Modélisation du transfert radiatif en forêts feuillues ardennaises : adaptation de la librairie Samsaralight

Gauthier Ligot[1], Mathieu Jonard[2], François de Coligny[3], Benoît Courbaud[4]

[1] ULG, Gembloux-Agro Bio Tech, Unité de gestion des ressources forestières et des milieux naturels
[2] UCL, Louvain-la-Neuve, Earth & Life Institute
[3] INRA, AMAP, Montpelier
[4] IRSTEA, Grenoble, Dynamique, gestion et vulnérabilité des écosystèmes forestiers de montagne

gligot@ulg.ac.be

CAQ 16 - Capsis 15

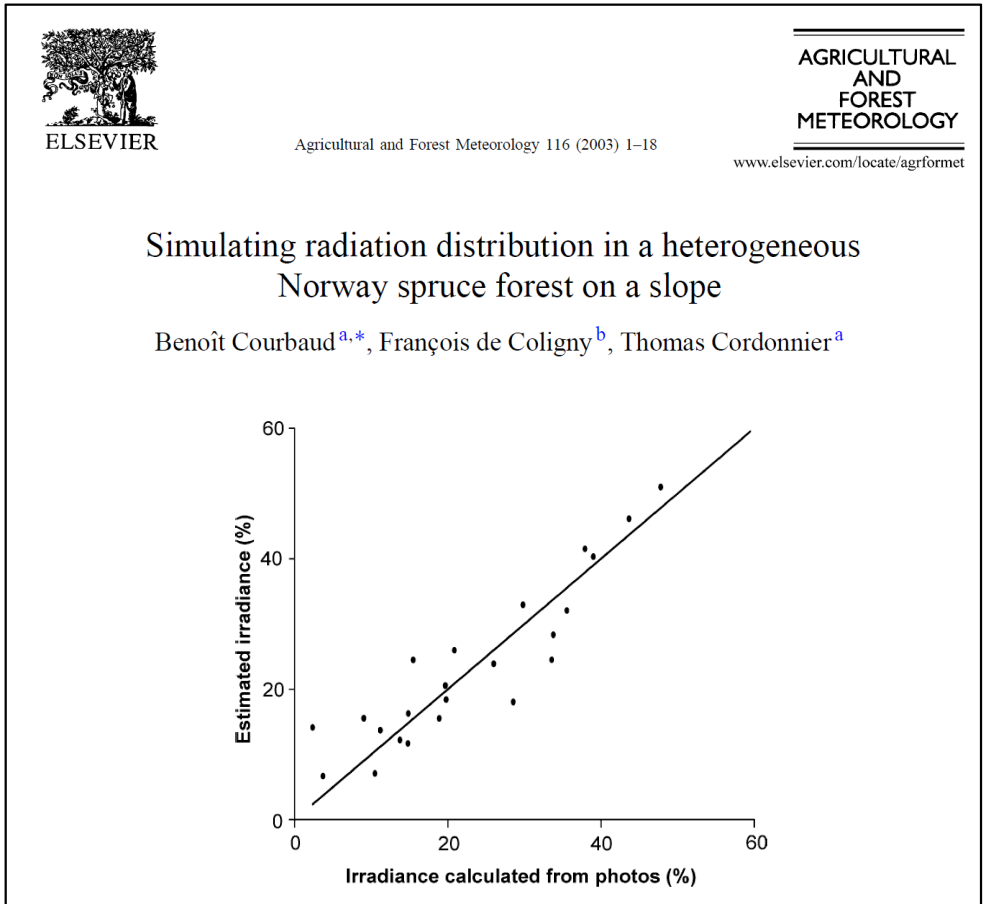
8-10 avril 2013

Prenovel

Unité de Gestion des Ressources forestières et des Milieux naturels

SamsaraLight c'est :

- une librairie qui permet de calculer le rayonnement transmis et intercepté,
- créé en 2008 par Benoît Courbaud et François de Coligny,
- Et validé pour un peuplement hétérogène d'épicéas



ELSEVIER

Agricultural and Forest Meteorology 116 (2003) 1–18

AGRICULTURAL AND FOREST METEOROLOGY

www.elsevier.com/locate/agrformet

Simulating radiation distribution in a heterogeneous Norway spruce forest on a slope

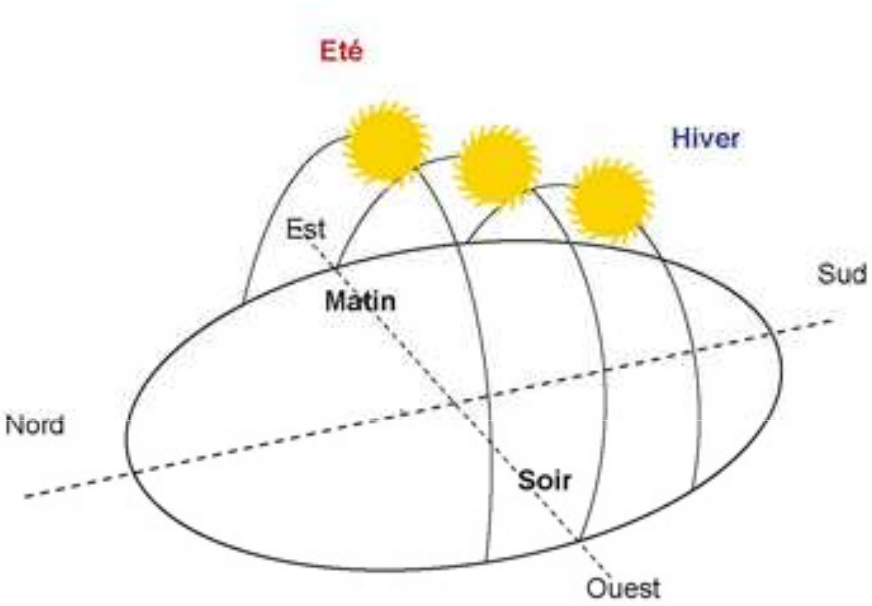
Benoît Courbaud[a,*], François de Coligny[b], Thomas Cordonnier[a]

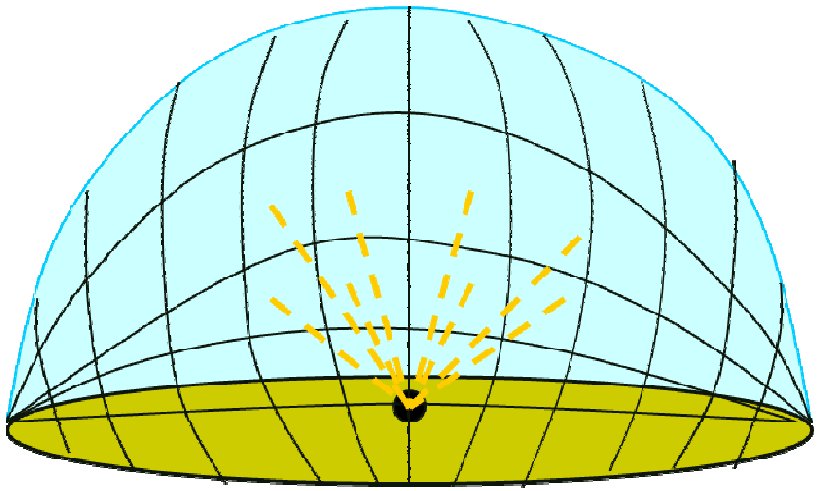
SamsaraLight :

- mis à jour en juin 2012 avec Mathieu Jonard et Gauthier Ligot,
- actuellement utilisée dans 3 modules :
  - Peuplement hétérogène à base de chênes et de hêtres en Ardenne (`Heterofor`, `Quergus`)
  - Peuplement hétérogène à base de chênes et de pins (`RReShar`)

SamsaraLight :

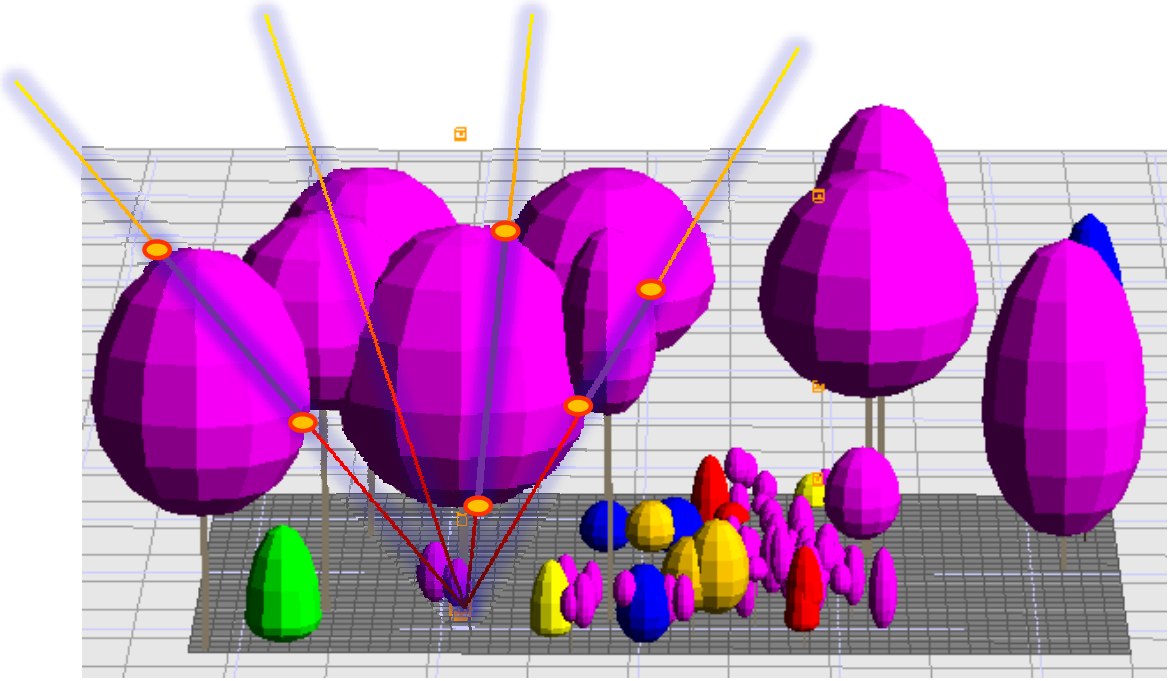
- Simule un grand nombre de rayons directs et diffus caractéristiques de l'endroit étudié





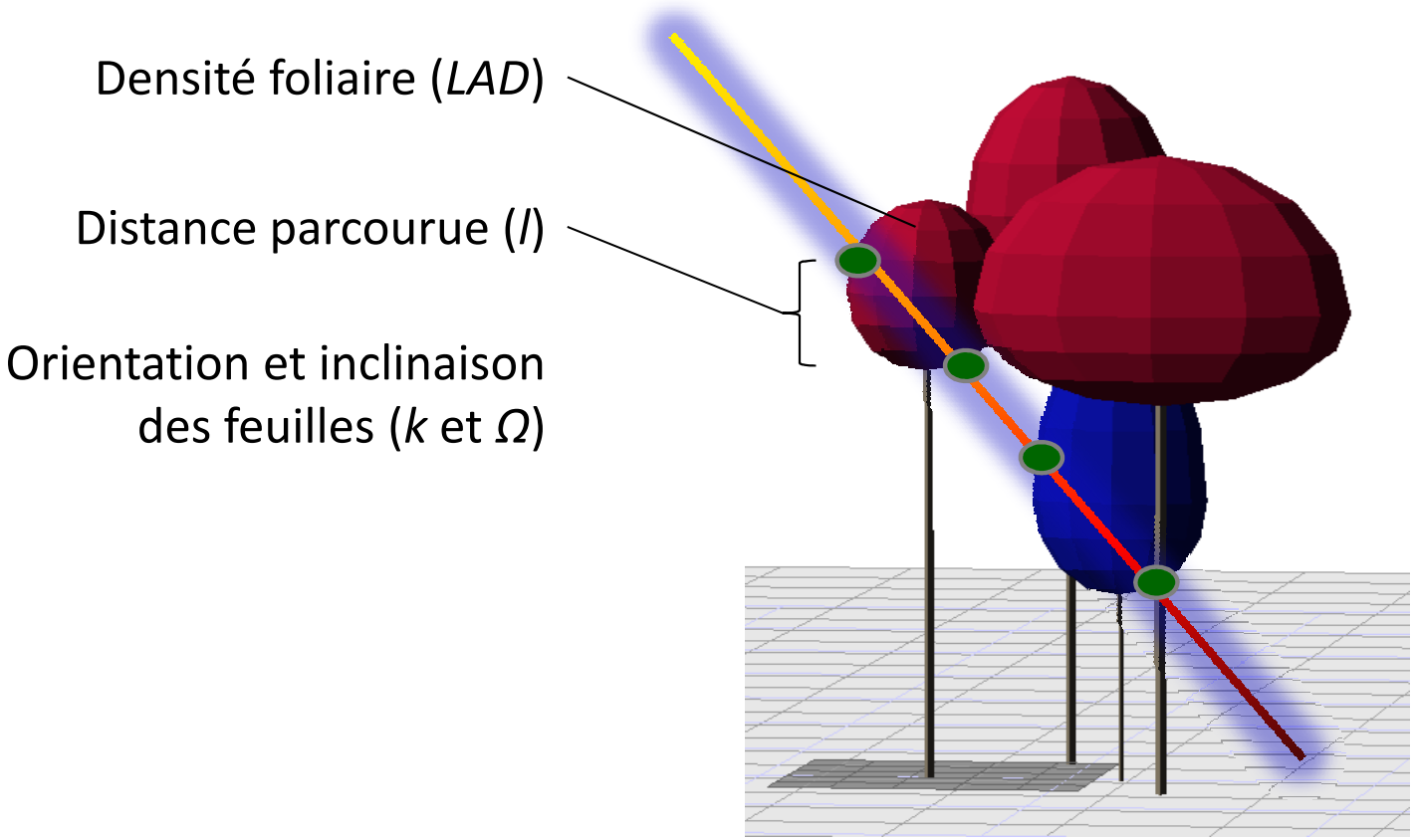
SamsaraLight :

- Simule un grand nombre de rayons directs et diffus caractéristiques de l'endroit étudié
- Calcul l'interception de ces rayons par la canopée



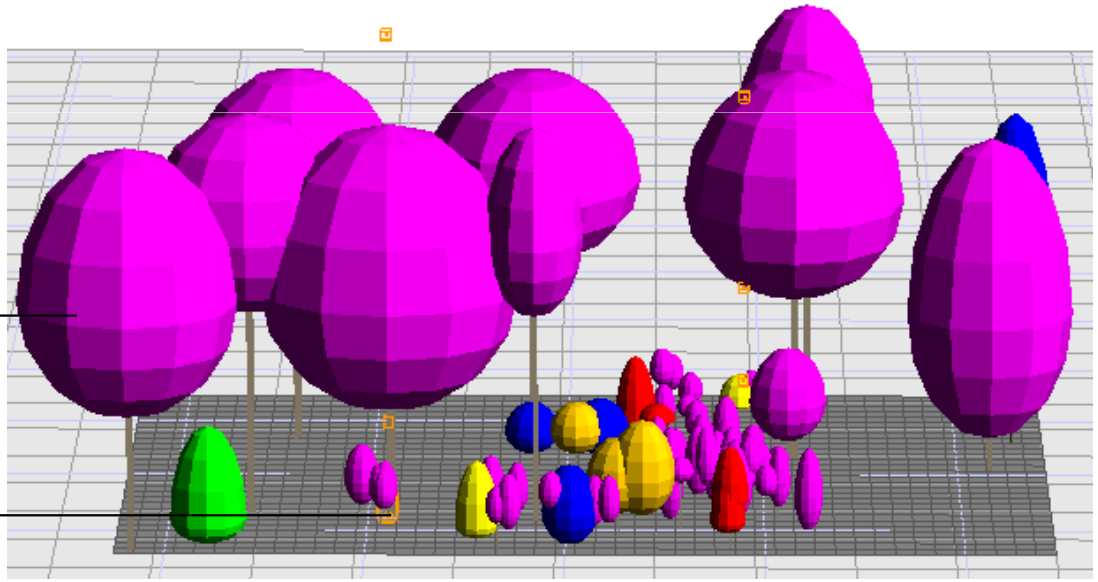
SamsaraLight :

- Simule un grand nombre de rayons directs et diffus caractéristiques de l'endroit étudié
- Calcul l'interception de ces rayons par la canopée
- Calcul l'atténuation de l'énergie transportée par ces rayons



SamsaraLight est utilisé pour

- Prédire l'éclairement disponible pour la végétation du sous-bois
  - Développement d'espèces herbacées (`RReShar`)
  - Croissance de la régénération (`RReShar`, `Quergus`)
- Prédire l'énergie interceptée par les houppiers
  - Croissance des arbres (`Heterofor`)

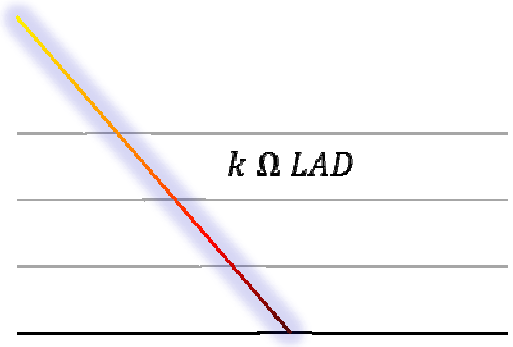


Objet de la présentation

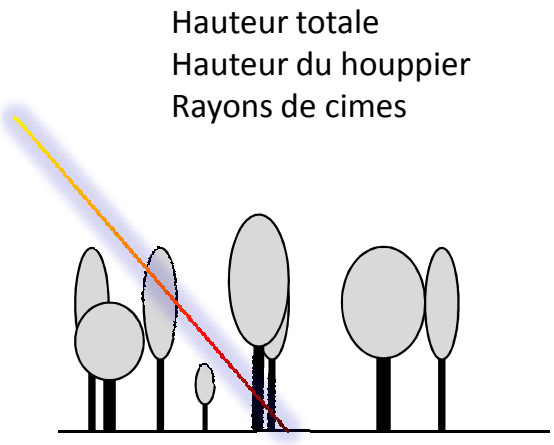
- Etat de l'art
- Prérequis
- Les nouvelles fonctionnalités
  - Formes des houppiers
  - Turbid medium VS enveloppe poreuse
  - Interception par les troncs
  - Données météo
  - Optimisations et capteurs virtuels
- Premières validations
- Perspectives

Etat de l'art

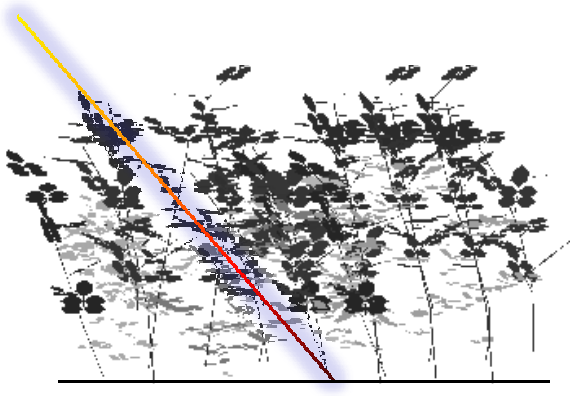
- Différentes façon de modéliser la canopée pour prédire l'éclairement



La canopée est discrétisée en une ou plusieurs couches horizontales



La canopée est caractérisée à partir de la mesure et cartographie des houppiers



Balandier, P. et al 2009., Final COST E47 conference

La canopée est caractérisée à partir de maquettes 3D très détaillées

Adapté pour simuler des scénarios sylvicoles
Prend explicitement en compte la structure du peuplement

Etat de l’art

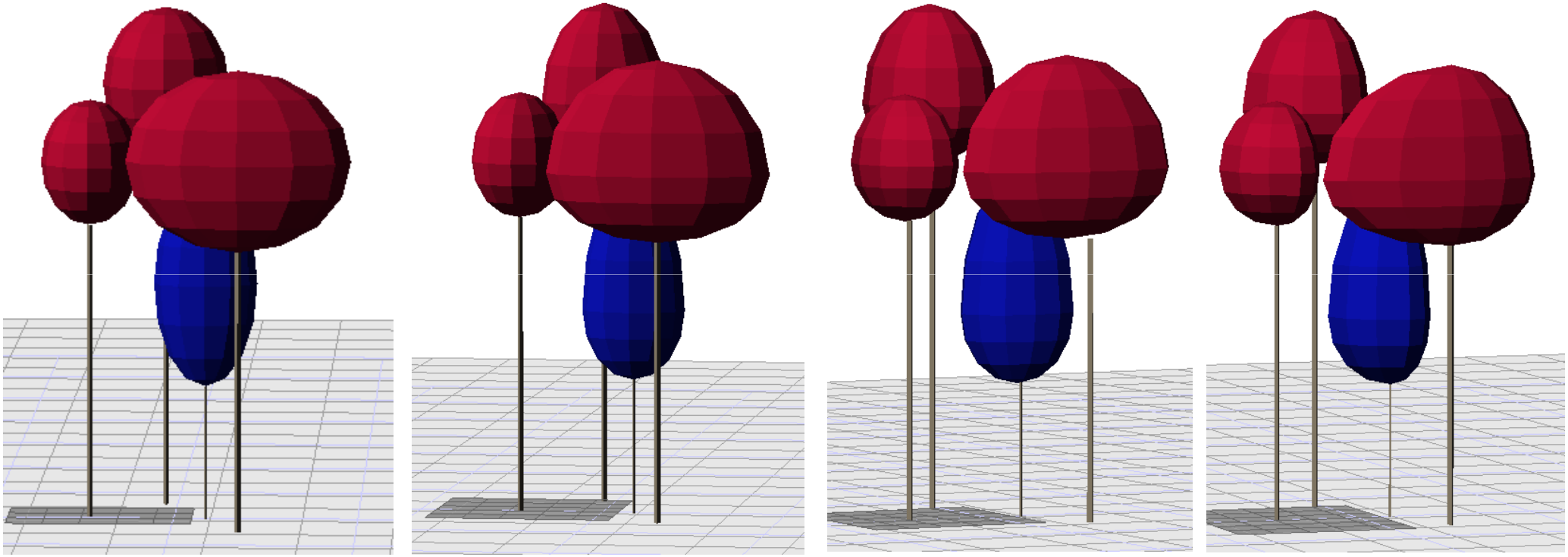
- Un modèle parmi tant d’autres
  - MIXLIGHT, SORTIE-ND, CORONA, …
  - certains déjà implémentés dans Capsis : Mir-Musc-Radbal, SLIM
  - ou dans OpenAlea : MµSlim
  - ou ayant déjà été couplés avec Capsis : tRAYci
- Avantage de SamsaraLight
  - une librairie Capsis
  - indépendante d’un modèle de croissance (>< SORTIE-ND)
  - modifiable (>< tRAYci)
  - niveau de détail souhaité (>< tRAYci)
  - communauté francophone active (>< Mixlight, MµSlim)

Prérequis

- Un module Capsis avec un modèle arbre individualisé et spatialisé
- Placette rectangulaire avec une pente continue
- Pouvoir décrire la géométrie des houppiers
- Pouvoir caractériser la densité foliaire ou la porosité des houppiers
- Disposer de données météo des radiations reçues en plein découvert

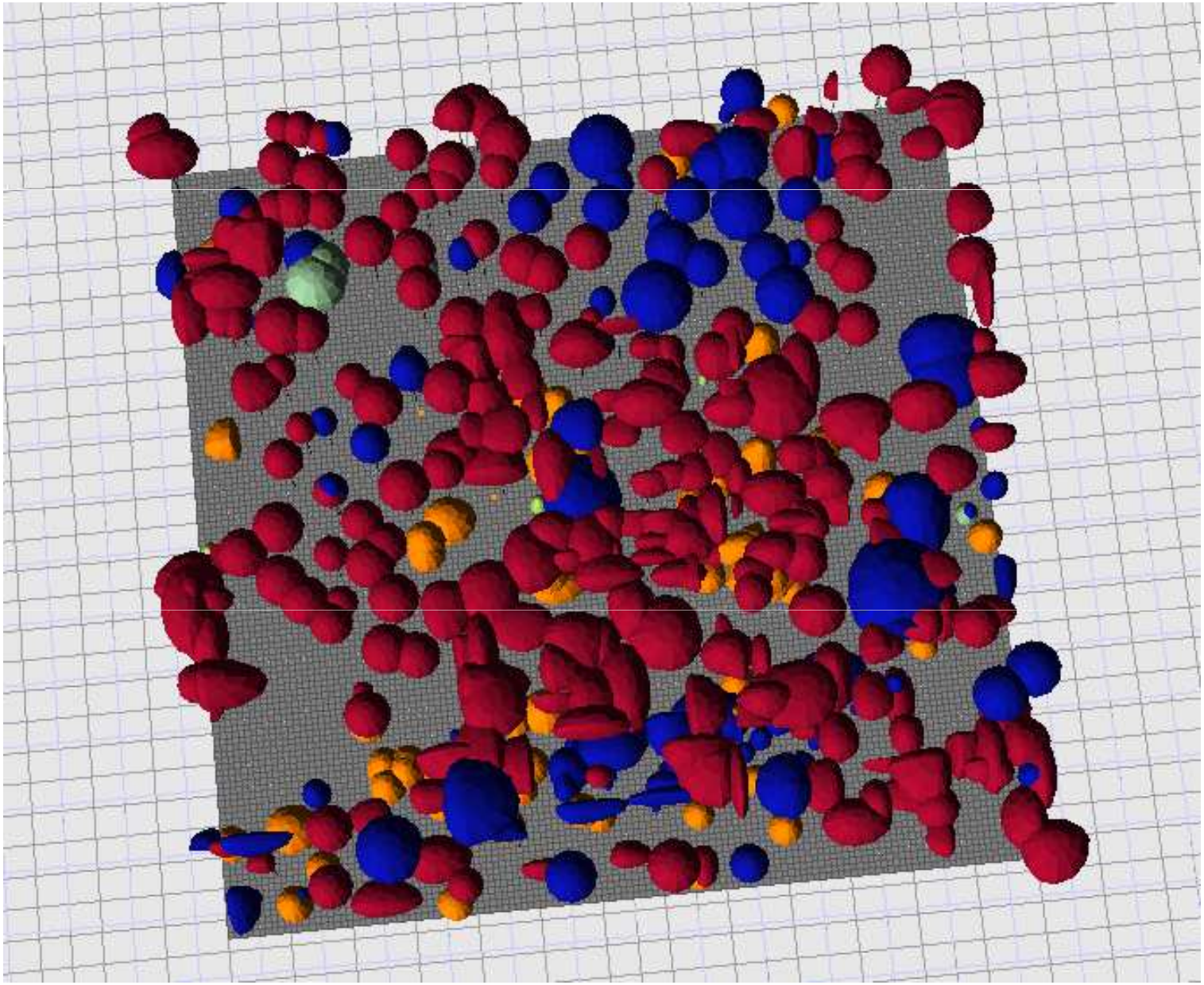
Nouvelles fonctionnalités : Formes des houppiers

- Calcul des interceptions généralisées pour des formes de houppiers plus complexes
- Possibilité d'attribuer des caractéristiques différentes par partie (e.g. LAD)



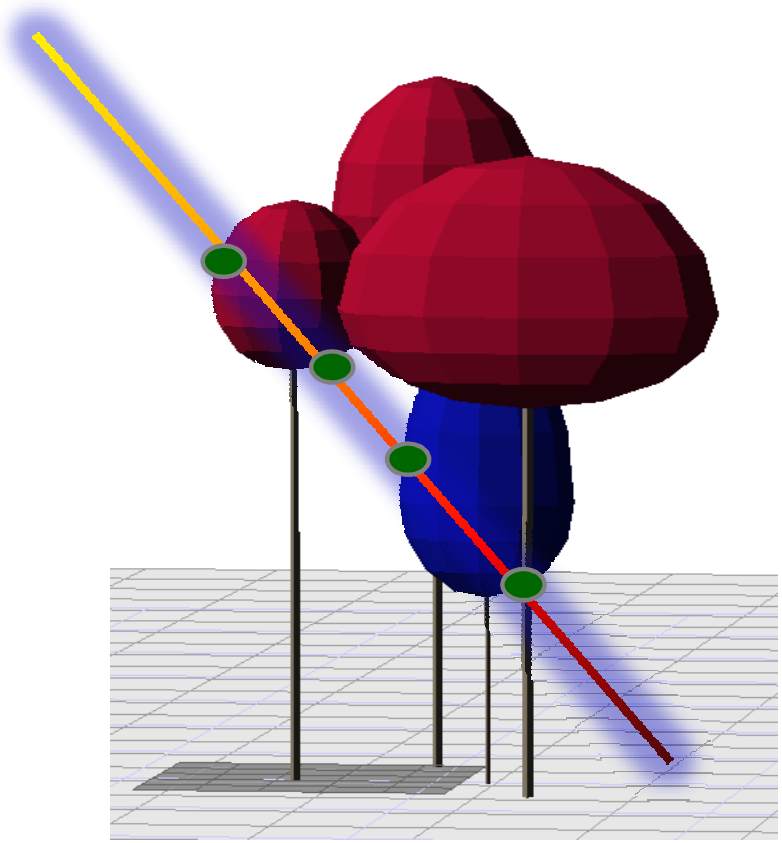
ellipsoïde simple centrée | **demi-ellipsoïdes centrées** | **demi-ellipsoïdes décentrées** | **8ième ellipsoïdes**

Formes des houppiers



Turbid medium VS enveloppe poreuse

Différents algorithmes pour calculer la transmission de lumière au travers des houppiers



Turbid medium VS enveloppe poreuse

Différents algorithmes pour calculer la transmission de lumière au travers des houppiers

$$\frac{I}{I_0} = \exp(-k.\Omega.LAD.l)$$

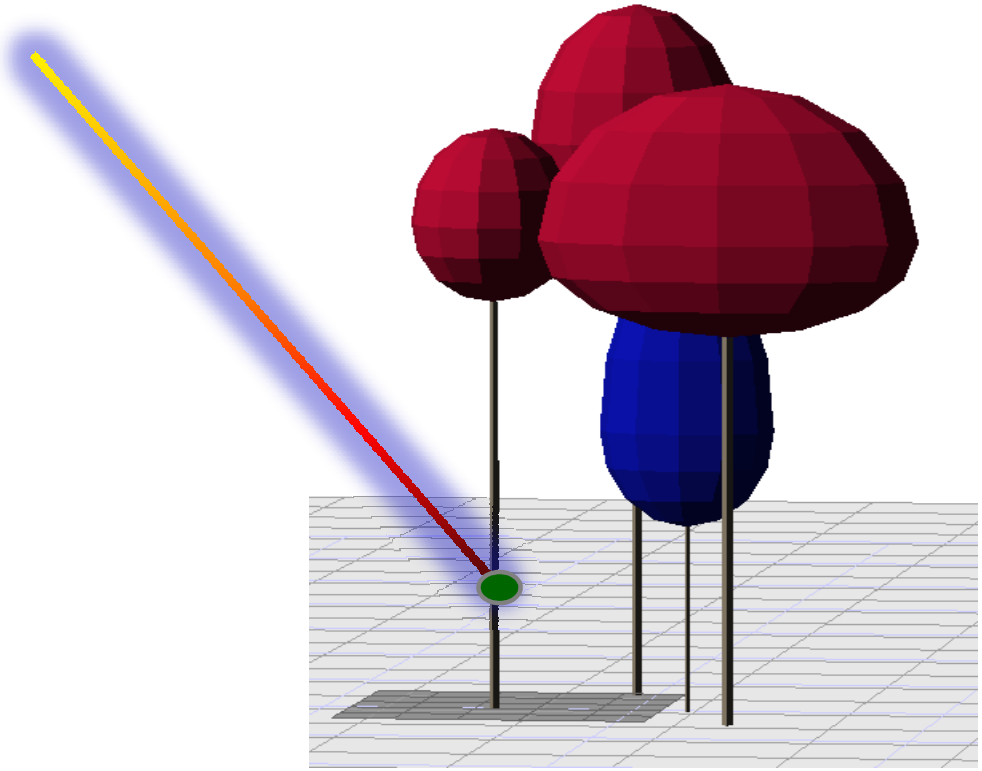
- Loi de Beer-Lambert
- Coefficients difficiles à estimer
- Prend en compte la longueur du trajet parcouru dans le houppier

$$\frac{I}{I_0} = p$$

- Plus empirique
- Coefficients plus faciles à estimer (photographie de houppiers)
- Indépendant de la longueur du trajet parcouru dans le houppier

Interception par les troncs

- Simulation des troncs comme un cylindre de rayon = dbh/2
- Aucune transmission de lumière



Données météo

- L'ensemble des données météo sont spécifiées dans un fichier texte

```
#exemple de fichier SamsaraLight
#for QuerGus
#light model options

turbid_medium = true
trunk_interception = true
direct_angle_step = 15
height_angle_min = 10
#use_diffuse = true
diffuse_angle_step =
soc = false
GMT = -1
leaf_on_doy =  91
leaf_off_doy = 304

#Radiation data
#Month Global  Diffus/G
1	71.2776		0.52
2	127.8588		0.53
3	312.6255		0.54
4	415.0542		0.5255
5	533.9946		0.4716
6	421.6902		0.4657
7	425.898		0.4538
8	345.9888		0.4379
9	302.904		0.43110
10	181.0038		0.40911
11	103.2462		0.512
12	64.9182		0.5
```

options

Radiations reçues en plein découvert et proportion des radiations diffuses

Données météo

- Deux formats pour les données de radiations : mensuel ou horaire

Mensuel

#Radiation data

#Month	Global	Diffus/G
1	71.2776	0.52
2	127.8588	0.53
3	312.6255	0.54
4	415.0542	0.5255
5	533.9946	0.4716
6	421.6902	0.4657
7	425.898	0.4538
8	345.9888	0.4379
9	302.904	0.43110
10	181.0038	0.40911
11	103.2462	0.512
12	64.9182	0.5

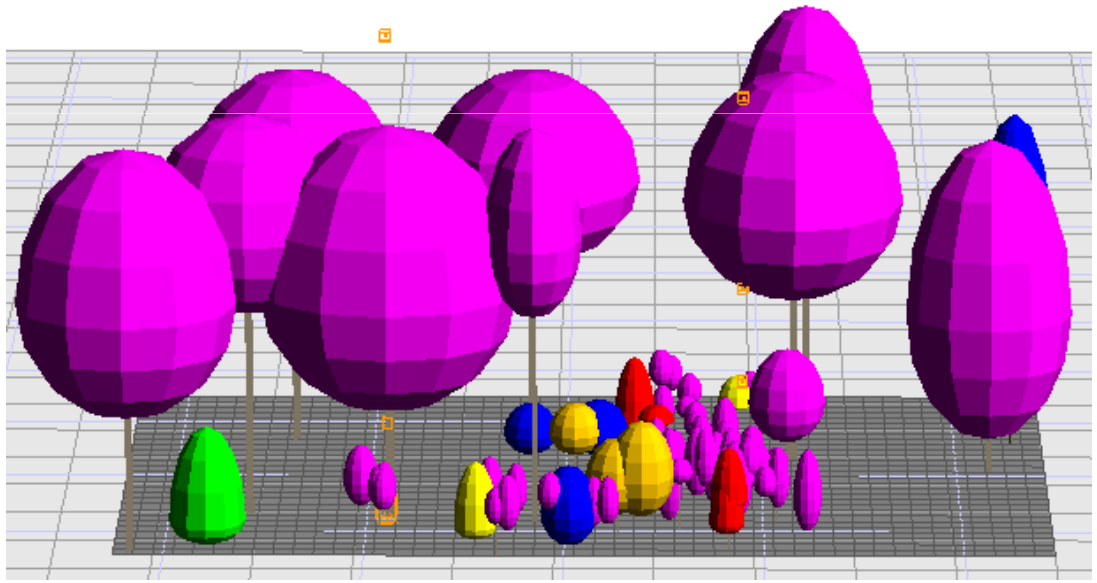
Horaire

#Radiation data

#Month	Day	Hour	global (MJ/m²)	diffus/global
1	1	0	0.	0.51
1	1	1	0	0.51
1	1	2	0	0.51
1	1	3	0	0.51
1	1	4	0	0.51
1	1	5	0	0.51
1	1	6	0	0.51
1	1	7	0	0.51
1	1	8	0	0.51
1	1	9	0.0222	0.51
1	1	10	0.0492	0.51
1	1	11	0.0978	0.51
1	1	12	0.1626	0.51
1	1	13	0.2052	0.51
1	1	14	0.2454	0.51
1	1	15	0.1278	0.51
1	1	16	0.033	0.51
1	1	17	0	0.51
1	1	18	0	0.51
1	1	19	0	0.51
1	1	20	0	0.51
1	1	21	0	0.51
1	1	22	0	0.51
1	1	23	0	0.51
1	2	0	0	0.51
1	2	1	0	0.51
1	2	2	0	0.51
1	2	3	0	0.51
1	2	4	0	0.51
1	2	5	0	0.51
1	2	6	0	0.51
1	2	7	0	0.51
1	2	8	0.0042	0.51
1	2	9	0.0726	0.51

Optimisation et capteur virtuel

- Initialement, SamsaraLight « éclaire » toutes les cellules de la grille
- Possibilité de limiter le nombre de cellules visées
- Possibilité d'ajouter des capteurs virtuels à différentes hauteurs: calcule la lumière transmise jusqu'à un point précis indépendamment de « l'éclairement » des cellules et des arbres



Première validation

- A partir de photographies hémisphériques prises au-dessus de la régénération (à 2 ou 3 m)
- Traitement validé avec des capteurs (r=0.91)

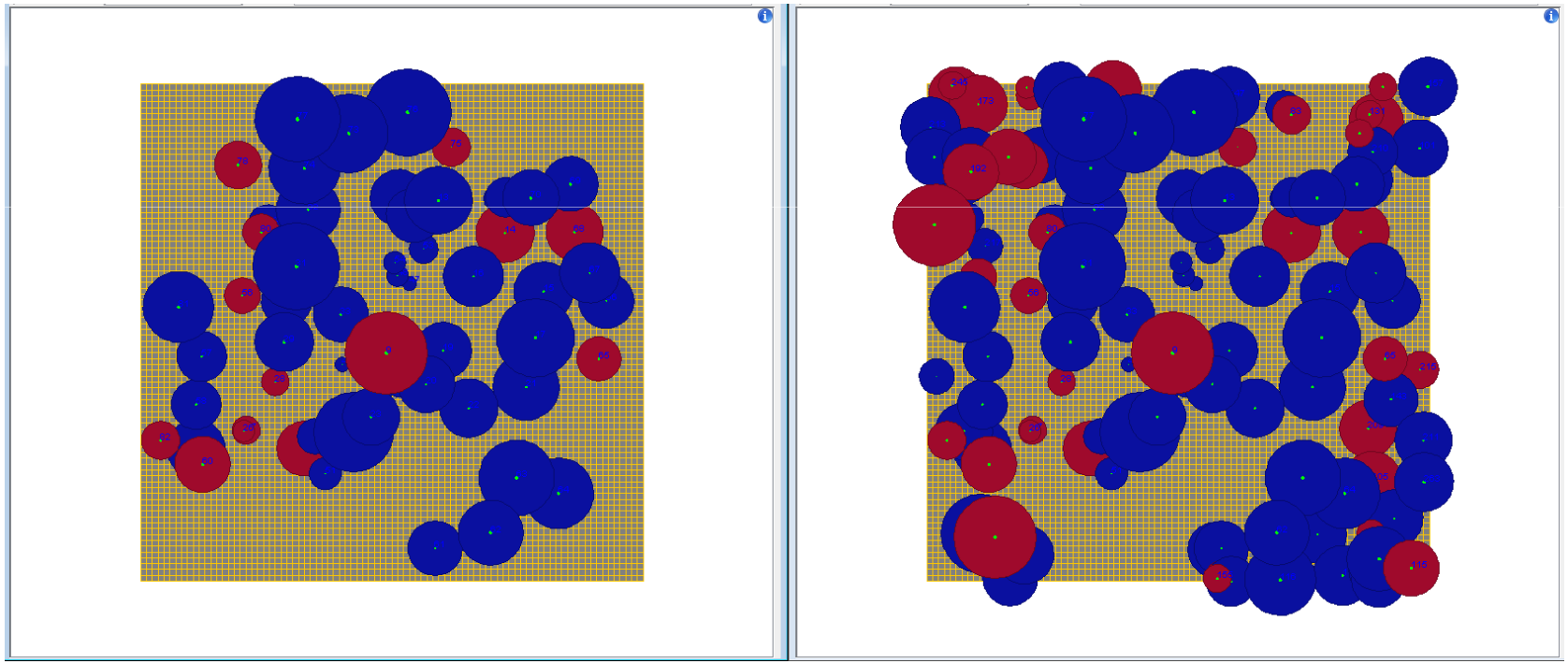
En 2010
Transmittance = 14 %

En 2011
Transmittance = 20 %

Première validation

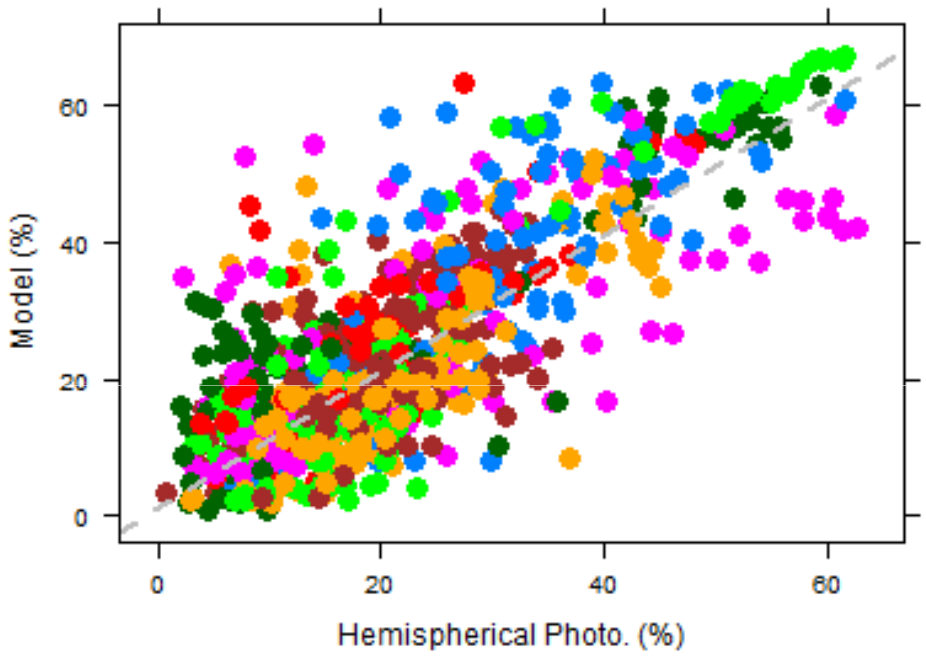
- Estimation de la porosité des houppiers à partir de photos
- Turbid medium (k = 0.5 et Ω = 1)
- Interception par les troncs
- La pente n'est pas prise en compte
- Bi-éllipsoide centrée

- 27 sites
- 838 photos et estimations
- Différents protocoles d'inventaire (données de l'Ulg + UCL)
- Ajout d'arbres virtuels pour combler les trous

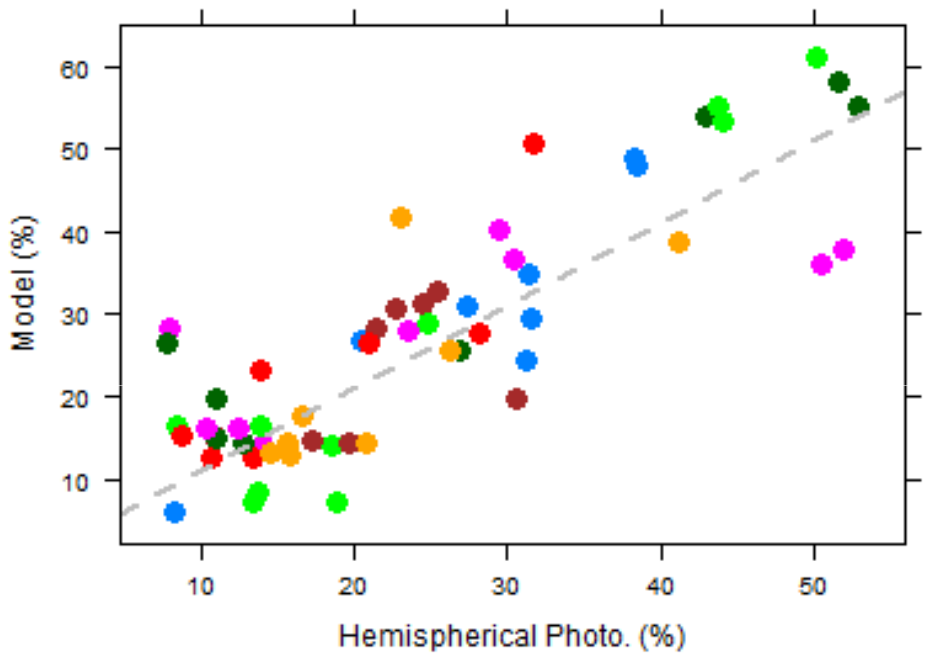


Première validation

- Comparaison par point de mesure

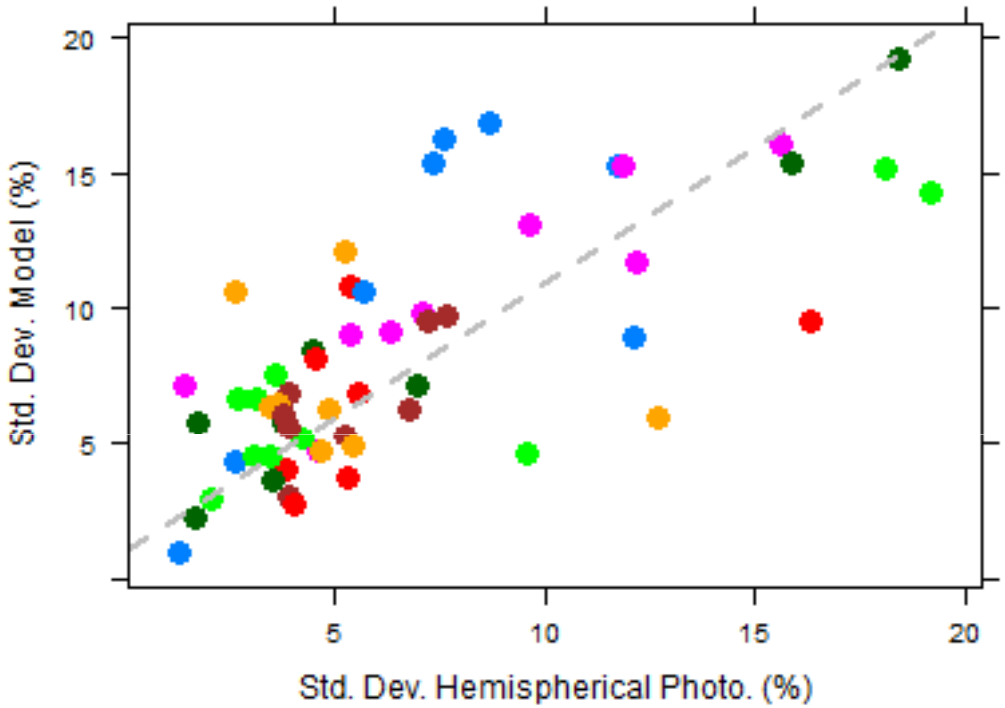


- Comparaison des moyennes par site et par année



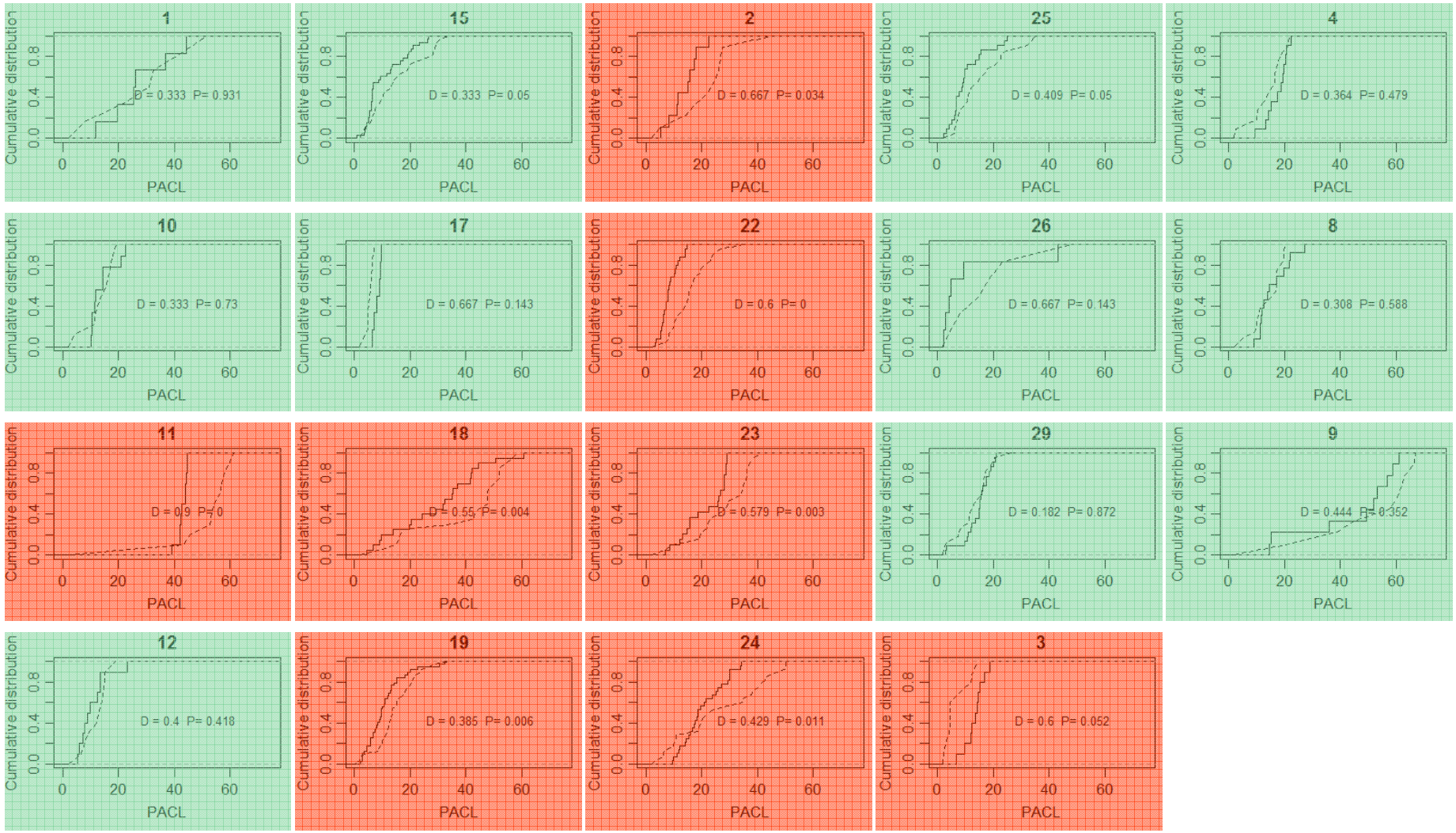
Première validation

- Prédiction de la variabilité (écart-type) de l'éclairement transmis par site et par année

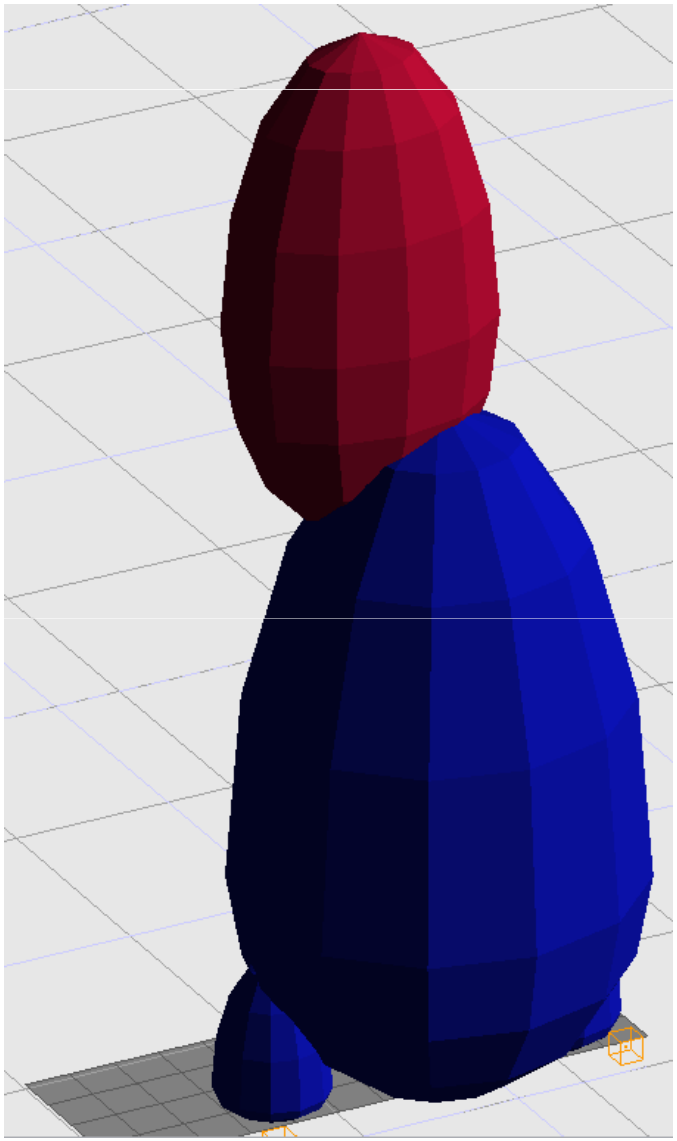


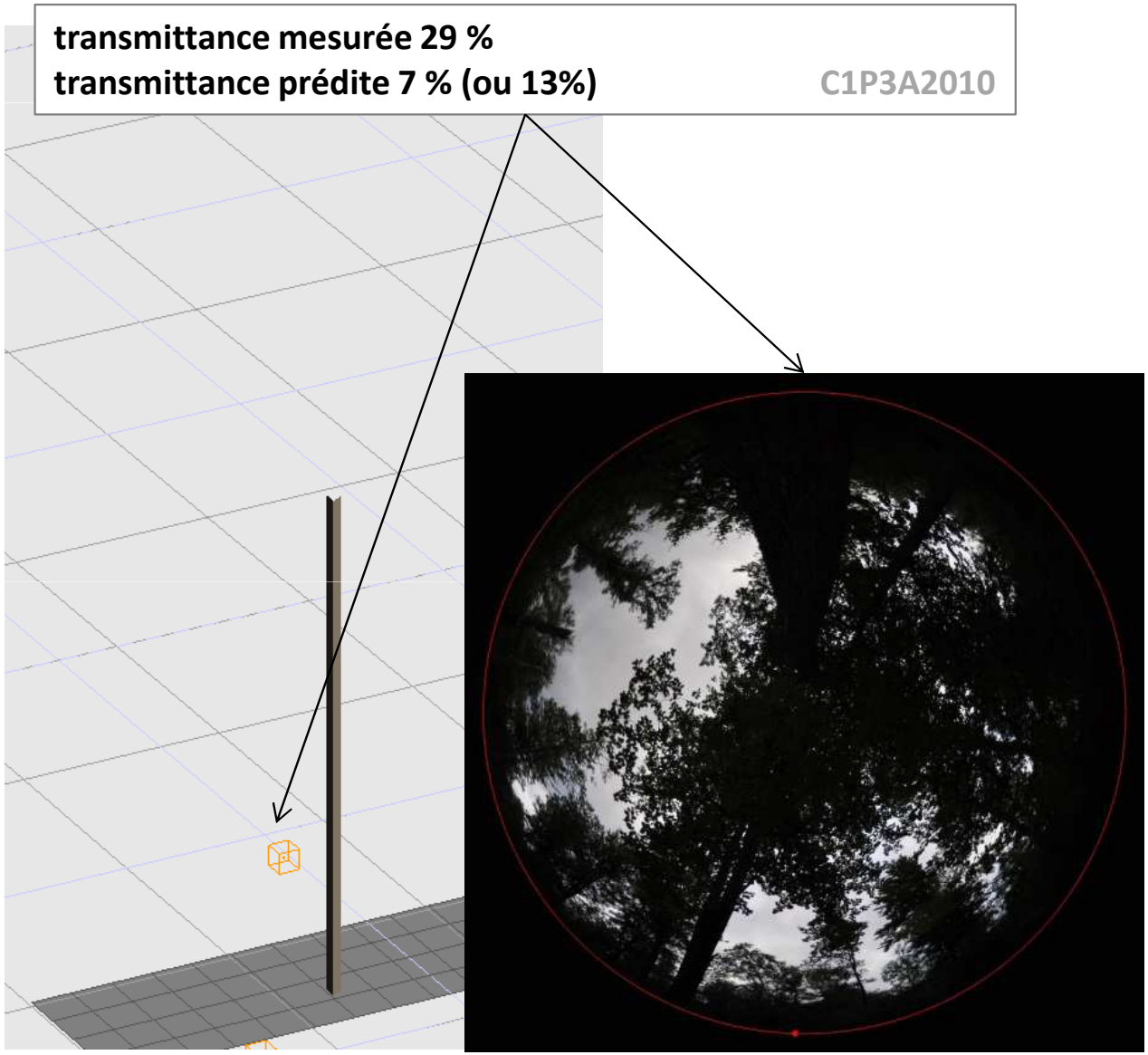
Première validation

- Comparaison des distributions statistiques prédites (pointillés) et observées (lignes).

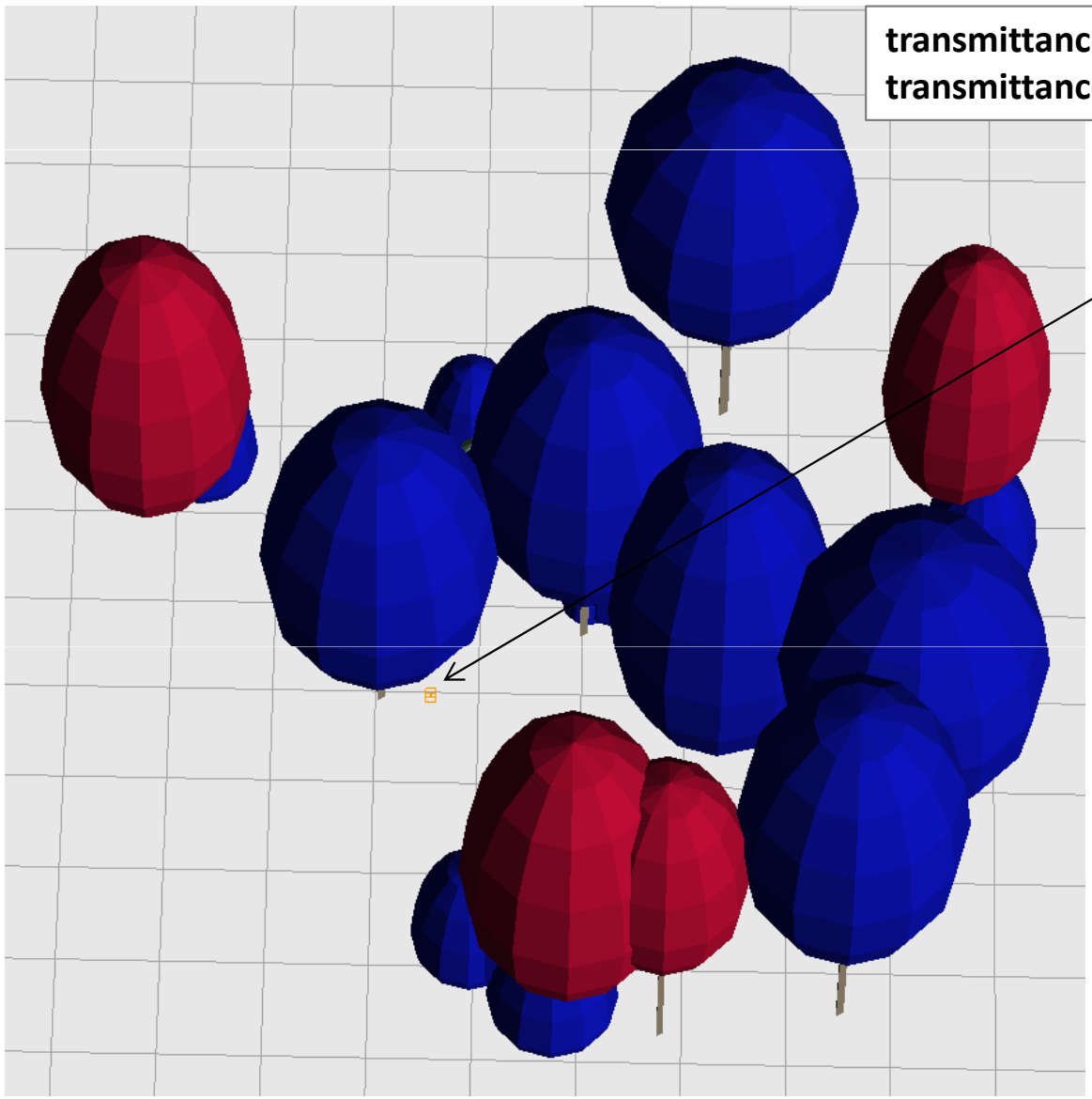


- Sous-estimation importante: représentation trop simplifiée de la forme des couronnes? LAD des hêtres du sous-bois?





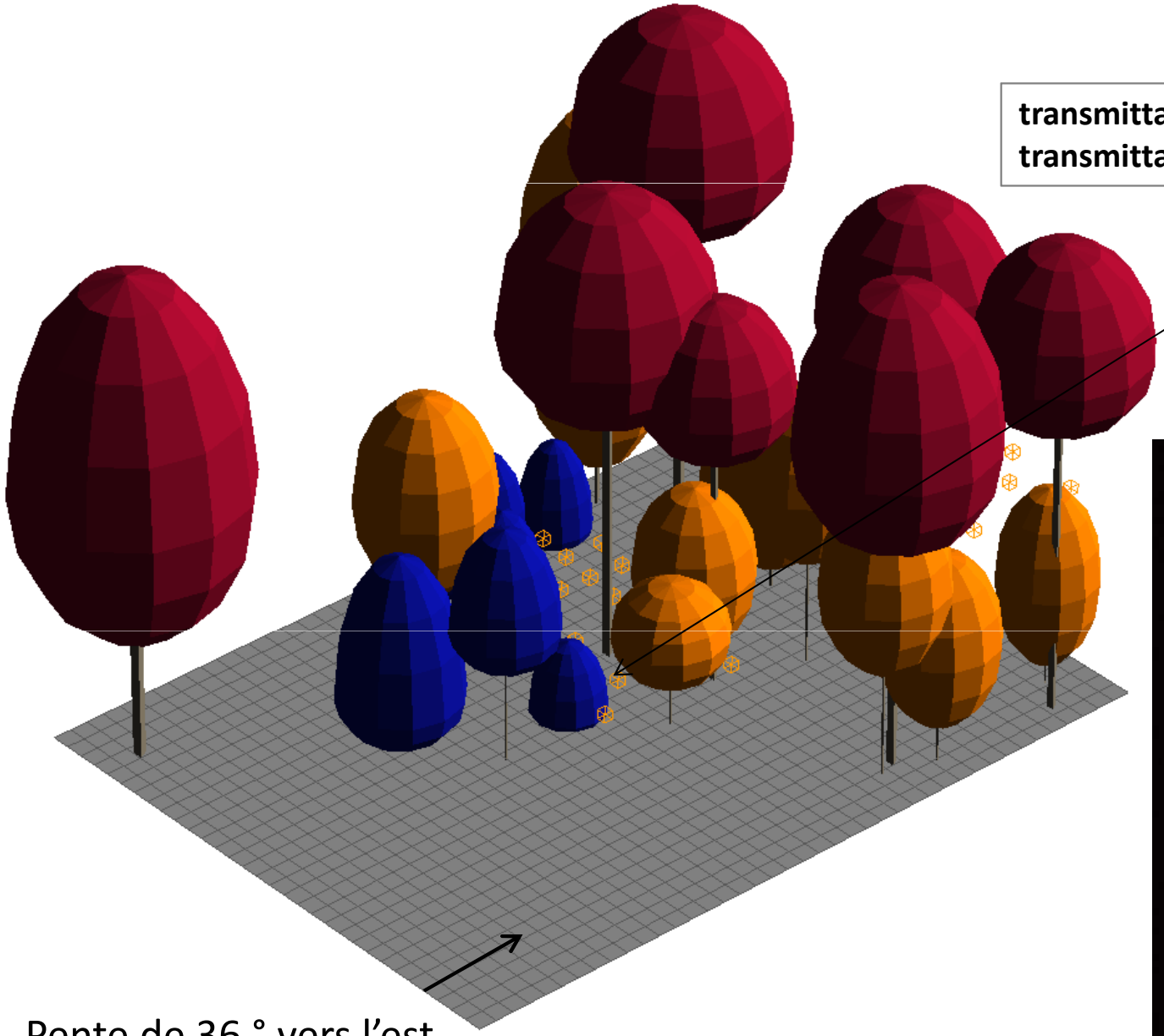
- Sur-estimation importante : modélisation des rayons de cimes



transmittance mesurée 8 %
transmittance prédite 44 %

C2P8A2010

- Sur-estimation : présence de branches basses au-dessus des photographies hémisphériques



transmittance mesurée 6 %
transmittance prédite 20 %

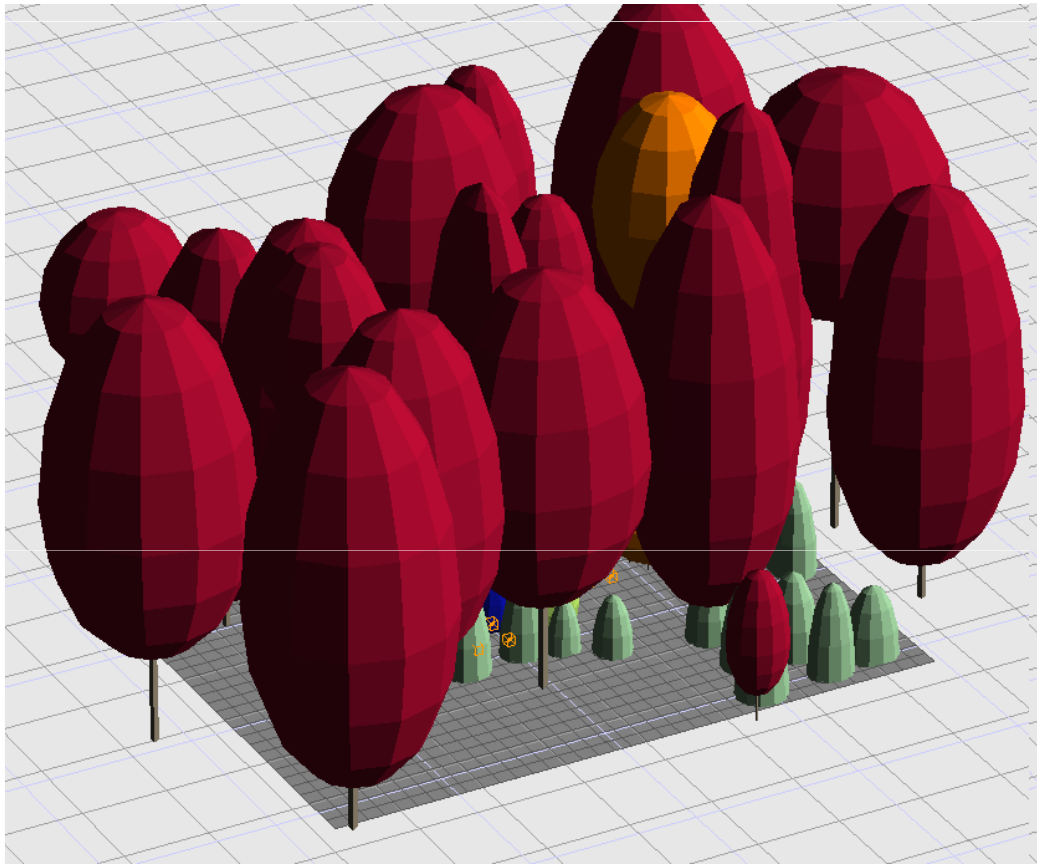
C15P14A2010

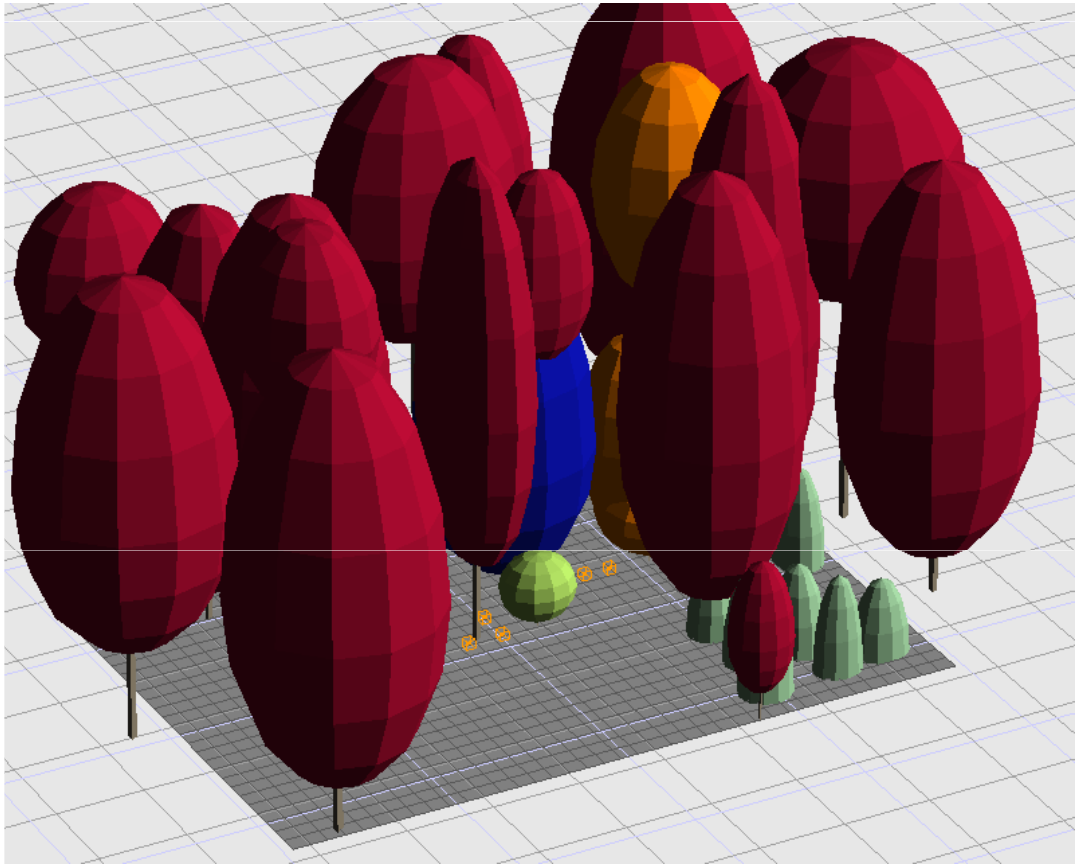
Pente de 36 ° vers l'est

- Sous-estimation de l'ensemble des prédictions après éclaircie: effet de la pente et de l'exposition?

2010 – avant éclaircie
Transmittance prédite 14%
Transmittance mesurée 14%

2012 – après éclaircie
Transmittance prédite 38%
Transmittance mesurée 52%

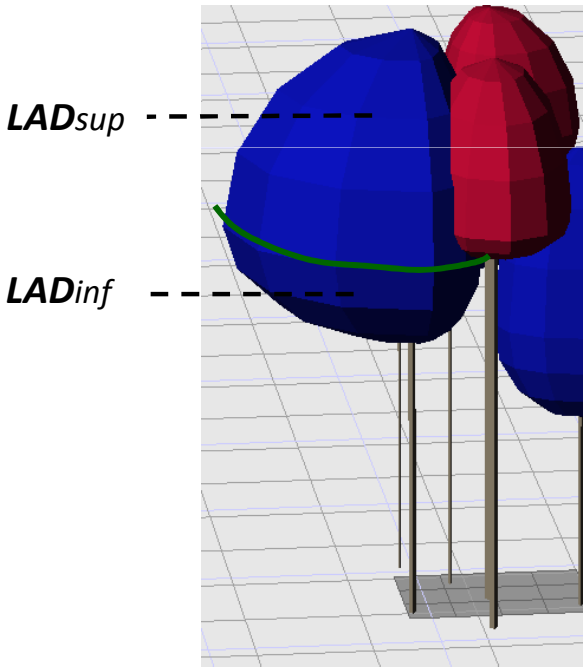


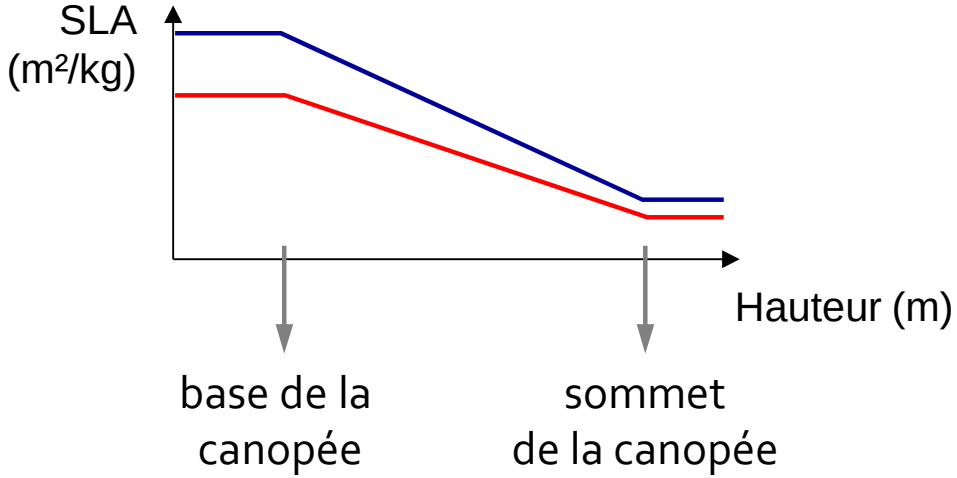


Pente de 25 ° vers le sud

Perspectives

- Analyse de sensibilité
  - Données météo
  - Turbid medium VS enveloppe poreuse
  - ≠ formes de houppiers
  - Interception par les troncs
- Tester la validité de SamsaraLight pour prédire la croissance de la régénération
- Test de différentes approches pour calculer la densité foliaire (LAD)



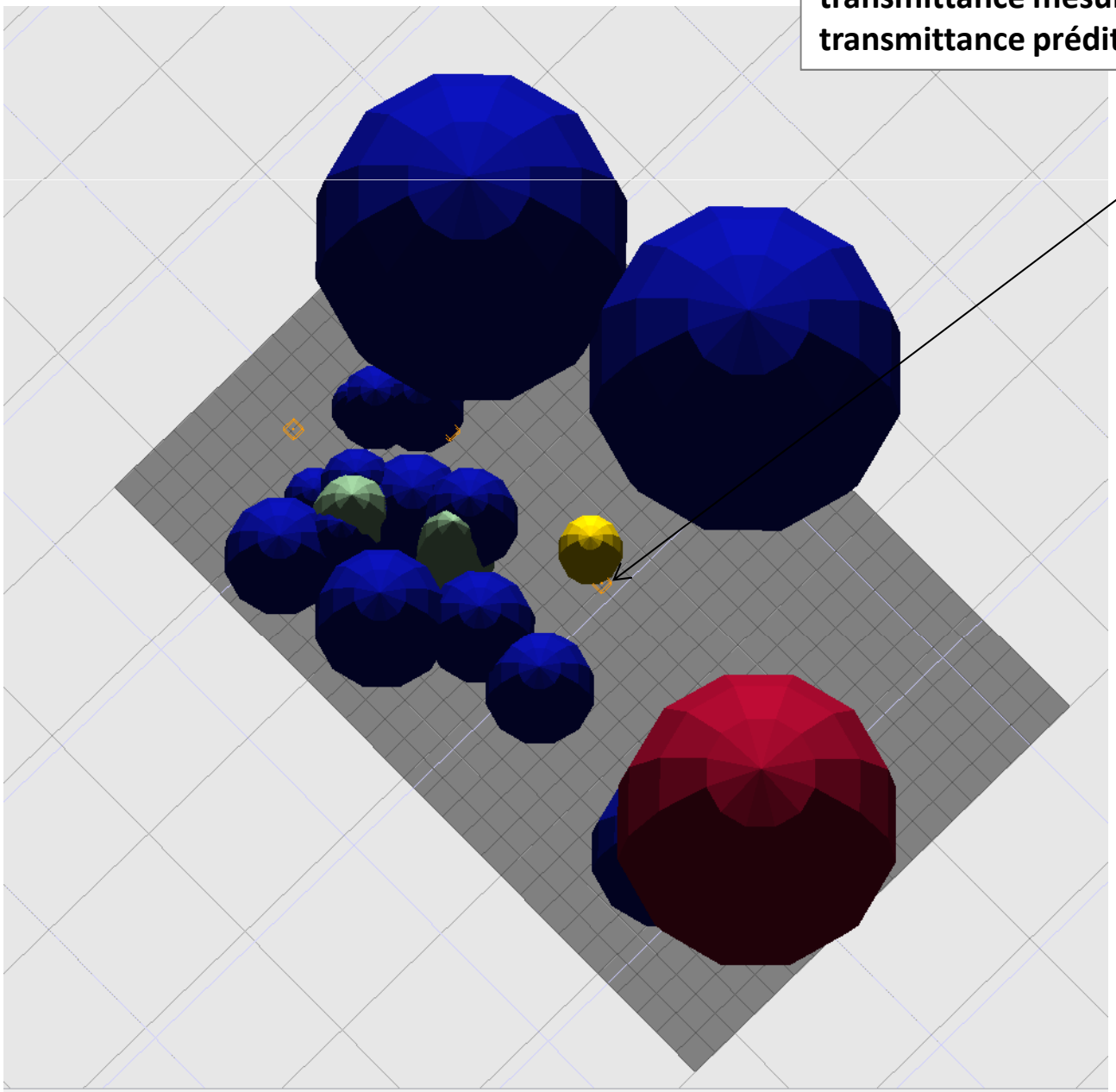


Merci ….

- Sur-estimation importante : petit bois difficilement bien représenté

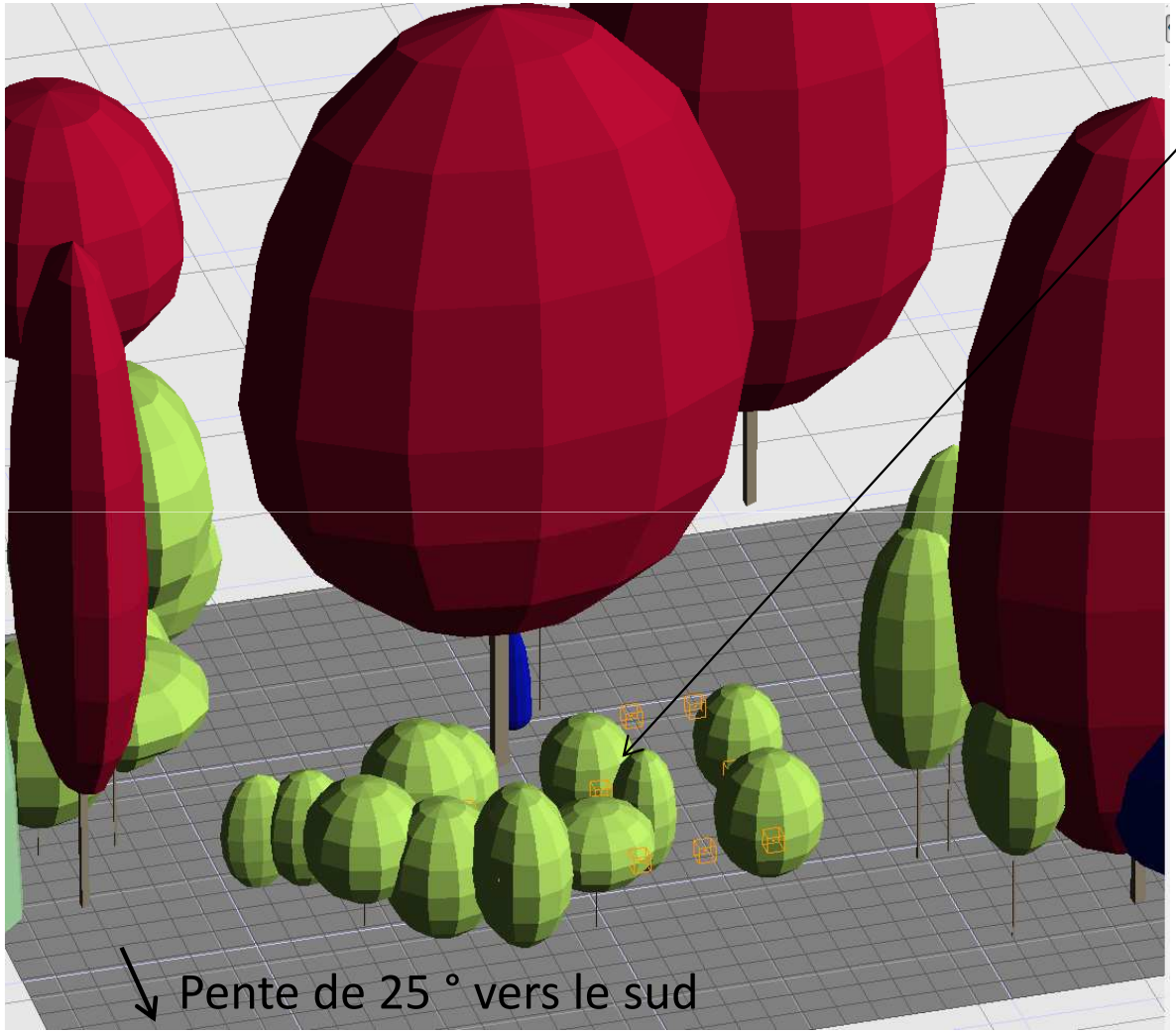
transmittance mesurée 17 %
transmittance prédite 27 %

C2P9A2010

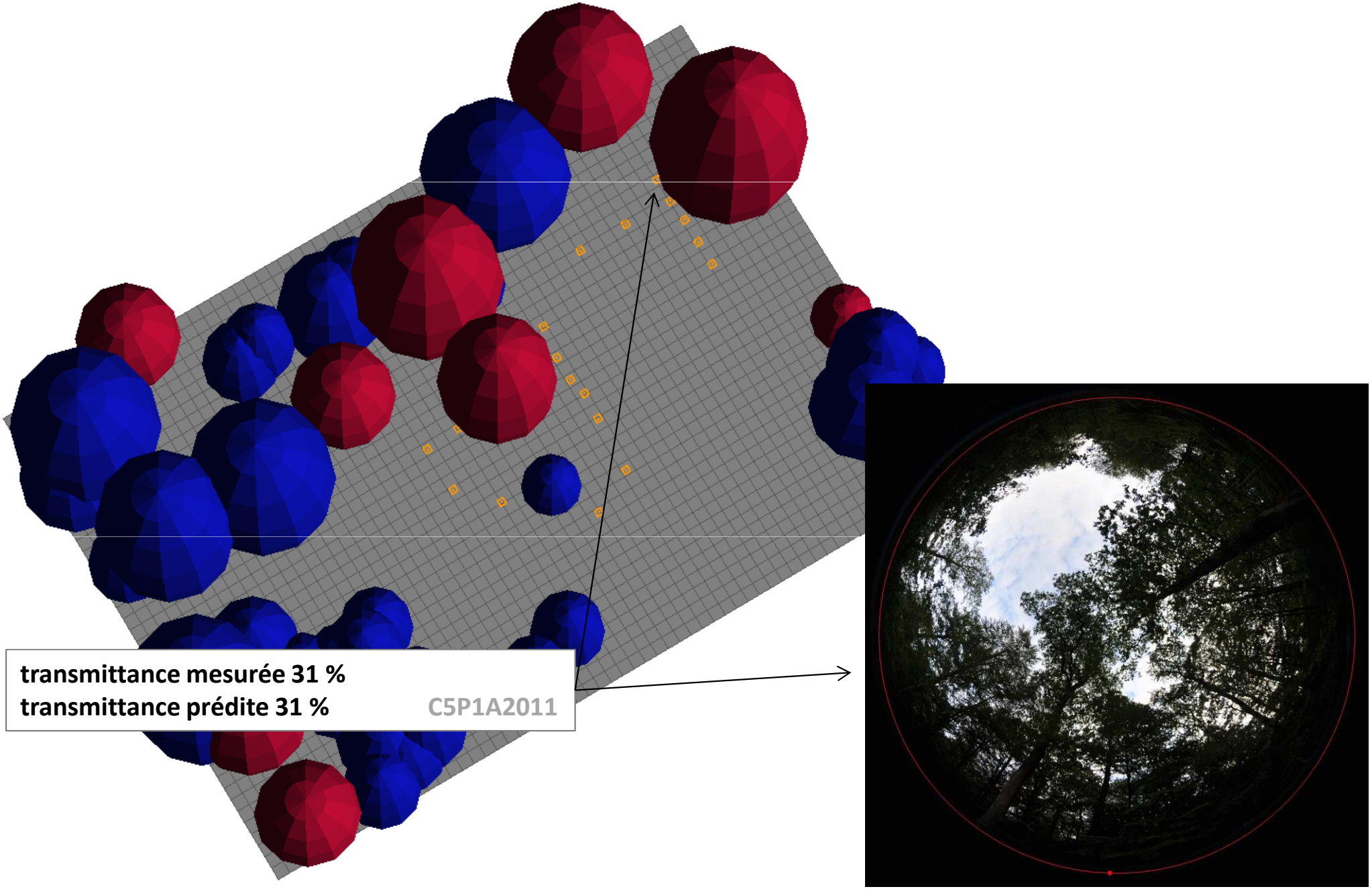
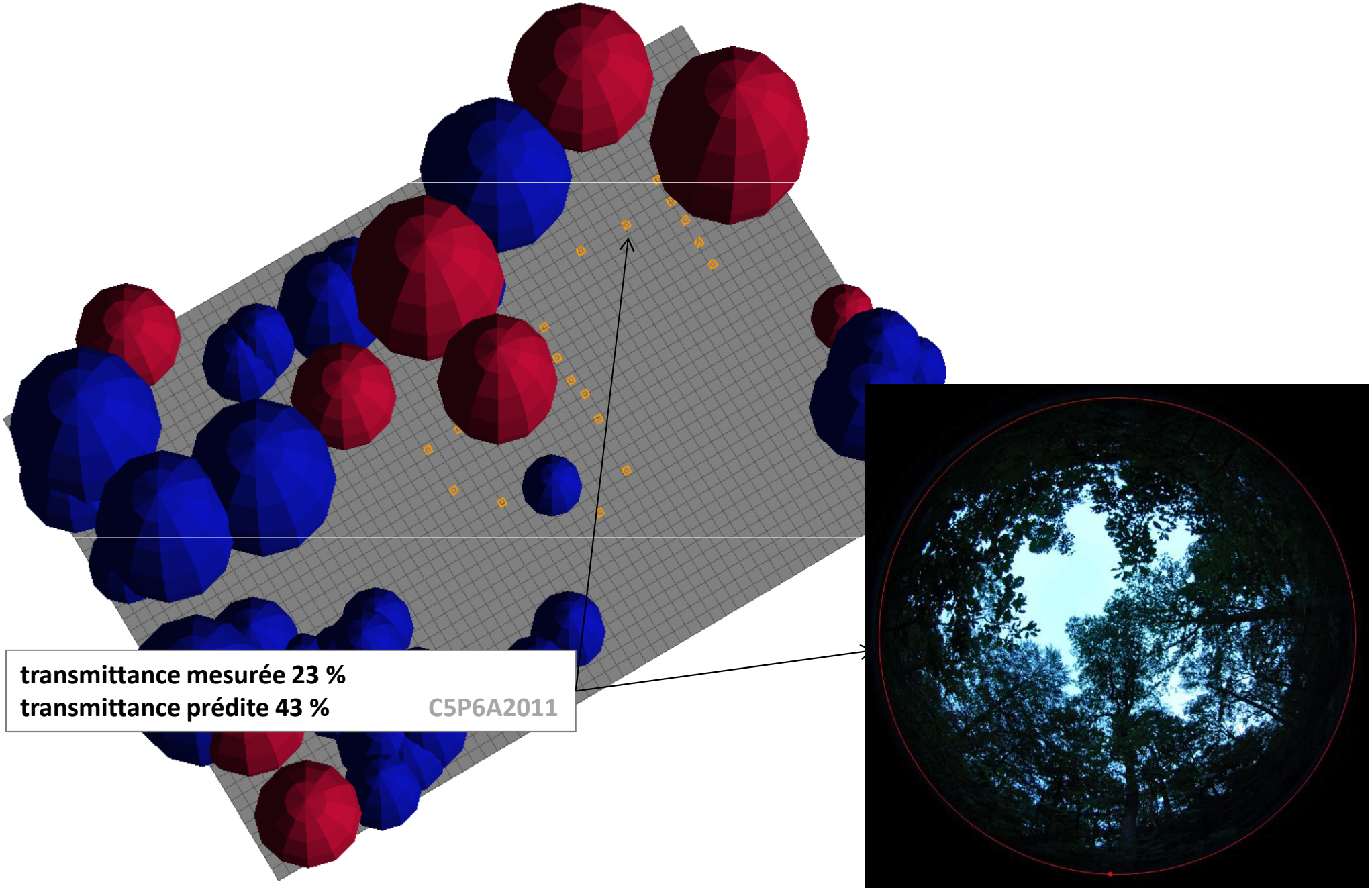


- Sur- estimation : sous-bois pas suffisamment bien représenté

transmittance mesurée 42 %
transmittance prédite 60% C11P5A2010



- Bonne estimation



- Sur-estimation : sous-bois pas mesuré suffisamment?