



TREESEVE®

**présentation du modèle empirique de quantification
carbone**

pour des plantations très denses et très variées

Amélie Saunier

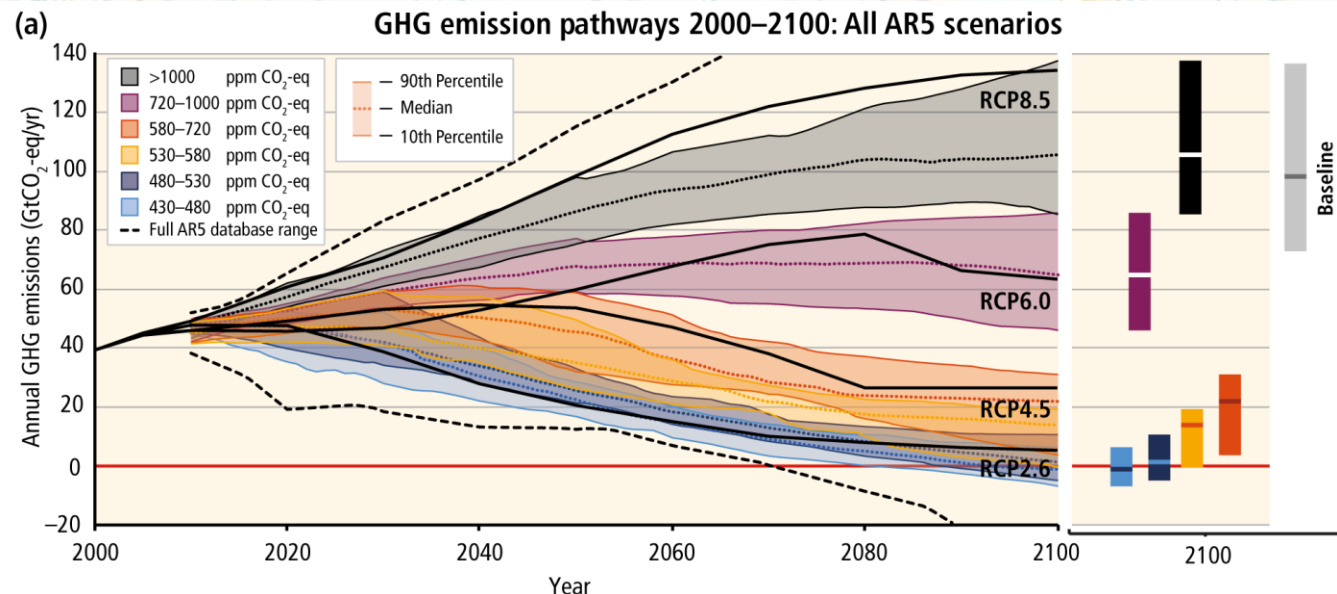
Colloque réseau FOREM

9 - 11 Mai



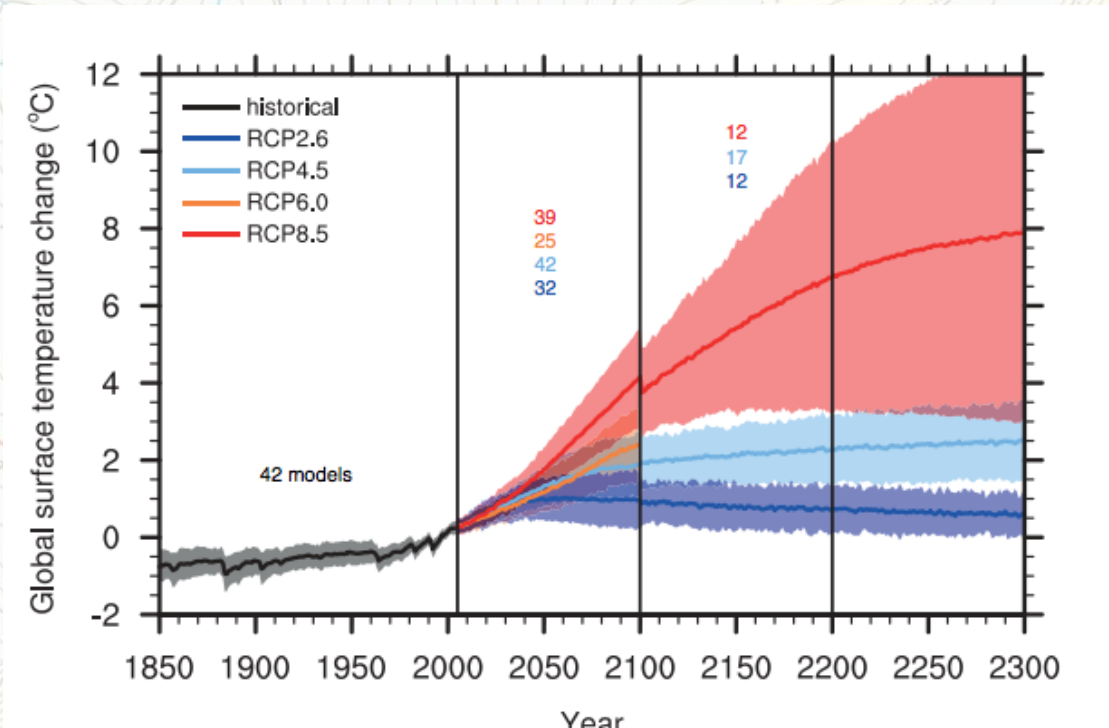
Emissions de CO₂ dans l'atmosphère

- Les concentrations de CO₂ augmentent depuis l'ère industrielle
 - Concentration avant l'ère industrielle : **270ppm**
 - Concentration après l'ère industrielle : **410ppm**
- Entre 2007 et 2016, il a été estimé qu'environ 10 milliard tC.an⁻¹ (ou 39 milliard tCO₂.an⁻¹) de ont été émis dans l'atmosphère, du aux activités humaines.





Conséquences sur le climat



- Augmentation des températures
- Diminution des précipitations annuelles
- Augmentation de la fréquence (et de l'amplitude) des événements climatiques extrêmes



Besoin d'identifier des solutions pour diminuer les concentrations de CO₂ de l'atmosphère
La restauration ou la création d'écosystèmes soient des moyens efficaces





Séquestration carbone et captage de CO₂ de différents écosystèmes

- Tous les écosystèmes terrestres n'ont pas les mêmes capacités de séquestration carbone :

Ecosystèmes	Séquestration carbone (gC.m ⁻² .an ⁻¹)	Captage CO ₂ (gCO ₂ .m ⁻² .an ⁻¹)
Prairies	25	92
Zones humides	25	92
Cultures	50	183
Forêts de feuillus caducs	65	238
Forêts de feuillus persistants	80	293



Les écosystèmes forestiers semblent être les plus efficaces pour capter du CO₂ et séquestrer du carbone.





Projets de plantations pour séquestrer du carbone

- Augmentation des surfaces forestières en France (ONF) :
 - 14 millions d'hectares en 1985
 - 17 millions aujourd'hui
- Développement du marché carbone autour des plantations forestières
 - => Certification label bas carbone (480 projets labellisés)
 - => Certification européenne à venir



Besoin de quantifications fiables car enjeux économiques forts





Incertitudes des estimations

- Nombreuses estimations de séquestration carbone (et de captage CO₂) faites sur des **écosystèmes forestiers** (parties aériennes) :

Références	Séquestration carbone (tC.ha ⁻¹)	Captage CO ₂ (tCO ₂ .ha ⁻¹)
Keith <i>et al.</i> 2018	233	853
Martin <i>et al.</i> 2001	150	549
Hale 2015	200	732
Ciais <i>et al.</i> 2008	40 – 170	146 – 623
Gimmi <i>et al.</i> 2009	190	696
Smithwick <i>et al.</i> 2002	68 – 630	249 – 2307
Luyssaert <i>et al.</i> 2008	500 – 700	1831 – 2564



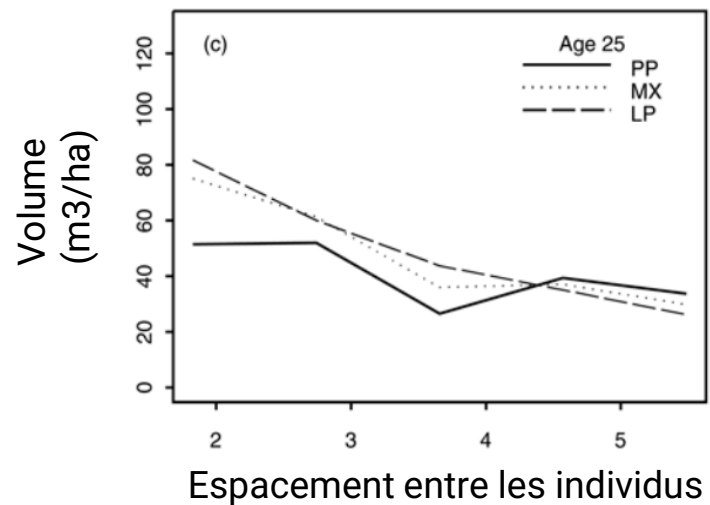
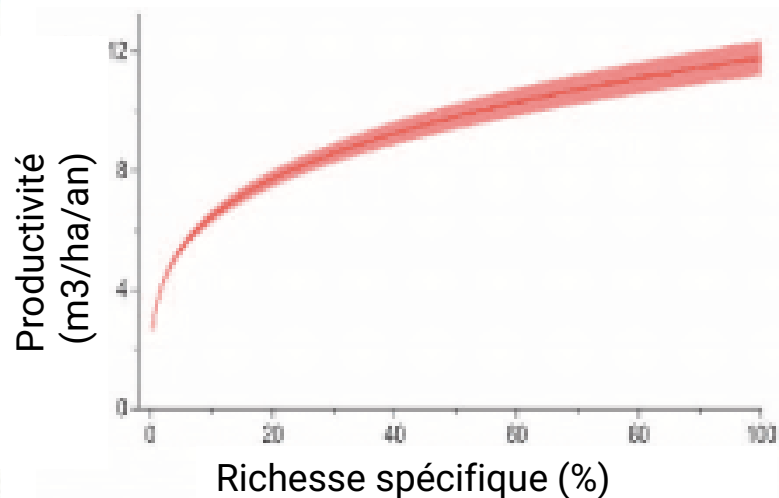
Toujours une grande incertitude





Paramètres influençant la productivité des forêts

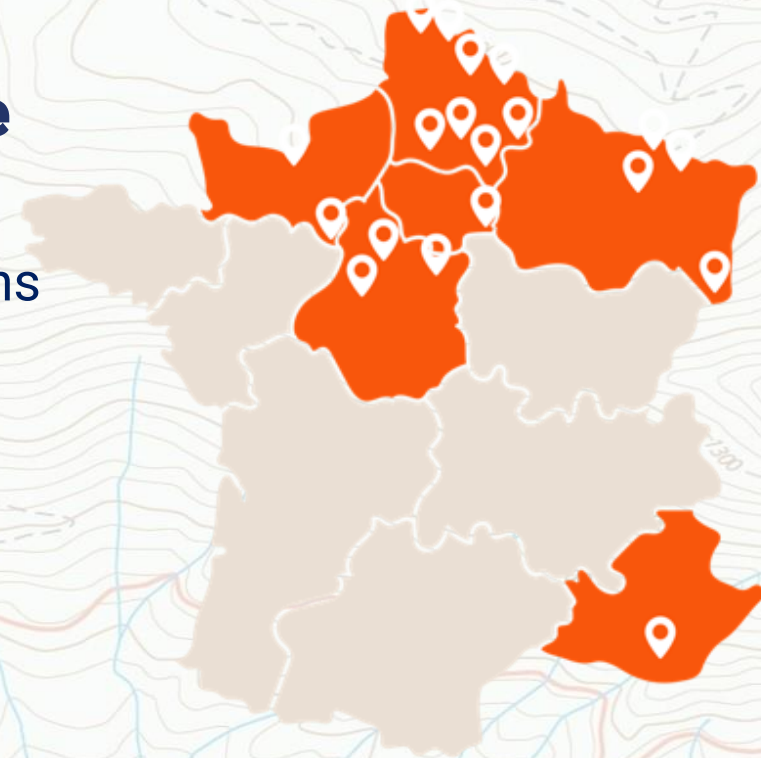
- Plusieurs paramètres peuvent influencer la productivité des forêts :
 - les conditions climatiques
 - les conditions édaphiques
 - l'âge du peuplement
 - le type d'espèces en présence
- De plus, de nombreux travaux scientifiques ont montré **l'impact de la densité et la diversité des peuplements sur leur productivité** :





Plantations à forte densité et forte diversité à Treeseve

- Partant de ces résultats et des travaux du Pr. Miyawaki, nous réalisons des plantations très denses et très variées afin de maximiser la séquestration carbone des plantations.
- Depuis 2020, nous avons fait 3 saisons de plantation, représentant :
 - **29 plantations**
 - **266 000 individus plantés**
- Les plantations sont réalisées sur des terrains inutilisés ou des friches urbaines ou péri-urbaines, sur des surfaces allant de 2000 m² à 2 ha.
- Elles ne sont pas faites pour la production de bois et sont légalement protégées par des ORE (entre 60 et 99 ans).





Méthodes de plantation à Treeseve

- Entre 25 à 35 espèces végétales locales sont sélectionnées pour la plantation.
- Sélection des espèces se fait à partir d'une base de données développée par nos équipes selon :
 - les conditions environnementales
 - les cartes de végétation naturelle potentielle
 - les traits fonctionnels
- Individus plantés à forte densité : 3 individus.m⁻².
- Individus sont âgés de 1 à 2 ans.



Aucun modèle n'existe permettant de quantifier la séquestration carbone pour ce type de plantation





Quantification du CO₂ capté par les essences forestières – développement du modèle



Etape réalisée :

- **1^{ère} étape** : élaboration de tables de production spécifiques ou par classe de hauteur

Etape en cours :

- **2^{ème} étape** : élaboration de tables de production spécifiques pour toutes les espèces utilisées dans les plantations et intégration de la biomasse racinaire

Perspectives de développement :

- **3^{ème} étape** : prise en compte du carbone séquestré dans les sols et intégration des données de survie
- **4^{ème} étape** : prise en compte de l'impact de la densité et de la diversité sur la croissance des individus et la régénération





Développement du modèle – 1^{ère} étape (réalisée)

- Nécessité de prédire la **croissance des individus dans le temps**.
- Grâce à la base de données de l'Inventaire Forestier National (IFN), nous sommes parvenus à estimer **la hauteur et le diamètre à hauteur de poitrine (DBH)**, via une courbe sigmoïde, en fonction de l'âge.

Equation de la courbe sigmoïde
en fonction de l'âge :

$$H \text{ ou } DBH = \frac{Asym}{1 + EXP\left(\frac{x_{mid} - Age}{scal}\right)}$$

- 80% du jeu de données a servi à la construction de l'équation, et 20% restant ont servi à sa validation.

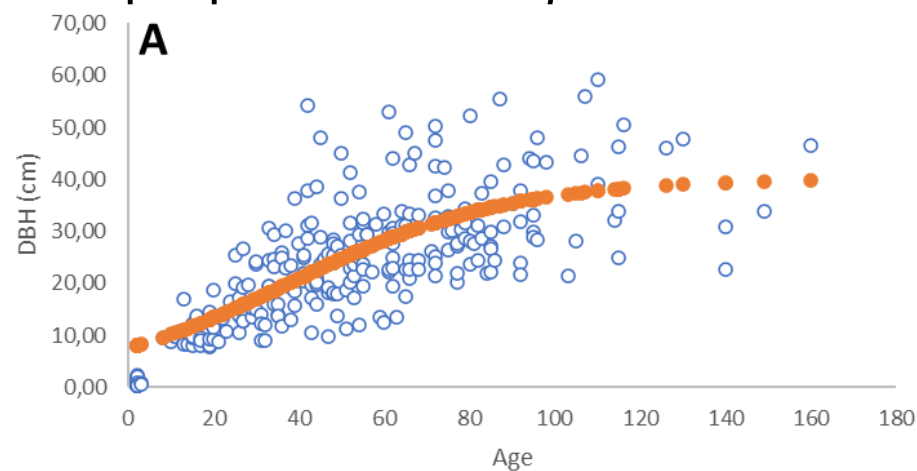




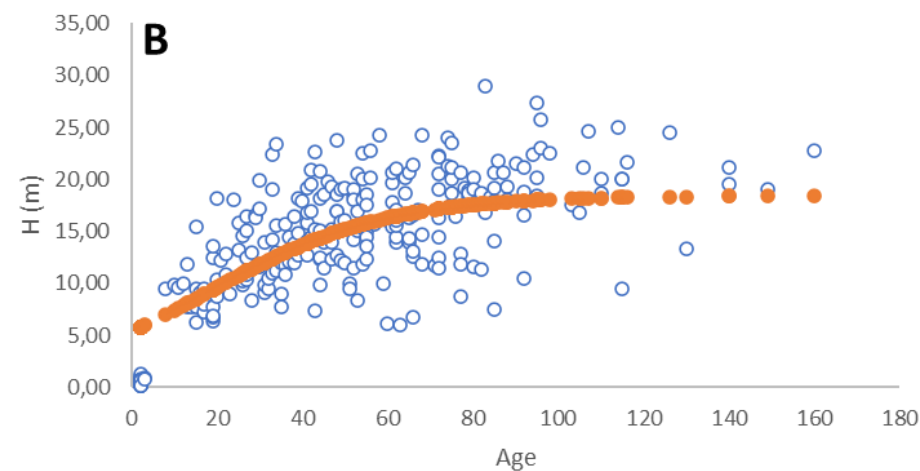
Développement du modèle – 1^{ère} étape (réalisée)

- Elaboration de 25 équations spécifiques + 5 équations par classe de hauteur.

Exemple pour *Acer campestre* :



○ données mesurées ● données modélisées



○ données mesurées ● données modélisées

- 30 ans après la plantation, on obtient pour un individu d'*Acer campestre*:
 - une hauteur de 12 m
 - une DBH de 17 cm





Développement du modèle – 1^{ère} étape (réalisée)

- A partir de la hauteur et de la DBH, on peut calculer le volume de bois.arbre⁻¹ (Deleuze et al. 2015) :

$$Vol = \frac{H * Circ^2}{4 * \left(1 - \frac{1,3}{H}\right)^2} * \left(a + b \frac{\sqrt{Circ}}{H} + c * \frac{H}{Circ}\right)$$

- Et partir du volume, on peut déduire la biomasse et la quantité de CO₂ capté par arbre :

$$Biomasse = Vol * Densité$$

$$Quantité\ de\ carbone = Biomasse * 0,5$$

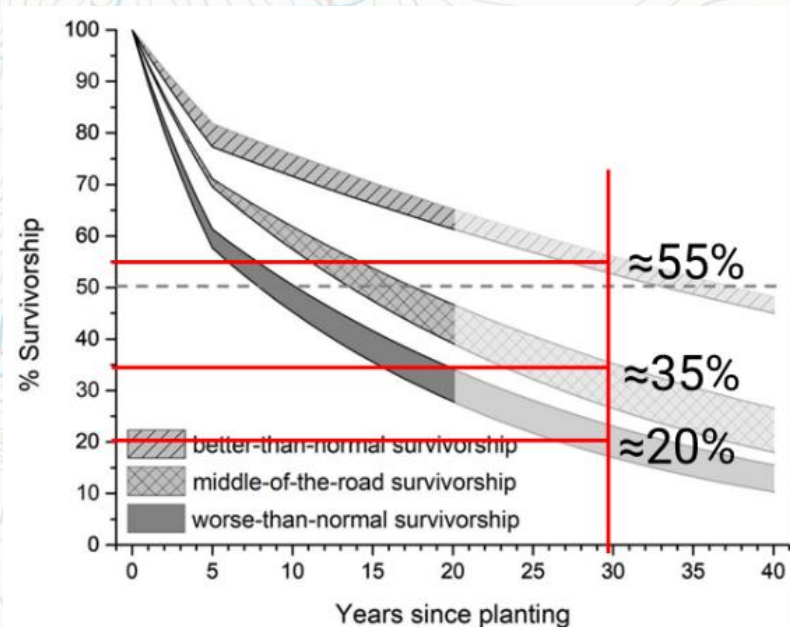
$$Quantité\ de\ CO_2 = \frac{(Quantité\ de\ carbone * 100)}{27,3}$$





Développement du modèle – 1^{ère} étape (réalisée)

- Nécessité d'estimer la survie des individus juvéniles sur de longue période (e.g. 30 ans)
=> pas de données disponibles
- On se base sur une modélisation de la survie des arbres en ville :



- Différents taux de survie en fonction des conditions du milieu





Développement du modèle – 1^{ère} étape (réalisée)

- Base de données utilisée pour le développement du modèle enregistre l'âge des individus seulement quand ils atteignent 1m30 => surestimation.
- Faible disponibilité de données de croissance, notamment pour les arbustes et les arbrisseaux=> surestimation
Ex : pour les arbrisseaux, hauteur = 6m85
- Données sur les taux de survie ne sont pas disponibles pour ce type de plantations, problèmes pour prédire leur succession écologique
- Impact de la diversité et la densité sur la croissance n'est pas pris en compte





Développement du modèle – 1^{ère} étape (réalisée)

- Quantification de la séquestration carbone sur la plantation de Caudry:
 - environ 8000 m²
 - 28 espèces végétales différentes
 - environ 25 000 individus plantés
- Réalisée en ajoutant un rabais de 15% et sans la catégorie arbrisseaux
- 30 après la plantation :
 - avec un taux de survie égal à 35% => ≈ 6500 individus restants
 - avec un taux de survie égal à 20% => ≈ 3700 individus restants

35% de survie

324 tC.ha⁻¹ – 1189 tCO₂.ha⁻¹

20% de survie

185 tC.ha⁻¹ – 679 tCO₂.ha⁻¹





Développement du modèle – 2^{ème} étape (en cours)

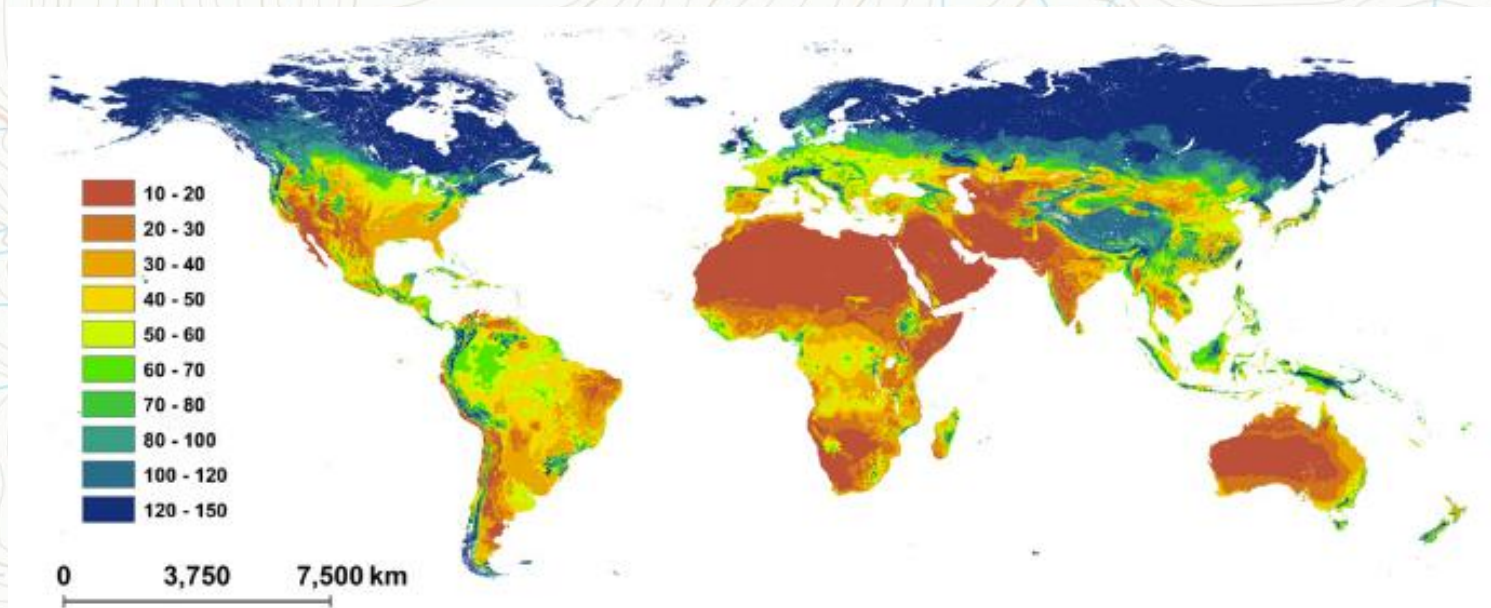
- Développement d'équations spécifiques pour toutes les espèces utilisées dans les plantations => besoin de nouvelles sources de données (croissance et mortalité).
- Incorporation de nouvelles données provenant de l'European Forest Institute, bases de données nationales (Suisse, Allemagne...etc) ou bases de données scientifiques (EMERGE, GBFI).
- Incorporation des données provenant de nos plantations grâce à nos parcelles de suivi. Chaque année, des relevés sont réalisés permettant de mesurer :
 - hauteur
 - DBH
 - taux de survie





Perspectives de développement du modèle – 3^{ème} étape

- Un autre paramètre qui n'est actuellement pas pris en compte dans notre modèle est le carbone stocké dans les sols



- Nous sommes en train de planifier une étude (en collaboration avec l'IMBE) sur plusieurs sols de nos plantations pour mettre en évidence leur effet sur le carbone contenu mais également sur la biodiversité et le fonctionnement du sol.





Perspectives de développement du modèle – 4^{ème} étape

- Besoin de développer des équations allométriques spécifiques aux plantations denses et variées
- Grâce à notre base de données et nos parcelles de suivi, nous serons capables d'obtenir des données de croissance et de survie pour des plantations très denses et très variées.
- Incorporation de données prenant en compte la densité et la diversité des peuplements ainsi que la régénération spontanée.





TREESEVE®

Merci pour votre attention

Amelie Saunier
Chercheure en modélisation carbone
+33 6 88 35 04 36
amelie.saunier@treeseve.eu