Méthode d'enrichissement pour le label bas carbone (MELBAC)

Avec le soutien financier de :

Le projet MELBAC visait le dépôt **d'une méthode au Label Bas Carbone sur l'enrichissement de régénérations naturelles vulnérables avec des essences plus résilientes** pour compléter les méthodes LBC contribuant au financement de l'adaptation des forêts au changement climatique.

Dans le cadre du RMT AFORCE[1], l'ONF et le CNPF s'investissent depuis 2009 dans la construction d'outils de **diagnostic de la vulnérabilité des peuplements face aux changements climatiques** pour proposer des orientations de gestion les rendant plus résilients (Perrier, 2020 ; Legay et al., 2020). En particulier deux outils complémentaires sont actuellement mis en œuvre : BioclimSol (Lemaire, 2020) et ClimEssences (Bartet, 2022).

Si la régénération naturelle contribue à l'adaptation des peuplements forestiers, puisque la sélection naturelle s'opère en faveur des individus les plus résistants, **la vitesse des changements peut être supérieure aux capacités adaptatives des arbres**, accentuant alors les dépérissements. L'enrichissement de régénérations naturelles avec des essences plus adaptées au changement climatique est **une stratégie** qui apparaît comme très intéressante pour à la fois créer **une plus grande diversité dans les peuplements** et **amener des individus plus résistants** qui peuvent à terme faire gagner en résistance l'ensemble du peuplement, et créer en même temps un microclimat plus favorable pour l'essence initiale.

Le projet MELBAC souhaitait donc compléter les méthodes forestières du Label Bas Carbone créé en 2018 par le ministère en charge de l'écologie afin de permettre des financements de compensation carbone volontaire ou contribution pour l'adaptation des forêts et en complément à la méthode historique du CNPF « reconstitution de peuplements dégradés ».

[1] Réseau mixte technologique Adaptation des forêts au changement climatique : https://www.reseau-aforce.fr

Déroulé du projet et résultats

Les plantations en enrichissement sont délicates à installer et couteuses, et pour l'instant encore peu pratiquées, le renouvellement étant jusque-là plutôt en régénération naturelle en plein ou en plantations en plein. Des initiatives ponctuelles avaient été mises en place par le passé mais pas toujours suivies. Aujourd'hui, cette pratique est envisagée de manière plus fréquente, en particulier dans certaines régions de plaines où de larges surfaces de régénération d'essences vulnérables et homogènes inquiètent sur la résilience à venir. La première étape de ce projet a donc été de réaliser **une large enquête de remontée d'expérience des enrichissements** sur ces dernières années, pour identifier les techniques, les contraintes et les éléments à considérer.

A l'issue de cette enquête, il a été décidé de restreindre dans un premier temps notre approche aux enrichissements de régénération naturelle en futaie régulière et donc **d'exclure les enrichissements sous-couvert.** L'enquête a montré que ces derniers étaient intéressants pour les gestionnaires mais la démarche de modélisation ne permettait pas dans ce projet court de l'envisager. En fonction de l'évolution des outils, une mise à jour de la méthode LBC pourra être envisagée sur ce point.

En parallèle **le modèle de croissance INRAE SALEM,** hébergé sur la plateforme de modélisation CAPSIS, a été mis à jour afin de représenter un maximum de couples d'essences en mélange. Ce modèle tient compte des caractéristiques pédoclimatiques de chaque sylvo-éco-région, pour le calcul de la fertilité. Il convient toutefois de souligner que le temps imparti n'a pas permis d'intégrer l'effet potentiel du changement climatique sur la croissance des essences en régénération naturelle.

De manière théorique, une démarche de **choix des couples d'essences** a été menée pour restreindre l'étude à des cas *a priori* viables : seules les essences représentées dans le modèle SALEM ont été considérées (60 essences), des informations de traits fonctionnels et résilience relatifs des essences ont été prises en compte en particulier pour les essences en enrichissement, tandis que les essences avec des problèmes sanitaires ont été éliminées systématiquement des essences en enrichissement. **49 couples** peuvent ainsi être représentés sur l'ensemble de la France.

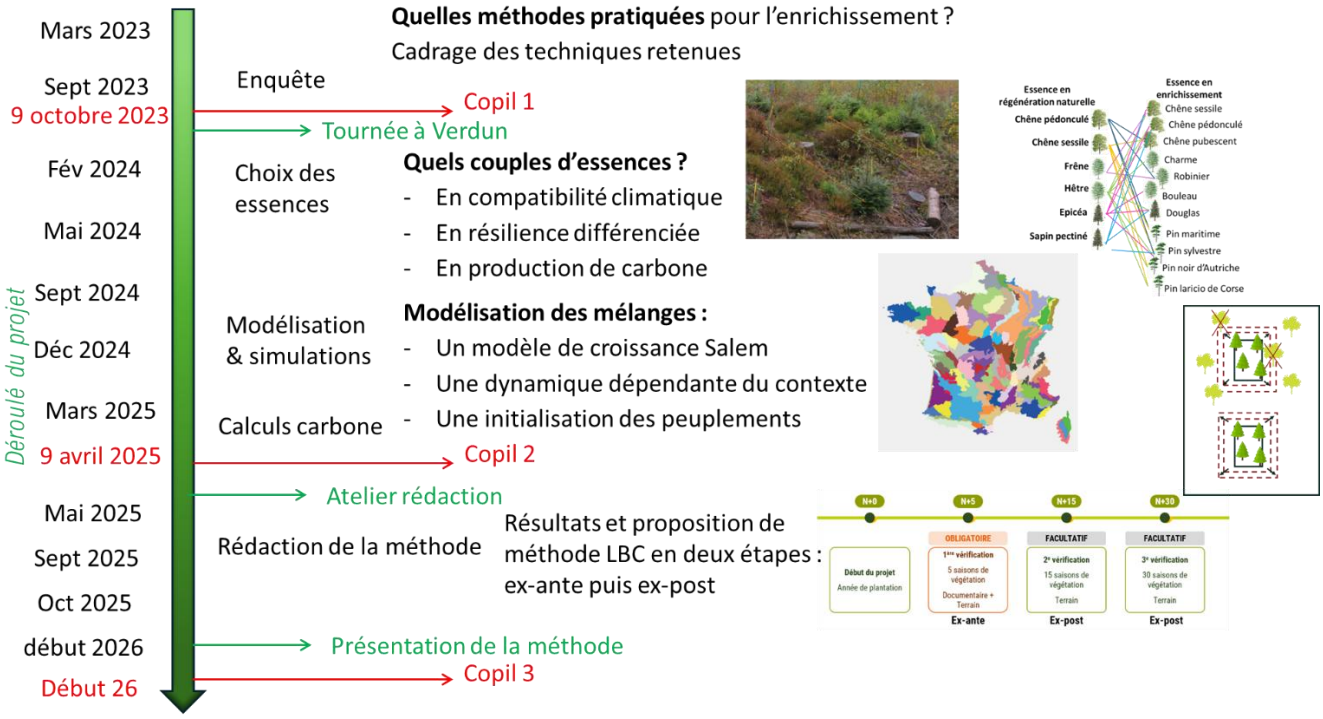
L'étape suivante a été une analyse de **compatibilité climatique**, menée séparément pour les essences en régénération ou les essences en enrichissement. Ce travail a permis de lister plus précisément les **couples d'essences éligibles** par contexte pédoclimatique de la SER (sylvoecoregion). Ce travail a été mis à jour en fin de projet avec la nouvelle version de l'outil ClimEssences, en choisissant le scénario PNACC de réchauffement de +4°C de la TRACC en 2100. Il a été retenu finalement que nous n'appliquerions pas de critère de compatibilité climatique sur l'essence en régénération naturelle, puisqu'un **enrichissement est de toute façon souhaitable pour une meilleure résilience générale**. Un cobénéfice permet cependant de moduler ce point.

Il n'a pas été possible à ce stade de représenter l'effet attendu du changement climatique sur la croissance et notamment **la baisse de croissance et la mortalité éventuelle sur l'essence en régénération**, surtout en peuplement de référence. La méthode LBC retenue est donc basée sur une articulation entre une estimation **ex-ante sans dépérissement de l'essence en régénération**, puis un complément **ex-post pour mesurer le gain éventuel supplémentaire du projet**.

Différents itinéraires d'enrichissement ont été implémentés pour simuler la croissance et la production de carbone sur 30 ans de ces enrichissements. Ces calculs ont été complétés avec le gain carbone associé aux produits bois.

Enfin la **rédaction de la méthode** a instruit l'ensemble des éléments attendus d'une méthode LBC : éligibilité, additionnalité, cobénéfices, risques, calculs des crédits carbone et vérification.

Le schéma suivant récapitule ces étapes qui sont reprises rapidement dans le rapport complet :



Valorisations et perspectives

La principale valorisation de ce projet est évidemment la méthode LBC rédigée et en cours de dépôt auprès du ministère en charge du LBC.

Mais plusieurs valorisations associées sont à souligner :

- L'enquête réalisée sur les enrichissements a permis de faire un point technique sur les méthodes en cours, leur intérêt et leur limites. Au-delà de ces informations pour bien cadrer la méthode LBC, cette enquête a été valorisée pour elle-même dans un article Rendez-Vous-techniques de l'ONF[2] ;
- Le développement du modèle Salem a été l'occasion d'un apport méthodologique majeur présenté dans une revue scientifique de modélisation (*Methods in Ecology and Evolution*)[3] ;
- La démarche de simulation des mélanges dans différents contextes avec des contraintes sylvicoles a été une avancée importante de compréhension et de représentation de ce que pourrait être une sylviculture des mélanges : elle donnera lieu à un prochain article scientifique en 2026 ;
- Le cadre européen du CRCF pourrait être l'opportunité de porter à l'échelle européenne cette méthode d'amélioration de gestion forestière car elle répond à pas mal d'atout identifiés par le cadre européen. Le projet va être présenté en mars au groupe d'experts du CRCF par Soisick Figueres.

Des présentations orales ont été faites de ces travaux et d'autres pourront avoir lieu en 2026.

---

[2] Billard Antoine, Cordonnier Thomas, Deleuze Christine, Figueres Soisick, Gleize Olivier, Martel Simon, 2024. Essences et méthodes de plantation pour l'enrichissement en régénération naturelle acquise en futaie régulière. Rendez-Vous Techniques 80, p23-25. https://hal.science/ONF-RDVT/hal-04867412v1

[3] Vallet P., *An efficient hyperbolic equation for modelling environmental constraints in ecology, soumis à Methods in Peer Community in Ecology (PCI Ecology)*

Partenaires du projet

Ont contribué à ce projet :

Pour l'ONF : Antoine Billard, Thomas Cordonnier, Salomé Fournier, Martin Delsart et Christine Deleuze

Pour le CNPF : Antoine Billard, Soisick Figueres, Olivier Gleize et Simon Martel

Pour l'INRAE : Patrick Vallet et Mathieu Combaud

Pour I4CE : Simon Martel et Julia Grimault

Remerciements

Toute l'équipe du projet souhaite remercier chaleureusement l'ensemble des personnes enquêtées pour le bon accueil et le temps qu'elles ont pu nous consacrer.

Nous remercions les différents membres du comité de pilotage pour le regard extérieur apporté à la revue de ce projet : Henry de Revel (FBF), Alec Birckersteth et Charles Tissot (DGEC-MTE), Marine Marcdargent (DGPE-MASA), Léa Houppert (ADEME), Caroline Berwick, Michel Moulin et Vianney Falconnet (GCF), Hortense Wiart et Lucas Ellens (Fransylva), Brice Kévin (SF CDC), Christophe Chauvin (FNE).

Nous remercions le RMT AFORCE pour la mise à disposition de ses outils ClimEssences et BioclimSol, ainsi qu'Alexandre Piboule pour l'appui à la mise à jour de ClimEssences.

Enfin, nous remercions le GIS Coop groupe Chêne[4] et le Réseau de Sylviculture Juvénile du Hêtre pour le partage de données.

Nous remercions également le financeur de ce projet : France Bois Forêt.

Tournée de l'équipe MELBAC en forêt de Verdun le 26 octobre 2023







[4] https://www6.inrae.fr/giscoop