

**Titre du projet:**

**Modélisation de la distribution racinaire afin d'améliorer le bilan hydrique dans la bibliothèque Regeneration de la plateforme de modélisation CAPSIS**

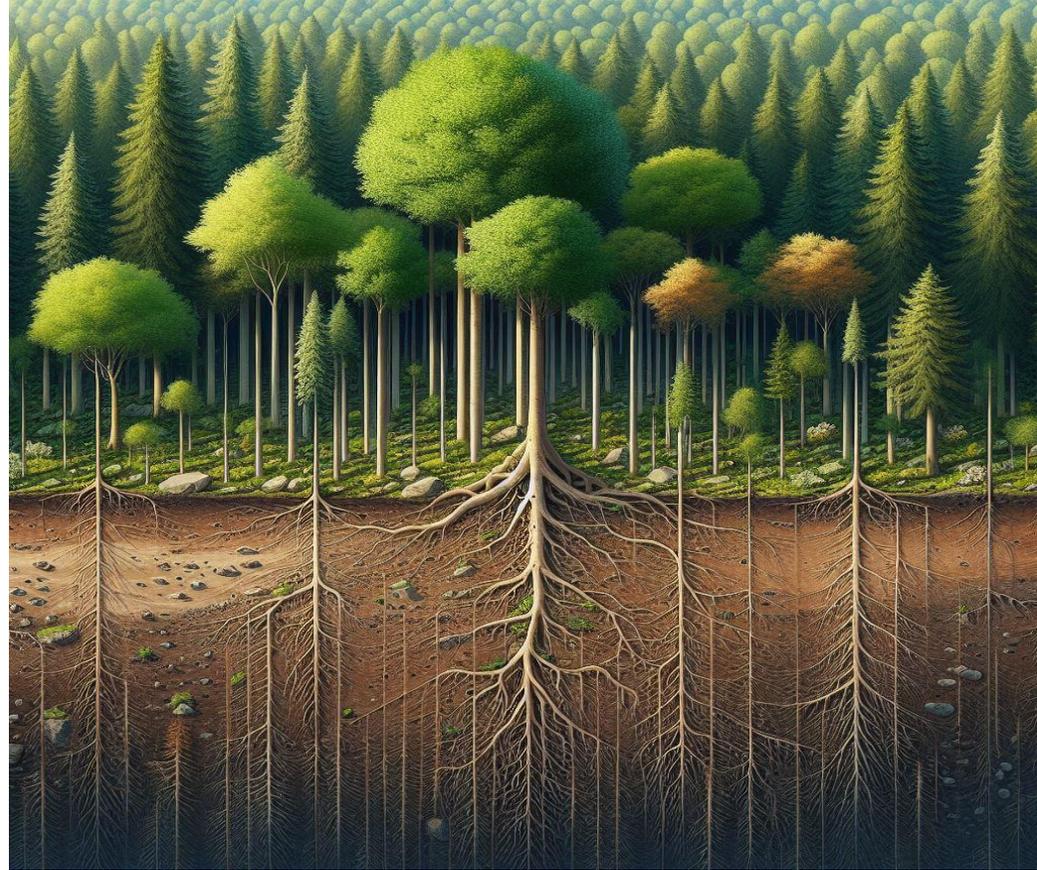
**Présentateur: Mostafa MORADZADEH**

**Superviseurs: Anders MARELL, et Philippe BALANDIER**

## **Question de recherche et hypothèse principale,**

**Comment la régénération forestière réagira-t-elle au changement climatique et aux différentes méthodes d'éclaircie ? Nous prévoyons qu'en climat plus chaudes et plus sèches, l'éclaircie pourrait améliorer la croissance des jeunes plants en réduisant la concurrence avec les arbres plus âgés et la végétation accompagnatrice. Cependant, des changements climatiques graves pourraient accentuer les effets en raison de la concurrence pour les ressources.**

Dans l'ancienne version de bibliothèque de régénération, la répartition uniforme de la fraction racinaire ne correspondait pas à la réalité. Nous avons développé un algorithme pour calculer automatiquement la fraction racinaire en fonction du DBH, de la hauteur de la végétation et des coordonnées des arbres.



*Forêts hétérogènes réalistes avec différentes espèces et âges d'arbres*

## Effet de compétition des arbres

$$\Delta r_{i,k} = (\alpha_0 + \alpha_k) + (\beta_0 + \beta_k) \cdot girth_{i,k} + \lambda_{oak} \cdot CI_{i,oak} + \lambda_{pine} \cdot CI_{i,pine} + \varepsilon_{i,k}$$

where  $\Delta r_{i,k}$  is the radial increment of tree  $i$  for plot  $k$  over a growth period of 6 years. We divide it by 6 to make it eligible for year-by-year use. Here, we assume it has a linear trend.

$$CompOAK \Delta r_{i,k} (mm) = \left(\frac{1}{6}\right) (3.335 + 0.126 \cdot girth_{i,k} - 0.196 \cdot CI_{i,oak} - 0.094 \cdot CI_{i,pine})$$

$$CompPINE \Delta r_{i,k} (mm) = \left(\frac{1}{6}\right) (2.711 + 0.0654 \cdot girth_{i,k} - 0.0855 \cdot CI_{i,pine})$$

$$\alpha_0 (mm), \beta_0 \left(\frac{mm}{cm}\right), CI_{i,oak} (m^2) \cdot CI_{i,pine} (m^2), girth_{i,k} (cm), \lambda_{oak} \left(\frac{mm}{m^2}\right), \lambda_{pine} \left(\frac{mm}{m^2}\right)$$

$girth_{i,k}$  is the girth of tree  $i$  at 1.3 m,  $CI_{i,oak}$  and  $CI_{i,pine}$  are the competition indices for oak competitors and pine competitors, respectively,  $\{\alpha_0, \beta_0, \lambda_{oak}, \lambda_{pine}\}$  are the parameters estimated for the fixed effects of the model,  $\{\alpha_k, \beta_k\}$  are the parameters corresponding to the random part of the model (plot effect) almost zero and  $\varepsilon_{i,k}$  is the residual part of the model.

For both species, the competition indices are the basal areas of the oaks and pines belonging to the neighborhood of the target tree ( $CI_{oak}$  et  $CI_{pine}$ ) with a 10-m radius.

## Tendance temporelle + Effets climatiques et de composition

For Oak:  $\Delta r_{i,k} = (a + a_i + a_j + b_{1,i} \times t + b_{2,i} \times t^2) + (d_1 \times SWD_n + d_2 \times SC + d_3 \times SWD_n \times SC)$

For Pine:  $\Delta r_{i,k} = (a + a_i + a_j + (b_1 + b_{1,i}) \times t + b_{2,i} \times t^2) + (d_1 \times SWD_n + d_2 \times SC + d_3 \times SWD_n \times SC)$

$W_{stressOAK} \Delta r_{i,k} (mm) = CompOAK \Delta r_{i,k} (mm) - 4.18 \times 10^{-3} \times SWD$

$W_{stressPINE} \Delta r_{i,k} (mm) = CompPINE \Delta r_{i,k} (mm) - 3.96 \times 10^{-2} \times t - 3.37 \times 10^{-3} \times SWD$

Note: This is true for adult trees but not suitable for regeneration and saplings. 't' represents the years from the current year to the future, and we can utilize it to simulate any year from the beginning of the simulation, starting from 0 up to the target year.

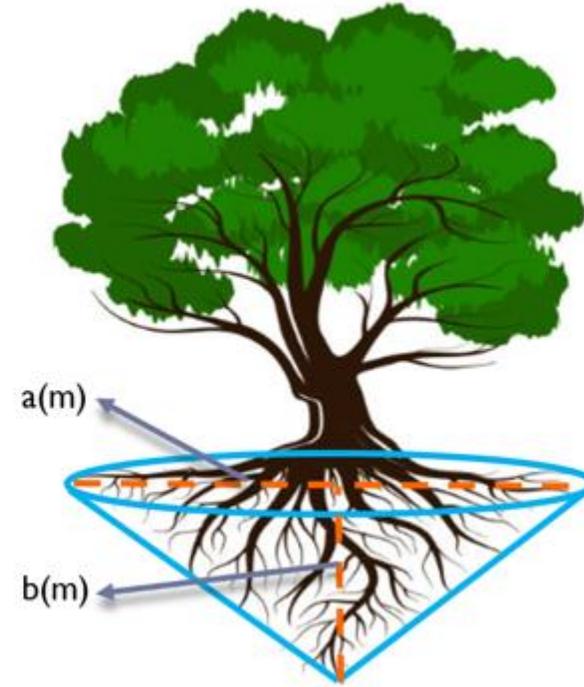
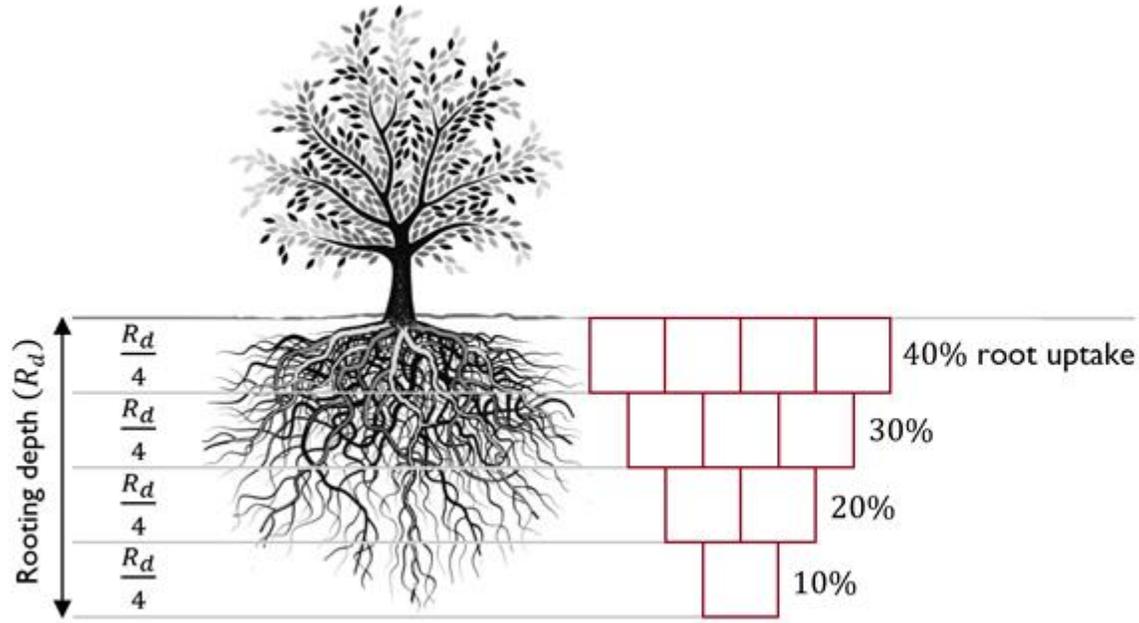
$SWD_n$  is the soil water deficit calculated for the period  $n$  (mm) SWD with water balance model in RReShar model and regeneration library. SC is a dummy variable for stand composition, (pure = 0 or mixed = 1);  $i$  represents a tree and  $j$  represents a plot;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  and  $d$  are the fixed parameters;  $a_j$  is the plot random parameter that is almost zero,  $a_i$ ,  $b_{1,i}$  and  $b_{2,i}$  are the tree random parameters that are almost zero;  $\varepsilon$  represents the residuals.

## **Tendance Les étapes de calcul des effets de la concurrence et du stress hydrique sont les suivantes :**

Le cycle de calcul est d'un an et toutes les variables sont mises à jour annuellement.

1. Calculez l'incrément radial à l'aide de la formule de compétition. Dans cette équation, la surface terrière des arbres sera mise à jour annuellement.
2. Appliquer l'effet du stress hydrique en ajustant le calcul précédent de l'effet de compétition.
3. Mettez à jour la circonférence en fonction de la première équation qui calcule l'effet de concurrence.
4. Répétez les étapes 1 à 3 jusqu'à atteindre l'année cible de simulation.

# Modèle de racine en forme de cône pour les arbres et les jeunes arbres



*Distribution et modes d'absorption des racines en forme de cône.*

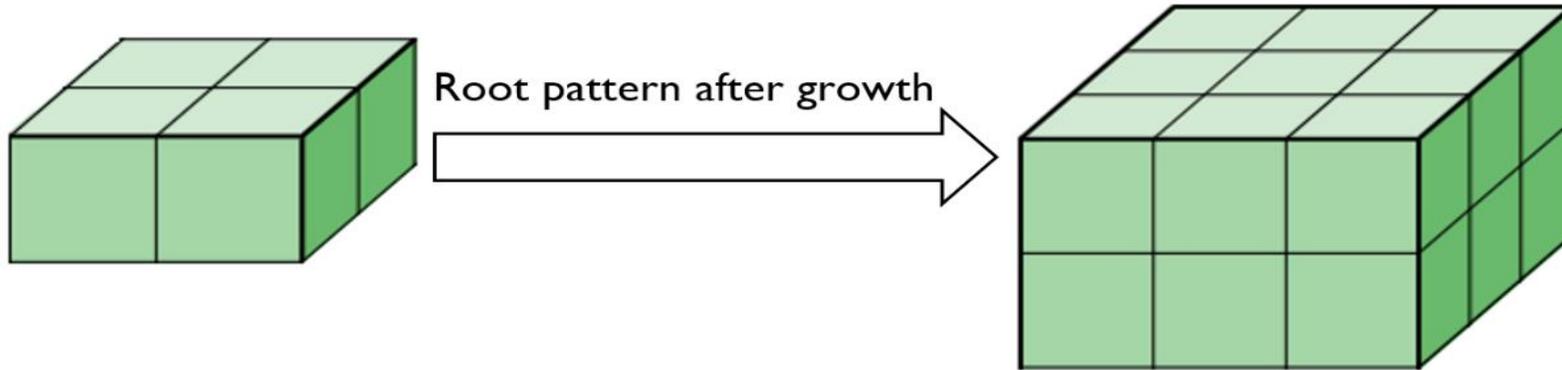
Le DBH est lié au volume racinaire par les paramètres « a » (diamètre du cône) et « b » (longueur du cône).  $a = f(DBH)$ ;  $b = f(DBH)$

Les valeurs pour « a » et « b » varient selon les espèces d'arbres, à déterminer dans la littérature.

## **Limite de notre concept**

**It's more realistic to acknowledge competition for root volume growth, especially when trees are close together. This competition can limit their potential growth. Similarly to crown growth, where competition for light affects growth, we should consider competition for root volume. Currently, trees can reach maximum root growth regardless of proximity, which isn't realistic. Acknowledging competition between neighboring trees will help us understand root volume limitations.**

## Calcul de la longueur des racines de la couche de la végétation sous-bois



*Cellules liées à la répartition des couches végétales et à leur croissance.*

En supposant un motif cubique pour le système racinaire, CAPSIS prédit l'évolution annuelle de la longueur des racines en se basant sur la croissance en hauteur de la végétation.

## Indices compétitifs d'absorption d'eau

Lorsque les systèmes racinaires se chevauchent dans une cellule, la somme des volumes peut dépasser un. Nous réduisons ensuite ce volume à un en fonction de l'indice de compétition de chaque espèce, permettant de prendre en compte leur compétitivité.

### Ex:

La "WeightedSum" de « RootRelativeVolume » selon le CompetitiveIndex est :

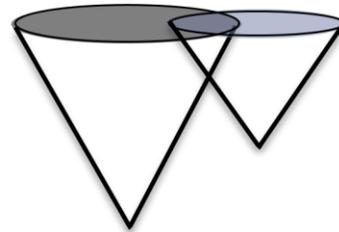
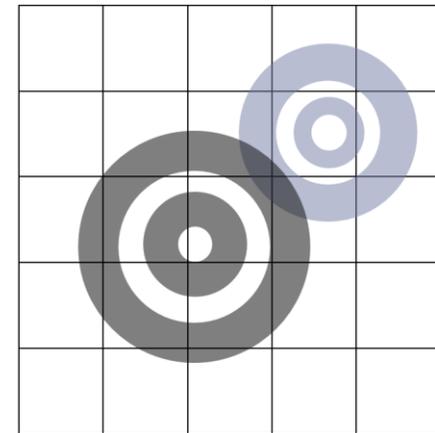
$$\text{WeightedSum} = \alpha \times A + \beta \times B + \gamma \times C$$

où A, B et C sont notre RootRelativeVolume [0,1],  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  sont notre CompetitiveIndex [0.5,1.5], dépendant de l'espèce.

$$\text{WeightedRootRelativeVolume}(\text{Species a}) = \alpha \times a / (\alpha \times a + \beta \times b + \gamma \times c)$$

$$\text{WeightedRootRelativeVolume}(\text{Species b}) = \beta \times b / (\alpha \times a + \beta \times b + \gamma \times c)$$

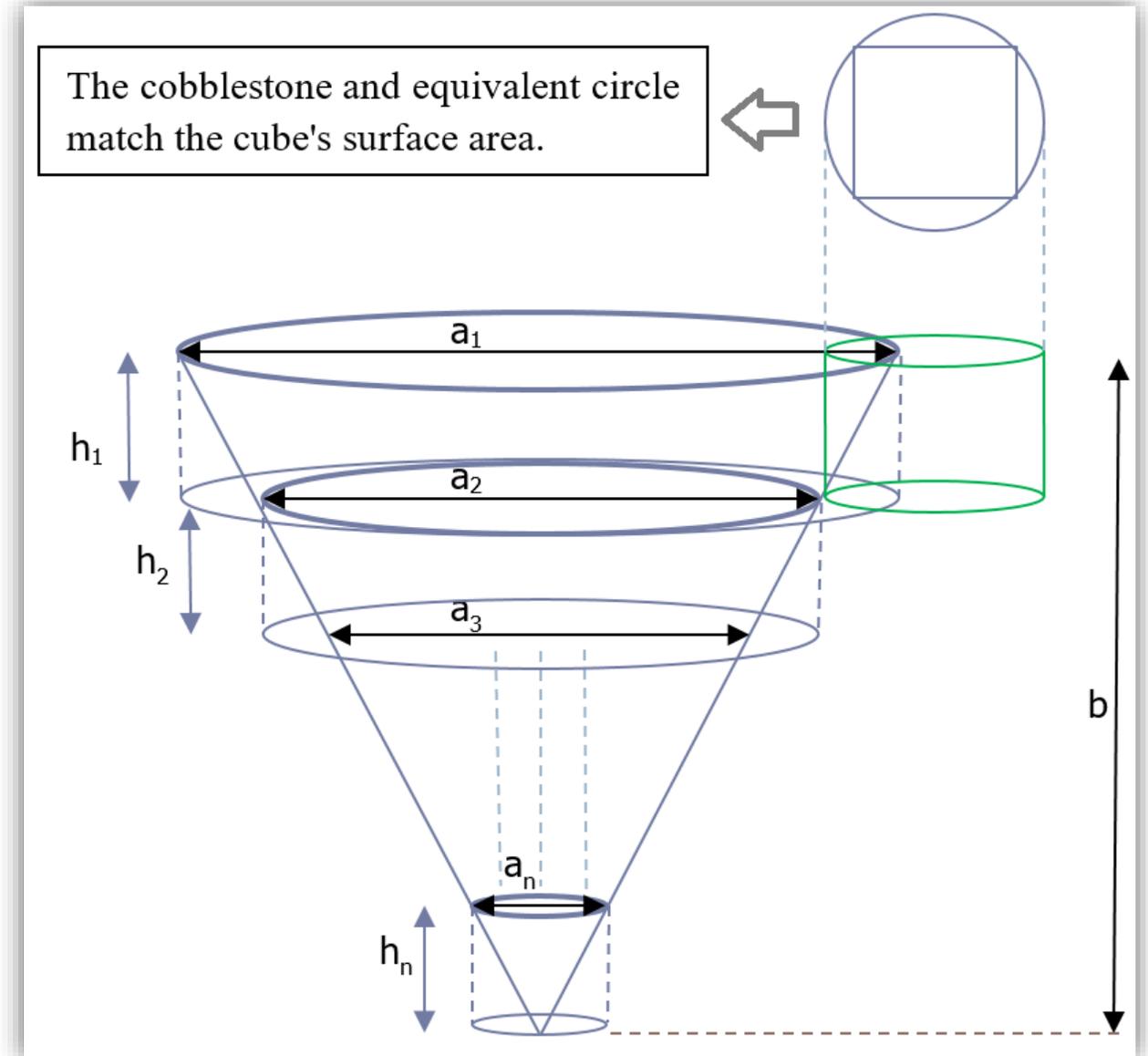
$$\text{WeightedRootRelativeVolume}(\text{Species c}) = \gamma \times c / (\alpha \times a + \beta \times b + \gamma \times c)$$



*Diagramme schématisque des racines des arbres qui se chevauchent.*

## Forme de cône équivalente dans les pavés et les couches de sol

Pour simplifier, il a été proposé d'utiliser des pavés cylindriques au lieu de pavés carrés, épousant la forme du cône. Chaque couche du cône contient désormais un cylindre, facilitant l'identification des pavés voisins. Cette segmentation permet des calculs plus simples des surfaces qui se croisent.



*Simplified representation of cobblestone-cone intersections in soil layers*

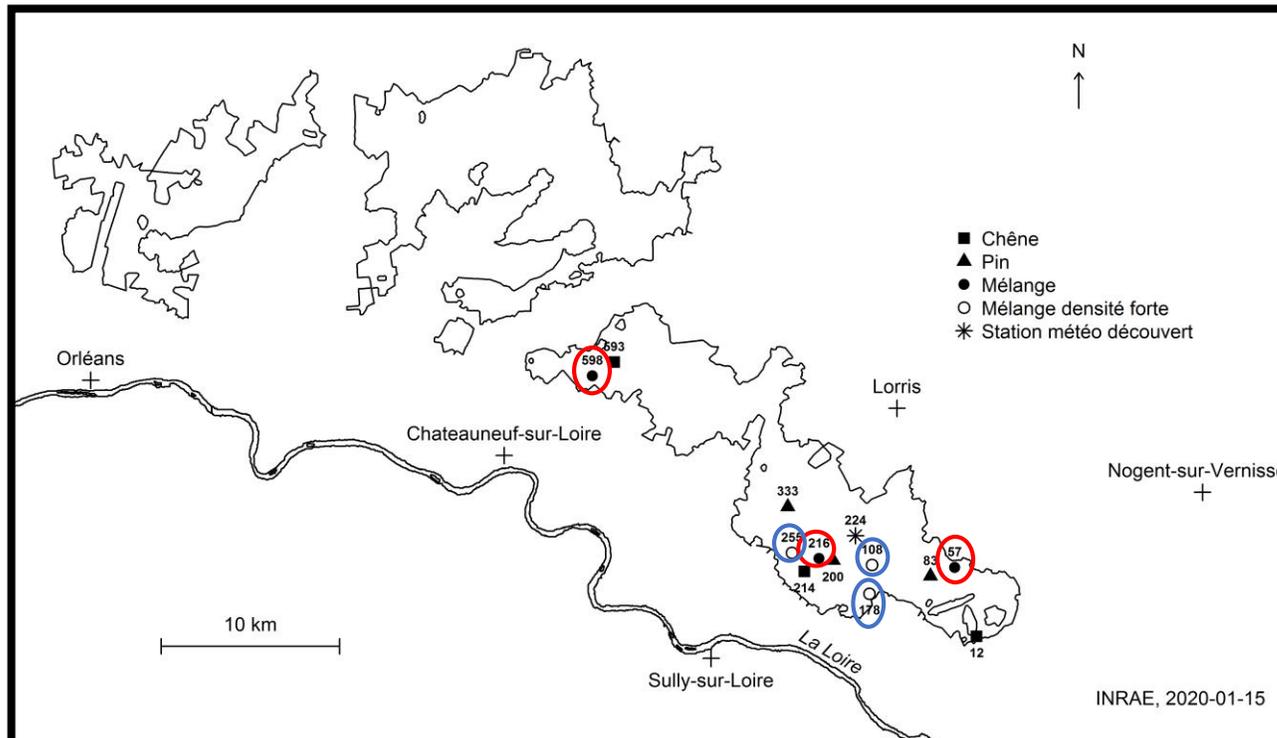
# Conception expérimentale

Nous utiliserons le centre de recherche OPTMix et les parcelles d'étude, qui contiennent un mélange (50 %) de pin sylvestre et de chêne sessile, avec trois niveaux d'indice de densité relative (RDI) : 0,4, 0,7 et un site témoin représentant un site naturel avec un RDI proche de 1.

Nous simulerons la dynamique de croissance des peuplements de chênes et de pins ainsi que de leur sous-étage selon différents scénarios de changement climatique (différents RCP) pour les trois niveaux de densité de peuplement.

Replication	RDI	RCP
1	0.4	2.6
2	0.7	4.5
3	1	8.5

Au total,  $3*3*3=27$  scénarios



O598, O216, O57,  
O255, O178, O108.

## Tâches proposées

- Réalisation de l'analyse de sensibilité en modifiant les paramètres associés au SWC (comme la texture du sol) pour comprendre leur effet sur le DBH des arbres.
- *Calibration du modèle* : Utilisation des données observées depuis le début de l'observation jusqu'à ce que nous ayons les données (par exemple, de 2015 à 2023). Nous utiliserons différentes combinaisons de paramètres d'entrée pour capturer avec précision des observations telles que le DBH des arbres et la hauteur des couches de végétation, le SWC et les mesures de lumière.
- *Validation du modèle* : Nous devons utiliser quelques parcelles pour valider le modèle calibré.
- *Simulation* : Ensuite, après l'analyse de sensibilité, la calibration et la validation du modèle, nous exécuterons le modèle pour des scénarios de changement climatique futurs de 2024 à 2050.

An aerial photograph of a dense forest. The trees are mostly green, with some showing yellowish-green hues, suggesting early autumn. The forest is thick and covers the entire frame. The text is overlaid in the upper left quadrant.

**Question et discussion, en anglais s'il vous plaît :-)**