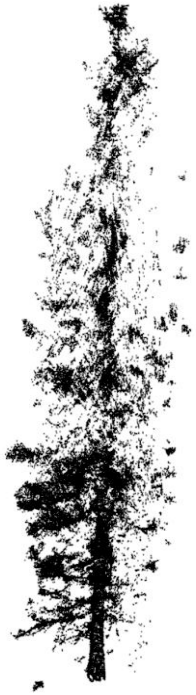
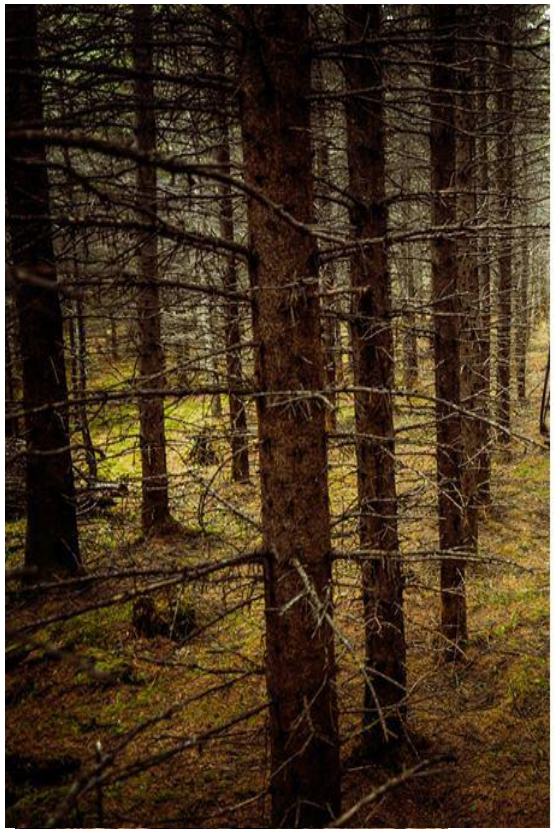


# Spatialisation et régénération des plantations d'épinette blanche dans le modèle PlantaBSL

Emmanuel Duchateau
Robert Schneider



CRFH
Chaire De Recherche Sur La Forêt Habitée
UQAR

UQAR

# Contexte

Au Québec, la mise en place de l'aménagement écosystémique oblige les gestionnaires à recourir à des outils d'aide à la décision pour évaluer si leurs décisions répondent aux objectifs de la loi à court et à long terme.

La distribution spatiale des arbres est une composante biologique importante et de nombreux modèles nécessitent des données spatialisées (influence directe sur leur croissance, la qualité du bois, la survie, la régénération…).

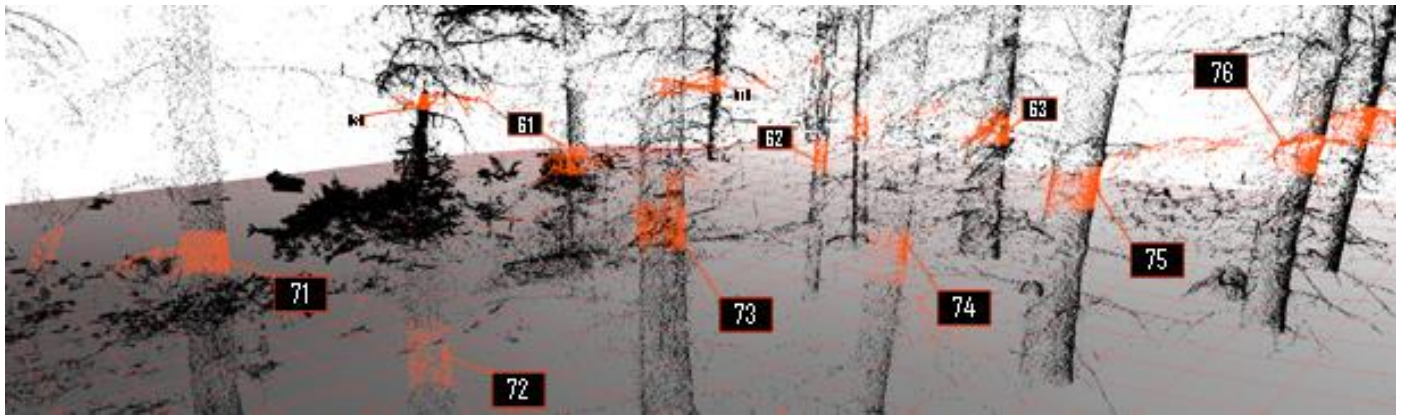
L'obtention de données spatiales reste difficile et de nombreux inventaires sont non spatialisés.

# Objectifs

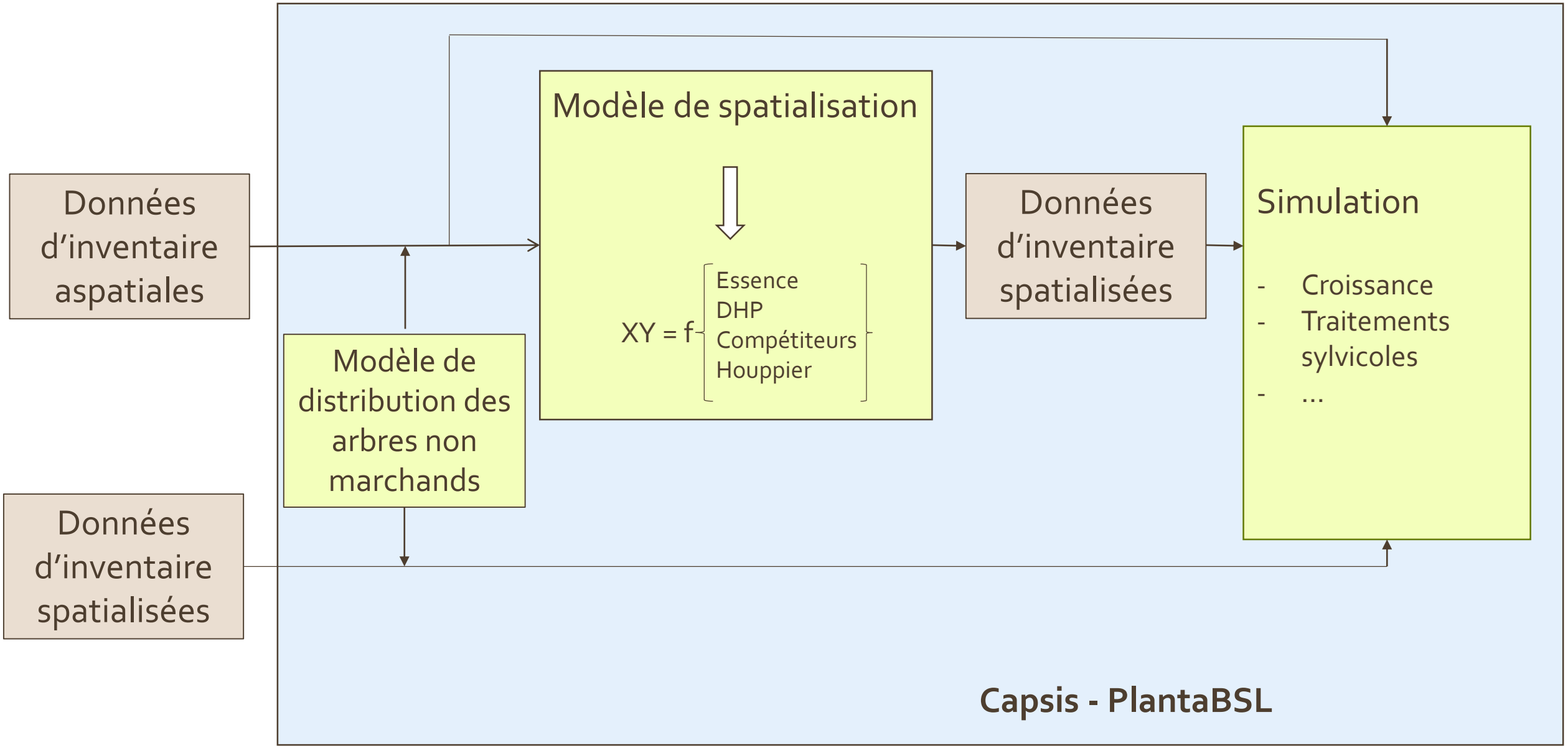
- Étalonner un modèle pour spatialiser des données d'inventaire sans  coordonnées spatiales

- Modéliser la distribution diamétrale des arbres non marchands

- Étudier l'impact de traitements sylvicoles sur la structure spatiale d'un peuplement



# Objectifs


Données d'inventaire aspatiales
Modèle de distribution des arbres non marchands
Données d'inventaire spatialisées
Modèle de spatialisation
XY = f
Essence
DHP
Compétiteurs
Houppier
Données d'inventaire spatialisées
Simulation
- Croissance
- Traitements sylvicoles
- ...
Capsis - PlantaBSL

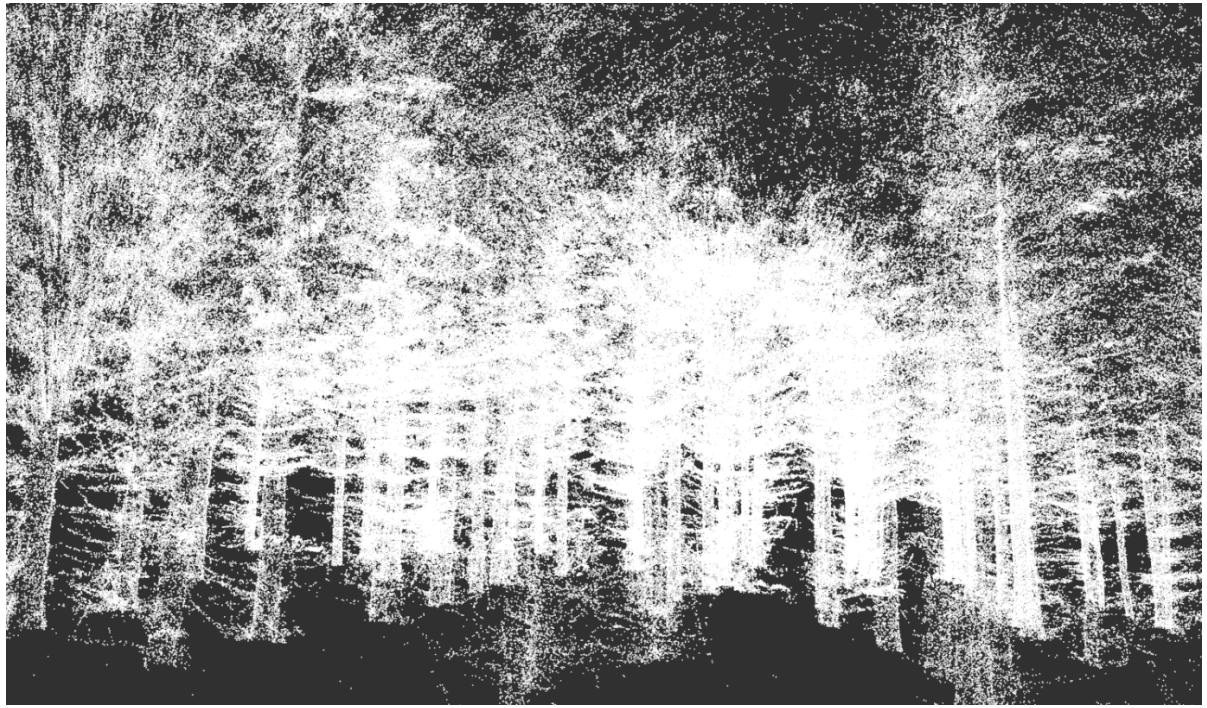
# LiDAR terrestre et données spatiales

# Matériels

- 59 placettes situées dans des plantations d'épinettes blanches au Bas-Saint-Laurent ont été scannées par LiDAR terrestre.
  - 26 placettes rectangulaires de 900 m² (15 x 60m)
  - 33 placettes rectangulaires de 450 m² (15 x 30m)

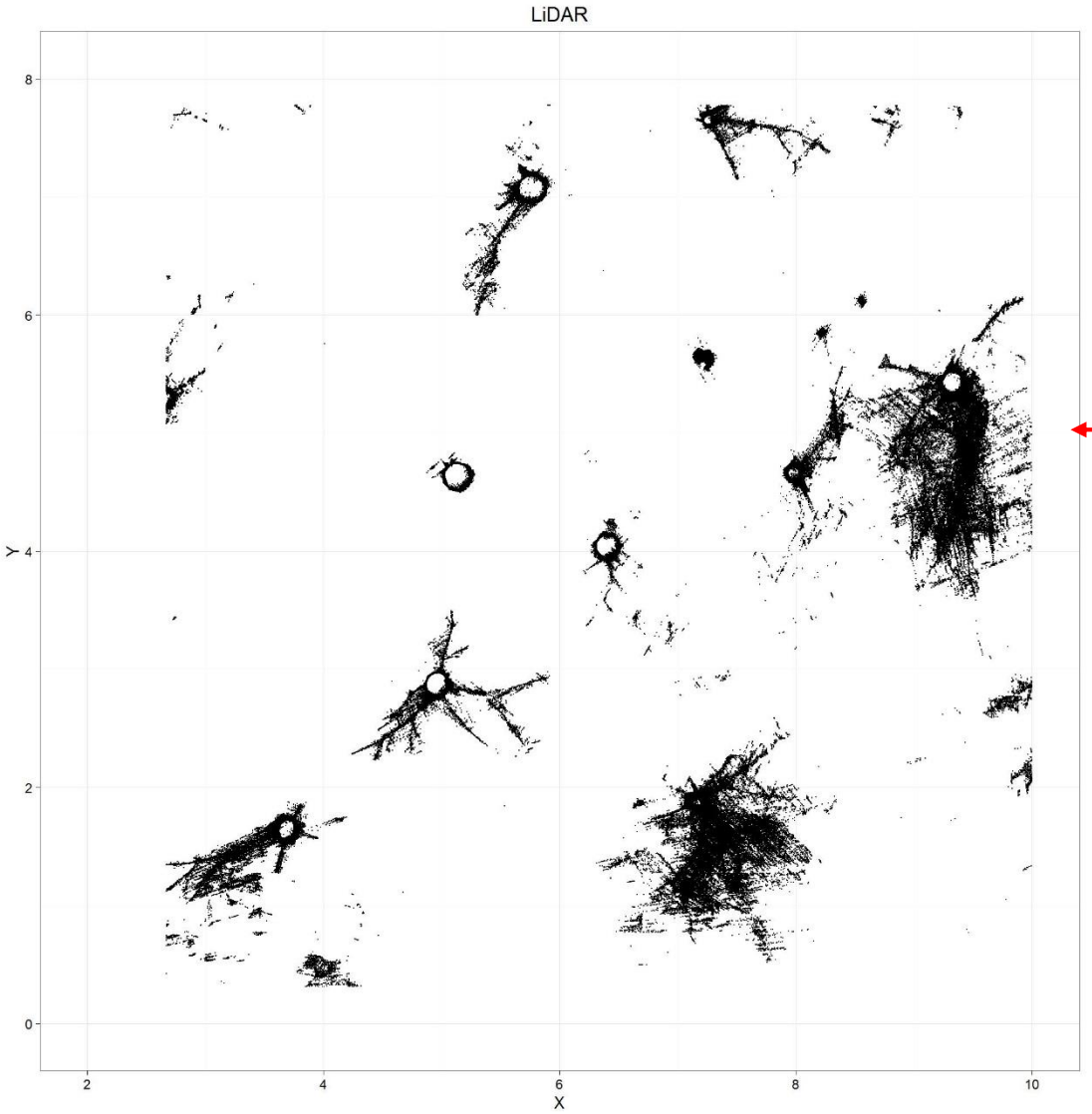
- 4 différents traitements sylvicoles ont été effectués sur ces placettes

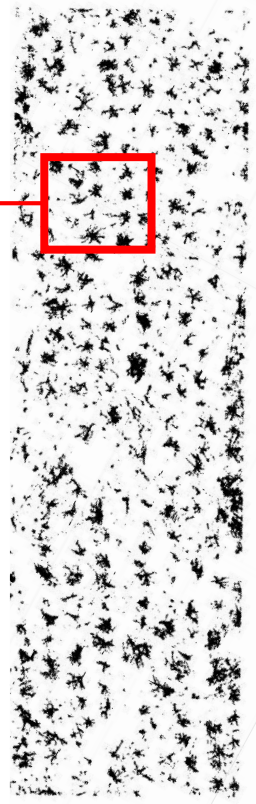
- 13 scans LiDAR ont été effectués par placette pour couvrir la surface et minimiser l'occlusion



# Cartographie des arbres (TreeMap)

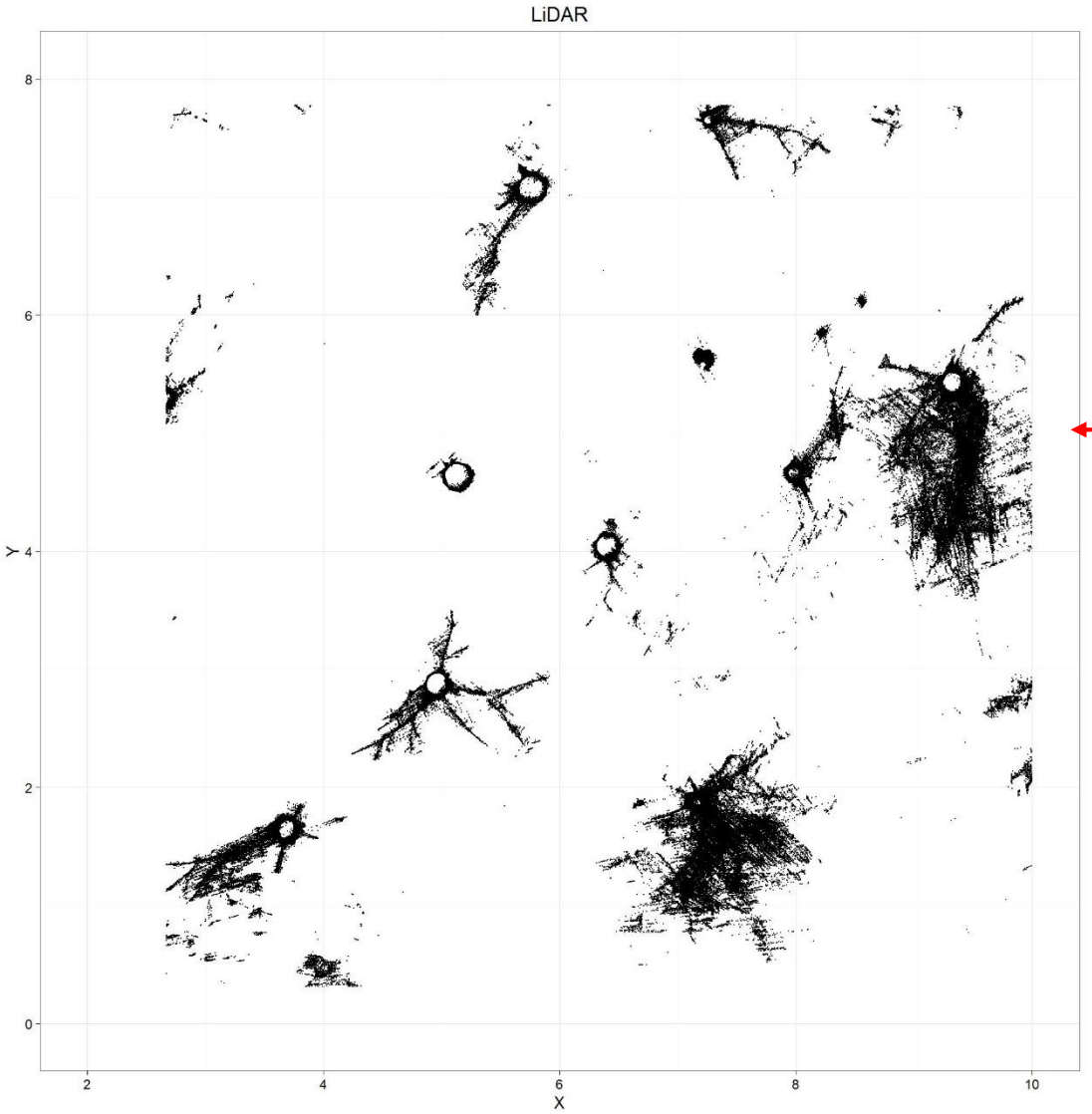
- Extraction d'un nuage de points
  ( tranche à 1.3m)

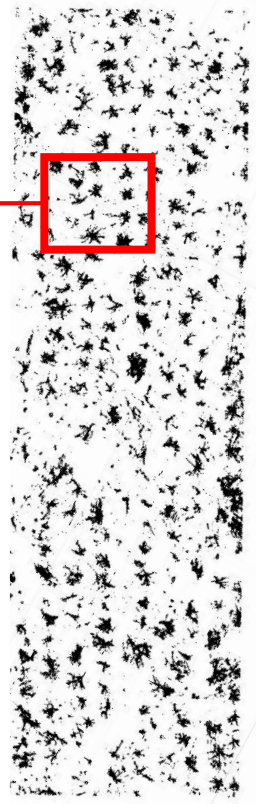


# Cartographie des arbres (TreeMap)

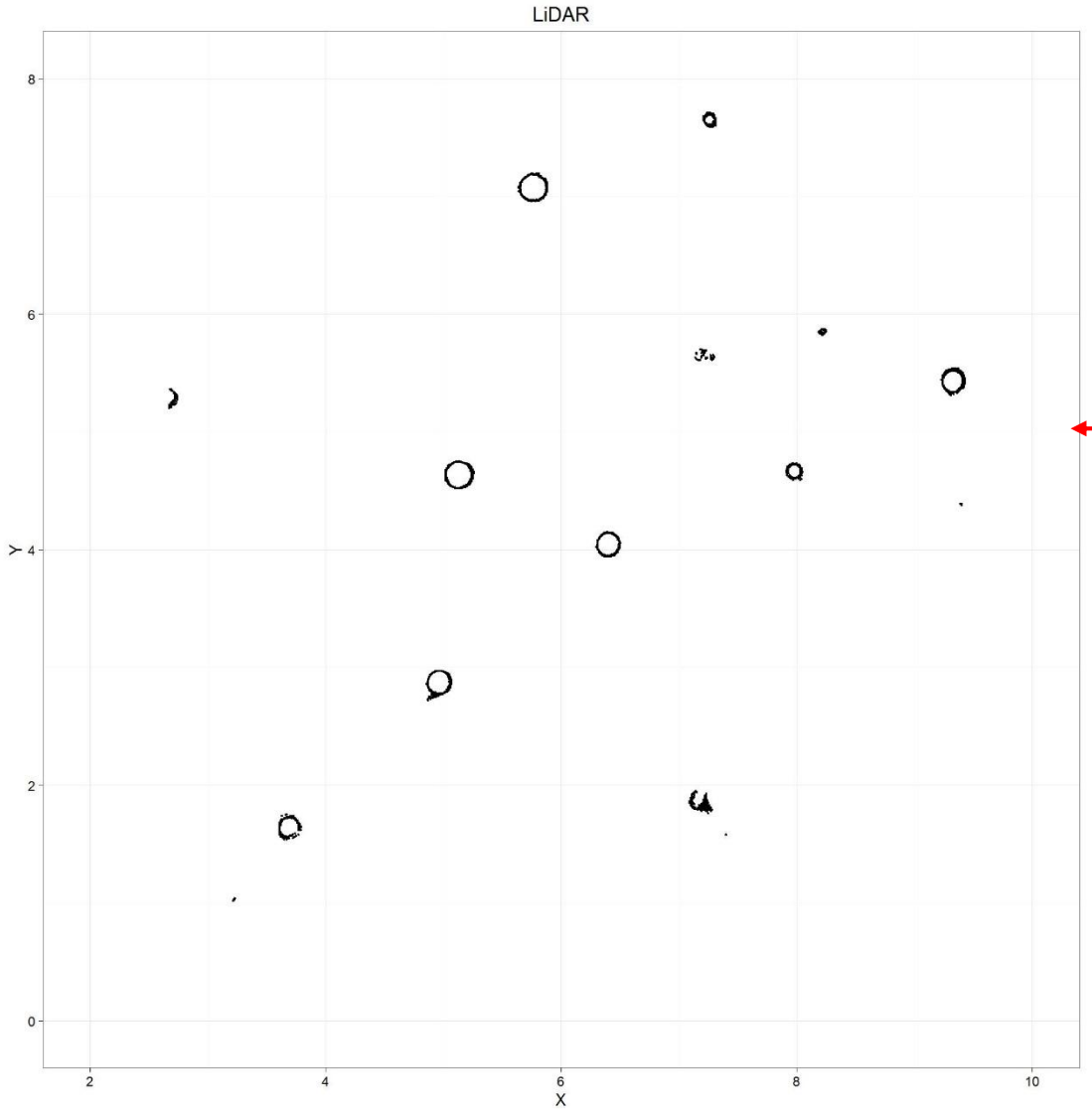
- Extraction d'un nuage de points
  ( tranche à 1.3m)
- Agrégation des points (rasters)

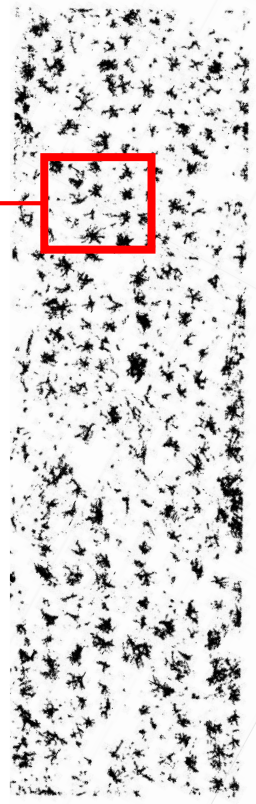


# Cartographie des arbres (TreeMap)

- Extraction d'un nuage de points
- Agrégation des points (rasters)
- Nettoyage des données (seuil)

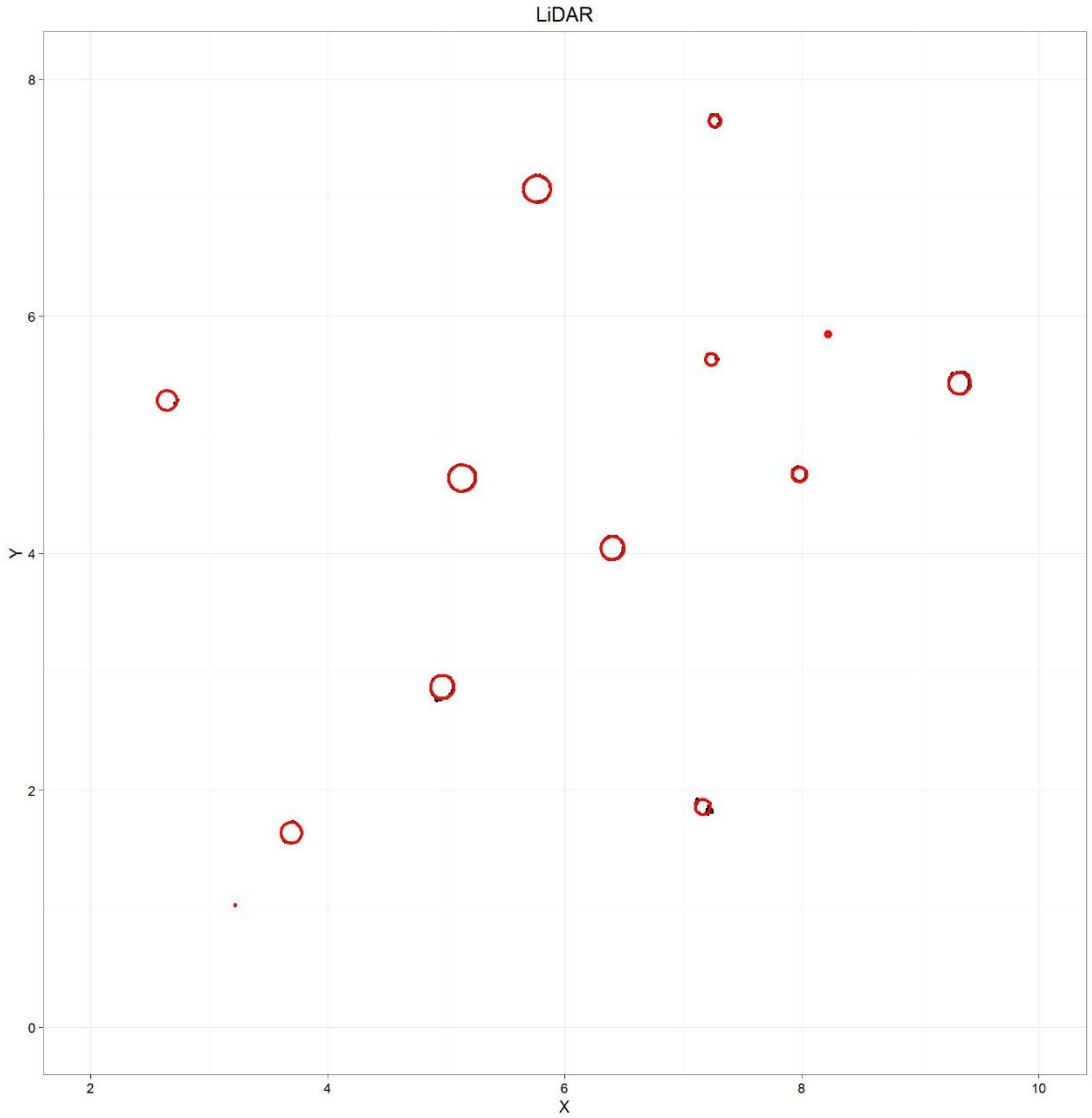


# Cartographie des arbres (TreeMap)

- Extraction d'un nuage de points
- Agrégation des points (rasters)
- Nettoyage des données (seuil)
- Détection des arbres (Cluster)
- Ajustement d'un cercle par cluster

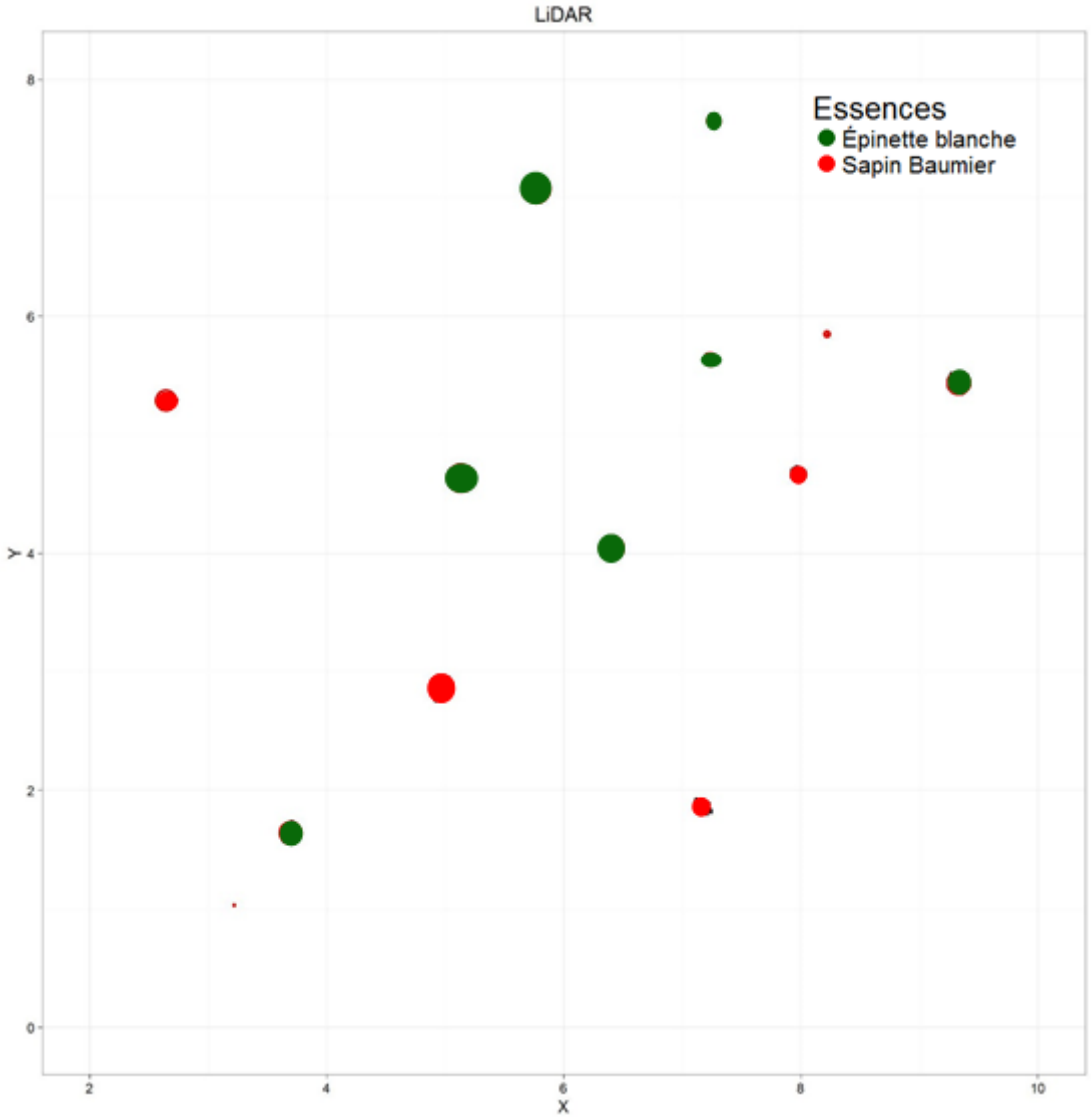
➢ **Obtention du DHP et des coordonnées XY de chaque arbre**

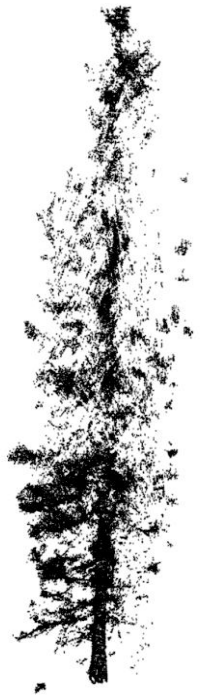


# Cartographie des arbres (TreeMap)

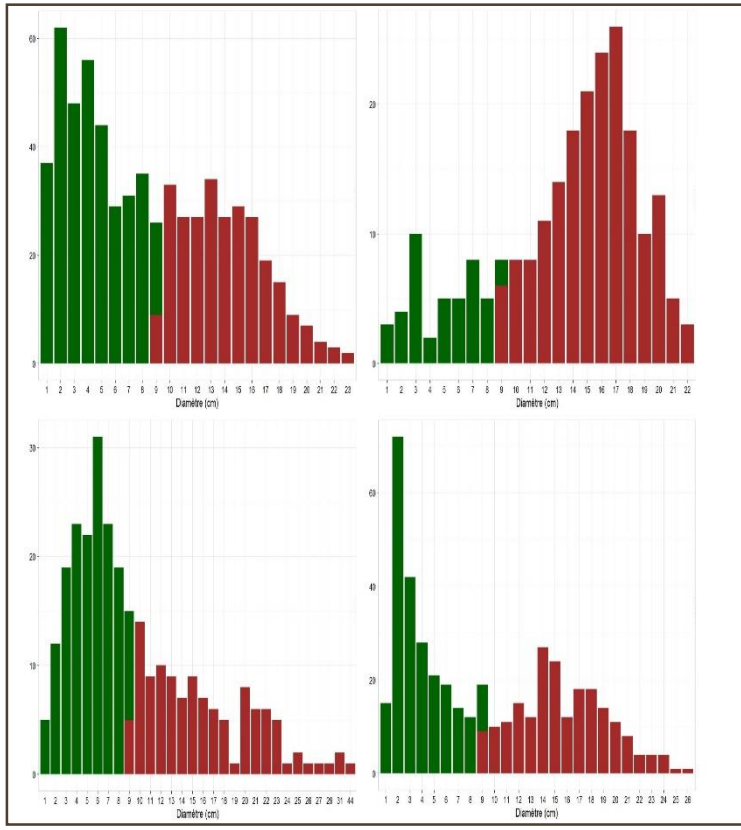
- Lien avec les données d'inventaire
  - Essence
  - Qualité (relevé des défauts visibles)
  - DHP

- Obtention d'une base de données de 10530 arbres positionnés

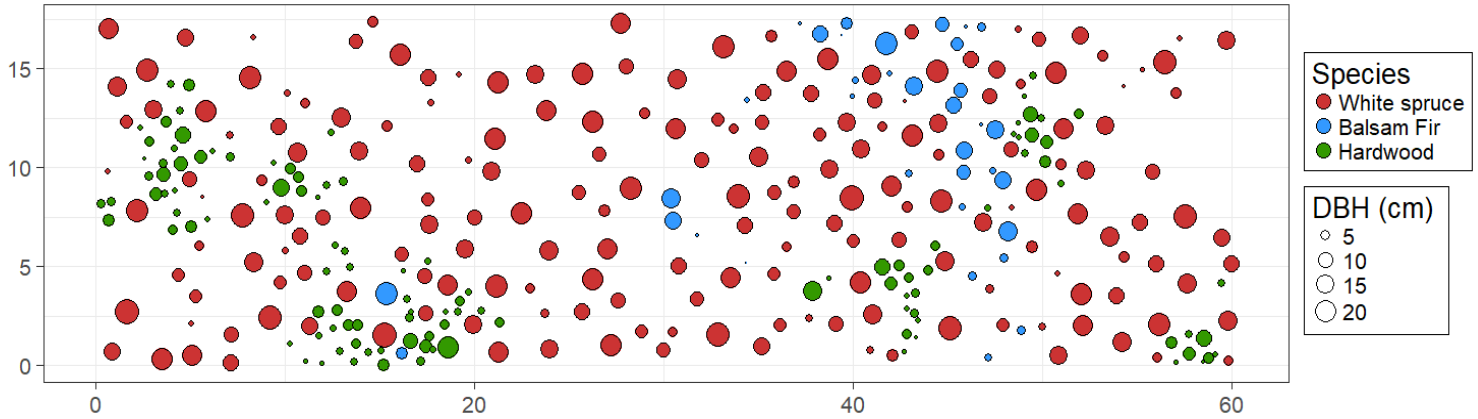




# Distribution diamétrale des arbres non marchands



- Nombre d'arbres non marchand par hectare

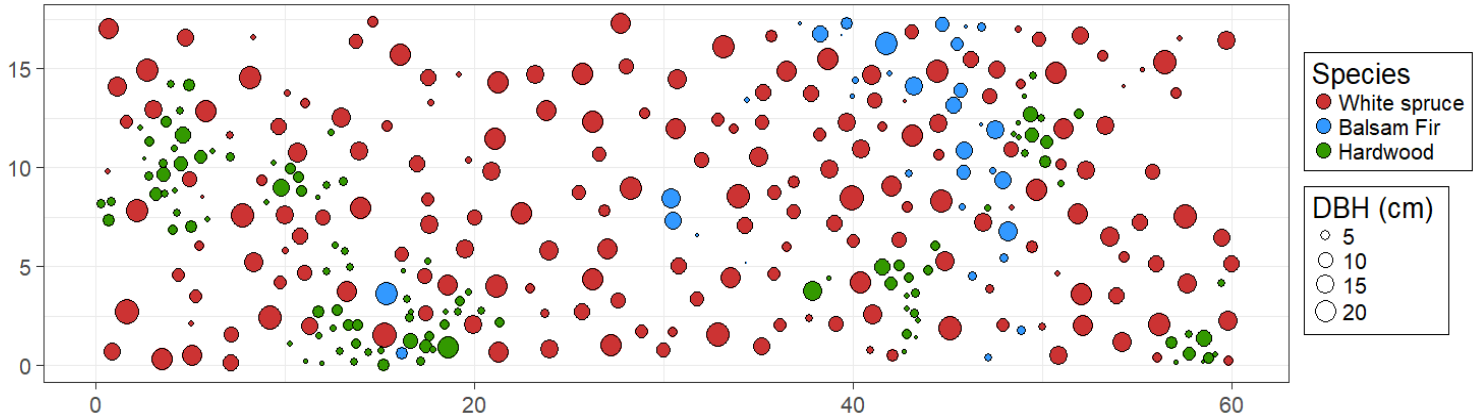



| Espèce | Nb Arbres marchands | Nb Arbres non marchands |
|---|---|---|
| Épinette blanche | 118 | 48 |
| Sapin Baumier | 20 | 6 |
| Feuillus | 5 | 33 |



Modèle: distribution des arbres non marchands

- Nombre d'arbres non marchand par hectare




| Espèce | Nb Arbres marchands | Nb Arbres non marchands |
|---|---|---|
| Épinette blanche | 118 | 48 |
| Sapin Baumier | 20 | 6 |
| Feuillus | 5 | 33 |

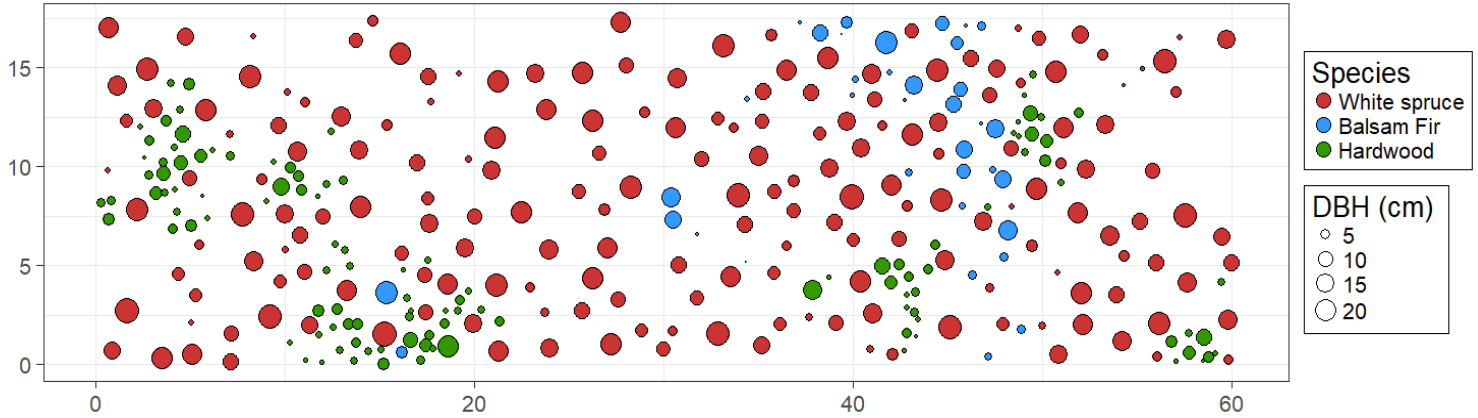
Le modèle suit une distribution de Poisson avec Excès de zéros

$$y_i \sim \begin{cases} 0 & \text{with probability p} \\ Poisson(\lambda) & \text{with probability } 1-\text{p} \end{cases}$$



## Modèle: distribution des arbres non marchands

- Nombre d'arbres non marchand par hectare




| Espèce | Nb Arbres marchands | Nb Arbres non marchands |
|---|---|---|
| Épinette blanche | 118 | 48 |
| Sapin Baumier | 20 | 6 |
| Feuillus | 5 | 33 |

Le modèle suit une distribution de Poisson avec Excès de zéros

$$y_i \sim \begin{cases} 0 & \text{with probability p} \\ Poisson(\lambda) & \text{with probability } 1-\text{p} \end{cases}$$

- La probabilité *p* de présence d'arbres non marchands pour une espèce donnée est décrite par une distribution binomiale

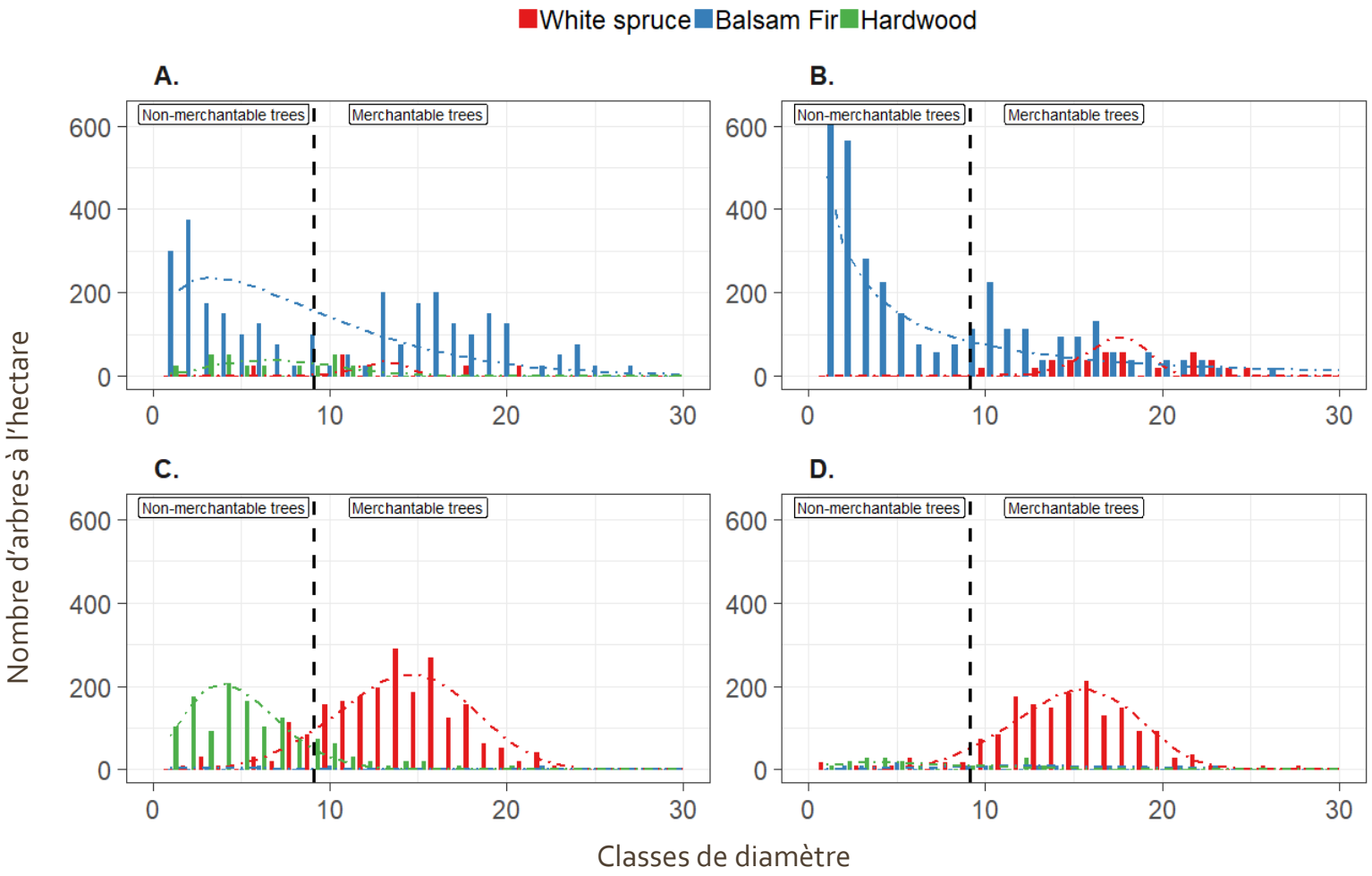
- Le nombre d'arbres non marchands pour une espèce donnée suit une distribution de Poisson

$$Y = f\begin{pmatrix} Caractéristique\ de\ la\ placette\ (Traitement\ sylvicole, densité\ d'arbres\ marchands \\ Caractéristiques\ des\ arbres\ marchands\ de\ l'espèce\ (Dhp\ moyen, écart-type) \end{pmatrix}$$



**Modèle: distribution des arbres non marchands**

- Distribution par classe de diamètre



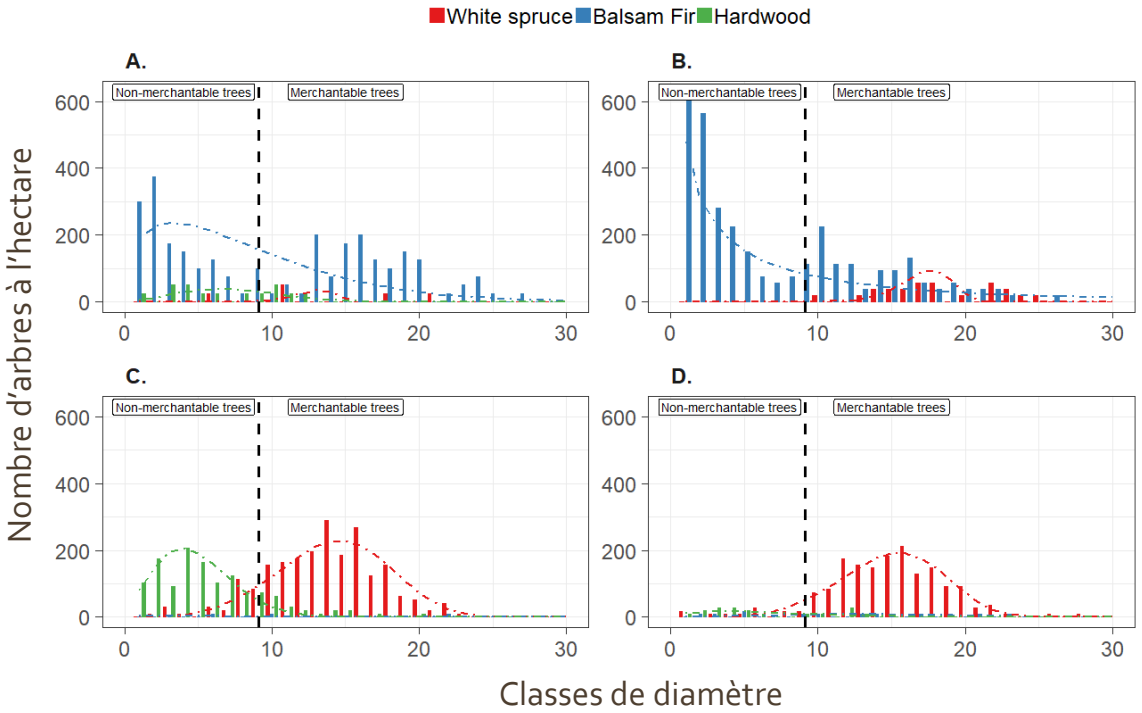



**Modèle: distribution des arbres non marchands**

- Distribution par classe de diamètre

Ajustement d'une fonction Weibull par placette et par espèce

$$f(x;\alpha,\beta) = \frac{\alpha}{\beta}.\left(\frac{x}{\beta}\right)^{(\alpha-1)} . \; exp\left(\frac{-x}{\beta}\right)^{(\alpha)}$$



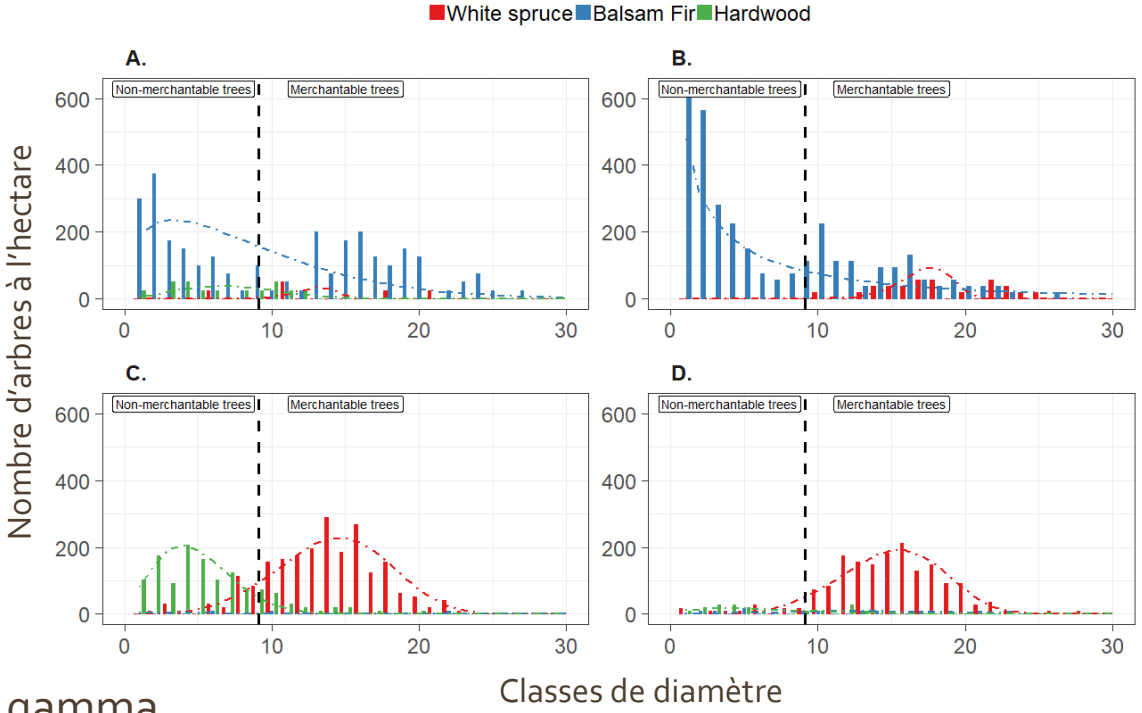



Modèle: distribution des arbres non marchands

- <u>Distribution par classe de diamètre</u>

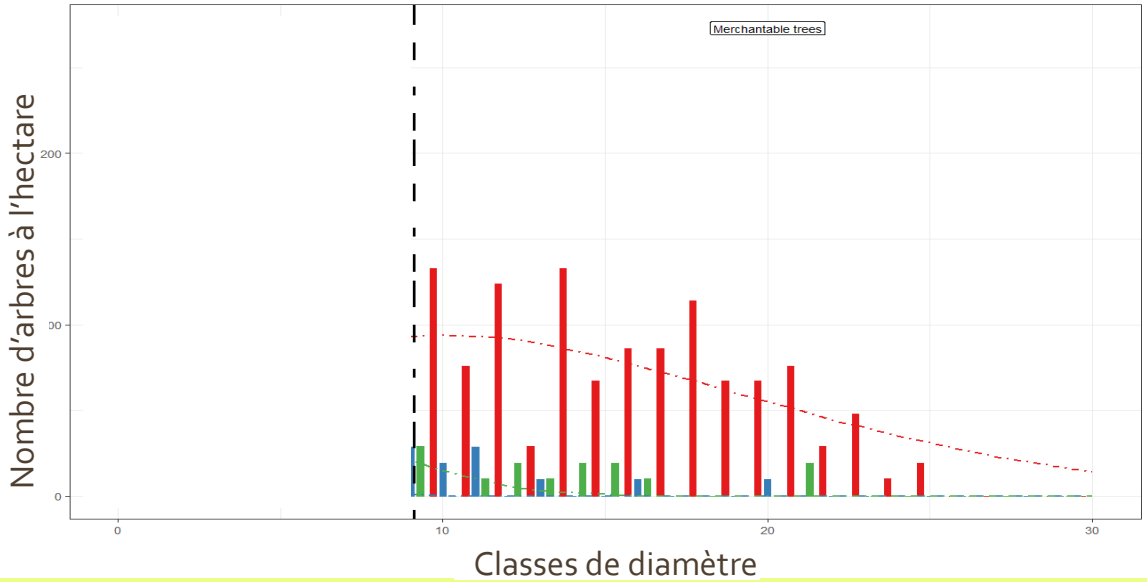
Ajustement d'une fonction Weibull par placette et par espèce

$$f(x;\alpha,\beta) = \frac{\alpha}{\beta}.\left(\frac{x}{\beta}\right)^{(\alpha-1)} . \; exp\left(\frac{-x}{\beta}\right)^{(\alpha)}$$




Ces paramètres α et β peuvent être modélisés par une régression gamma

$$Y = f\begin{pmatrix} Traitement\ sylvicole \\ Nombre\ d'arbres\ marchands\ de\ la\ même\ espèce \\ Nombre\ d'arbres\ marchands\ des\ autres\ groupes\ d'espèces \\ Caractéristiques\ des\ Dhp\ des\ arbres\ marchands\ de\ l'espèce \end{pmatrix}$$



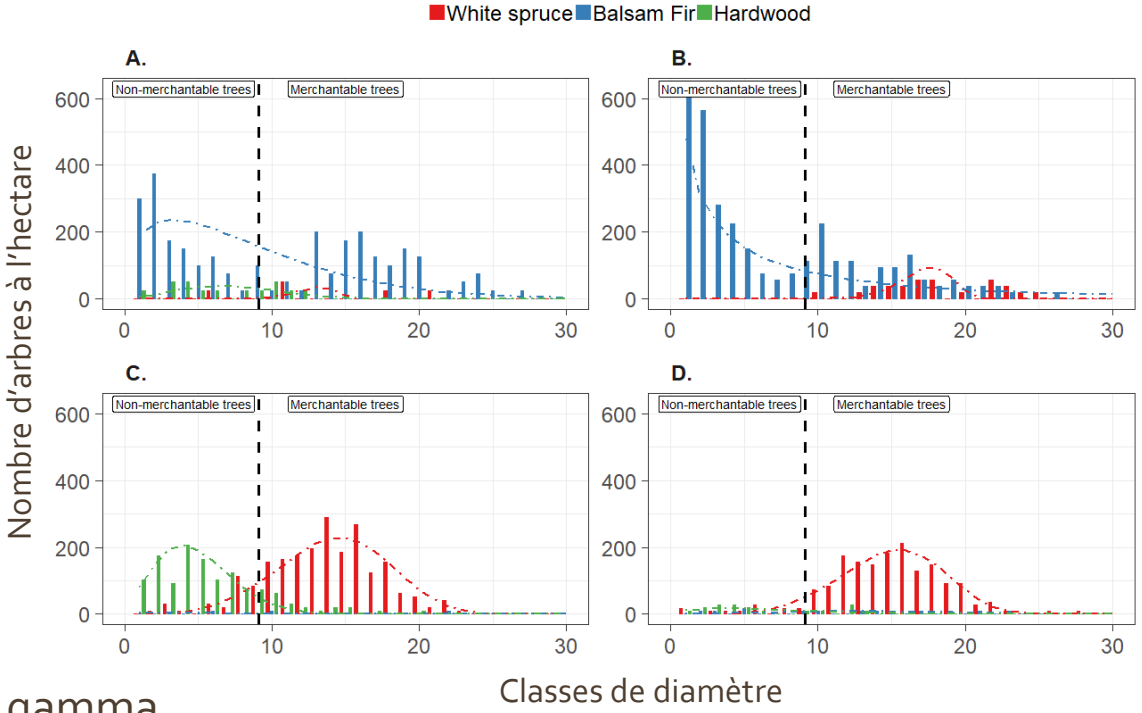



**<u>Modèle: distribution des arbres non marchands</u>**

- <u>Distribution par classe de diamètre</u>

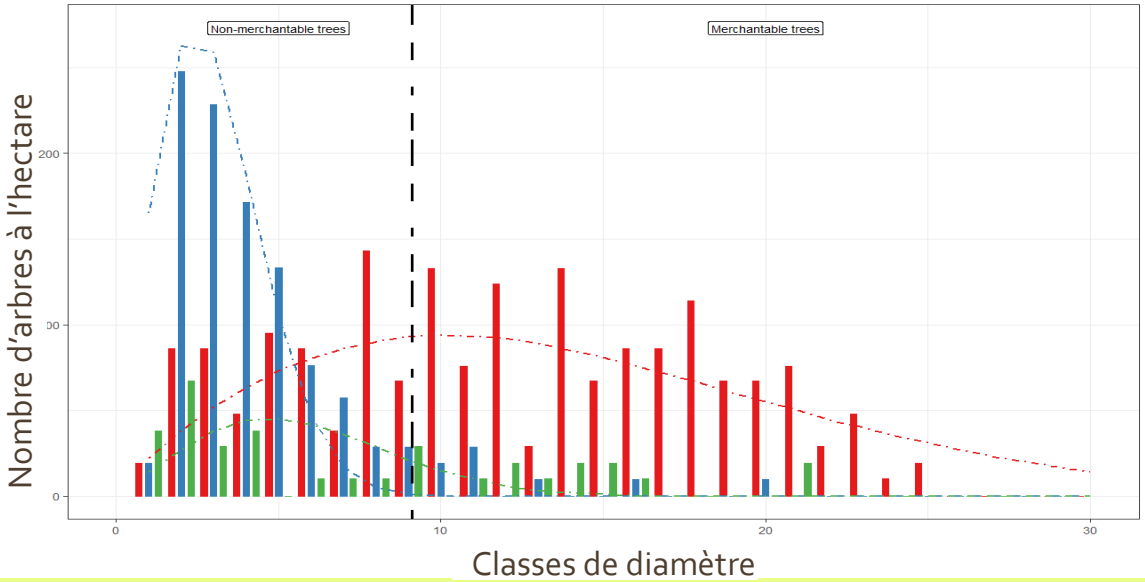
Ajustement d'une fonction Weibull par placette et par espèce

$$f(x;\alpha,\beta) = \frac{\alpha}{\beta}.\left(\frac{x}{\beta}\right)^{(\alpha-1)} . \; exp\left(\frac{-x}{\beta}\right)^{(\alpha)}$$



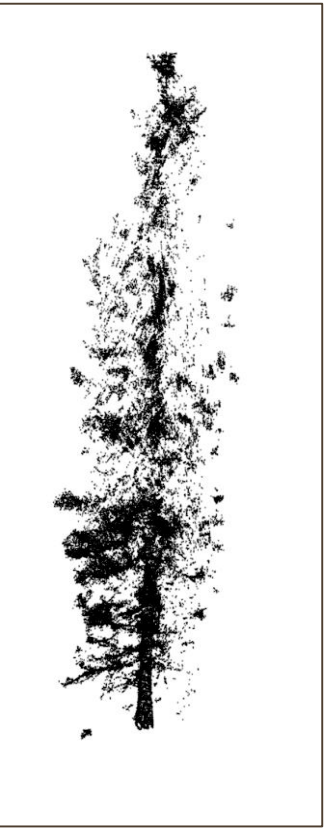

Ces paramètres α et β peuvent être modélisés par une régression gamma

$$Y = f\begin{pmatrix} Traitement\ sylvicole \\ Nombre\ d'arbres\ marchands\ de\ la\ même\ espèce \\ Nombre\ d'arbres\ marchands\ des\ autres\ groupes\ d'espèces \\ Caractéristiques\ des\ Dhp\ des\ arbres\ marchands\ de\ l'espèce \end{pmatrix}$$

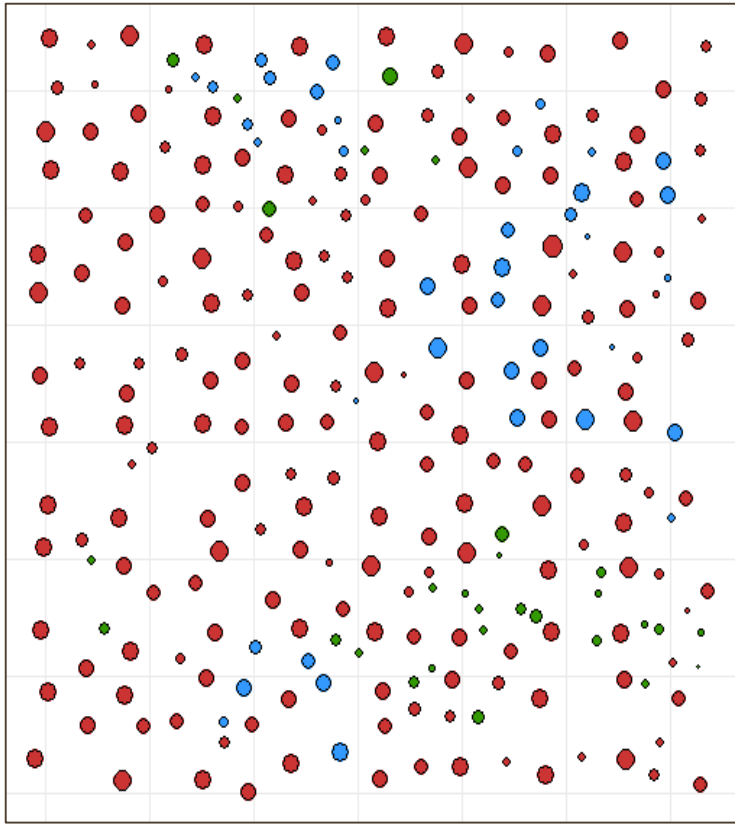





**<u>Modèle: distribution des arbres non marchands</u>**

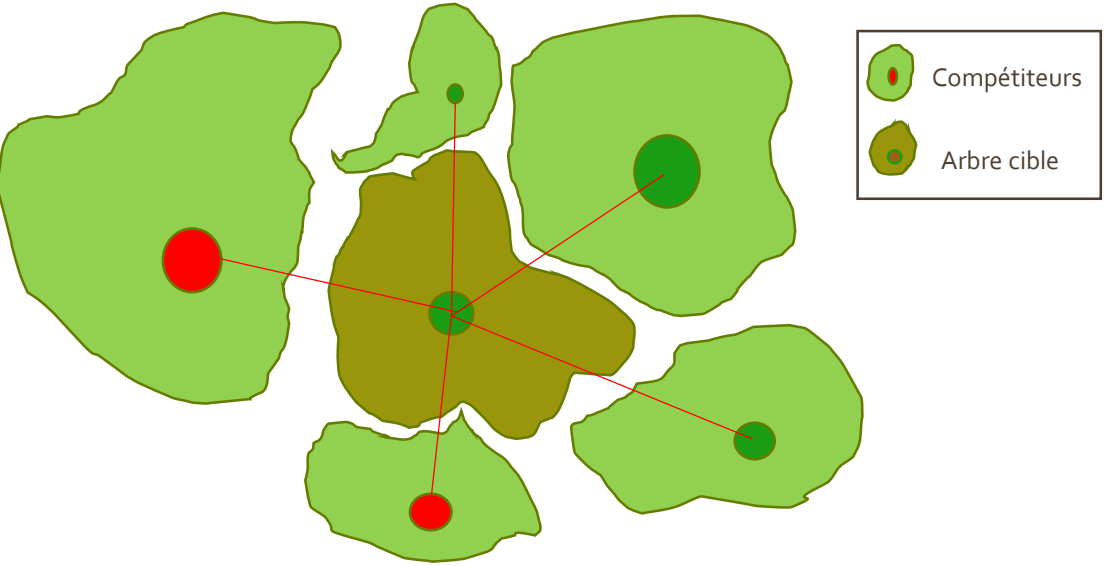


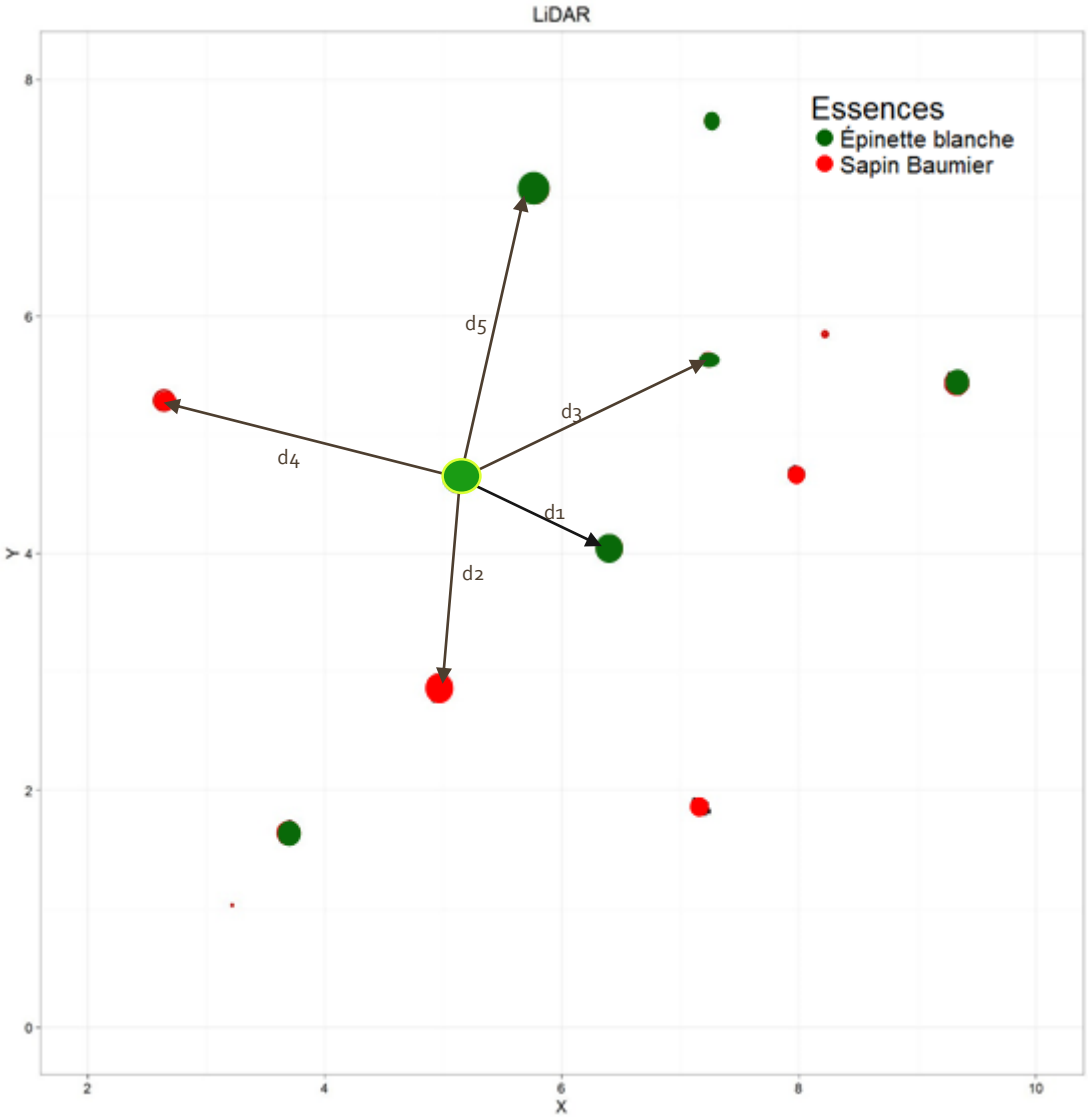
# Spatialisation de données d'inventaire sans coordonnées spatiales



# Modélisation de la distribution spatiale

- Distances entre arbres voisins






## Modèle de spatialisation

# Analyse de la distribution spatiale des arbres à l'échelle de la placette

- Indice d'agrégation de Clark-Evans

$$R_{Gsp} = \frac{R_{obs}}{R_{theo}}$$

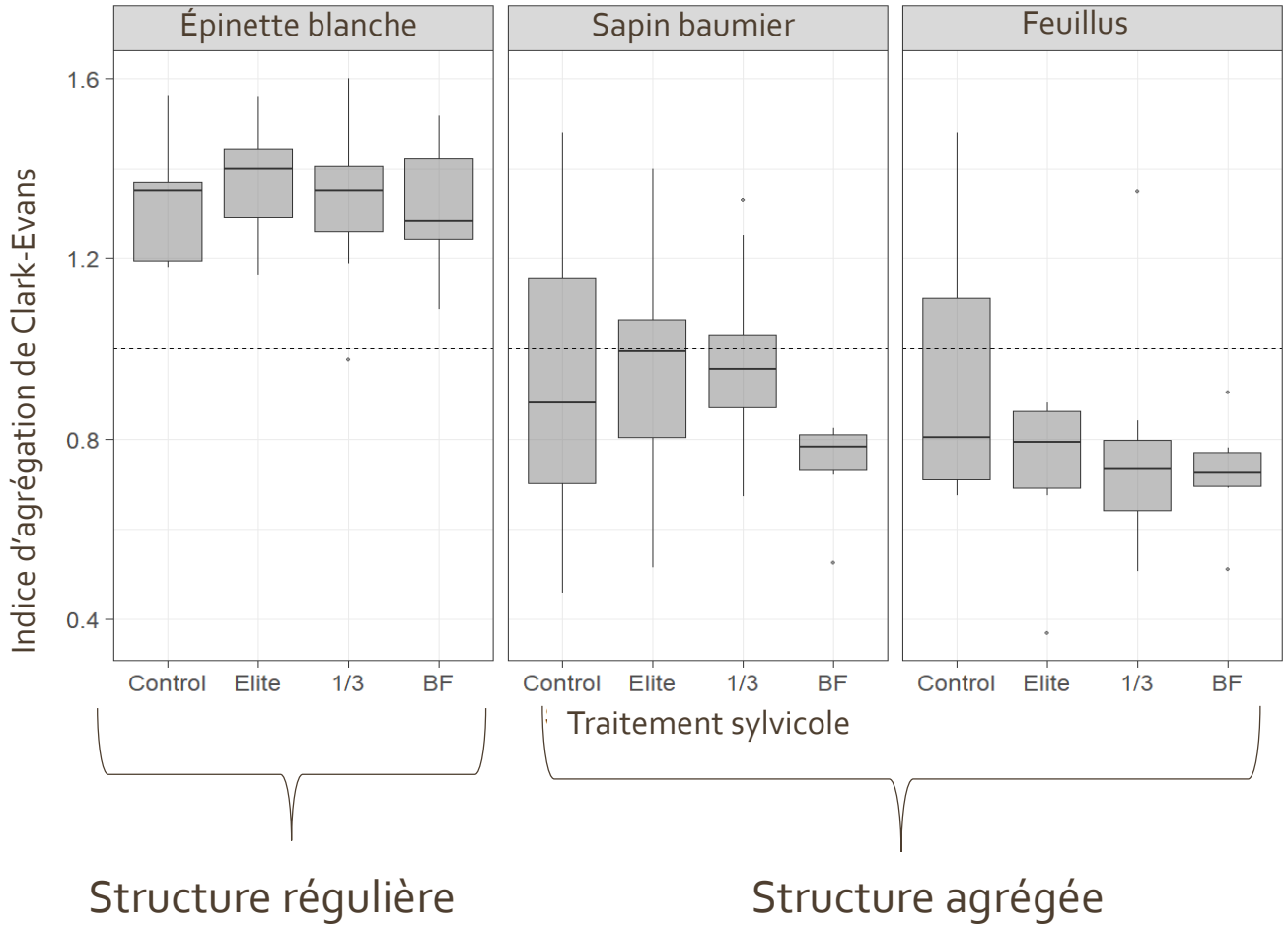
$$with \sim \begin{cases} R_{obs} = \frac{\sum_{i=1}^{N} r_i}{N} \\ R_{theo} = \frac{1}{\sqrt{\frac{N}{Area}}} \end{cases}$$

# Analyse de la distribution spatiale des arbres à l'échelle de la placette

- Indice d'agrégation de Clark-Evans

$$R_{Gsp} = \frac{R_{obs}}{R_{theo}}$$

$$with \sim \begin{cases} R_{obs} = \frac{\sum_{i=1}^{N} r_i}{N} \\ R_{theo} = \frac{1}{\sqrt{\frac{N}{Area}}} \end{cases}$$



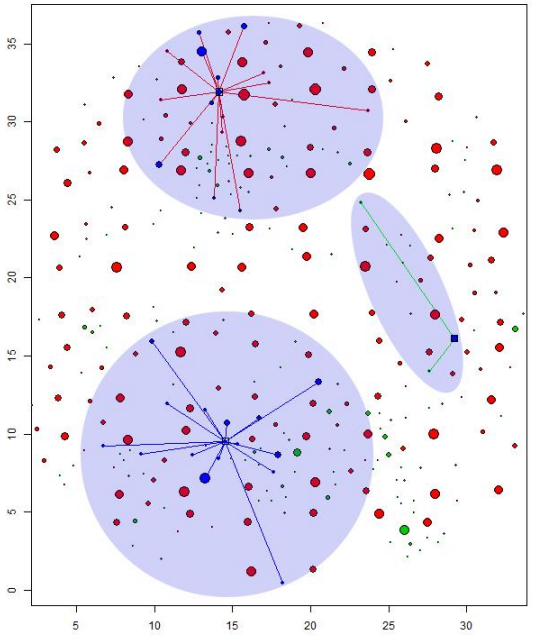
# Regroupement intra-espèce (Attraction)

- Nombre de regroupement par hectare

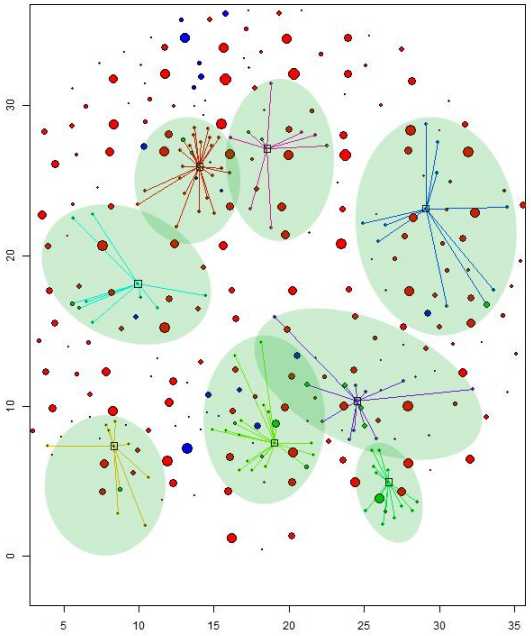
Le modèle suit une distribution de Poisson:

$$Y = f\begin{pmatrix} \text{Indice d'agrégation} \\ \text{traitement sylvicole)} \\ Espèce \end{pmatrix}$$

Sapin baumier




Feuillus



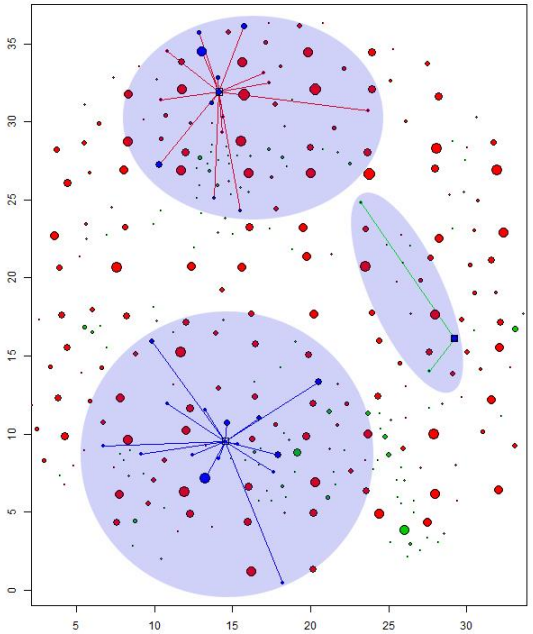
# Regroupement intra-espèce (Attraction)

- Nombre de regroupement par hectare

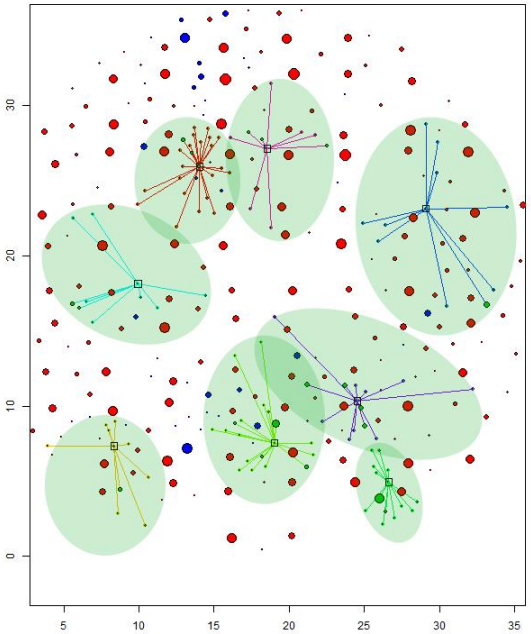
Le modèle suit une distribution de Poisson:

$$Y = f\begin{pmatrix} \text{Indice d'agrégation} \\ \text{traitement sylvicole)} \\ Espèce \end{pmatrix}$$

Sapin baumier



Feuillus



- Distance entre arbres au sein d'un groupe

Le modèle de distance intra-groupe suit une distribution gamma:

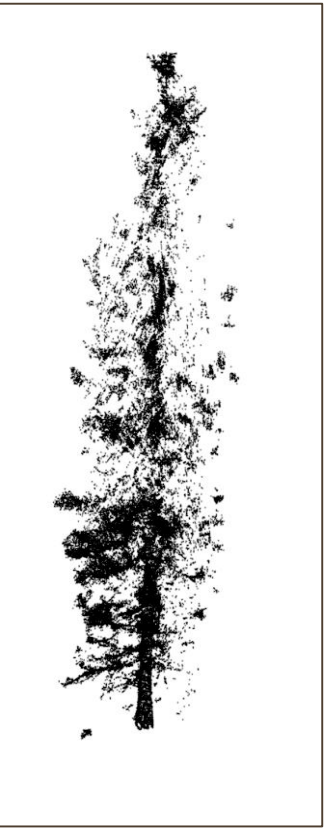
$$Y = f\begin{pmatrix} \text{Caractéristiques de la placette (Indice d'agrégation, traitement sylvicole)} \\ \text{Caractéristiques de l'arbre à placer (Espèce, Dhp)} \\ \text{Caractéristiques du plus proche compétiteur de même espèce (Espèce, Dhp)} \end{pmatrix}$$

# Distance entre arbres voisins (répulsion)

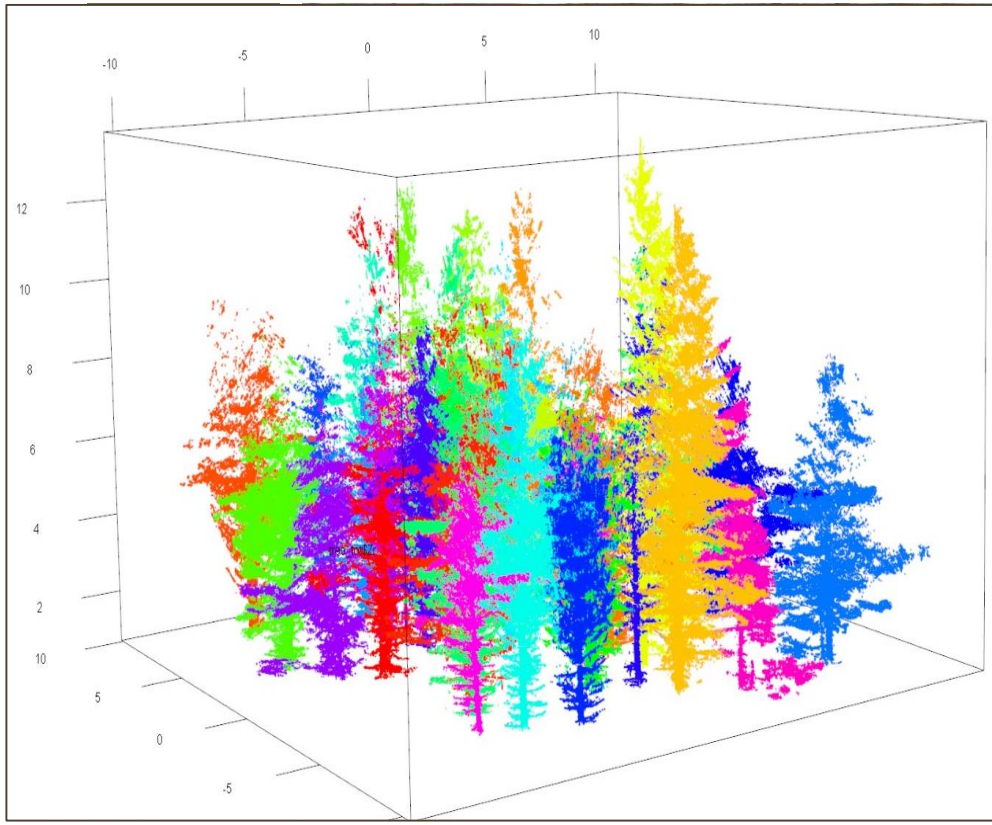
- Distance minimale entre l'arbre cible et son plus proche voisin (**MinDist1**)
- Distance minimale entre l'arbre cible et son 2ème plus proche voisin (**MinDist2**)

Le modèle des distances entre voisins suit une distribution gamma

$$Y = f\begin{pmatrix} \text{Caractéristiques de la placette (Indice d'agrégation, traitement sylvicole)} \\ \text{Caractéristiques de l'arbre à placer (Espèce, Dhp)} \\ \text{Caractéristiques du plus proche compétiteur (Espèce, Dhp)} \\ \text{Caractéristiques du 2}^{\text{nd}}\text{ plus proche compétiteur (Espèce, Dhp)} \end{pmatrix}$$

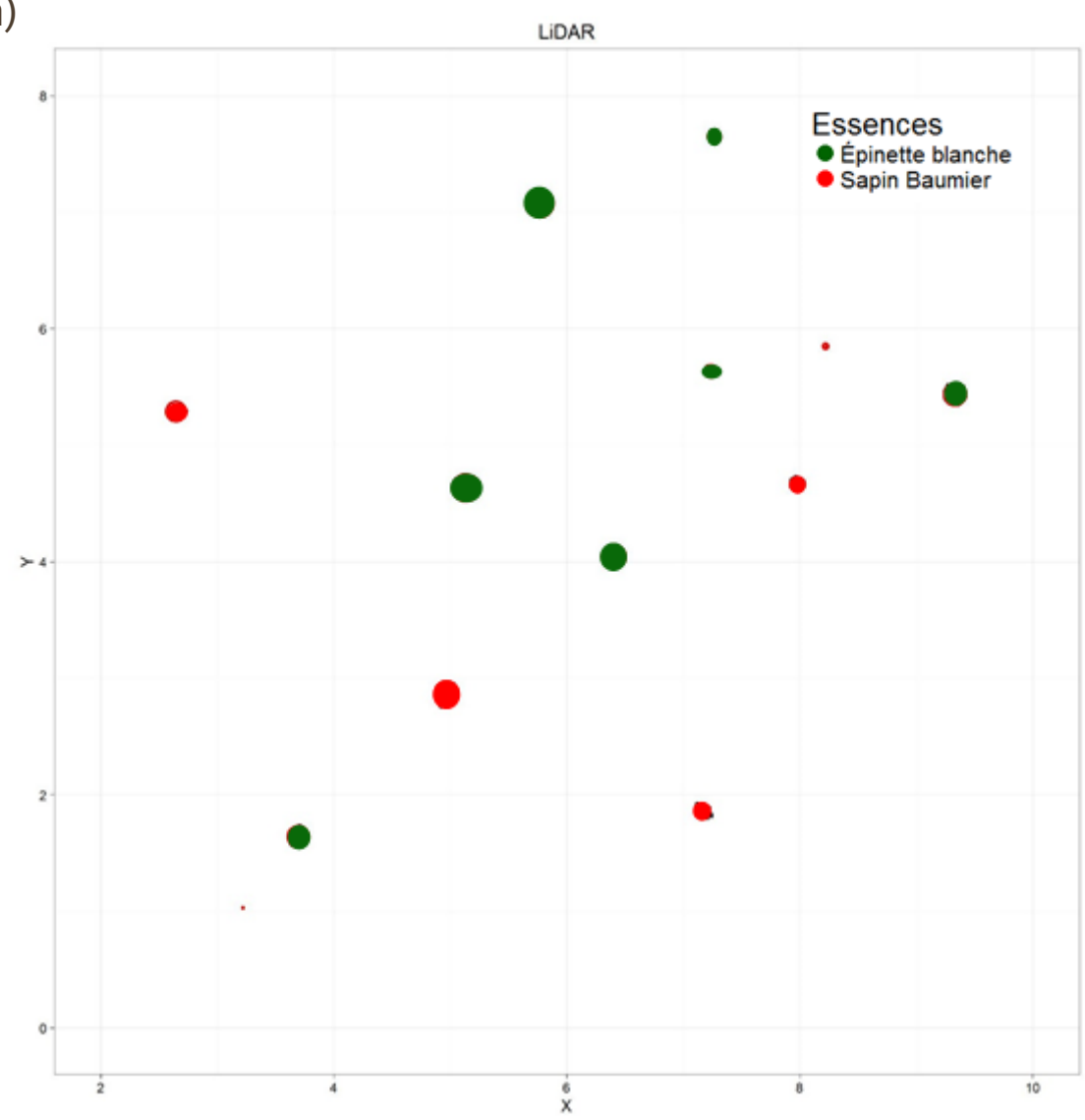


# Simulation



# Positionnement: Attraction/répulsion

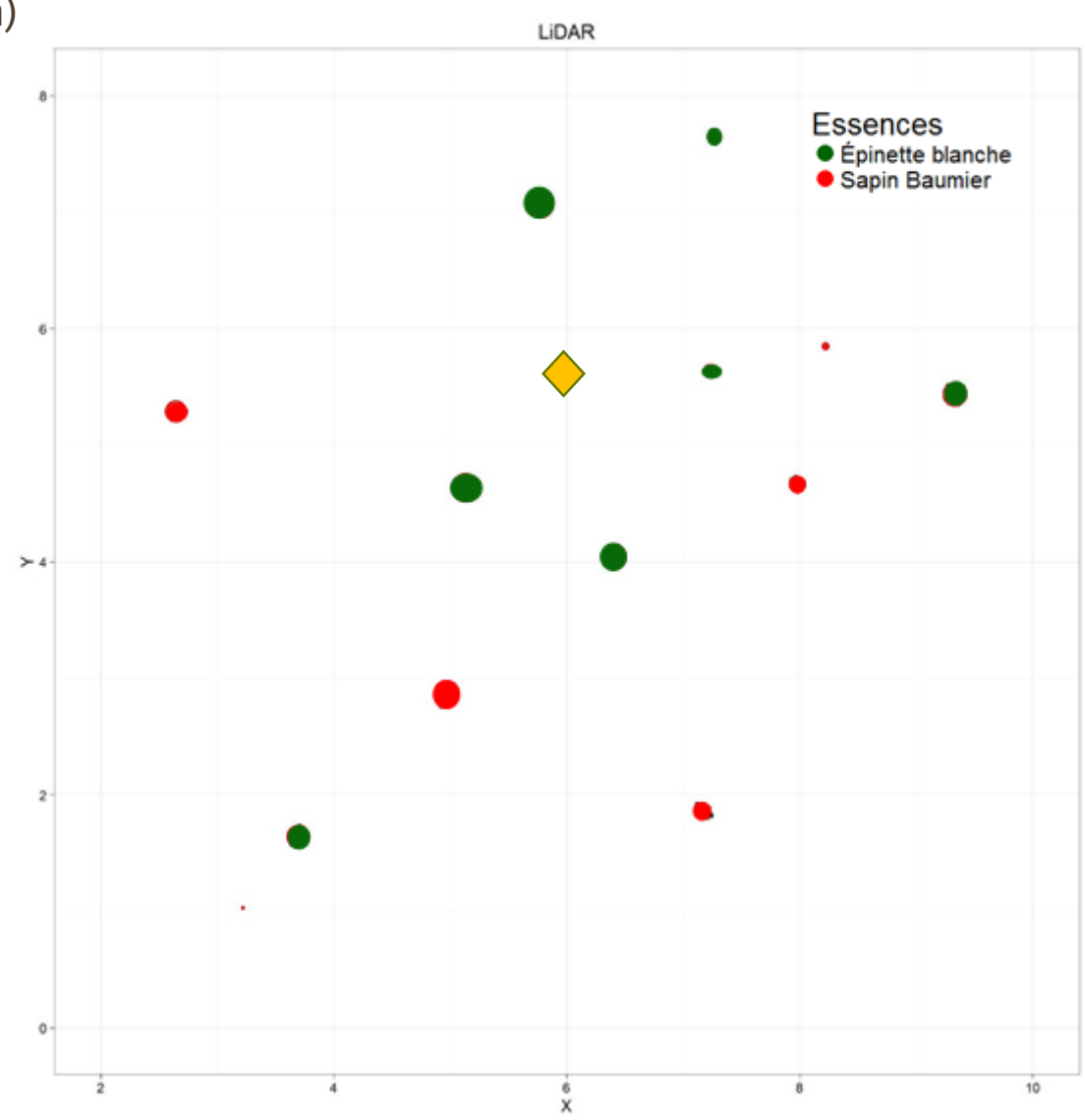
Exemple: Positionnement d'une épinette blanche (Dbh = 25 cm)



# Positionnement: Attraction/répulsion

Exemple: Positionnement d'une épinette blanche (Dbh = 25 cm)

- Tirage d'une position aléatoire sur la placette



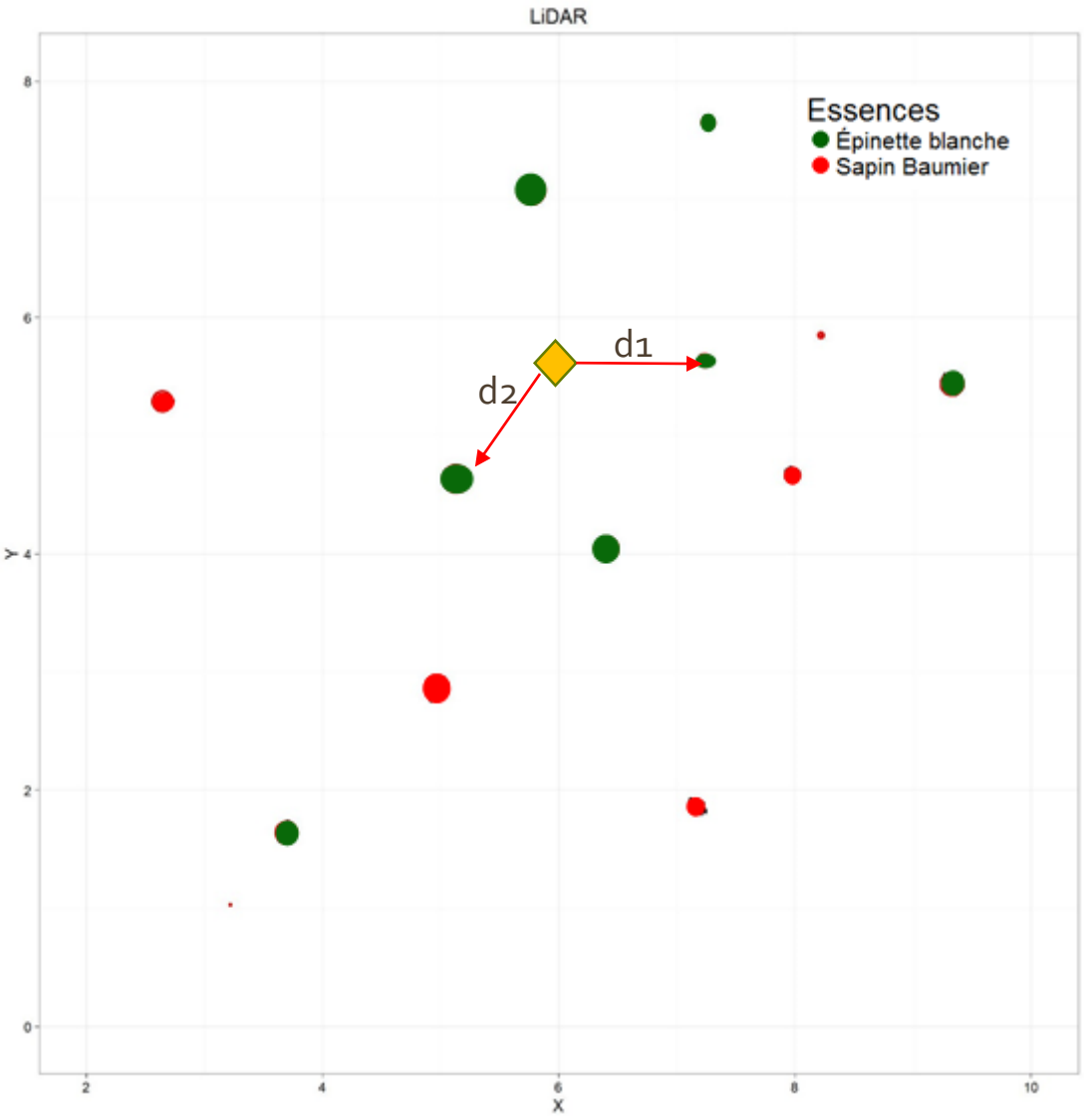
# Positionnement: Attraction/répulsion

Exemple: Positionnement d'une épinette blanche (Dbh = 25 cm)

- Tirage d'une position aléatoire sur la placette ◆

- Détection des 2 plus proches voisins
  - Calcul de leur distance (d1, d2)
  - Comparaison avec les distances minimales possibles (MinDist1, minDist2)

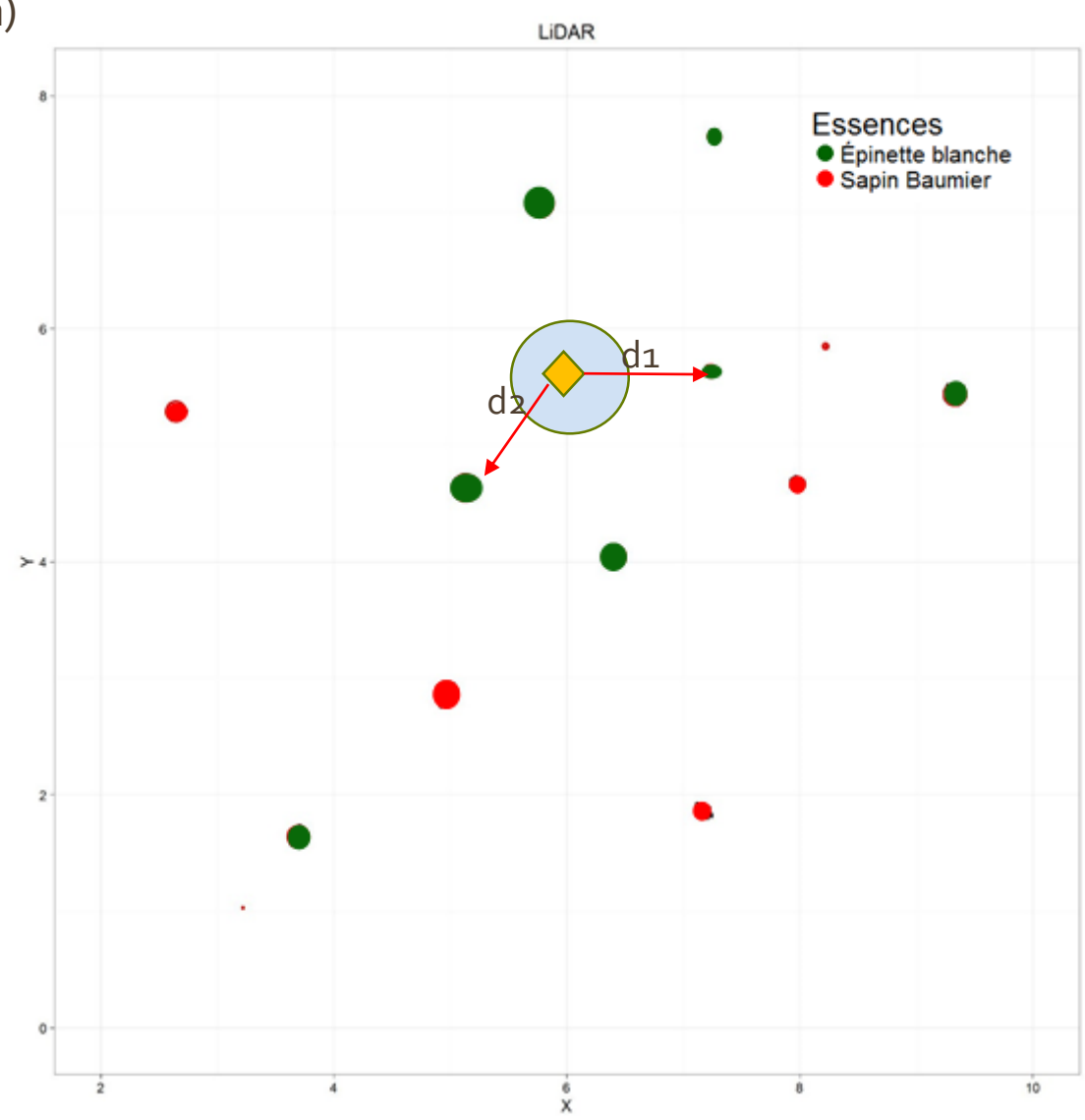
  Si d1 > MinDist1 et d2 > MinDist2, la position est validée



# Positionnement: Attraction/répulsion

Exemple: Positionnement d'une épinette blanche (Dbh = 25 cm)

- Tirage d'une position aléatoire sur la placette ◆
- Détection des 2 plus proches voisins
  - Calcul de leur distance (d1, d2)
  - Comparaison avec les distances minimales possibles (MinDist1, minDist2)
- Si d1 > MinDist1 et d2 > MinDist2, la position est validée
- Si d1 < MinDist1 ou d2 < MinDist2
  - Tirage au voisinage de la position aléatoire



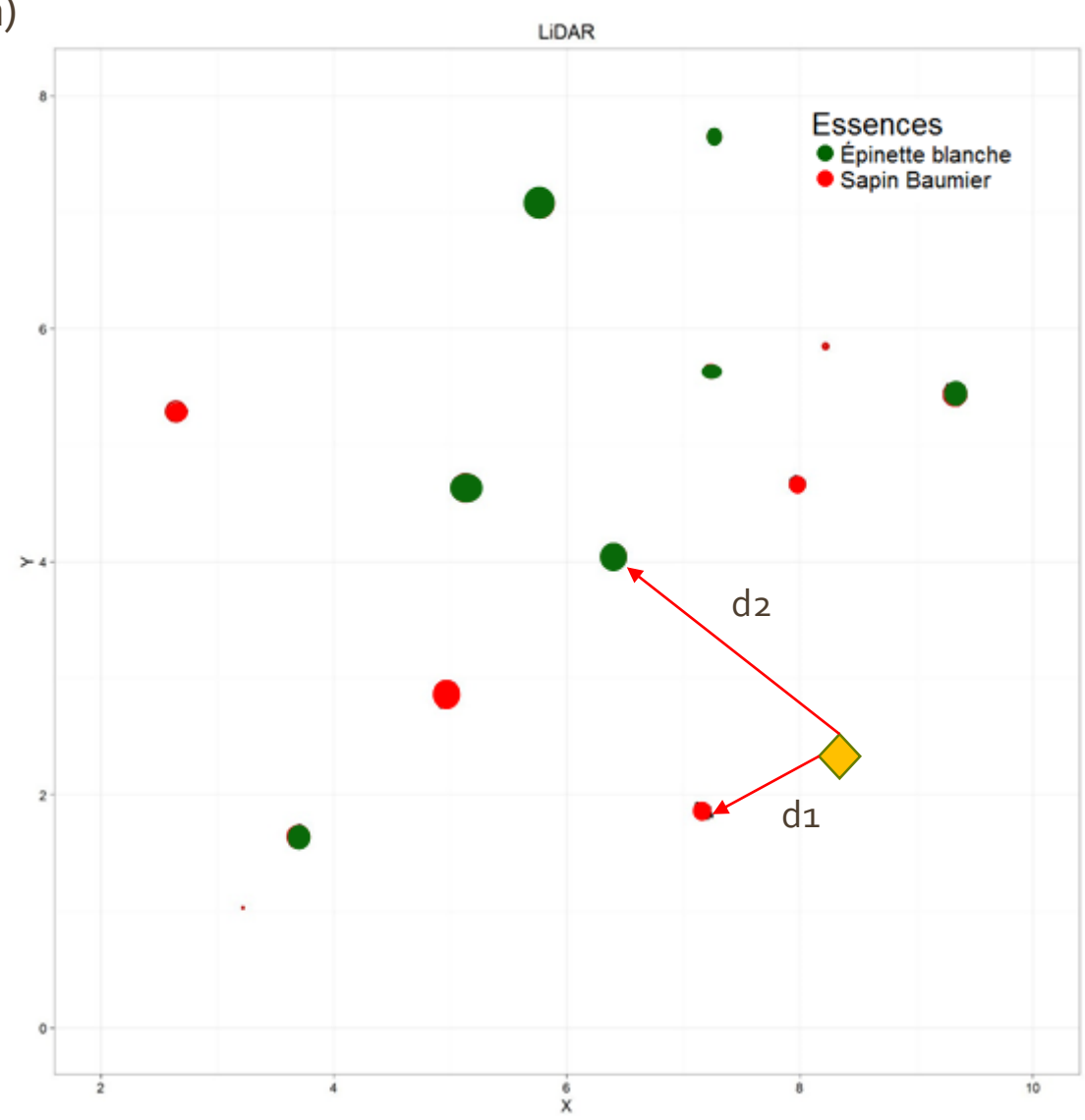



Spatialisation - Exemple

# Positionnement: Attraction/répulsion

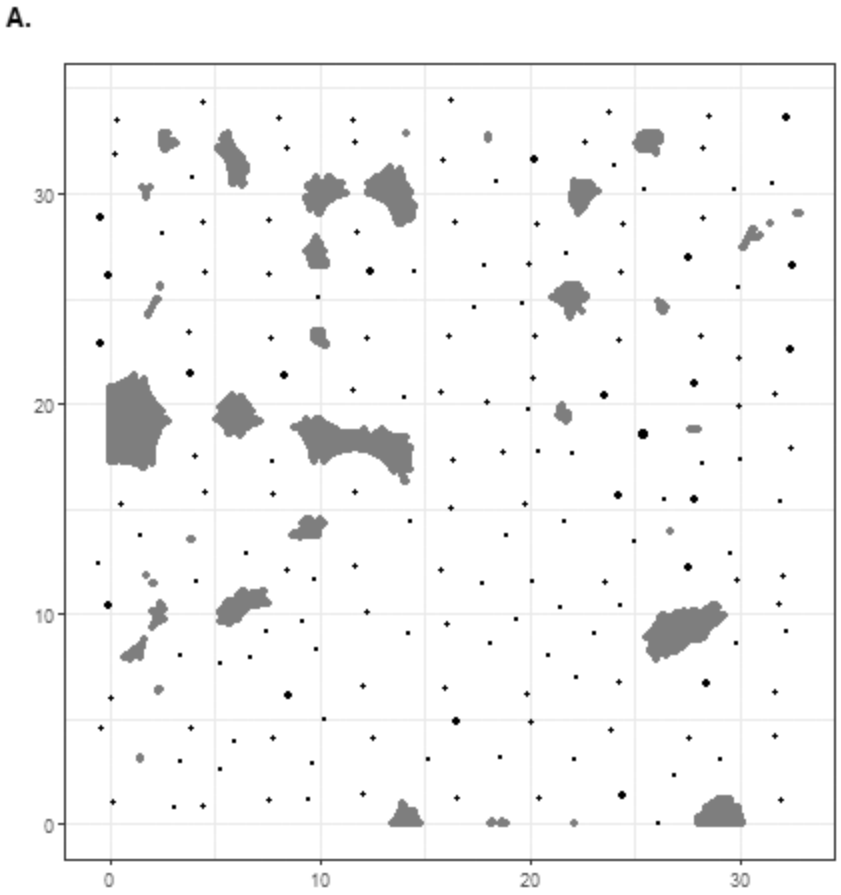
Exemple: Positionnement d'une épinette blanche (Dbh = 25 cm)

- Tirage d'une position aléatoire sur la placette ◆
- Détection des 2 plus proches voisins
  - Calcul de leur distance (d1, d2)
  - Comparaison avec les distances minimales possibles (MinDist1, minDist2)
- Si d1 > MinDist1 et d2 > MinDist2, la position est validée
- Si d1 < MinDist1 ou d2 < MinDist2
  - Tirage au voisinage de la position aléatoire
  - Tirage d'une nouvelle position aléatoire



# Positionnement: Attraction/répulsion

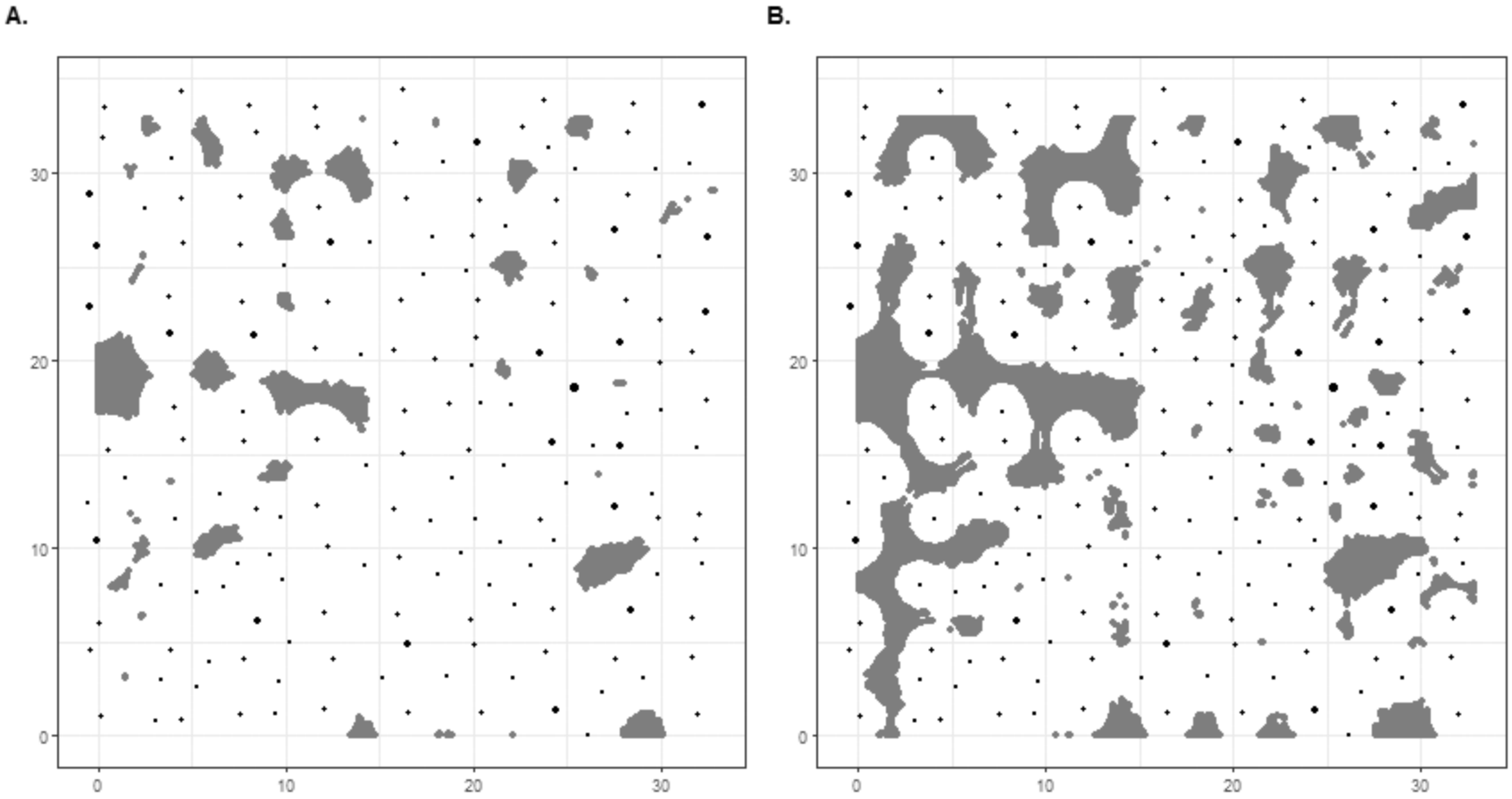
Exemples: Positions potentielles




Épinette blanche de 25cm

# Positionnement: Attraction/répulsion

Exemples: Positions potentielles

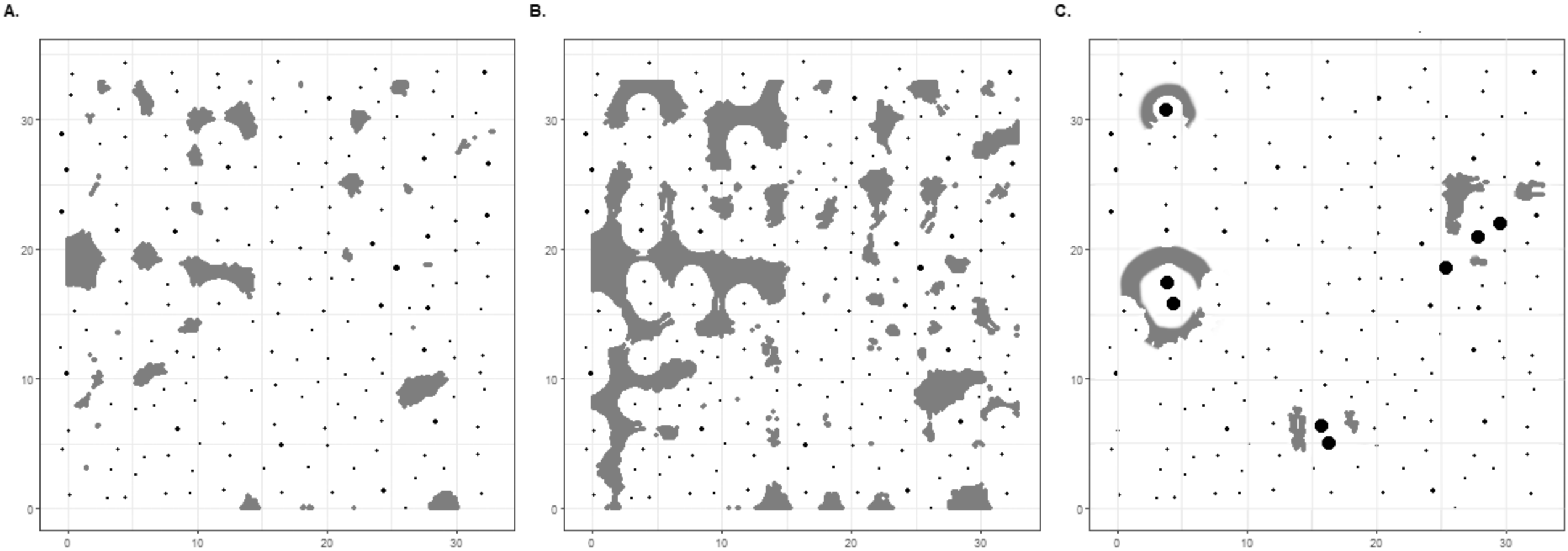



Épinette blanche de 25cm

Épinette blanche de 9cm

# Positionnement: Attraction/répulsion

Exemples: Positions potentielles

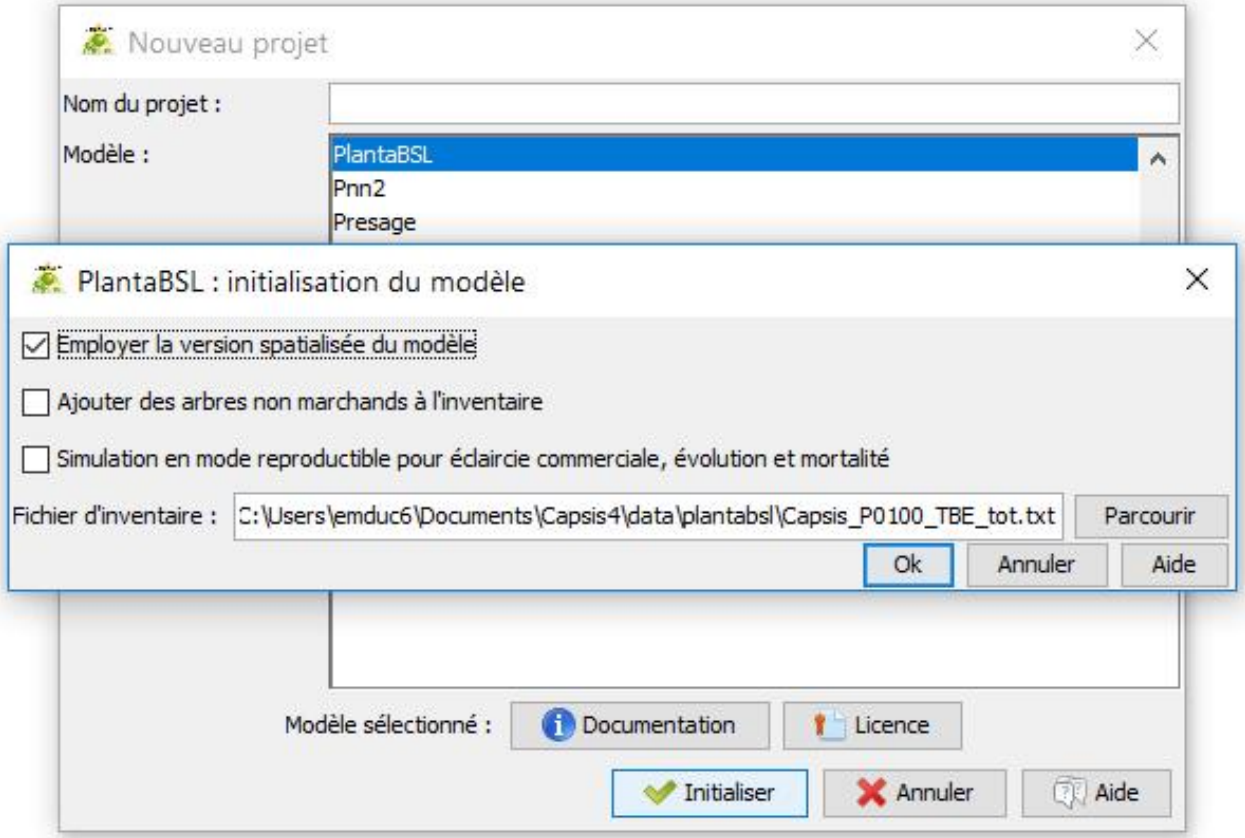



Épinette blanche de 25cm

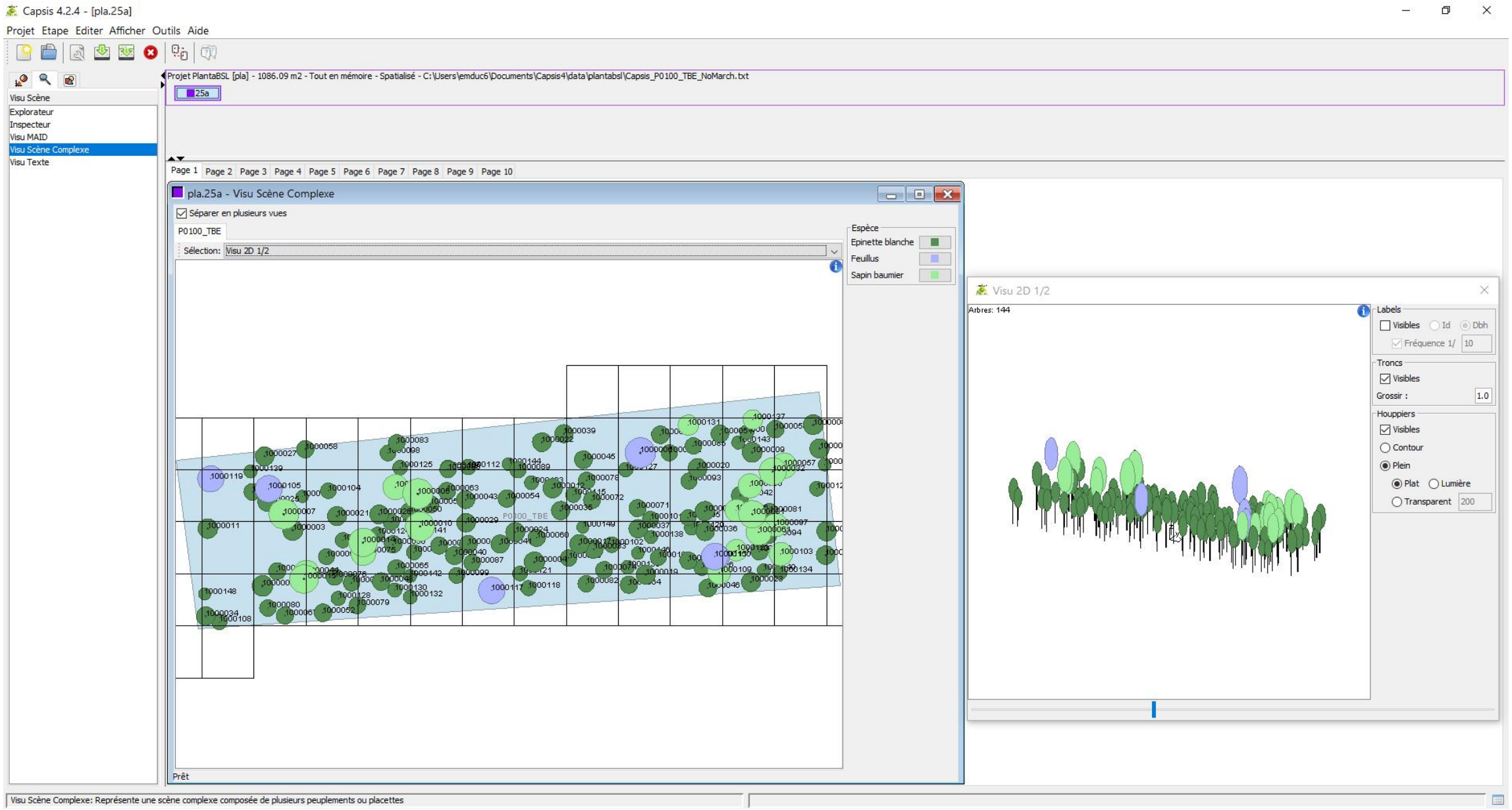
Épinette blanche de 9cm

Sapin baumier de 9cm

# Capsis: Mise à jour du simulateur PlantaBSL

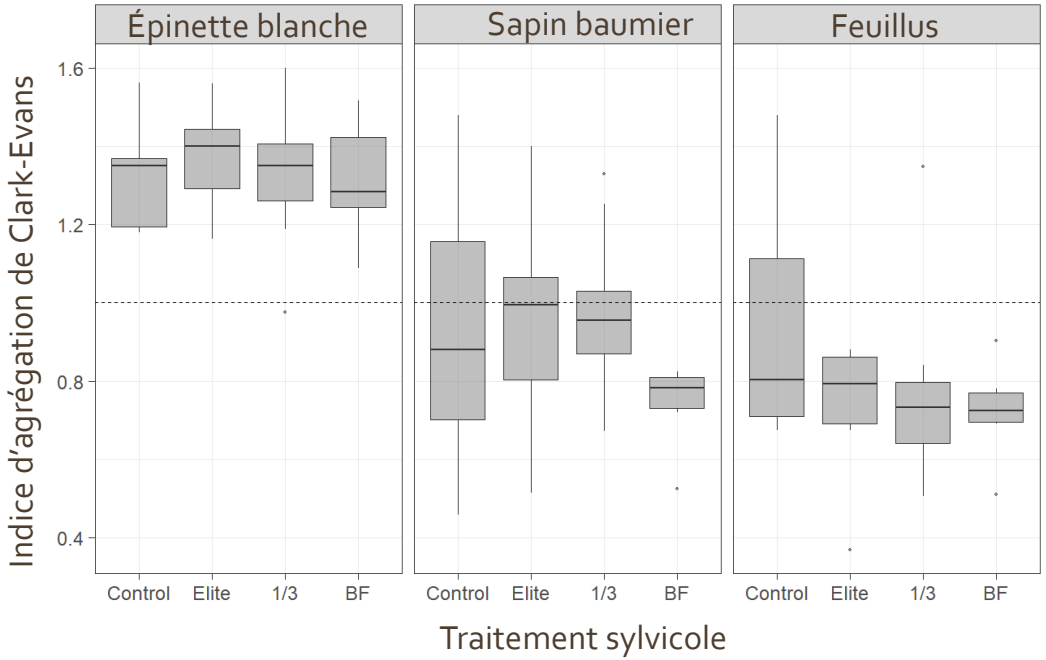


# Capsis: Mise à jour du simulateur PlantaBSL

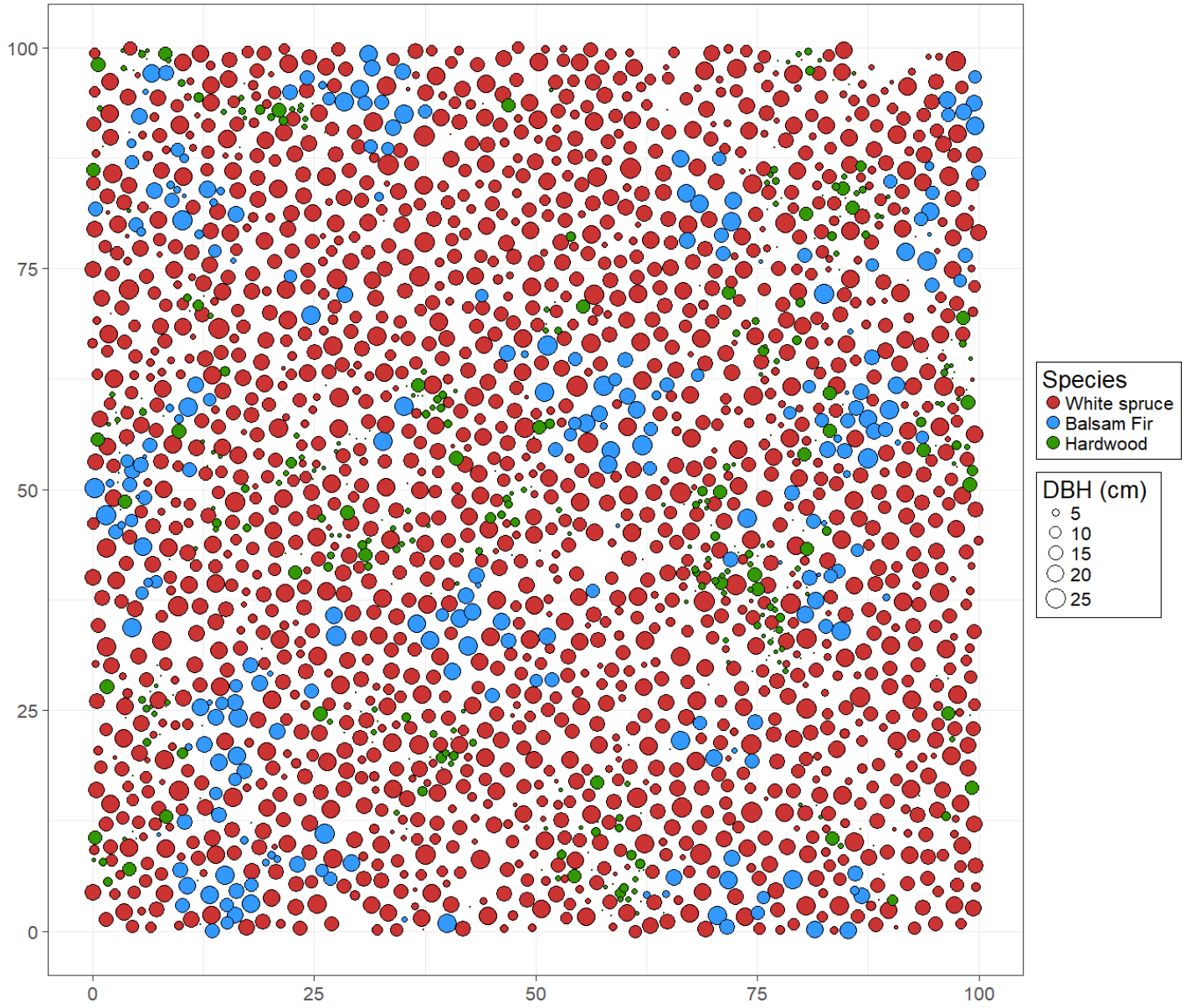


# PlantaBSL : Évaluation de l'impact de traitement sylvicole - En cours de développement

- Indice d'agrégation




- Diversité d'espèces (espèces rares)

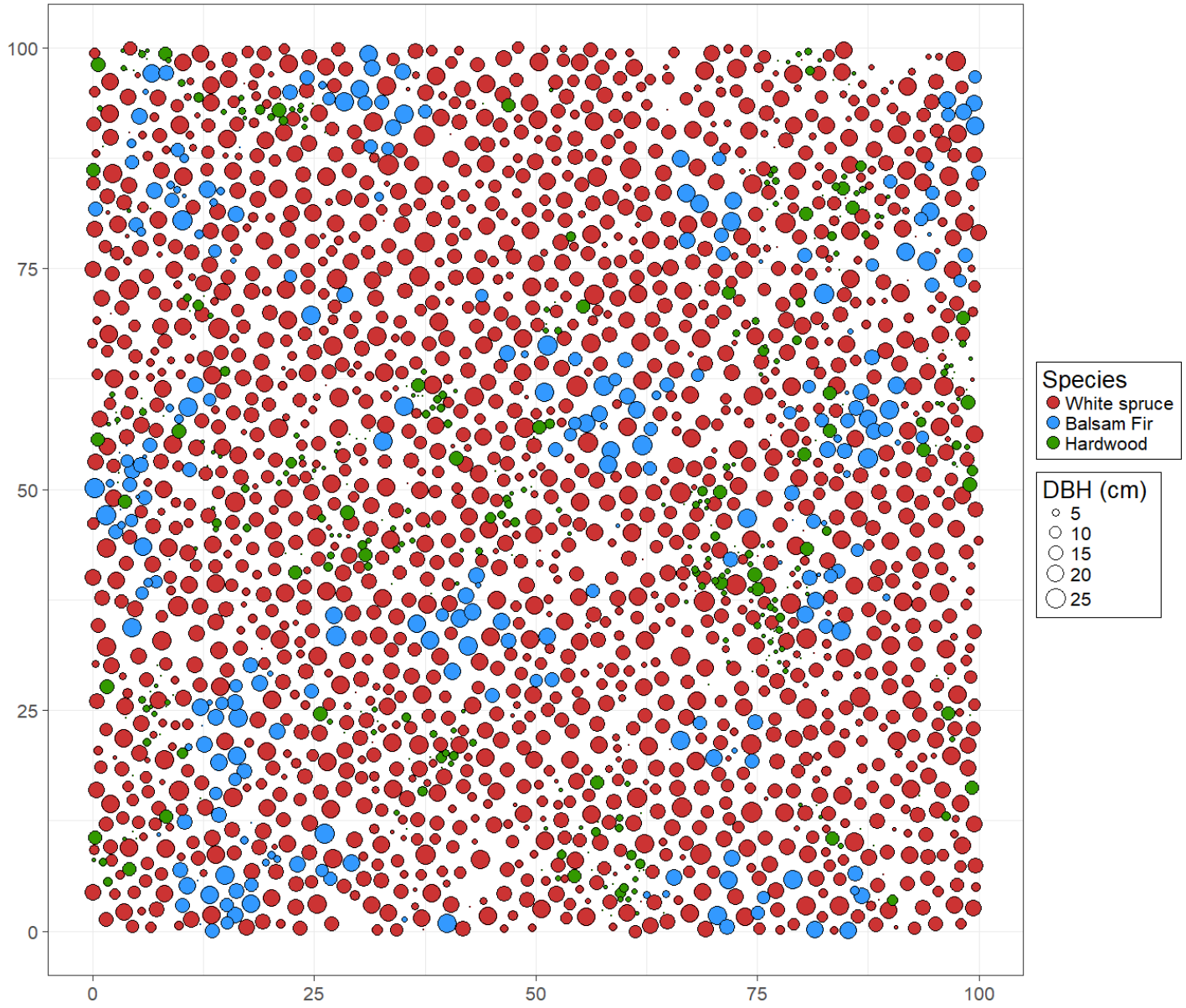





Simulation : Traitements sylvicoles

# PlantaBSL : Évaluation de l'impact de traitement sylvicole - En cours de développement

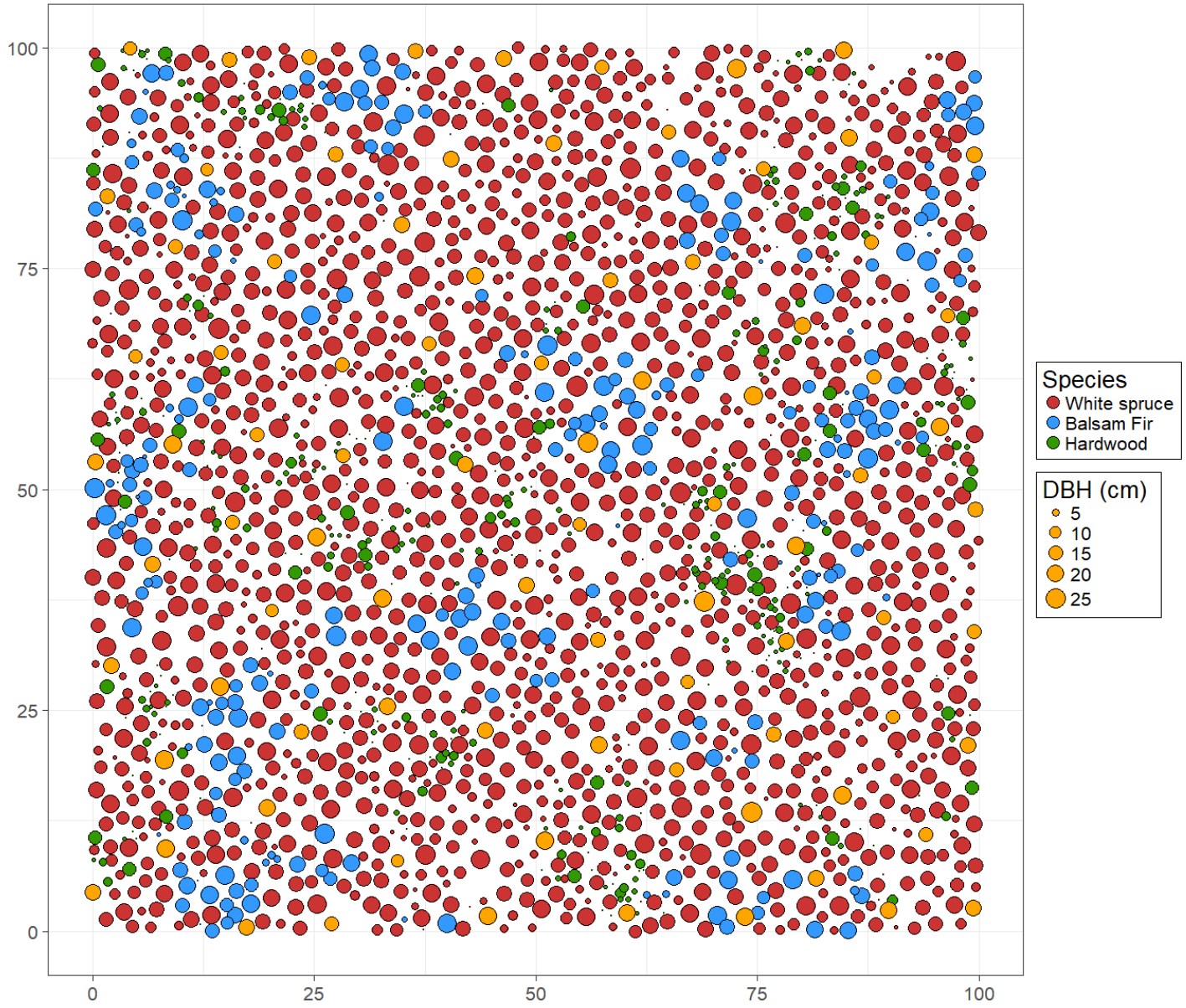
## Exemple 1: Traitement par arbres élites



# PlantaBSL : Évaluation de l'impact de traitement sylvicole - En cours de développement

## Exemple 1: Traitement par arbres élites

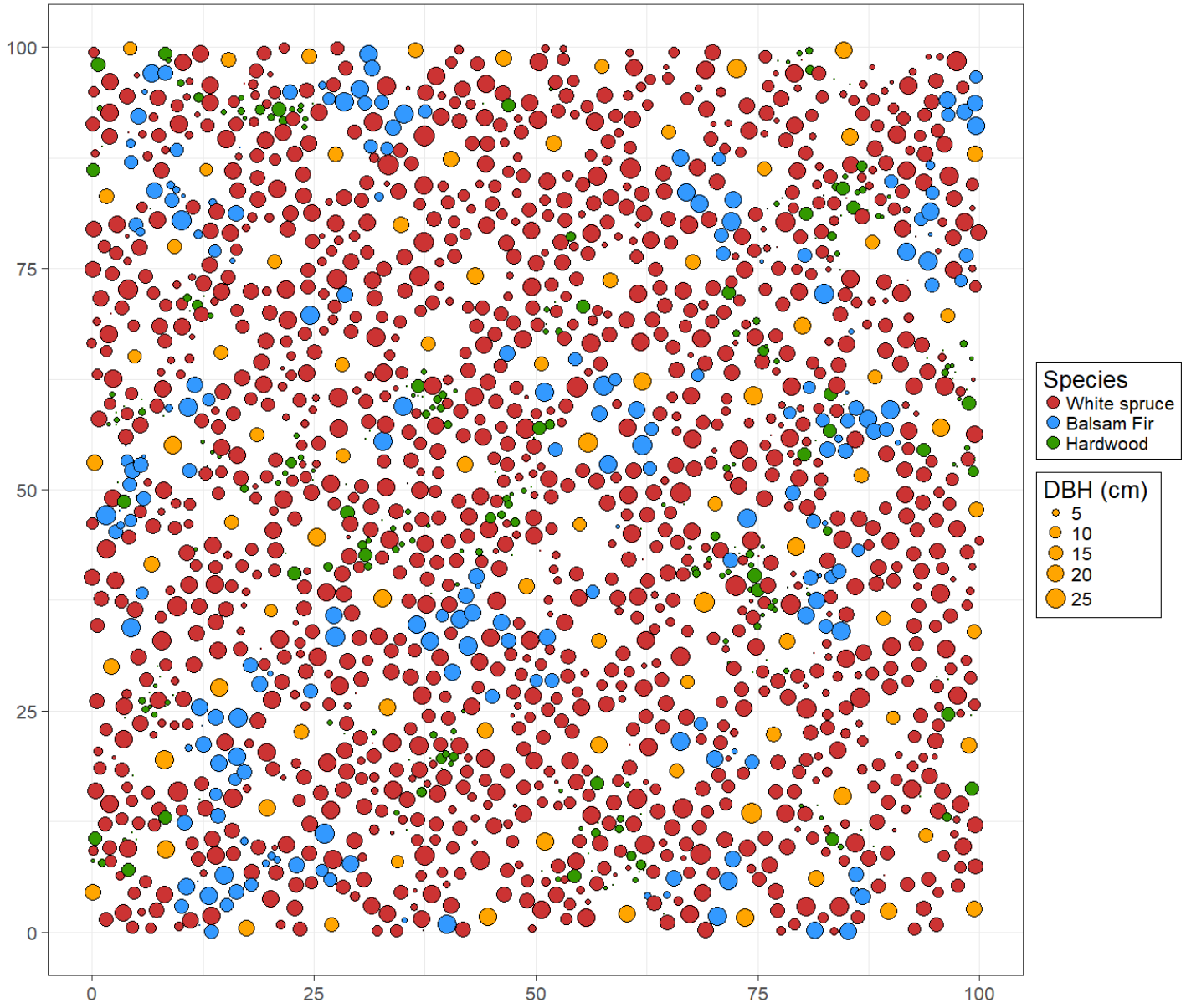
- Nombre d'arbres à l'hectare



# PlantaBSL : Évaluation de l'impact de traitement sylvicole - En cours de développement

## Exemple 1: Traitement par arbres élites

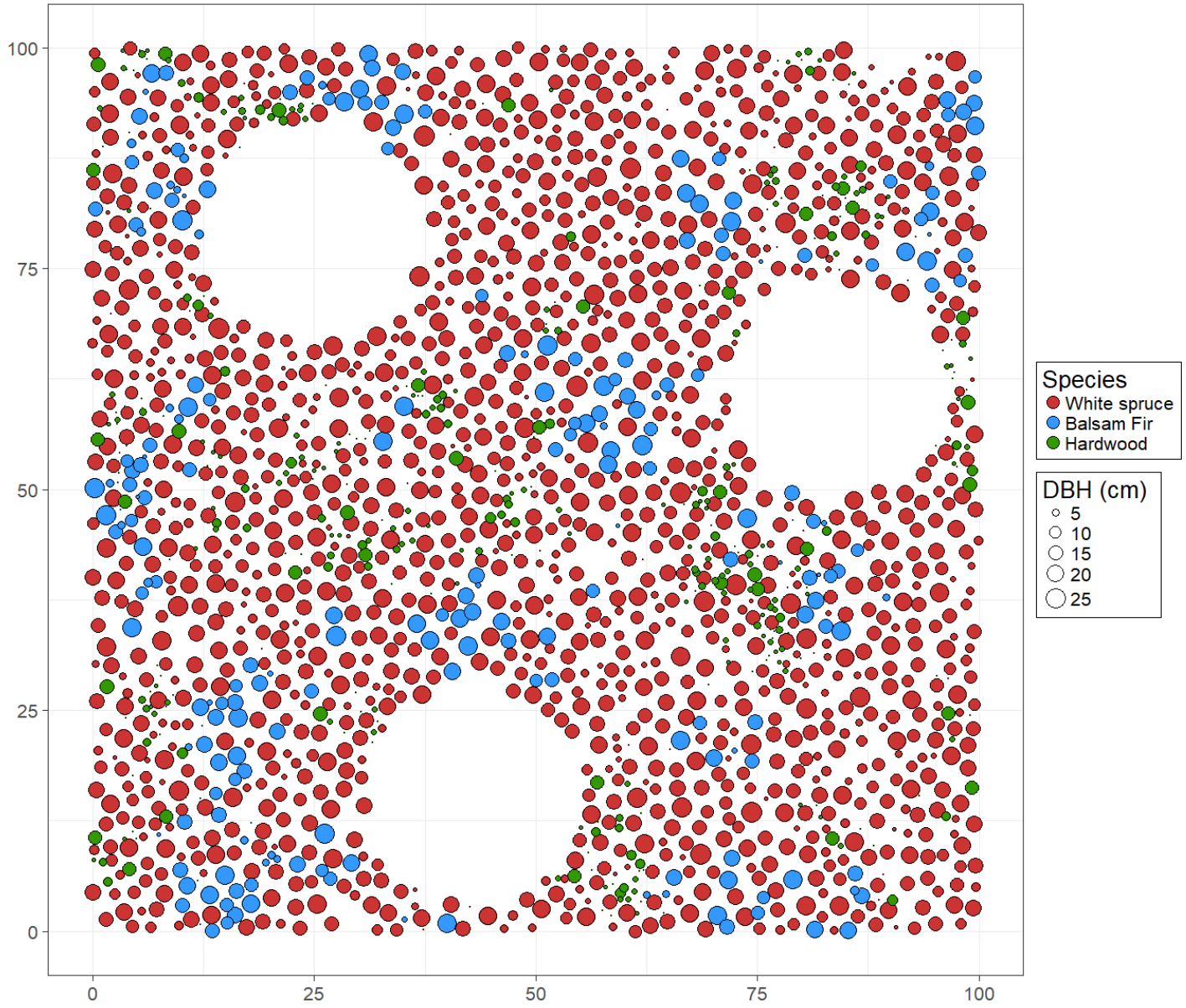
- Nombre d'arbres à l'hectare
- Distance de dégagement autour des arbres cibles

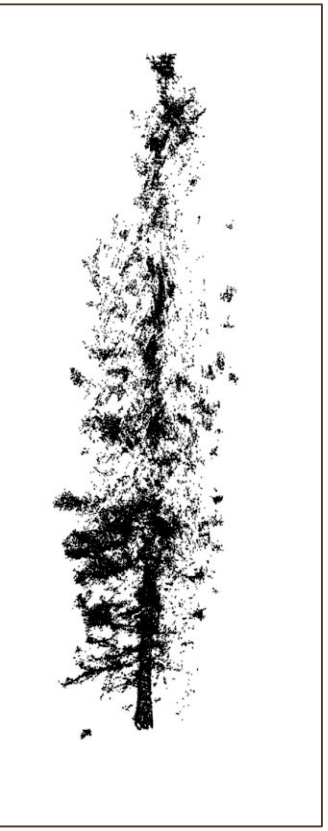


# PlantaBSL : Évaluation de l'impact de traitement sylvicole - En cours de développement

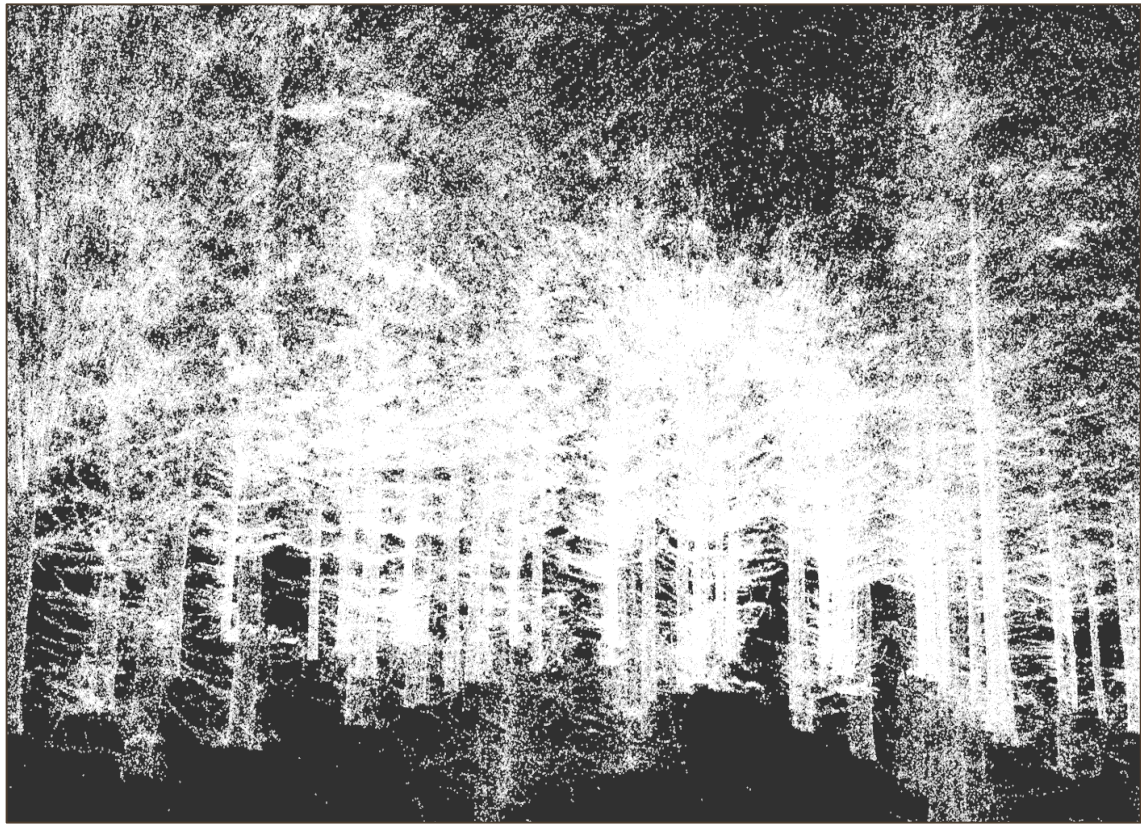
## Exemple 2: Traitement par trouées

- Nombre de trouées
- Surface des trouées





# Questions?



$$Nb\ Arbre\ non\ marchand_{(Gsp)} = a_0 + a_2 \times N_{mer_{(\ Gsp)}} + a_3 \times Gsp + a_4 \times TrT + a_5 \times D_{mean_{Gsp}} + a_6 \times D_{sd_{Gsp}} + a_7 \times D_{var_{Gsp}} + a_9 \times N_{mer_{Gsp}} \times Gsp + a_{10} \times Gsp \times TrT + a_{11} \times Gsp \times D_{mean_{Gsp}}$$

$$NClusHa_{Gsp} = exp(b_0 + b_1 \times Gsp + b_8 \times TrT + b_2 \times Gsp \times TrT)$$

$$Dist_{BF} = exp( \quad b_0 + b_2 \times DBH_{diff} + b_4 \times DBH_{T1} + b_5 \times R_{Gsp} + b_6 \times NHa_{Gsp} + b_8 \times TrT)$$

$$Dist_{VH} = exp( \quad b_0 + b_3 \times DBH_{T0} + b_4 \times DBH_{T1} + b_5 \times R_{Gsp} + b_6 \times NHa_{Gsp} + b_7 \times NHa_{tot} + b_9 \times DBH_{T0} \times DBH_{T10} + b_{10} \times NHa_{Gsp} \times NHa_{tot})$$

$$MinDist_{T(1,2)} = exp( \quad c_0 + c_1 \times R_{Gsp} + c_2 \times DBH_{T0} + c_3 \times Gsp_{T0} + c_4 \times DBH_{T1} + c_5 \times Gsp_{T1} + c_6 \times DBH_{T2} + c_7 \times Gsp_{T2} + c_8 \times TrT + c_9 \times DBH_{T0} \times Gsp_{T0} + c_{10} \times DBH_{T1} \times Gsp_{T1} + c_{11} \times DBH_{T2} \times Gsp_{T2} + c_{12} \times DBH_{T0} \times DBH_{T1} + c_{13} \times DBH_{T0} \times DBH_{T2} + c_{14} \times Gsp_{T0} \times Gsp_{T1} + c_{15} \times Gsp_{T0} \times Gsp_{T2})$$