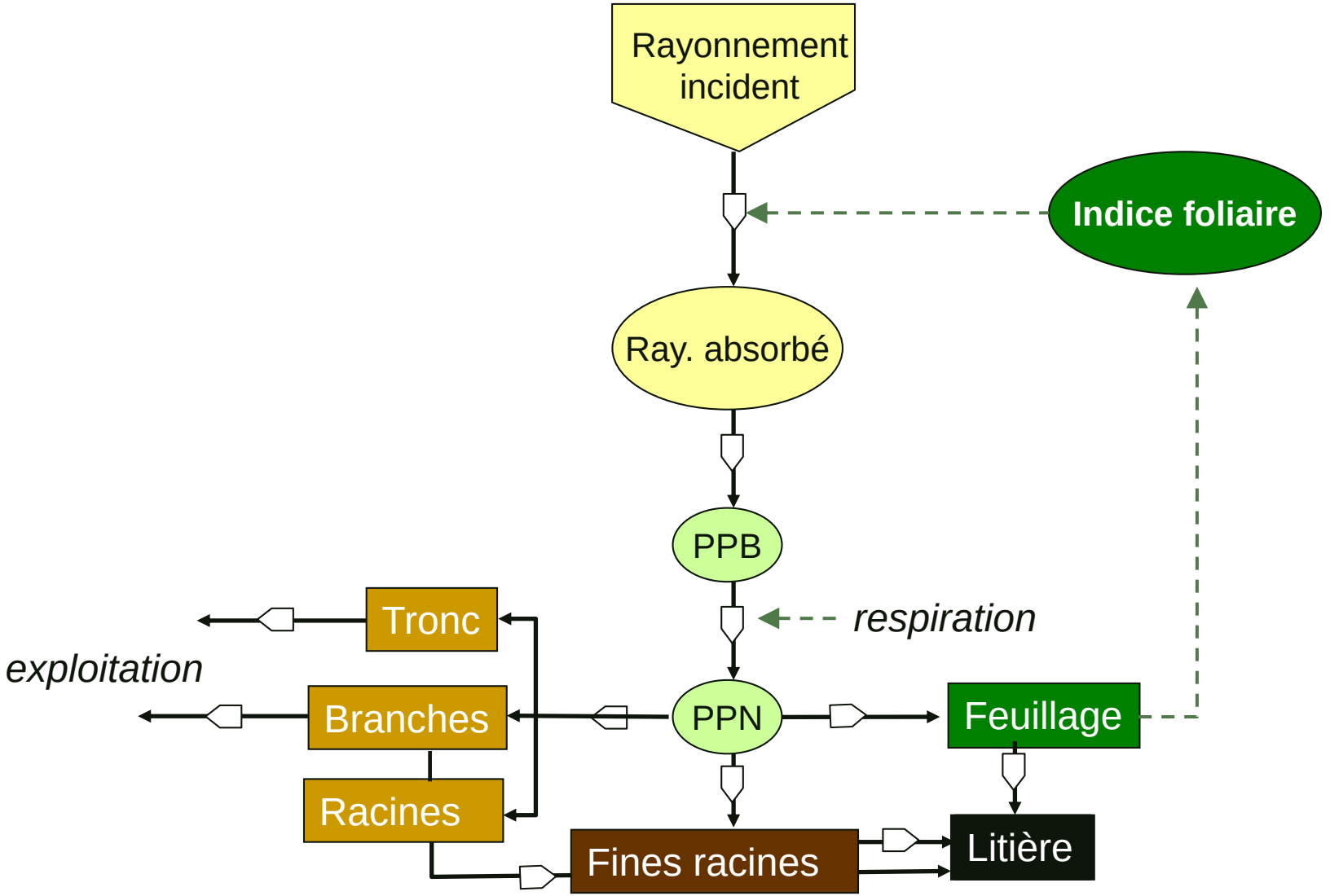


⇒ **outil d'aide à la décision**

⇒ **outil d'intégration des connaissances**

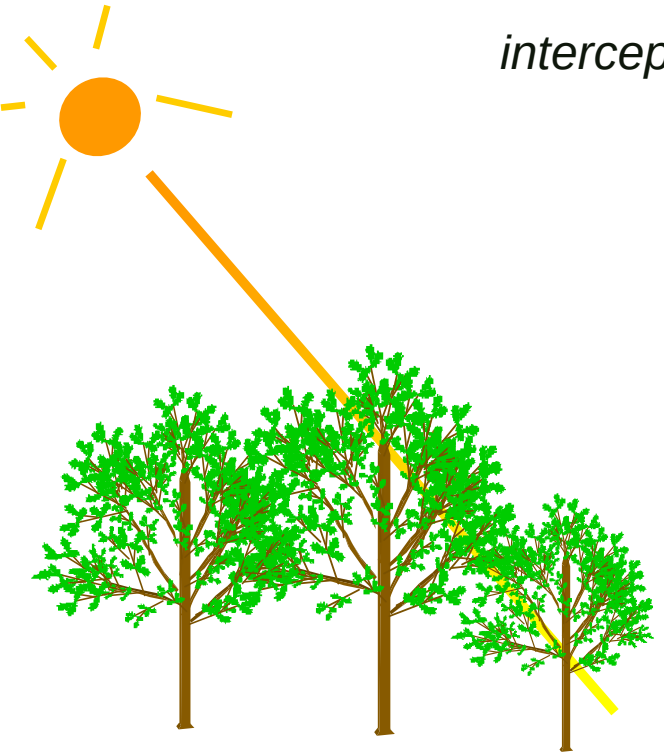
2. Approche

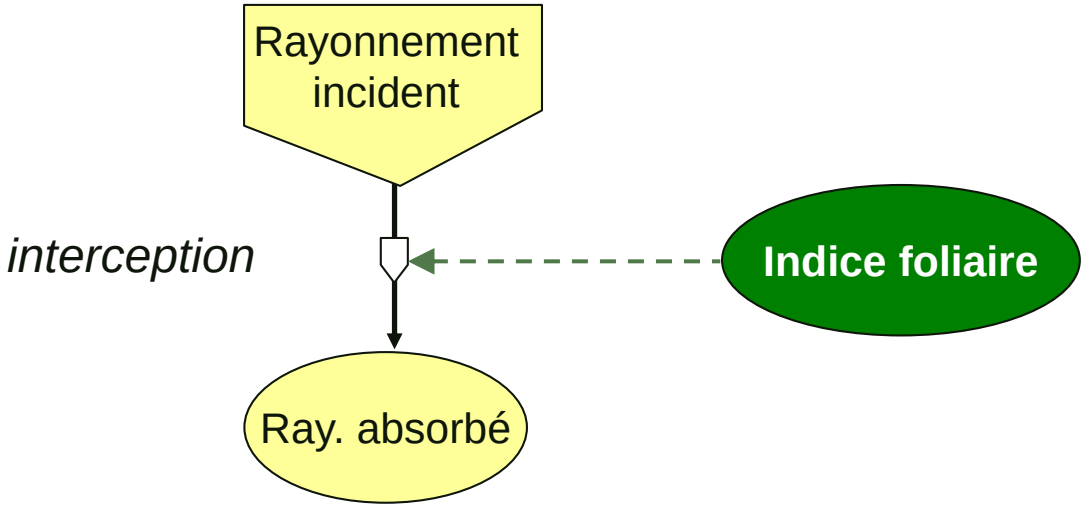
Schéma général du module carbone

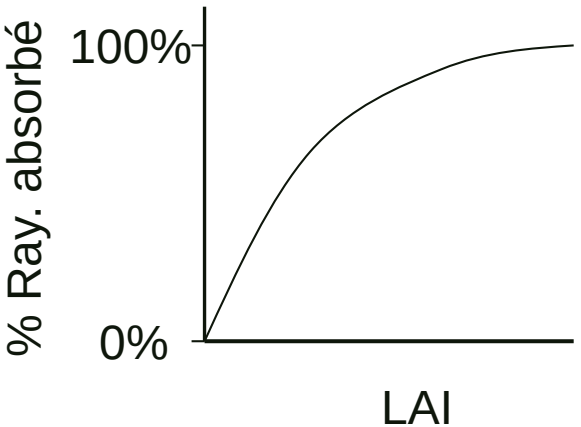


3. Etat d'avancement

Module d'interception du rayonnement : samsaraLight







$$\%Ray.abs = 1 - \exp(-k \cdot LAI)$$

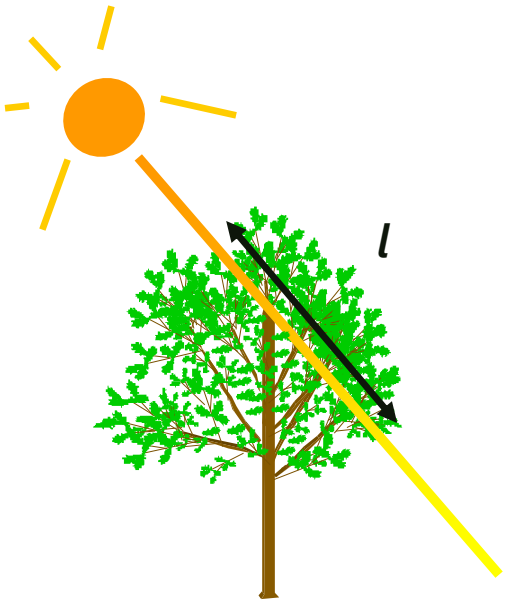
k : coefficient d'extinction

LAI : indice foliaire ($m^2.m^{-2}$)

3. Etat d'avancement

Module d'interception du rayonnement : samsaraLight

Beer-Lambert



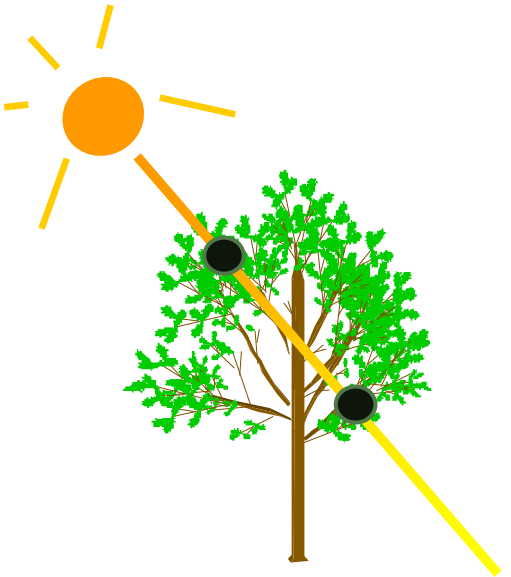
$$\%Ray.abs = 1 - \exp(-k \cdot DF \cdot l)$$

k : coefficient d'extinction

DF : densité foliaire ($m^2.m^{-3}$)

l : trajet dans le feuillage (m)

Enveloppe poreuse

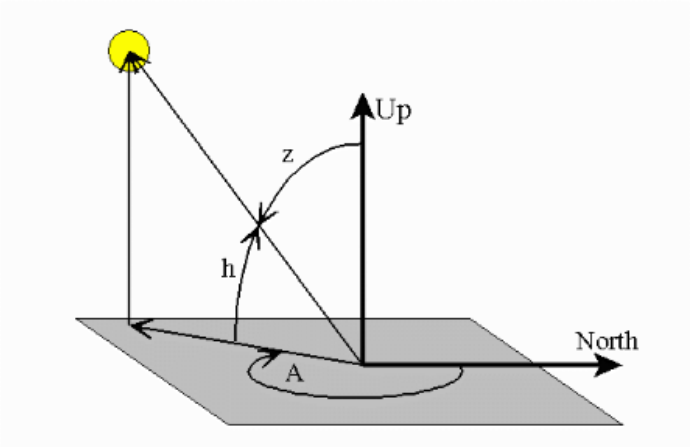


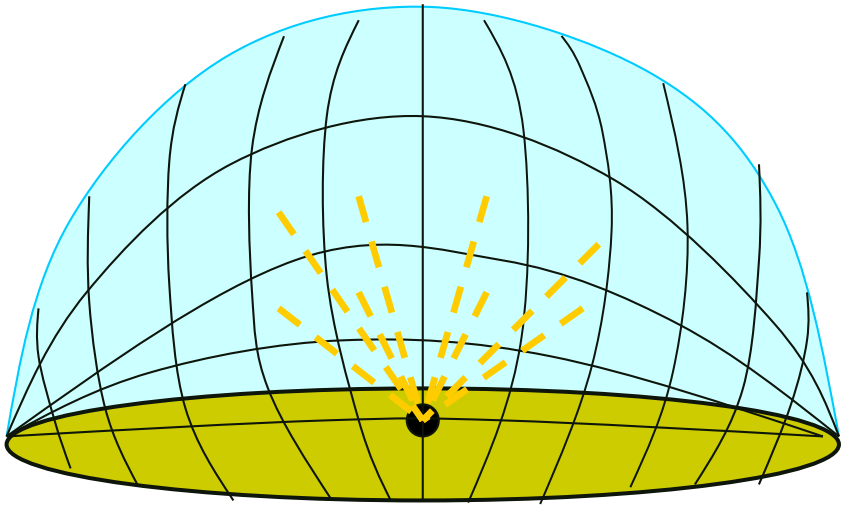
$$\%Ray.abs = 1 - T$$

T : transmissivité ou porosité

3. Etat d'avancement

Module d'interception du rayonnement : samsaraLight





DIRECT

Position du soleil
caractérisée par deux angles :
l'élévation (h) et l'azimut (A)

DIFFUS

Ciel couvert
divisé en secteurs

3. Etat d'avancement

Module d'interception du rayonnement : samsaraLight

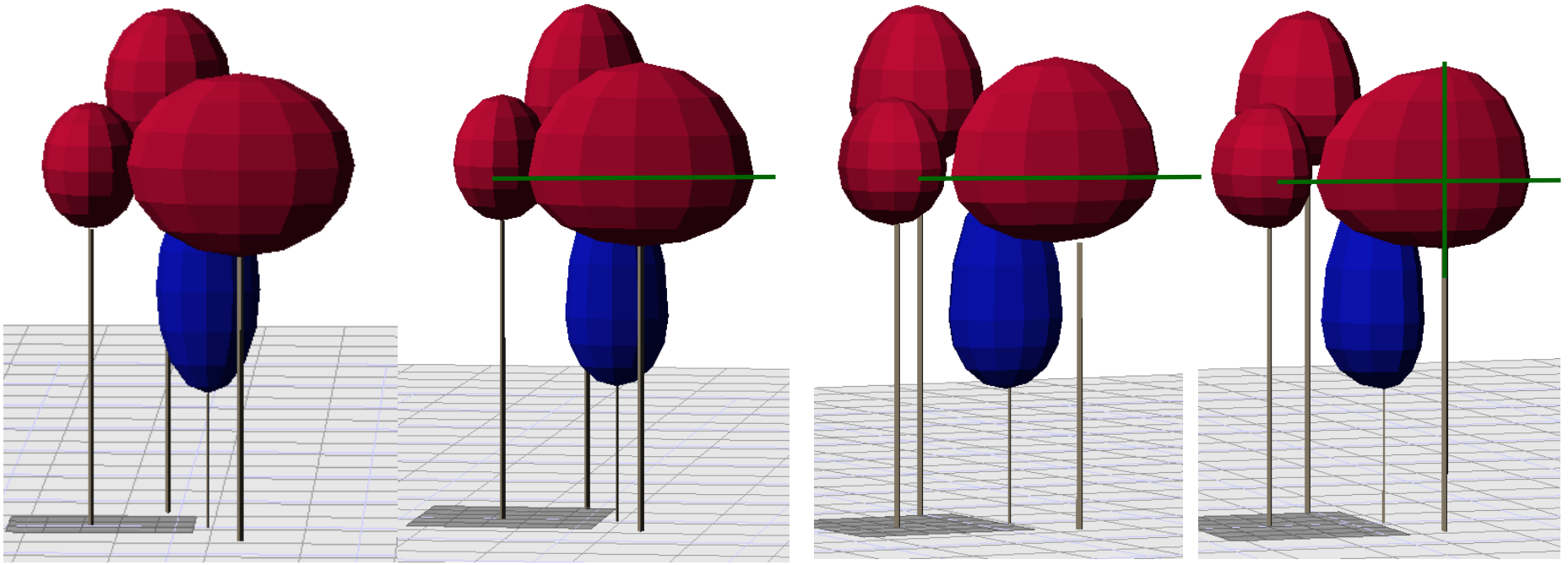
Fonctionnement

1. **Création d'une grille systématique de cellules carrées**
2. **Création d'une série de rayons lumineux**
3. **Création des parties de houppiers**
   - ellipsoïde simple centré ou décentré
   - deux demi-ellipsoïdes centrés ou décentrés
   - huit 8ième d'ellipsoïde

3. Etat d'avancement

Module d'interception du rayonnement : samsaraLight

Création des parties de houppiers



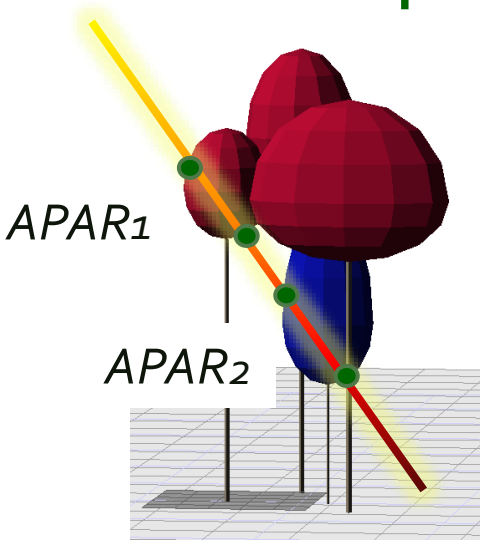
ellipsoïde simple centré | demi ellipsoïdes centrés | demi ellipsoïdes décentrés | 8ième ellipsoïde

3. Etat d'avancement

Module d'interception du rayonnement : samsaraLight

Fonctionnement

1. Création d'une grille systématique de cellules carrées
2. Création d'une série de rayons lumineux
3. Création des parties de houppiers
4. Calcul interception entre houppiers et rayons



Beer-Lambert

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

Enveloppe poreuse

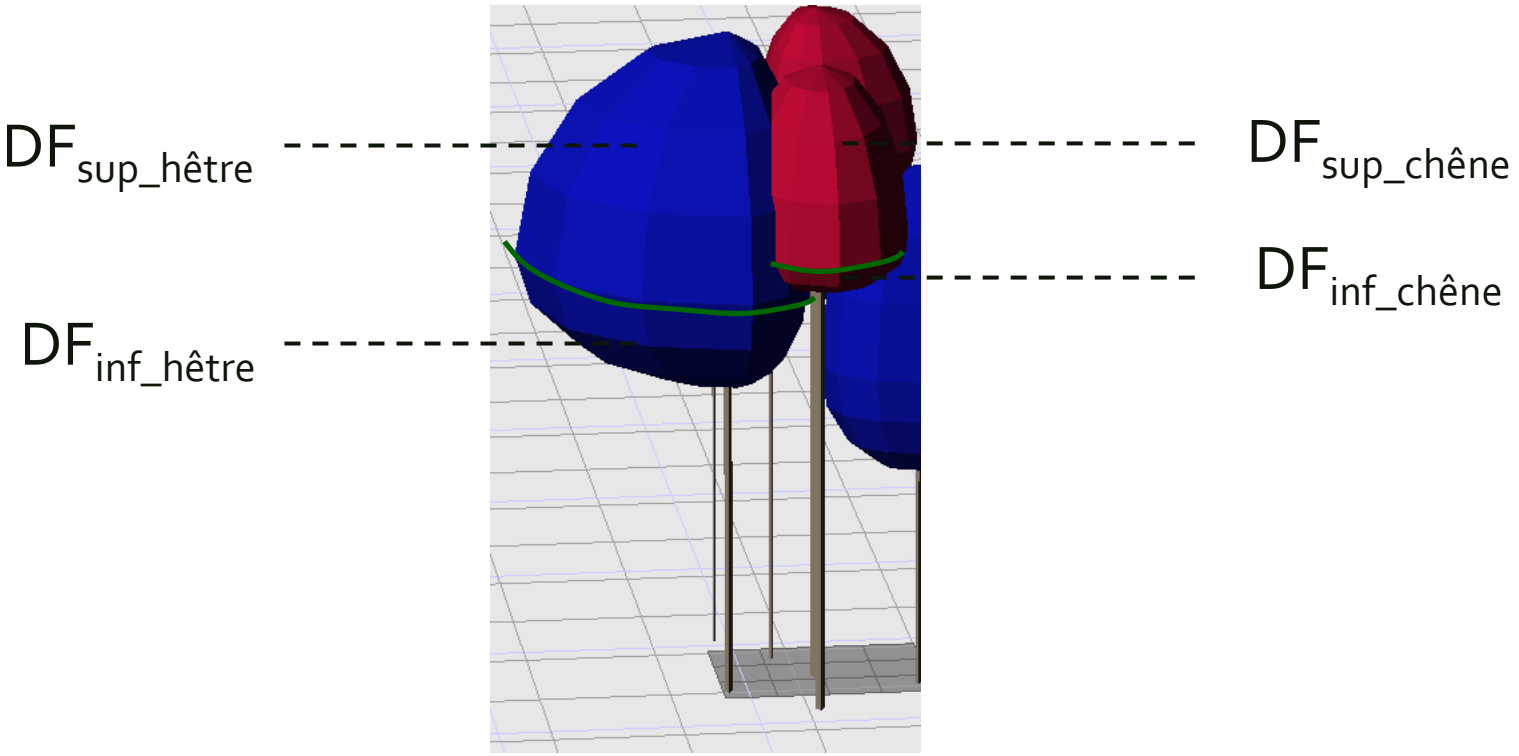
$$APAR_{arbre_i} = PAR_0 \cdot [1 - T]$$

3. Etat d'avancement

Module d'interception du rayonnement : samsaraLight

Estimation de la densité foliaire :

⟹ valeur moyenne de DF



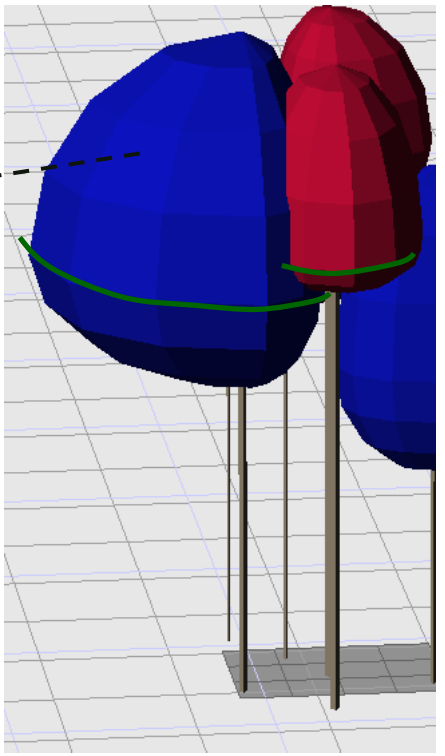
3. Etat d'avancement

Module d'interception du rayonnement : samsaraLight

Estimation de la densité foliaire :

⟹ valeur moyenne de SLA

$$DF_{\sup_hêtre} = \frac{Biomasse_{foliaire_hêtre} \cdot prop_{\sup_hêtre} \cdot SLA_{\sup_hêtre}}{Volume_{houppier_\sup}}$$



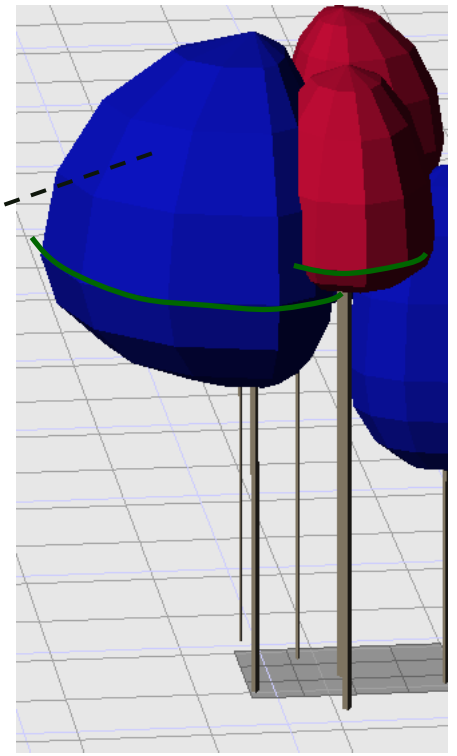
3. Etat d'avancement

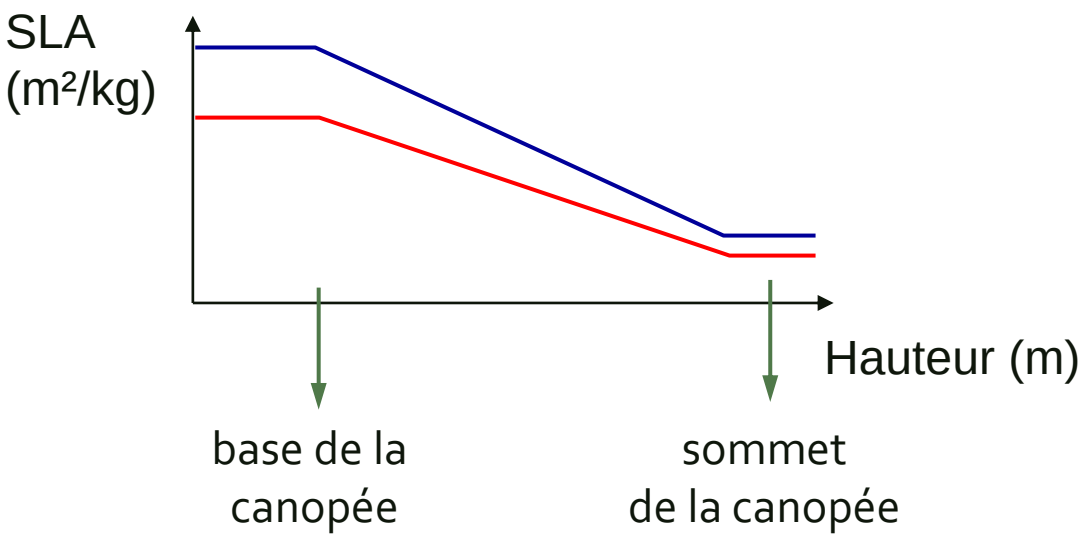
Module d'interception du rayonnement : samsaraLight

Estimation de la densité foliaire :

⟹ SLA = fct (position relative)

$$DF_{\sup_hêtre} = \frac{Biomasse_{foliaire_hêtre} \cdot prop_{\sup_hêtre} \cdot SLA(ht, essence)}{Volume_{houppier_\sup}}$$





3. Etat d'avancement

Module d'interception du rayonnement : samsaraLight

Fonctionnement

1. Création d'une grille systématique de cellules carrées
2. Création d'une série de rayons lumineux
3. Création des parties de houppiers
4. Calcul interception entre houppiers et rayons
5. Calcul du rayonnement

- intercepté par chaque arbre : $$APAR_{arbre\ i} = \sum_j APAR_{rayon\ j}$$

- atteignant chaque cellule :

$$PAR_{cellule\ k} = \sum_j \left(PAR_{rayon\ j} - \sum_i APAR_{ij} \right)$$

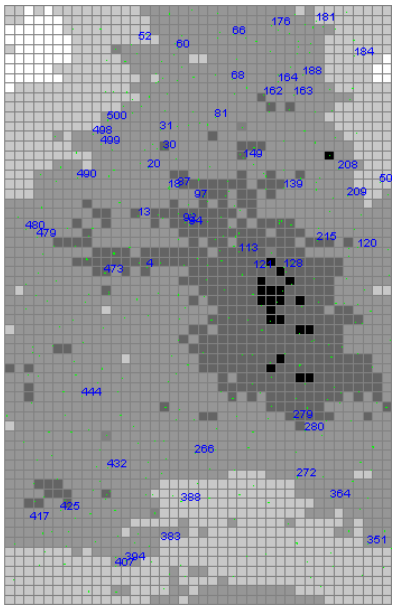
3. Etat d'avancement

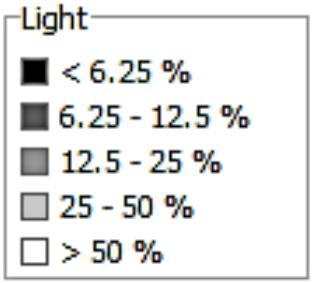
Module d'interception du rayonnement : samsaraLight

Evaluation des performances

Comparaison de ≠ approches sur base de l'adéquation entre prédictions et mesures

- Beer-Lambert (3 modèles de densité foliaire) *vs* enveloppe poreuse
- ≠ formes de houppier
- interception par les troncs





3. Etat d'avancement

Module d'interception du rayonnement : samsaraLight

Evaluation des performances

- erreur = prédiction – observation ⇒ **biais**
- erreur² = (prédiction – observation)² ⇒ **précision**

P valeur

Effet	Erreur			Erreur²		
	r. total	r. direct	r. diffus	r. total	r. direct	r. diffus
Approche pour calcul de l'interception	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Forme de la couronne	<.0001	<.0001	<.0001	0.0079	0.4233	<.0001
Prise en compte du tronc	<.0001	0.0002	<.0001	0.1674	0.3783	0.0905
Approche x Forme	0.0104	0.0924	0.0152	0.0513	0.2559	0.1805

3. Etat d'avancement

Module d'interception du rayonnement : samsaraLight

Evaluation des performances

Approche non biaisée (erreur non significativement ≠ 0)

- Rayonnement total
  - ⇒ enveloppe poreuse / ellipsoïde et demi-ellipsoïdes centrés
  - ⇒ Beer – Lambert / densité foliaire moy. / toutes les formes (sauf demi-ellipsoïdes centrés)
- Rayonnement direct
  - ⇒ Beer – Lambert / densité foliaire moy. / toutes les formes
  - ⇒ Beer – Lambert / SLA moy./ ellipsoïde décentré
  - ⇒ Beer – Lambert / SLA variable / ellipsoïde décentré / interception par les troncs
- Rayonnement diffus
  - ⇒ enveloppe poreuse / toutes les formes
  - ⇒ Beer – Lambert / densité foliaire moy. / ellipsoïde décentré / interception par les troncs

3. Etat d'avancement

Module d'interception du rayonnement : samsaraLight

Evaluation des performances

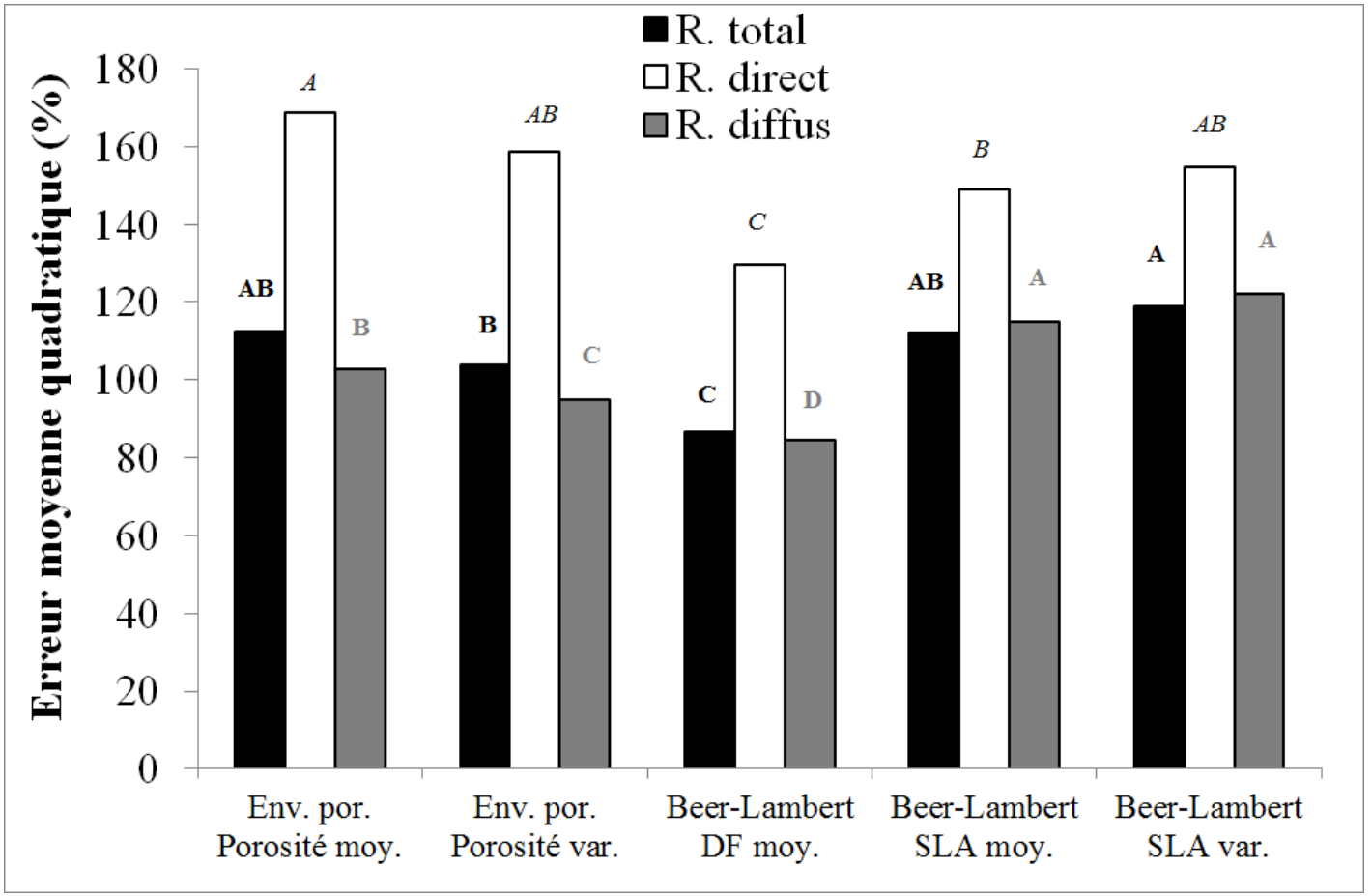
Approche non biaisée (biais non significativement ≠ 0)

- Rayonnement total
  - ⇒ enveloppe poreuse / ellipsoïde et demi-ellipsoïdes centrés
  - ⇒ Beer – Lambert / densité foliaire moy. / toutes les formes (sauf demi-ellipsoïdes centrés)
- Rayonnement direct
  - ⇒ Beer – Lambert / densité foliaire moy. / toutes les formes
  - ⇒ Beer – Lambert / SLA moy./ ellipsoïde décentré
  - ⇒ Beer – Lambert / SLA variable / ellipsoïde décentré / interception par les troncs
- Rayonnement diffus
  - ⇒ enveloppe poreuse / toutes les formes
  - ⇒ Beer – Lambert / densité foliaire moy. / ellipsoïde décentré / interception par les troncs

3. Etat d'avancement

Module d'interception du rayonnement : samsaraLight

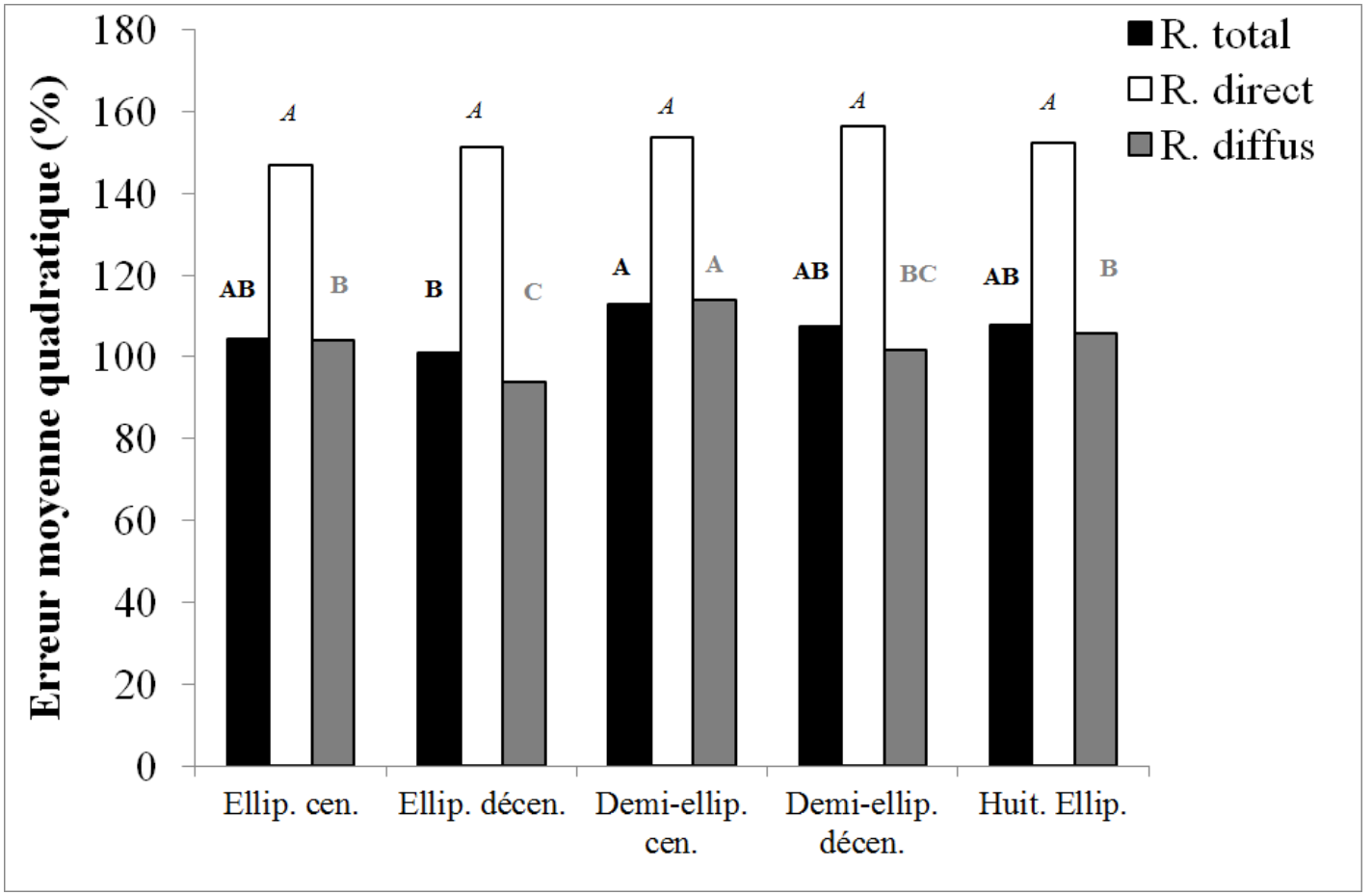
Evaluation des performances



3. Etat d'avancement

Module d'interception du rayonnement : samsaraLight

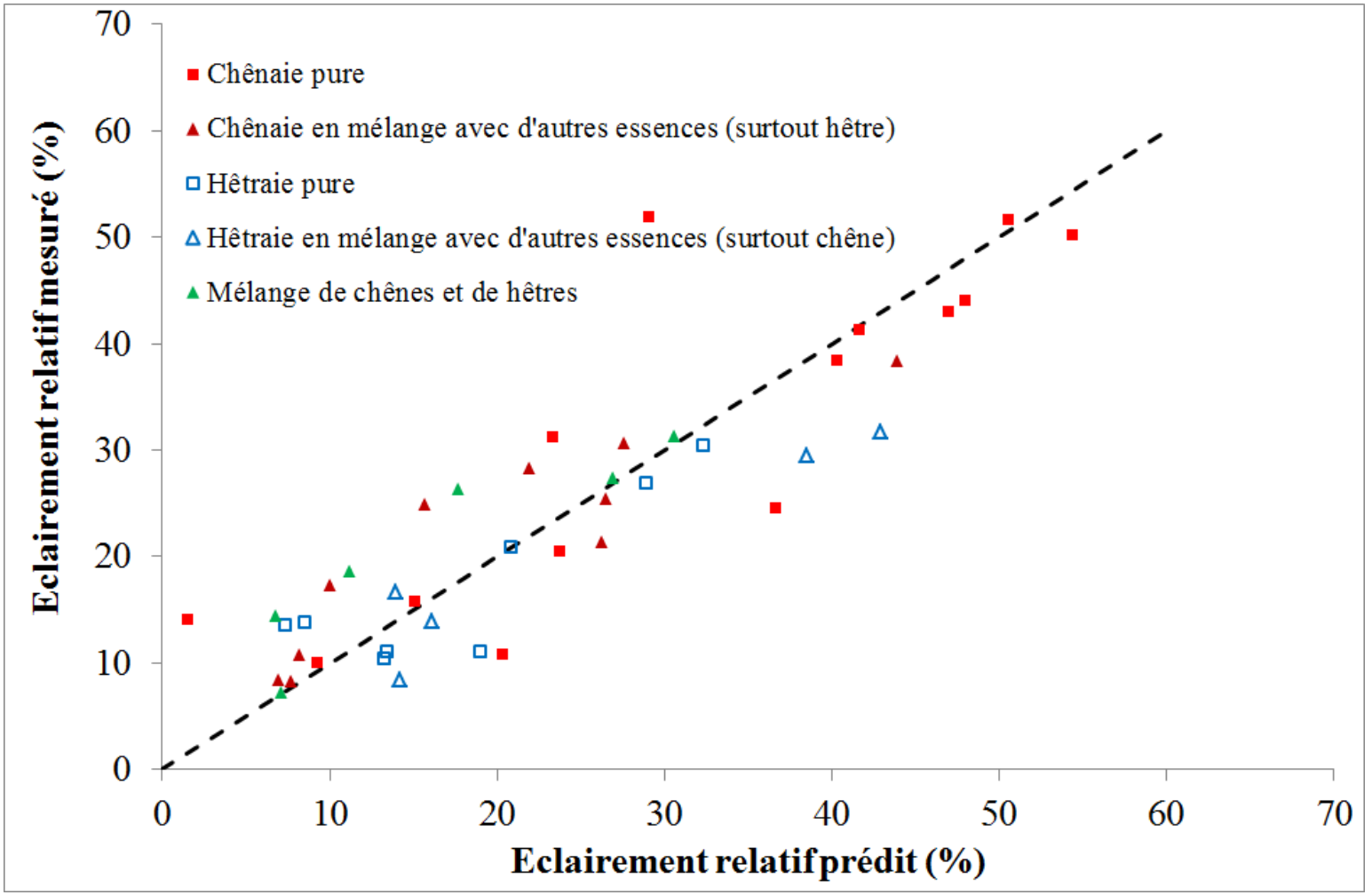
Evaluation des performances



3. Etat d'avancement

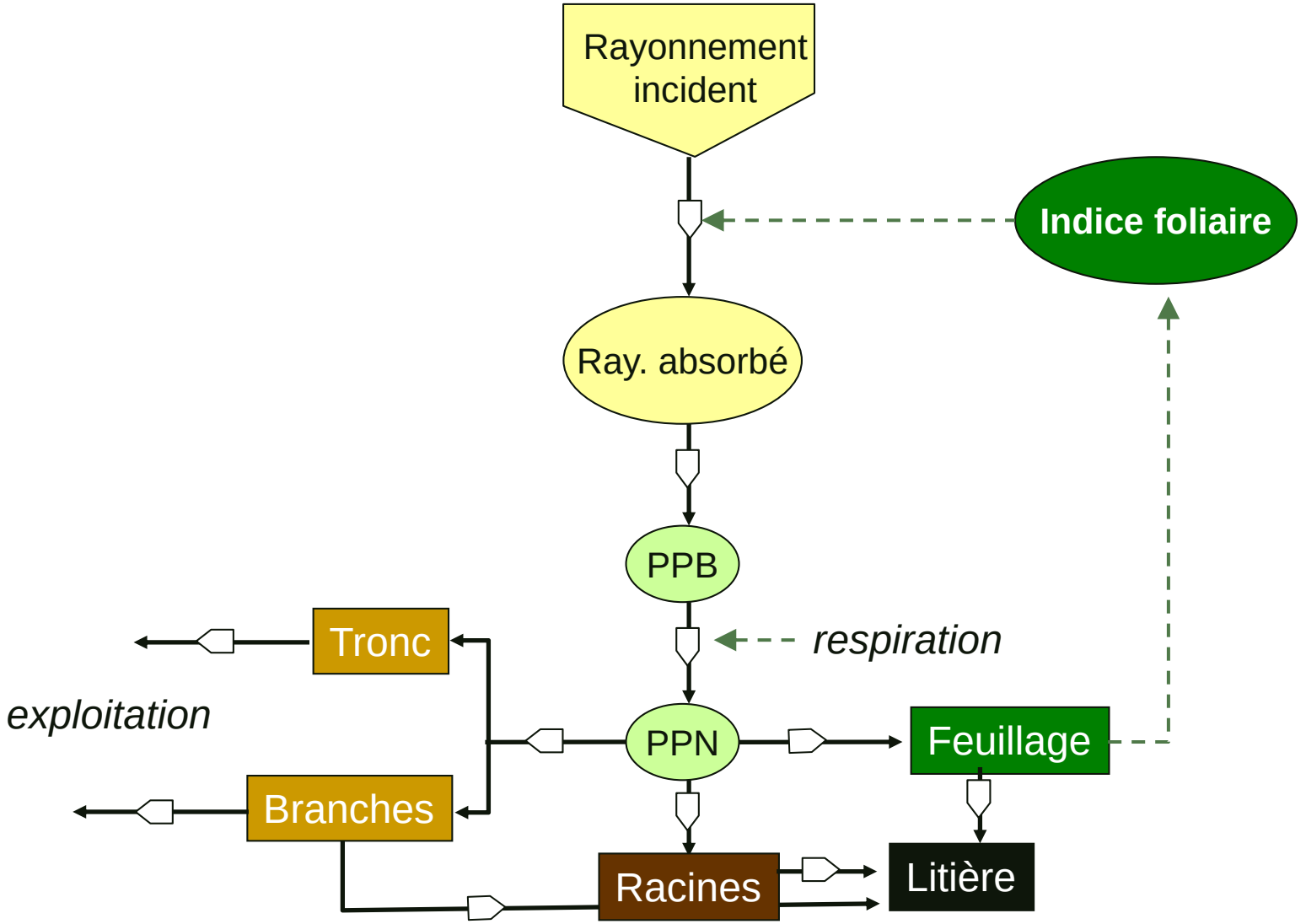
Module d'interception du rayonnement : samsaraLight

Evaluation des performances



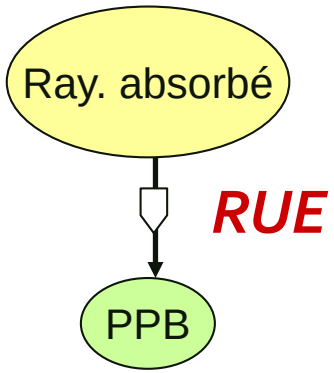
3. Etat d'avancement

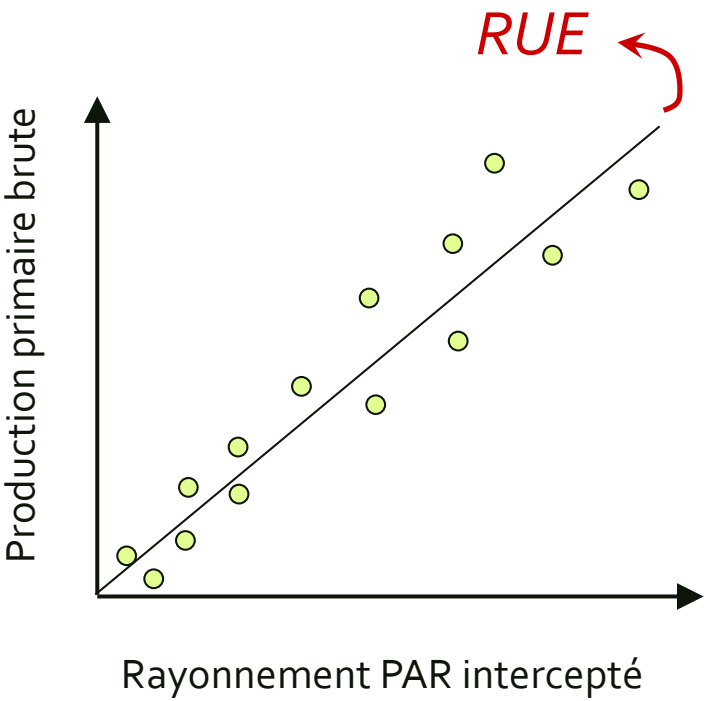
Schéma général du module carbone



3. Etat d'avancement

Efficience d'utilisation du rayonnement



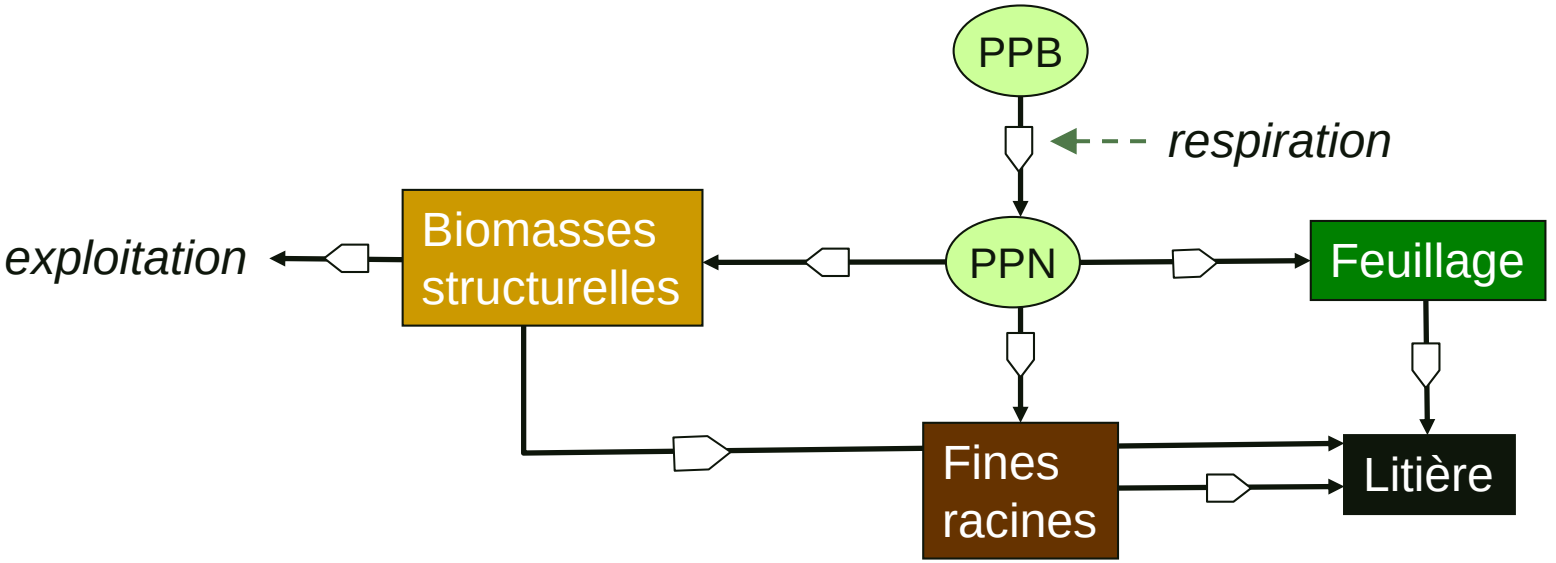


$$PPB = PAR_{int} \times RUE_{pot} \times RED$$

- T°air
- Transpiration réelle / Transpiration potentielle
- Nutriments prélevés / Besoins en nutriments

3. Etat d'avancement

Allocation du carbone



- **PPN** = PPB – R (resp. maintenance, croissance)
- **ΔBS_{tot}** (biomasse structurelle) = PPN – PFE (feuilles) –PFR (fines racines) – S
- **ΔBS_{tot}** = $\Delta BS_{aérienne} + \Delta BS_{souterraine}$
- **$\Delta BS_{souterraine}$** = $r \cdot \Delta BS_{aérienne}$
- **$\Delta BS_{aérienne}$** = $\Delta BS_{tot} / (1 + r)$

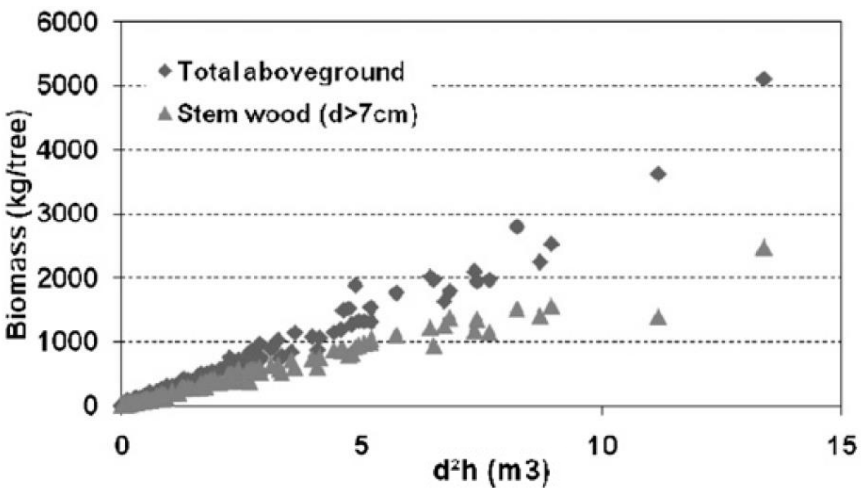
3. Etat d'avancement

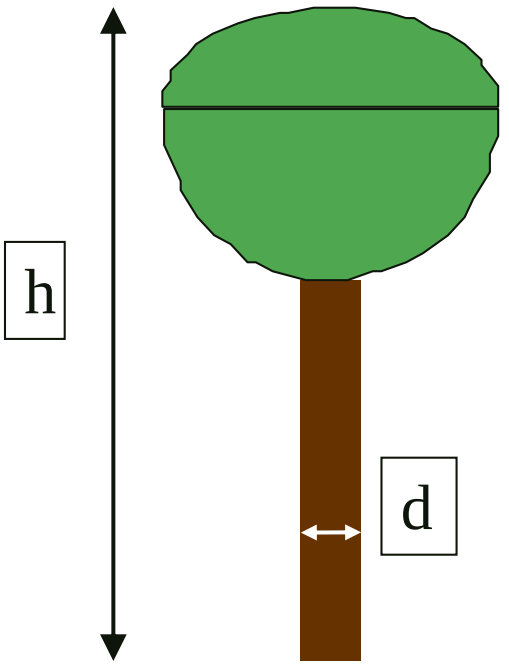
Allocation du carbone

- $BS_{aérienne} = \alpha + \beta\,(d^2h)^{\gamma}$
- $\Delta BS_{aérienne} = \beta\,\gamma\,(d^2h)^{\gamma-1}\,\Delta(d^2h)$

dérivée

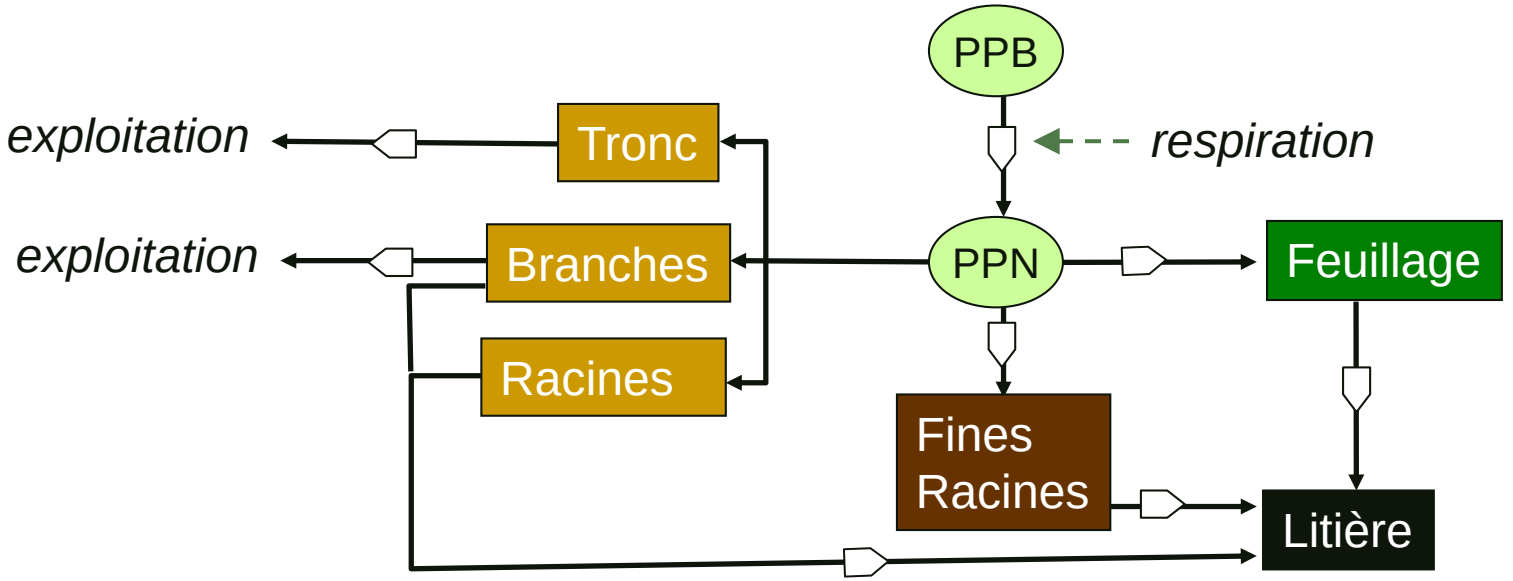
- $\Delta(d^2h) = 2\,h\,d\,\Delta d + d^2\,\Delta h$
- $\Delta h = fct\,(d, \Delta d, I_{fertilité}, I_{compétition})$
- $I_{compétition} = PAR_{int} / PAR_{pot}$





3. Etat d'avancement

Allocation du carbone



- Δh & $\Delta d \Rightarrow \Delta BS_{tronc}$
- $\Delta BS_{branches} = \Delta BS_{aérien} - \Delta BS_{tronc}$
- $\Delta BS_{racines} = r \cdot \Delta BS_{aérien}$

3. Etat d'avancement

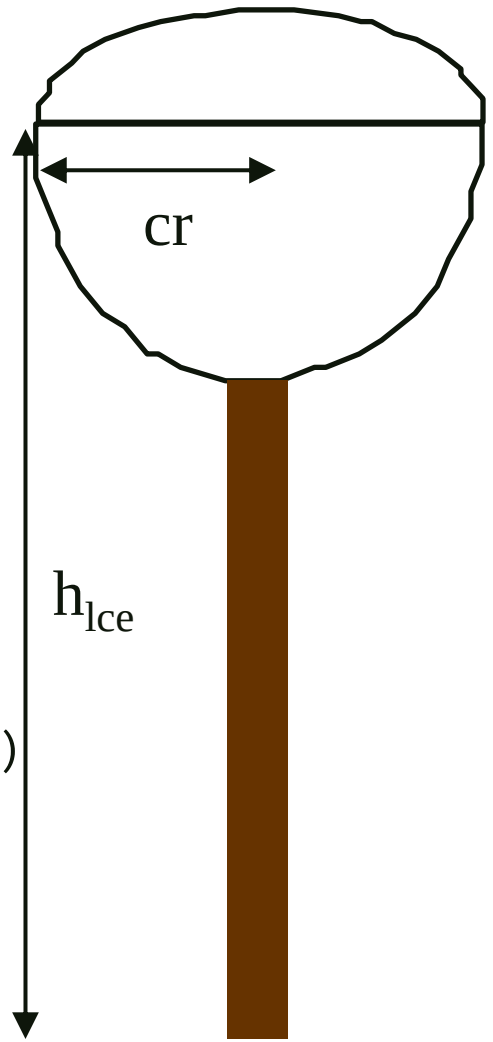
Croissance des dimensions caractéristiques

Hauteur de plus grande largeur de cime : h_{lce}

- **h_{lce}min** = fct (h)
- **h_{lce}max** = intersection couronnes avec arbre voisin
- **h_{lce}éq** = fct (h voisin)
- **$\Delta h_{lce} \Rightarrow h_{lce}$éq**

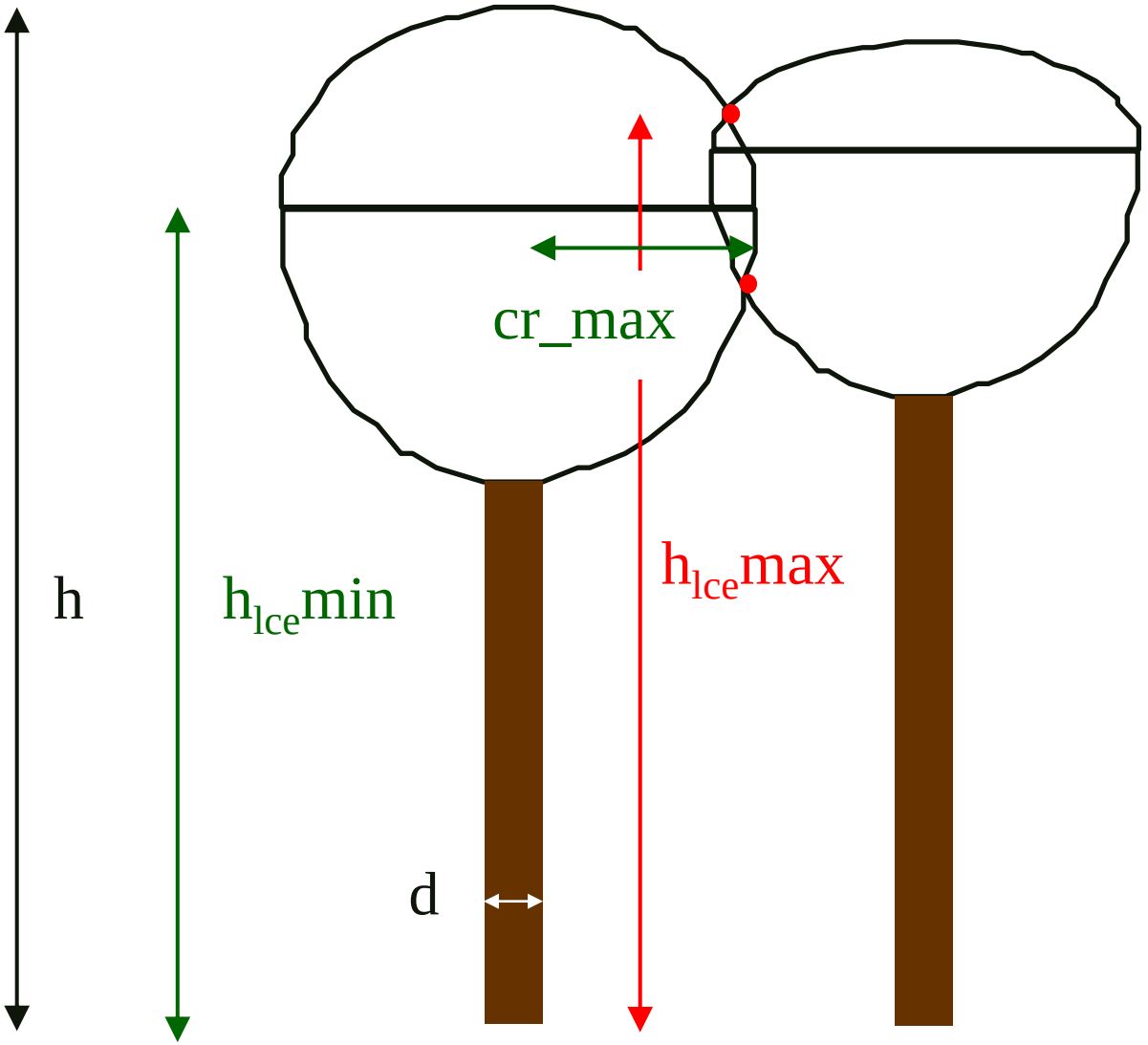
Rayons de cime : crn, cre, crs, crw

- **cr_max** = fct (C130)
- **cr_éq** = fct (cr_max arbre d'intérêt & voisin, distance)
- **Δcr ⇒ cr_éq**



3. Etat d'avancement

Croissance des dimensions caractéristiques

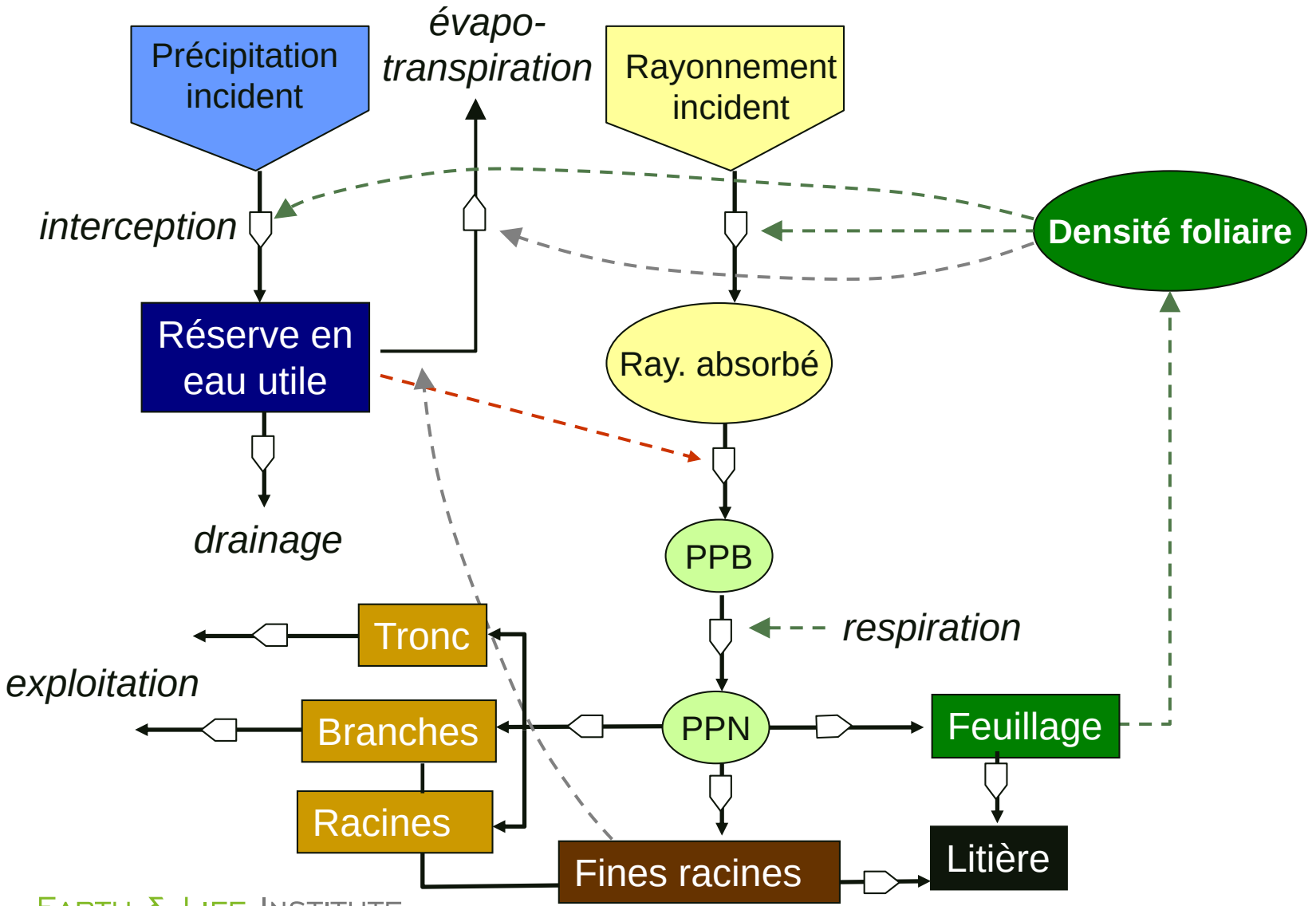


4. Perspectives

- **Module d'allocation du C et de croissance des dimensions caractéristiques**
  - *paramétrage (littérature, données disponibles)*
  - *évaluation sur base de données d'accroissement (C_{130}, H_{tot}, $R_{houppier}$)*
  - *adaptation*
- **Module hydrologique**
- **Module nutrition minérale**
- **Régénération / Coupes / Mortalité**
- **Evaluation financière des biens et services**

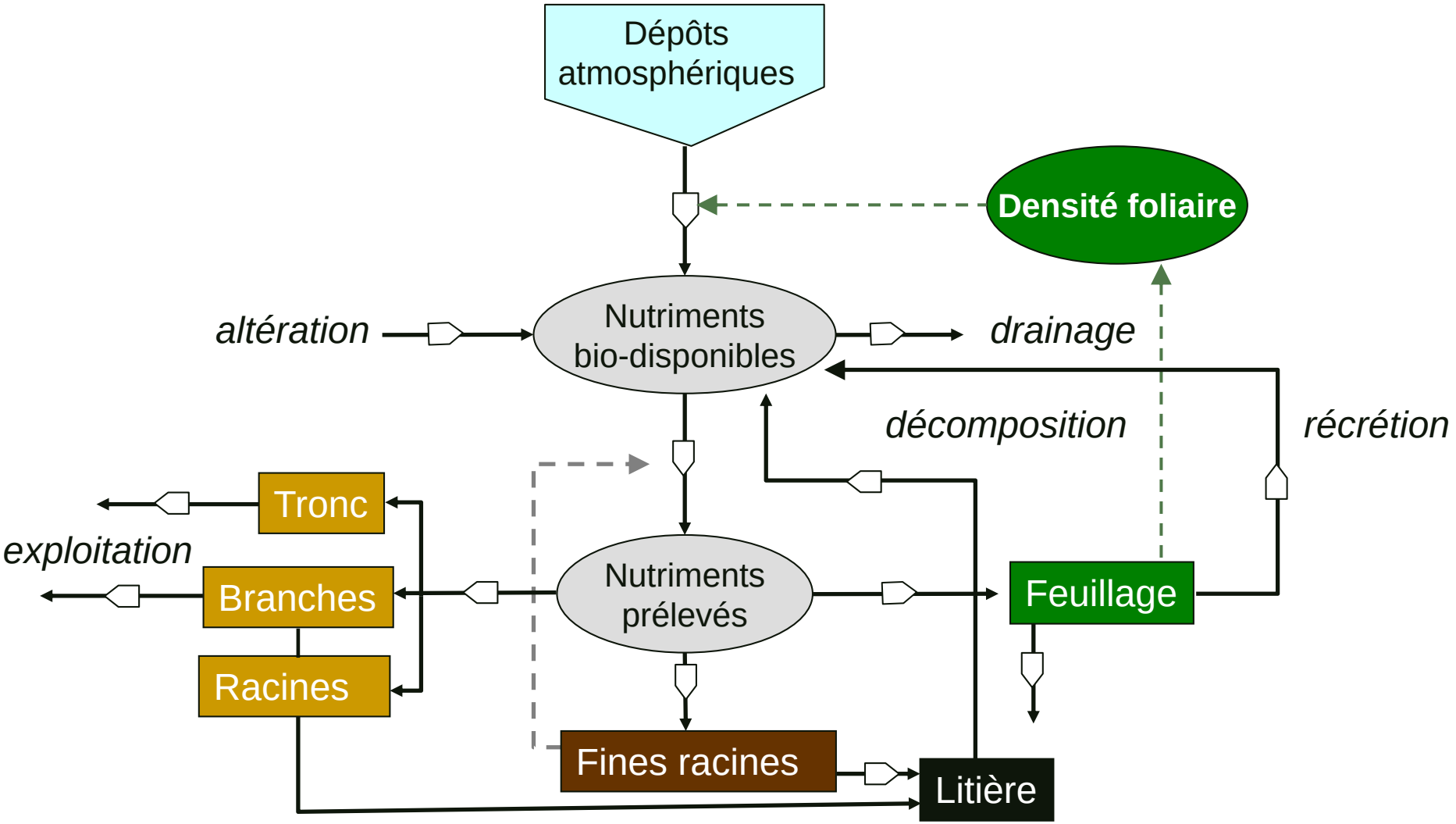
4. Perspectives

Ajout d'un module hydrique



4. Perspectives

Ajout d'un module « nutrition minérale et cycles des éléments »



4. Perspectives

- **Module d'allocation du C et de croissance des dimensions caractéristiques**
  - *paramétrage (littérature, données disponibles)*
  - *évaluation sur base de données d'accroissement (C_{130}, H_{tot}, $R_{houppier}$)*
  - *adaptation*
- **Module hydrologique**
- **Module nutrition minérale**
- **Régénération / Coupes / Mortalité**
- **Evaluation financière des biens et services**

Merci pour votre attention !

Travail collaboratif

François de Coligny

Gauthier Ligot

Benoît Courbaud

Caroline Vincke

Quentin Ponette