

# TD analyse de sensibilité et ideotypage

15 novembre 2018

Raphael Perez, Christian Fournier

# SUPPORT DU TD

[https://github.com/openalea/hbma312\\_training\\_2018](https://github.com/openalea/hbma312_training_2018)

Ouvrir Lpy et charger sensitivity\_analysis.lpy

Script python:

sensitivity\_analysis\_batch.py

Script R:

SensitivityAnalysis\_UM2018.Rproj → TD\_sensitivity-UM2018.R

Données:

res\_isolated3125simus.csv; res\_non\_isolated3125simus.csv

# LE MODÈLE 3D

- Représentation 3D de l'architecture aérienne du pommier
- 5 paramètres liés à la géométrie des ramifications
  1. INSERTION\_ANGLE
  2. PHYLLOTAXY
  3. BRANCH\_ELASTICITY
  4. INTERNODE\_FLENGTH
  5. LONGGU\_PEAK\_POSITION

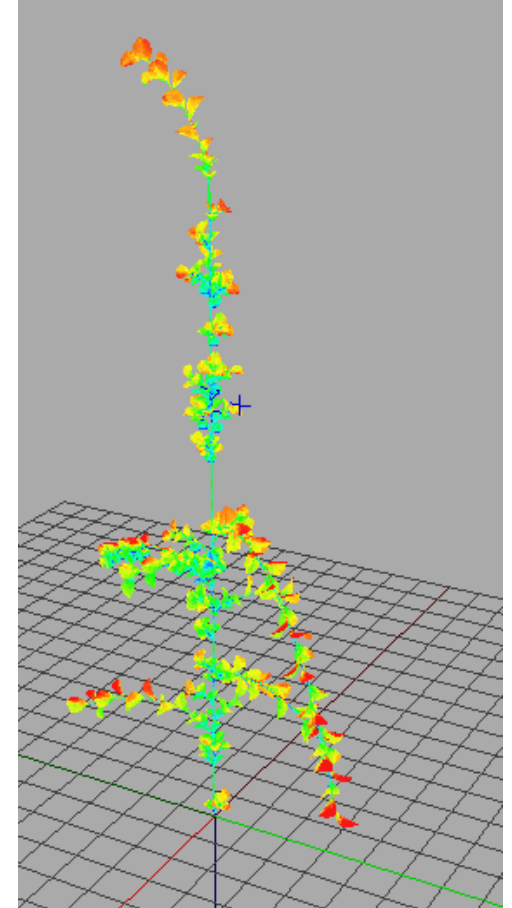
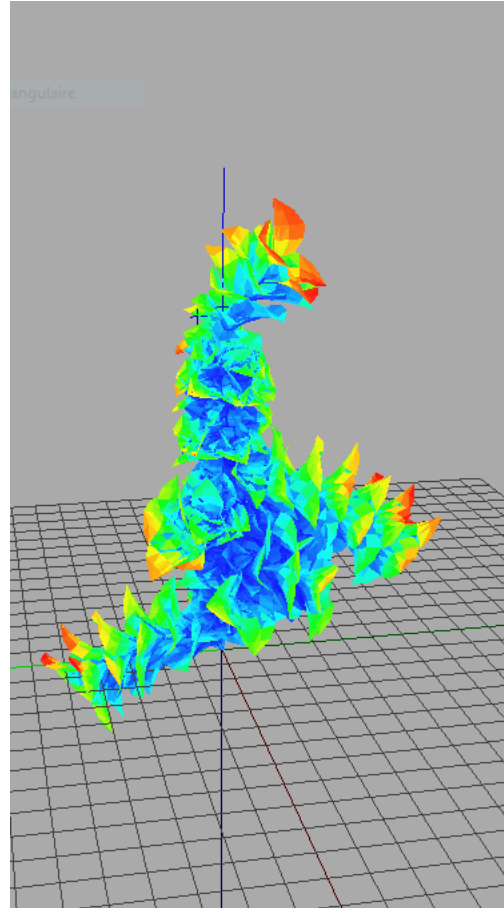
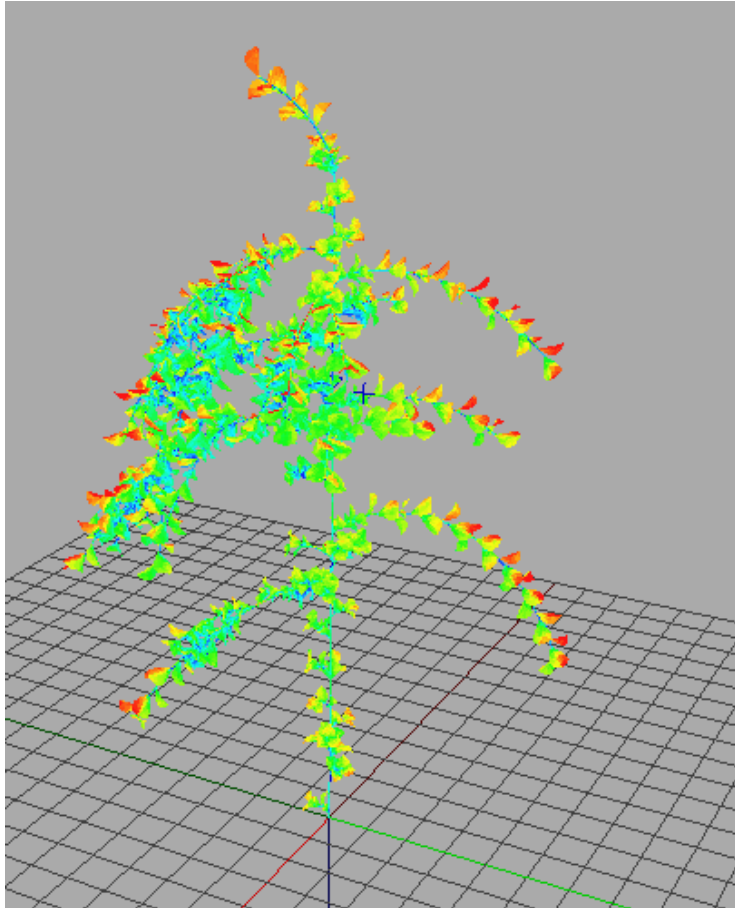
# LE MODÈLE 3D + MODÈLE DE LUMIÈRE

**Sensitivity\_analysis.Ipy**

**Générer des maquettes 3D avec différentes combinaisons de paramètres puis estimer leur niveau d'interception dans une scène isolée (Leaf\_Ei)**

**Proposer un idéotype relatif à Leaf\_Ei (sauver la combinaison de paramètres)**

**Générer des maquettes 3D avec différentes combinaisons de paramètres puis estimer leur niveau d'interception dans une scène isolée (Leaf\_Ei)**



# ANALYSE DE SENSIBILITÉ GLOBALE: DÉCOMPOSITION DE LA VARIANCE ET MÉTAMODÈLE

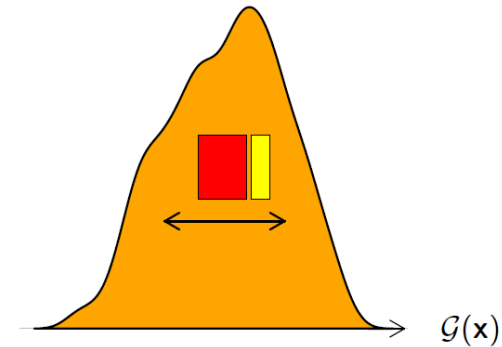
## Notations

$$\begin{aligned} \mathbf{y} &= \mathcal{G}(\mathbf{x}) \\ &= \mathcal{G}(x_1, \dots, x_K) \end{aligned}$$

- ▶  $x_1, \dots, x_K$  = variables d'entrée et paramètres incertains
- ▶  $x_1, \dots, x_K$  les  $K$  facteurs incertains
- ▶  $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_K) \in \mathbb{R}^K$
- ▶  $\mathbf{y}$  peut être multidimensionnel

## Objectif

- ▶ Répondre à la question
  - ▶ Quelles sont les principales sources d'incertitude parmi  $x_1, \dots, x_K$  qui influencent  $\mathcal{G}(\mathbf{x})$  ?



Variance de  $\mathcal{G}(\mathbf{x})$  = Effet de  $x_1$  + Effet de  $x_2$  + ...

## Analyse de sensibilité

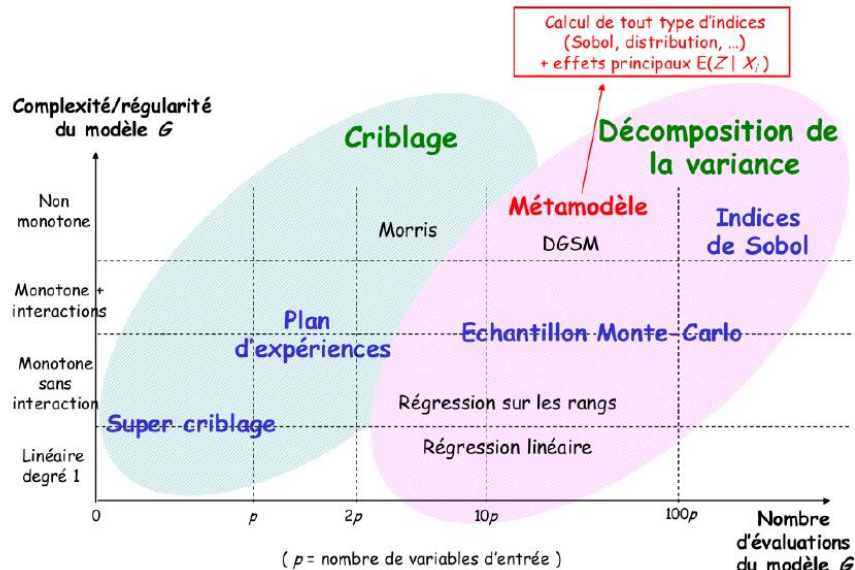
- ▶ identifier les paramètres et les variables d'entrée qui ont une forte influence sur les sorties d'un modèle  
→ Important de les connaître avec précision
- ▶ identifier les paramètres et les variables d'entrée qui ont une influence moindre sur les sorties  
→ Moins important de les connaître avec précision
- ▶ analyser le comportement du modèle

# ANALYSE DE SENSIBILITÉ GLOBALE: DÉCOMPOSITION DE LA VARIANCE ET MÉTAMODÈLE

## Grille de choix des méthodes d'analyse

Bertrand Iooss (EDF R&D)

### Classification des méthodes d'analyses de sensibilité



Faivre R., Iooss B., Mahevas S., Makowski D., Monod H., editors, 2013. Analyse de sensibilité et exploration de modèles. Applications aux modèles environnementaux. Collection "Savoir Faire", Quae, 2013, 352p.

## Indices basés sur une décomposition de la variance

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Var}[\mathcal{G}(\mathbf{x})] & = & \underbrace{\text{Var}_{x_1} + \text{Var}_{x_2} + \text{Var}_{x_3} + \dots}_{\text{Effets principaux des facteurs incertains}} + \underbrace{\text{Var}_{x_1.x_2} + \text{Var}_{x_1.x_3} + \dots}_{\text{Termes d'interactions}} \\
 \downarrow & & \downarrow \qquad \qquad \qquad \downarrow \\
 \text{Variance totale de la variable de sortie} & & 
 \end{array}$$

# ANALYSE DE SENSIBILITÉ GLOBALE: DÉCOMPOSITION DE LA VARIANCE ET MÉTAMODÈLE

## Métamodélisation

$$\begin{aligned} \mathbf{y} &= \mathcal{G}(\mathbf{x}) \\ &\approx \mathcal{M}(x_1, \dots, x_K) \end{aligned}$$

### Métamodèle Polynomial

$$y = \sum_{a=1}^A \beta_a \left( \prod_{k=1}^K x_k^{d_{a,k}} \right) + \varepsilon$$

- $K$  nombre de paramètres ;
- $A = C_{K+D}^D$  nombre de termes croisés ( $0 \leq \sum_k d_{a,k} \leq D$ ) ;
- $D$  degré maximal des polynomes ;
- $\varepsilon$  terme d'erreur d'espérance nulle, indépendant des variables  $x_k$ .

Décomposition des sources de variation de  $x_1$  (% de variance expliquée,  $R^2$ )

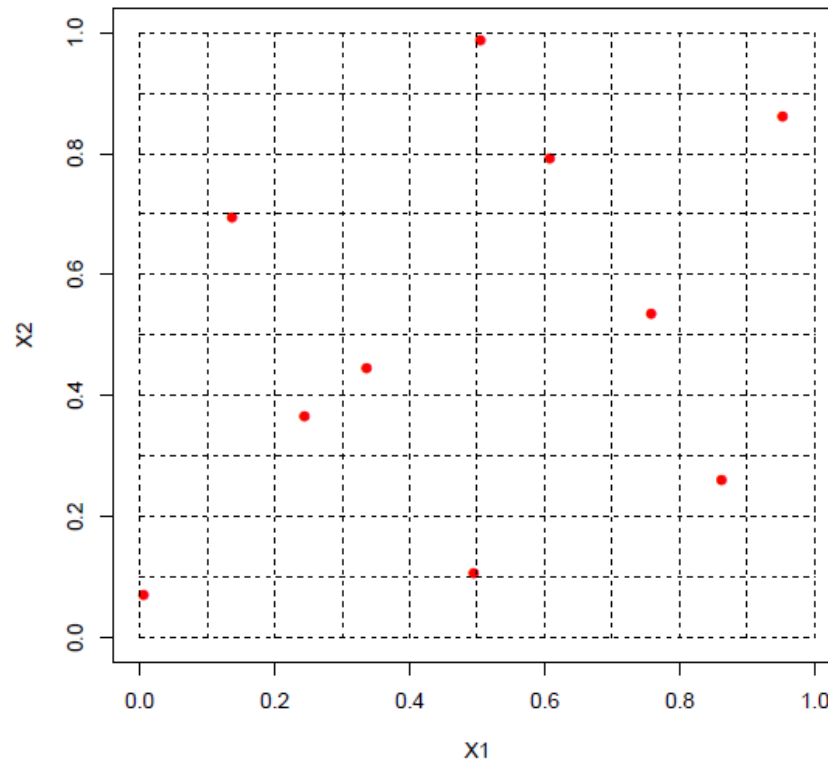
- Effet principal :  $x_1 + x_1^2 + x_1^3$
- Total :  $x_1 + x_1^2 + x_1^3 + x_1 x_2 + x_1 x_2^2 + x_1^2 x_2 + x_1 x_3 + x_1 x_3^2 + x_1^2 x_3 + x_1 x_2 x_3 + \dots$



# ANALYSE DE SENSIBILITÉ GLOBALE: DÉCOMPOSITION DE LA VARIANCE ET MÉTAMODÈLE

## Analyse de sensibilité

Plan d'expérience de type hypercube latin (LHS)



un point par segment sur chaque paramètre

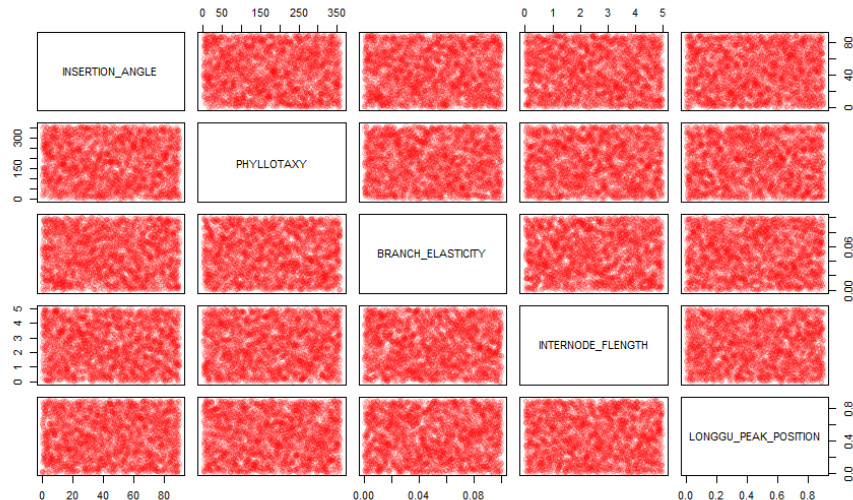
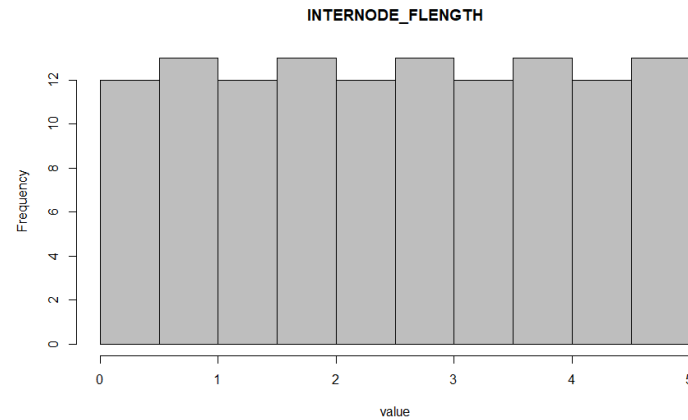
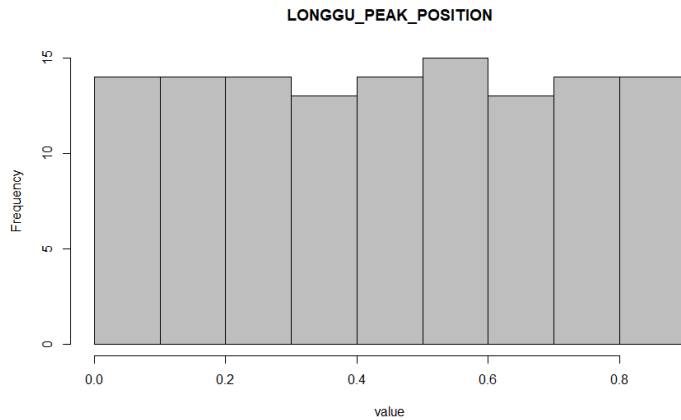
# ANALYSE DE SENSIBILITÉ GLOBALE: DÉCOMPOSITION DE LA VARIANCE ET MÉTAMODÈLE

TD\_sensitivity-UM2018.R

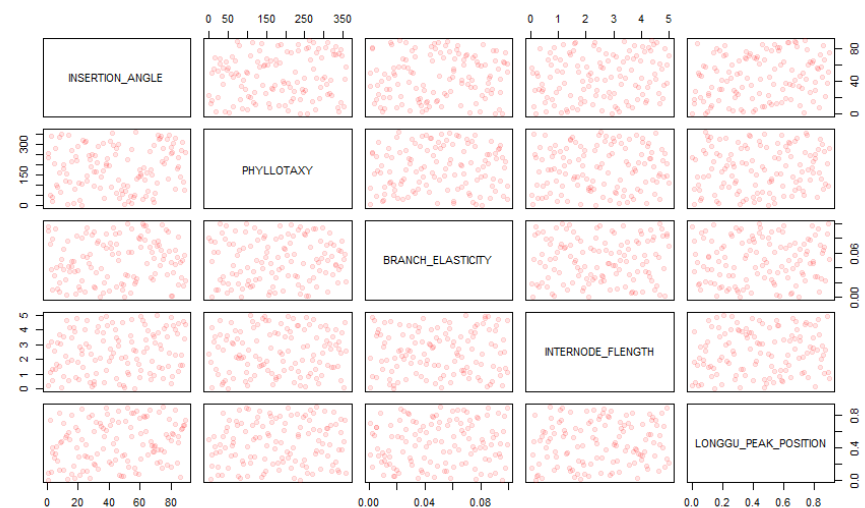
- **Générer le plan d'expérience LHS proposé (tester avec différentes tailles)**
- **Représenter la distribution des valeurs échantillonnées de chaque paramètres du plan d'expérience et visualiser la grille d'échantillonnage**
- Récupérer les sorties des simulations en situation isolé ou en verger ([res\\_isolated3125simus.csv](#)+ [res\\_non\\_isolated3125simus.csv](#)) et ajuster un métamodèle polynomial de degré 3
- Estimer et représenter la contribution des paramètres à  $Ei\_leaf\_isol$  et  $Ei\_leaf\_canop$
- Représenter la maquette maximisant  $Ei\_leaf\_isol$  du plan LHS et la comparer à la maquette minimisant  $Ei\_leaf\_isol$ , celle maximisant  $Ei\_leaf\_canop$ , et celle de l'idéotype que vous aviez sélectionné

# Représenter la distribution des valeurs échantillonnées de chaque paramètres du plan d'expérience et visualiser la grille d'échantillonnage

```
for (p in parameters){  
  hist(planLHS[,p],col='grey',main=paste(p),xlab='value')  
}
```



N=3125



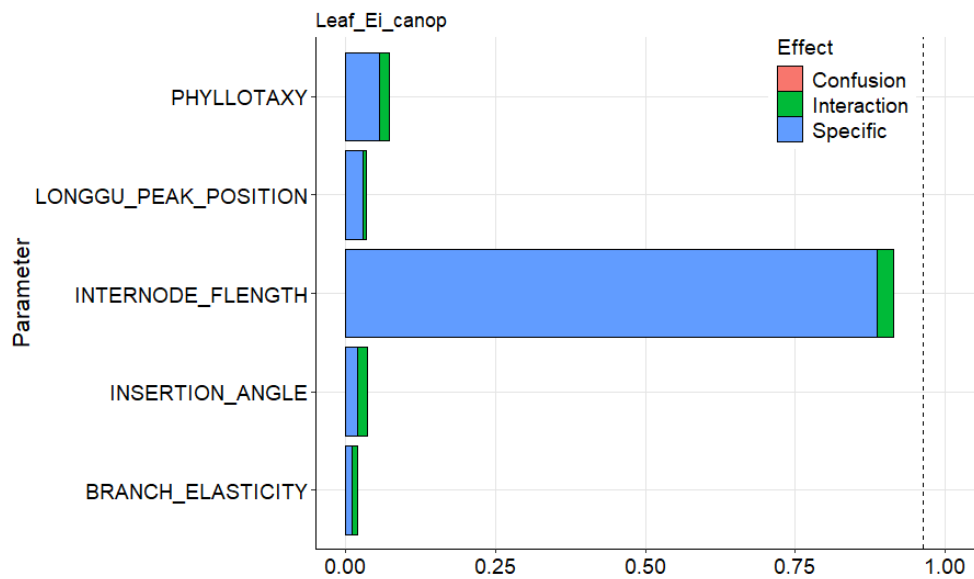
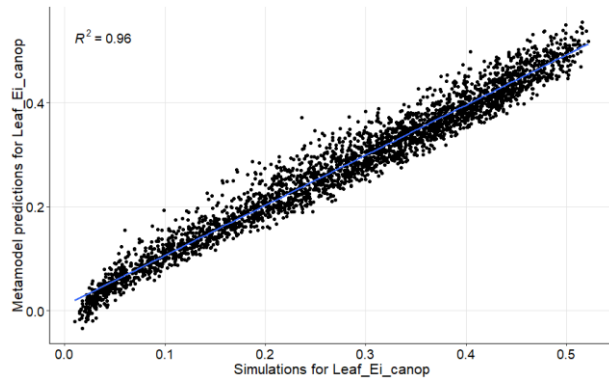
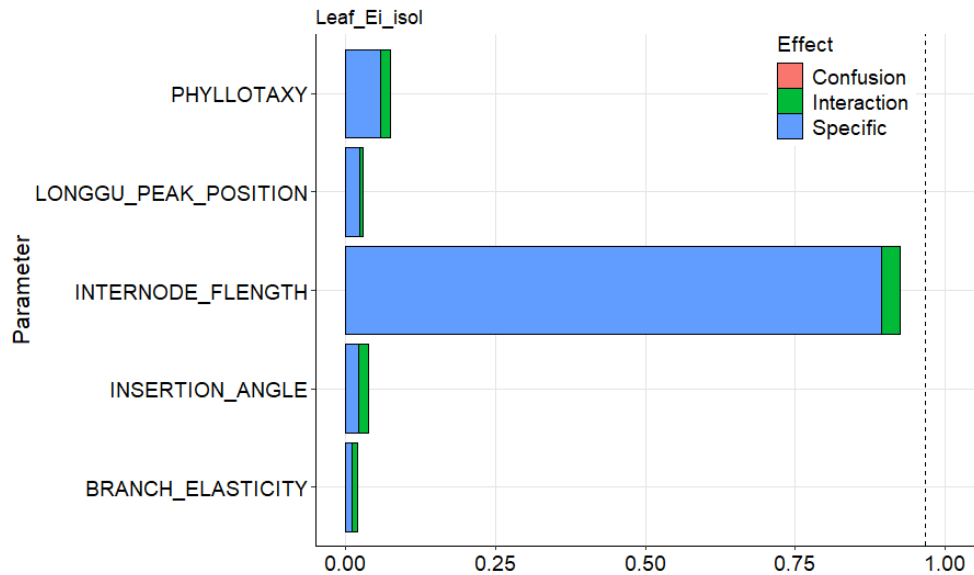
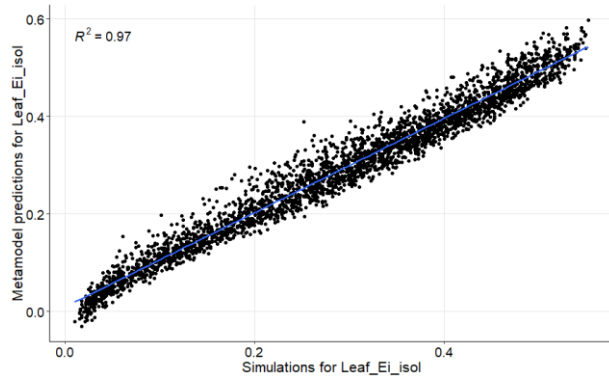
N=125

# ANALYSE DE SENSIBILITÉ GLOBALE: DÉCOMPOSITION DE LA VARIANCE ET MÉTAMODÈLE

## TD\_sensitivity-UM2018.R

- Générer le plan d'expérience LHS proposé (tester avec différentes tailles)
- Représenter la distribution des valeurs échantillonnées de chaque paramètres du plan d'expérience et visualiser la grille d'échantillonnage
- **Récupérer les sorties des simulations en situation isolé ou en verger (`res_isolated3125simus.csv`+ `res_non_isolated3125simus.csv`) et ajuster un métamodèle polynomial de degré 3**
- **Estimer et représenter la contribution des paramètres à  $Ei\_leaf\_isol$  et  $Ei\_leaf\_canop$**
- Représenter la maquette maximisant  $Ei\_leaf\_isol$  du plan LHS et la comparer à la maquette minimisant  $Ei\_leaf\_isol$ , celle maximisant  $Ei\_leaf\_canop$ , et celle de l'idéotype que vous aviez sélectionné

# Estimer et représenter la contribution des paramètres à Leaf\_Ei\_isol



# ANALYSE DE SENSIBILITÉ GLOBALE: DÉCOMPOSITION DE LA VARIANCE ET MÉTAMODÈLE

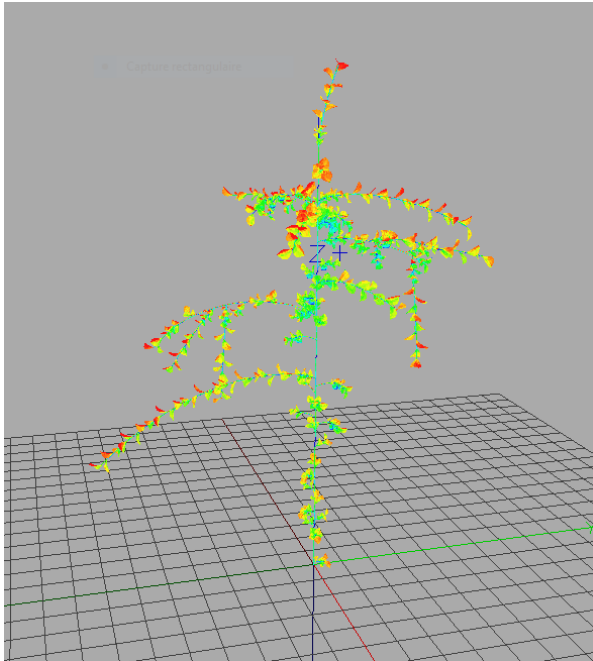
## TD\_sensitivity-UM2018.R

- Générer le plan d'expérience LHS proposé (tester avec différentes tailles)
- Représenter la distribution des valeurs échantillonnées de chaque paramètres du plan d'expérience et visualiser la grille d'échantillonnage
- Récupérer les sorties des simulations en situation isolé ou en verger ([res\\_isolated3125simus.csv](#)+ [res\\_non\\_isolated3125simus.csv](#)) et ajuster un métamodèle polynomial de degré 3
- Estimer et représenter la contribution des paramètres à  $Ei\_leaf\_isol$  et  $Ei\_leaf\_canop$
- **Représenter la maquette maximisant  $Ei\_leaf\_isol$  du plan LHS et la comparer à la maquette minimisant  $Ei\_leaf\_isol$ , celle maximisant  $Ei\_leaf\_canop$ , et celle de l'idéotype que vous aviez sélectionné**

**Représenter la maquette maximisant  $Ei\_leaf\_isol$  du plan LHS et la comparer à la maquette maximisant  $Ei\_leaf\_canop$  et l'idéotype que vous aviez sélectionné**

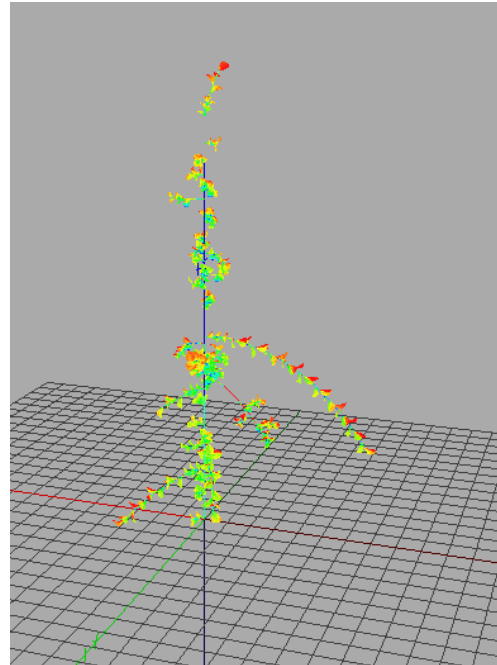
Simu 1582

Leaf\_Ei\_isol= 0.55



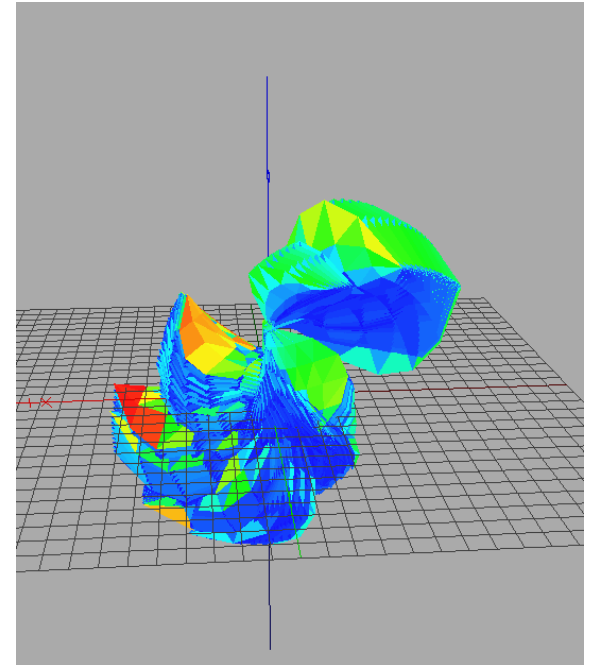
Simu 3121

Leaf\_Ei\_canop= 0.52



Simu 2271

Leaf\_Ei\_isol= 0,01



# ANALYSE DE SENSIBILITÉ GLOBALE: DÉCOMPOSITION DE LA VARIANCE ET MÉTAMODÈLE

TD\_sensitivity-UM2018.R

- **Faire la même analyse sur d'autres sortie (Fruit\_Ei\_isol,...) et interpréter**





## AS for leaf mutual shading

