

Convention Région Sud/ONF Rapport 2021-2022 – Axe Carbone

*Éléments techniques et outils pratiques pour le
développement des projets forestiers de compensation
des émissions carbone*

Maître d'ouvrage :

Région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Direction de l'Agriculture, de la Forêt et de l'Eau
Service Agriculture et Forêt
Hôtel de Région - 27 place Jules Guesde - 13481 Marseille cedex 20

Contact :

Nicolas OUDART, Chargé de mission filière bois
Tél : 0488736838
Mobile : 0662800404

Intitulé de l'étude :

Eléments techniques et outils pratiques pour le développement des projets forestiers de compensation des émissions carbone

Structure de réalisation :

OFFICE NATIONAL DES FORETS, Bureau d'études Côte d'Azur.

Auteur de l'étude :

Nathalie PATRY, Chargée d'étude forêts et milieux naturels

Appui technique :

Benoit LARROQUE, Responsable du pôle ingénierie financière et environnement ;
Florian D'INGEO, Chargé d'études Loisirs nature et Développement territorial pour la réalisation des deux plaquettes ;
Salomé FOURNIER, Chargée de recherche et développement et le réseau Recherche Développement et Innovation (RDI) de l'ONF pour la production des abaques par essences.
Les personnels techniques en agence et en unités territoriales pour les remontées d'informations du terrain.

Photo couverture : Florian D'INGEO (2022)

Suivi :

Version 1 du 19 Décembre 2022.

Référence à utiliser :

ONF, 2022. Eléments techniques et outils pratiques pour le développement des projets forestiers de compensation des émissions carbone, Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, XXp + annexes.



Table des matières

INTRODUCTION

| | |
|---|------------------------------------|
| EN LIEN AVEC LE LABEL BAS CARBONE | 5 |
| A. Formalisation de supports de vulgarisation | 6 |
| B. Identification de projets potentiels | 6 |
| C. Intérêt d'une méthode LBC par enrichissement..... | 9 |
| CAPACITES DE SEQUESTRATION DE PEUPLEMENTS..... | 22 |
| A. Pour rappel | 23 |
| B. Abaques déclinés par essences et classes de fertilité | 24 |
| C. Exemple pour le sapin, en fertilité 1 | 29 |
| D. Prochains développements | 31 |
| REFLEXION AUTOUR DE LA DEFINITION D'ITINERAIRES DE SYLVICULTURE AMELIORANTE POUR LE CARBONE..... | Erreur ! Signet non défini. |
| A. Etat des lieux de l'existant..... | Erreur ! Signet non défini. |
| B. Avancées du réseau RDI | Erreur ! Signet non défini. |
| C. Autres méthodes LBC potentielles à développer..... | Erreur ! Signet non défini. |
| CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES | Erreur ! Signet non défini. |
| ANNEXES | 32 |
| BIBLIOGRAPHIE..... | Erreur ! Signet non défini. |

Introduction

Grâce à son plan climat, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur est fortement impliquée dans la transition énergétique et écologique. Elle est également la 2e région la plus boisée de France avec 52% couvert par de la forêt.

La forêt est un outil privilégié de séquestration et stockage des émissions résiduelles de carbone. Elle peut donner lieu à des opérations de gestion additionnelle carbone (= améliorant la capacité de stockage) à travers des démarches rapprochant les intérêts des propriétaires forestiers de ceux des acteurs économiques soucieux de réduire leur empreinte.

Pour ce faire, il est nécessaire de disposer d'un certain nombre d'outils permettant d'objectiver la plus-value carbone des actions forestières et d'un potentiel de projets. Ceci pour accroître progressivement dans la région, le nombre d'opérations de compensation.

Les dispositifs financiers de soutien à l'investissement déjà en place en région (1 million d'arbres, sylviculture, fonds RESPIR) mais aussi la structuration d'une communauté d'acteurs du label bas carbone, constituent des atouts certains pour le développement de projets en Provence-Alpes-Côte d'Azur.

L'Office National des Forêts gère en région Provence-Alpes-Côte d'Azur autour de 720 000 ha de forêts relevant du régime forestier, en forêts domaniales ou des collectivités. Cette surface est propice pour l'installation de potentielles opérations favorisant le stockage du carbone.

L'action s'inscrit dans ce contexte et en complémentarité avec ces démarches pour faciliter la concrétisation de projets forestiers.

Trois approches sont abordées :

- Des actions en lien avec le Label Bas Carbone (supports de vulgarisation, identification de sites, réflexion sur le développement d'une méthode axé sur les plantations en enrichissement);
- Hors label, la fiabilisation des estimations de capacités de séquestration de peuplements à l'échelle du cycle sylvicole (abaques déclinés par essences et classes de fertilité);
- Hors projet spécifique, une réflexion autour de la définition d'itinéraires de sylviculture améliorante pour le carbone (en intégrant les paramètres séquestration et stockage).



En lien avec le Label Bas Carbone

A. Formalisation de supports de vulgarisation

Pour promouvoir l'émergence de dossiers au Label Bas Carbone (LBC), deux plaquettes ont été conçues :

- la première à destination des élus, qui sera utile pour les propriétaires et les gestionnaires ;
- et la deuxième pour les financeurs.

Ces plaquettes sont constituées de deux volets A4 recto-verso.

Les versions proposées sont disponibles en annexe 1 et 2.

B. Identification de projets potentiels

1. Listes des projets identifiés

Les projets potentiels en forêt publique ont été recensés avec consultations de l'application cartographique de recensement des peuplements déperissants et de pré-diagnostic de parcelles.

Ils sont listés dans le tableau ci-dessous :

| Nom du projet | Commune | Méthode LBC utilisée | N° parcelles | Brève description | Surface |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|--------------|--|---------|
| Forêt domaniale de La Madone | Villars-sur-Var | Reconstitution de peuplements | 9 | Reboisement à la suite du dépérissement d'un peuplement de pins noirs, dans le cadre du changement climatique. | 2 ha |
| Forêt Domaniale du Pali | Cuébris | Reconstitution de peuplements | 15 et 16 | Reboisement à la suite du dépérissement des pins sylvestre, dans le cadre du changement climatique. | 3 ha |
| Forêt domaniale du Val Daluis | Val Daluis | Reconstitution de peuplements | 7 | Reboisement à la suite du dépérissement d'un peuplement de pins, dans le cadre du changement climatique. | 3 ha |
| Forêt domaniale de la Vésubie | Roquebilière | Reconstitution de peuplements | 8 | Reboisement à la suite du dépérissement d'un peuplement de pins, dans le cadre du changement climatique. | 3,6 ha |

Tableau 1 : Récapitulatif des projets LBC potentiels pour le catalogue région

Chaque projet fait l'objet d'une fiche descriptive plus complète disponible en annexe 3.

2. Autres projets

Deux projets concernant la méthode balivage du taillis n'ont pu être développés sur cette méthode car celle-ci concerne uniquement des peuplements situés sur des stations de bonne fertilité ce qui n'est pas le cas de ces parcelles et ce qui est rare en région méditerranéenne. Ces projets sont cependant notés pour mémoire car ils feront l'objet d'une application test de la méthode LBC initiale mais sur une durée plus longue que 30 ans, pour estimer l'effet de séquestration carbone sur la durée de vie du peuplement.

| Nom du projet | Commune | Méthode LBC utilisée | N° parcelles | Brève description | Surface |
|--------------------------------|-----------|----------------------|--------------|---|---------|
| Forêt communale de Belvédère 2 | Belvédère | Balivage Taillis | | Ostrya de 25-30 ans | |
| Forêt communale de Pierrefeu | Pierrefeu | Balivage Taillis | 14 et 15 | Conversion de taillis en futaie sur souches | 10 ha |

Tableau 2 : Récapitulatif des projets hors LBC pour le balivage du taillis

3. Freins à l'émergence de projets LBC dans la région

Différents freins limitent l'émergence de projets LBC dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur :

a. Des stations souvent pauvres en région méditerranéenne

Avec des stations souvent pauvres en région méditerranéenne par rapport au reste de la France, d'une part l'utilité de planter est moins prégnante, comme rappelé dans les méthodes LBC « boisement » et « reconstitution de forêts dégradées », et d'autre part la différence de séquestration de carbone par rapport à un état de référence sans plantation est plus faible. Si une valeur plus faible de croissance pour la friche de l'état de référence est retenue dans la grande région écologique (gréco) Méditerranée ce n'est pas le cas pour les Alpes du sud inclus dans la gréco Alpes.

La méthode LBC « balivage du taillis » n'est applicable que pour des peuplements de bonne fertilité.

b. Des coûts de plantation élevés

De plus les secteurs concernés par de potentiels projets de plantation sont souvent difficilement accessibles et nécessitent l'intervention d'engins coûteux (pelle araignée). Ainsi des coûts de plantation élevés pour des peuplements avec une faible croissance, rendent par extension le coût de la tonne de carbone/ha moins attractif que dans d'autres régions.

Cependant les projets demeurants actuellement rares, les investisseurs privés, avec l'appui d'aides publiques, soutiennent les projets locaux qui arrivent à se mettre en place.

c. Un risque incendie élevé

L'utilité de planter peut-être remise en cause dans certains secteurs où le risque incendie est très élevé (exemple : secteur post-incendie de Gonfaron). La trop forte probabilité qu'un nouvel incendie se reproduise sur le secteur avant que la plantation n'ait atteint sa maturité enlève tout intérêt à la réalisation de celle-ci.

Dans le cadre de la méthode LBC « reconstitution de forêts dégradées » un risque incendie élevé enlève un rabais très conséquent aux tonnes de carbone prévisionnelles séquestrées, avec un fonctionnement par un système « d'assurance » collectif. Ce rabais permet de prendre convenablement en compte ce risque mais s'ajoute au rabais risques généraux, augmentant également le coût de la tonne de carbone/ha des projets.

d. Une régénération naturelle privilégiée

En lien avec les facteurs précédents, de milieux stationnels pauvres et de risque incendie élevé, et associé à une biodiversité riche et fragile, la régénération naturelle est souvent privilégiée pour renouveler les peuplements de la région. Les individus sont alors mieux adaptés aux conditions locales et à moindre coût.

e. Un label pour des plantations en plein

Pour être labellisé il est nécessaire de planter une surface minimale de 0,5 ha d'un seul tenant que ce soit dans les méthodes LBC « boisement » et « reconstitution de forêts dégradées » (Version 1 et 2). Or dans la région des plantations par enrichissement sont souvent privilégiées (voir C. Intérêt d'une méthode LBC par enrichissement).

f. Le délai de 5 ans

Seuls les sinistres de moins de 5 ans sont éligibles au LBC, or il est nécessaire d'attendre quelques années avant d'observer une réponse du milieu et une possible régénération. En région méditerranéenne où la croissance est lente, ce délai est une vraie contrainte.

g. Les délais de labélisation

Depuis que les projets sont traités en DREAL, les délais de traitement ont augmenté. Cela complique la réalisation des projets car les plantations doivent se faire dans un délai court après la coupe, dans l'idéal la même année, sinon les recrûs se développent ce qui complique les plantations ou induit des coûts supplémentaires.

h. L'avance des frais pour les petites communes

Les coûts de constitution de dossier LBC de plusieurs milliers d'euros, sans certitude d'être labellisé par la suite, freinent le développement de projets notamment pour de petites communes rurales.

i. La facilité d'autres sources de financement

Le plan de relance a permis de financer des projets de plantation sans les labelliser LBC et avec moins de restriction. De plus des mécènes, y compris par le fonds Respir, ne recherchent pas forcément une labellisation LBC. Les mécènes sont intéressés en premier point par des investissements pour des projets locaux et de qualité. De plus dans le cadre des mesures compensatoires de défrichements (MCD), le pétitionnaire peut s'acquitter de la compensation en effectuant des travaux de boisement ou de reboisement sur une surface équivalente assortie d'un coefficient multiplicateur compris entre 1 et 5.

C. Intérêt d'une méthode LBC par enrichissement

1. Contexte

En région Provence-Alpes-Côte d'Azur une telle méthode serait nécessaire pour :

- Des plantations au sein de peuplements dépérissants :
 - o dans les trouées exploitées avec maintien des arbres sains en place ;
 - o en diversification (essences adaptées au changement climatique) avec appui de la régénération naturelle.
- Au stade du renouvellement d'un peuplement mûr, dans le cas d'essence inadaptée mais non dépérissante, pour anticiper le changement.

La première partie de la proposition s'approche du contexte de la méthode « reconstitution de forêts dégradées », elle y apporte une réponse complémentaire, avec une plus faible densité de plantation par hectare mais qui permettrait de traiter de plus grandes surfaces dans les futurs projets carbone. Cette méthode présente un ensemble d'avantages développés ci-après.

La deuxième partie de la proposition s'appuie sur le constat que les peuplements déjà dépérissant sont souvent situés sur des stations moins favorables, plus sèches ou en limite de l'aire des espèces. En s'appuyant sur le croisement entre les peuplements arrivés à maturité prévus au programme de coupes et les cartes de sensibilités des essences au changement climatique, il serait possible d'être dans une démarche pro-active pour adapter les peuplements progressivement. Ces enrichissements en essences adaptées au changement climatique sur des zones plus fertiles permettraient de stocker davantage de carbone qu'avec le maintien d'une régénération vouée à disparaître.

Dans les deux cas le développement de cette méthode permettrait également des ouvertures sur des possibilités inexistantes dans les méthodes actuelles comme l'utilisation de semis.

2. Intérêts techniques

Une méthode par enrichissement est privilégiée pour éviter les coupes rases et maintenir des arbres vivants en place. D'un point de vue sylvicole, en intervenant uniquement sur une partie de la parcelle, cette méthode présente un grand nombre d'avantages par rapport à la plantation en plein.

Elle permet :

- de limiter l'impact sur les sols et les phénomènes d'érosion ;
- de s'appuyer au maximum sur le développement de la régénération naturelle ;
- d'introduire de nouvelles essences, plus adaptées au changement climatique, tout en maintenant l'ancienne en place, de manière à diversifier les peuplements ;
- de maintenir des arbustes et un couvert protecteur favorable au développement des plants ou semis en placeaux (= plantation sous couvert) ;

- de créer des peuplements plus résilients par cette multiplicité d'essences et d'individus d'âges variés ;
- d'avoir une meilleure intégration paysagère en évitant les coupes rases ;
- et une meilleure acceptabilité du public par un changement progressif ;
- de réduire les coûts de régénération à l'échelle de la parcelle ou de traiter de plus grandes surfaces.

Cette méthode nécessite cependant un suivi plus important, avec une géolocalisation des placeaux, pour poursuivre les travaux nécessaires aux individus plantés.

Que ce soit dans le cadre d'une plantation en plein et ou d'enrichissement, des cloisonnements d'exploitation sont indispensables pour préserver le sol du reste de la parcelle.

3. Quelle densité ?

Lorsque des plantations en enrichissement sont évoquées, plusieurs types de densité et d'installation sont possibles.

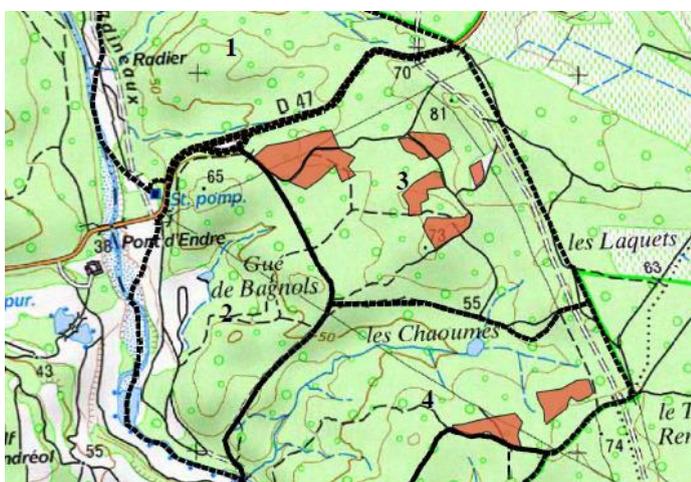
a. Des îlots conséquents mais inférieurs à 0,5 ha

Cet usage correspond à de la plantation en plein mais réalisée uniquement sur de petites surfaces.

Par exemple dans le projet de plantation pour l'aéroport de Nice Côte d'Azur, en forêt communale du Muy, les îlots proposés font entre 1 ha et 0,1 ha voire un à 0,05 ha pour le plus petit.

Cette technique n'est pas de l'enrichissement strict et pourrait être facilement intégré dans la méthode « reconstitution de forêts dégradées ».

Elle pourrait aussi être incluse dans la nouvelle méthode pour bénéficier des possibilités d'adaptation au changement climatique et d'installation en semis, si ces ajouts sont retenus.



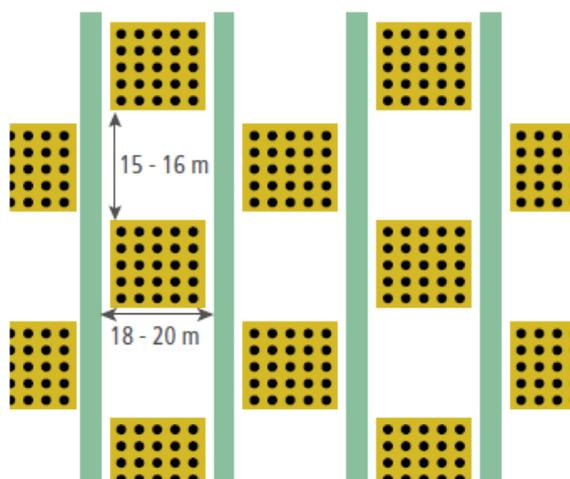
Exemple projet initial en forêt communale du Muy

b. Des plantations par placeaux sur la moitié de la surface

C'est le type de plantation recommandé dans l'ouvrage « Gestion des peuplements de production vulnérables et déperissants » rédigé par l'ONF avec le soutien de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Les placeaux comprennent entre 16 et 25 plants en général. Au sein des placeaux l'espacement des plants est le même que celui recommandée pour la plantation en plein de l'essence considérée (en général 3x3 m, réduit à 2x2 m pour le sapin).

Le nombre de placeau par hectare est compris entre 25 et 50, soit une densité de plantation de l'ordre de 500 plants/ha (voire 600 tiges/ha demandés dans les plantations du plan de relance).



*Exemple de schéma de plantation par placeaux
(les bandes vertes représentent les cloisonnements d'exploitation)*

*Exemple issu du guide « Gestion des peuplements
de production vulnérable et déperissant »*

c. Des enrichissements par placeaux ponctuels

Les enrichissements sont réalisés dans des trouées sur moins de la moitié de la surface, ou au sein de placeaux plus petits avec seulement 9 plants, soit avec une densité sur la parcelle d'environ 250 tiges/ha.

4. Utilisation en forêts publiques

Lors de projet de plantation en forêt publique sur la région, il y a une forte demande pour que celles-ci soient réalisées en enrichissement par placeaux pour bénéficier des avantages vus précédemment.

Les exemples suivants illustrent les possibilités d'utilisation d'une telle méthode au sein de la région et l'intérêt d'ouvrir les conditions d'éligibilité à l'adaptation au changement climatique.

a. Projets issus de la Webcarto

Une Webcarto a été mise en place en 2020 pour recenser les besoins de reconstitution des parcelles sinistrées en forêts publiques.

Les tableaux 3 et 4 de la page suivante présentent une analyse sur les différentes parcelles sinistrées de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur avec, en fonction de l'origine du sinistre, les propositions de reconstitution, en nombre de projets dans le premier tableau et en surfaces à reconstituer dans le deuxième. Ces résultats sont issus d'une l'extraction de la Webcarto de mars 2022.

Ainsi parmi les projets sur la région nécessitant des travaux de plantation, l'utilisation de l'enrichissement par placeaux est proposée pour 76% d'entre eux, et représentait 87% des surfaces. Ces valeurs montrent tout l'intérêt d'ouvrir le label bas carbone à cette méthode pour dynamiser le nombre de projets potentiels labellissables dans la région.

Les cas de sinistres recensés ne concernent pas tous les conditions d'éligibilité actuelles du label bas carbone. Les cas d'adaptation au changement climatique qui pourraient être inclus dans la nouvelle méthode concernent, pour la Webcarto, 12% des projets potentiels de plantations.

Les cas de sécheresse et incendie sont prédominants.

Le tableau 5, deux pages après, sélectionne parmi les projets de la webcarto des peuplements déperissants en forêts publiques, ceux dont les origines sont compatibles avec le label bas carbone (tempête, incendie, déperissement) et pour lesquels un mode de reconstitution par de la plantation en plein est envisagé. Il n'y a alors plus que 22 projets sur les 346 projets sur la région !

Que ce soit dans un sens ou dans l'autre, le constat de l'intérêt d'ouvrir les méthodes actuelles est facilement perceptible. Un point positif : parmi ces projets un grand nombre ont déjà été réalisés (les lieux et les parcelles de la forêt en question ont parfois été adaptés) dans un laps de temps court entre 2020 pour la parution de la webcarto et actuellement fin 2022 la rédaction de ce rapport. En revanche seul un projet est déposé en tant que LBC. Ainsi même lorsque la plupart des critères LBC sont réunis, le dépôt de dossier est difficile, en lien avec l'ensemble des freins listés précédemment.

Tableaux 3 et 4 : Données webcarto des parcelles forestières sinistrées en forêt publique sur la région

| En surface (ha) | A définir ultérieurement | Pas intervention (libre évolution) | Plantation en plein | Plantation par plateau | Regé nat avec travaux extensifs ou par plages | Regé. Nat travaux intensifs | Total général |
|--|--------------------------|------------------------------------|---------------------|------------------------|---|-----------------------------|----------------|
| Adaptation Changement Climatique | | | 66.5 | 97.24 | | | 163.74 |
| Autres facteurs abiotiques | 13 | 493 | 1 | | | | 507 |
| Autres facteurs biotiques | | | 30.3 | 12.5 | | | 42.8 |
| Chalarose | | | | 39.16 | | | 39.16 |
| Incendie | 66.5 | 536.5 | 41.05 | 308.08 | 36 | 5 | 993.13 |
| Scolytes | 10 | | 1 | 7 | | | 18 |
| Sécheresse ou canicule | 146 | 249.07 | 40.4 | 749.04 | | 10.55 | 1195.06 |
| Tempête | | | 3 | 5 | 8 | | 16 |
| Total général | 235.5 | 1278.57 | 183.25 | 1218.02 | 44 | 15.55 | 2974.89 |
| Total projets plantation = 1401,27 ha | | | | | | | |

| En nombre de projets | A définir ultérieurement | Pas intervention (libre évolution) | Plantation en plein | Plantation par plateau | Regé nat avec travaux extensifs ou par plages | Regé. Nat travaux intensifs | Total général |
|--|--------------------------|------------------------------------|---------------------|------------------------|---|-----------------------------|---------------|
| Adaptation CC | | | 25 | 14 | | | 39 |
| Autres facteurs abiotiques | 3 | 24 | 1 | | | | 28 |
| Autres facteurs biotiques | | | 7 | 9 | | | 16 |
| Chalarose | | | | 2 | | | 2 |
| Incendie | 7 | 40 | 8 | 16 | 4 | 1 | 76 |
| Scolytes | 1 | | 2 | 2 | | | 5 |
| Sécheresse ou canicule | 16 | 13 | 11 | 131 | | 6 | 177 |
| Tempête | | | 1 | 1 | 1 | | 3 |
| Total général | 27 | 77 | 55 | 175 | 5 | 7 | 346 |
| Total nombre projets plantation = 230 | | | | | | | |

Tableau 5 : sélection dans la webcarto des origines des sinistre compatibles avec le LBC et pour lesquels une plantation en plein est envisagées

| Code Forêt | Code Parcelle | Code UG | Surface de l'UG (en ha) | Origine du sinistre | Essence majoritaire touchée | Surface à reconstituer | Essence principale envisagée | Remarques |
|------------|---------------|---------|-------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------------|--|
| BARBENTA | 3 | u | 18.66 | Tempête | Autres résineux | 3 | Autres résineux MFR | |
| CANJUERS | 2004 | x | 565.44 | Incendie | Pin sylvestre | 27 | Cèdres | |
| CCARROS | 5 | c | 6.37 | Incendie | Autres résineux | 5 | Cèdres | Projet LBC déposé |
| CS-CEZAI | 8 | p | 25.66 | Incendie | Autres résineux | 0.5 | Cèdres | Incendie de 2017, intégré dans projets pour ACA |
| CS-CEZAI | 9 | p | 12.13 | Incendie | Autres résineux | 0.5 | Cèdres | |
| VENTOURE | 17 | b | 7.98 | Sécheresse ou canicule | Autres résineux | 6 | Pins noirs | |
| CSERANON | 5 | 2 | 17.96 | Sécheresse ou canicule | Sapin pectiné | 0.9 | Cèdres | Intégré dans projets pour ACA – non éligible LBC |
| CSERANON | 17 | 1 | 28.73 | Scolytes | Pin sylvestre | 0.5 | Cèdres | |
| CSERANON | 18 | 1 | 12.08 | Scolytes | Pin sylvestre | 0.5 | Cèdres | |
| CSERANON | 8 | 2 | 18.2 | Sécheresse ou canicule | Pin sylvestre | 0.5 | Cèdres | |
| DBAS-THO | 13 | a | 13.76 | Sécheresse ou canicule | Sapin pectiné | 3 | Cèdres | Plantations du plan de relance en parcelles 14 et 15 |
| DBAS-THO | 11 | r | 13.42 | Sécheresse ou canicule | Sapin pectiné | 4 | Cèdres | |
| DBLEYNE | 5 | i | 27.58 | Sécheresse ou canicule | Sapin pectiné | 20 | Cèdres | Plantations du plan de relance en parcelles 6 et 7 |
| DH-ESTER | 17 | r | 45.87 | Sécheresse ou canicule | Pin sylvestre | 1 | Cèdres | Plantations du plan de relance en parcelles 6, 7, 3, 15 et 5 |
| DH-ESTER | 3 | a | 61.61 | Sécheresse ou canicule | Pin sylvestre | 1 | Cèdres | |
| DH-ESTER | 6 | a | 11.05 | Sécheresse ou canicule | Pin sylvestre | 1 | Pin sylvestre | |
| DH-ESTER | 10 | n | 65.26 | Sécheresse ou canicule | Pin sylvestre | 1 | Cèdres | |
| DH-ESTER | 17 | r | 45.87 | Sécheresse ou canicule | Pin sylvestre | 2 | Cèdres | |
| MAURINCL | 2 | a | 43.36 | Incendie | Autres résineux | 1.2 | Autres résineux MFR | Plantations du plan de relance en parcelle 5 |
| MONTFORT | 5 | m | 0.85 | Incendie | Autres résineux | 0.85 | Autres résineux MFR | |
| MUY | 3 | y | 26.61 | Incendie | Autres résineux | 3 | Cèdres | Incendie ancien, plantation en pin pignon réalisée avec ACA. |
| MUY | 4 | y | 35.25 | Incendie | Autres résineux | 3 | Cèdres | |

b. Projets du plan de relance

Le plan France relance en investissant pour engager le renouvellement forestier dans le contexte du changement climatique, avec des critères d'éligibilités plus larges que ceux du label bas carbone, permet d'estimer les potentialités sur la région si les critères du LBC venaient à s'élargir.

En forêt communale, il n'y a que 3 dossiers plan de relance en PACA : Roubion, Bollène Vésubie et Marcoux. C'est très peu mais ce n'est pas surprenant. Les conditions d'éligibilité restant restrictives, les communes privilégient le guichet de la Région, même si le taux de subvention est plus faible (40% avant 2023), car la constitution des dossiers y est plus souple.

En forêt domaniale, l'effet d'aubaine du plan de relance, avec un financement à 100%, a permis d'investir en renouvellement là où cela n'aurait pas été fait habituellement, avec les budgets ordinaires de travaux. Les entretiens de ces plantations ne sont toutefois pas couverts, ce qui va causer des difficultés par la suite.

Les dossiers en forêt domaniale du plan de relance sont éligibles au LBC (sous réserve du financement d'une surface de 25% hors plan de relance) mais en région Provence-Alpes-Côte d'Azur il n'y a pratiquement aucun dossier plan de relance éligible au LBC. L'essentiel des projets relève de l'anticipation du changement climatique. Les cas relevant de causes sécheresse et canicule (donc plantation suite à du dépérissement) sont pour la plupart des plantations par placeaux. Le seul cas de plantation en plein, suite dépérissement à cause de la sécheresse canicule est le Toulourenc, dossier qui a fait l'objet d'une labellisation LBC.

Le tableau suivant récapitule les projets de la région en forêt domaniale en fonction des causes du reboisement et de l'itinéraire sylvicole choisi pour 2021.

Tableau 6 : Projets du plan de relance, en forêt domaniale, dans la région

| Nombre de projets | Plantation en plein | Plantation par placeaux |
|---|-------------------------------|-------------------------|
| Anticipation climatique | 16 | 37 |
| Reboisement suite à un dessèchement climatique (sécheresse ou canicule) | | 10 |
| Reboisement après d'autres attaques sanitaires | 2 | |
| Total général | 18 | 47 |
| | Total des projets = 65 | |

Ainsi les plantations par placeaux représentent 57% des plantations Plan de relance de la région (47/65). Les plantations dans le cas de l'anticipation au changement climatique représentent 82% des projets (53/65).

Cette synthèse sur les projets du plan de relance montre également clairement l'utilité dans notre région d'une nouvelle méthode LBC par enrichissement.

c. Coupes à l'état d'assiette

Chaque année, chaque agence étudie l'état d'assiette à réaliser sur son territoire l'année suivante. Il est ainsi possible, en utilisant les cartes Oscar de sensibilité des essences, de sélectionner les coupes correspondant à des zones de forte fragilité des essences en place et de se poser la question de la pertinence d'y réaliser un enrichissement, pour débiter l'adaptation du peuplement.

Par exemple pour l'agence Var-Alpes-Maritimes, il est possible de sélectionner les coupes :

- prévues à l'état d'assiette des prochaines années, par exemple 2023-2028 ;
- pour les essences concernées par les cartes Oscar de sensibilité : Sapin pectiné, Pin sylvestre et Pin noir ;

Sur cette idée voici le tableau 7 regroupe pour les coupes prévues sur le Pin sylvestre en 2024 sur l'agence Var-Alpes-Maritimes, les informations liées à la coupe et les valeurs de sensibilité des cartes Oscar projetées sur la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Ces valeurs de Sécheresse Relative climatique (SRc) et Sécheresse Relative stationnelle (SRs) ont été extraites grâce à un croisement spatial des données sur un système d'information géographique (SIG).

Tableau 7 : Coupes prévues en 2024 sur le Pin sylvestre sur l'agence 06-83

| Forêt | Surface UG | Groupe | UG | Type de coupe | Surface coupe | Volume coupe / ha | Volume coupe total | SRc | SRs |
|---------------------|------------|--------|------|---------------|---------------|-------------------|--------------------|-----|-----|
| FC CAILLE | 21,71 | AME | 6_a | AMEL | 13.62 | 40 | 544.8 | 179 | 133 |
| FC LE MAS | 15,58 | REG | 4_r | RE | 12.01 | 80 | 960.8 | 157 | 158 |
| FC VALDEROURE | 24,43 | AME | 3_a | AMEL | 24.43 | 70 | 1710.1 | 199 | 167 |
| FC MONS | 19,26 | AME | 4_x | AMEL | 5.33 | 60 | 319.8 | 191 | 167 |
| FC LA BRIGUE | 26,91 | IRR | 81_x | IRR | 5 | 60 | 300 | 155 | 172 |
| FD LA CAINEE | 14,55 | TAI | 33_m | SF | 3 | 50 | 150 | 185 | 194 |
| FD NANS | 72,93 | AME | 1_x | AMEL | 10 | 120 | 1200 | 187 | 197 |
| FC THIERY | 21,25 | IRR | 17_i | RE | 2.38 | 36 | 85.68 | 197 | 197 |
| FC GUILLAUMES | 18,44 | PAR | 6_p | RD | 18.44 | 250 | 1139.25 | 198 | 201 |
| FD LA CAINEE | 5,31 | TAI | 34_m | SF | 1 | 50 | 50 | 192 | 220 |
| FC THIERY | 5,65 | REG | 24_r | RE | 5.65 | 101 | 570.65 | 226 | 233 |
| FC LA BRIGUE | 21,36 | IRR | 82_x | IRR | 5 | 60 | 300 | 235 | 239 |
| FD FAYE DU BOURGUET | 50,98 | AME | 13_x | RD | 5.78 | 100 | 578 | 250 | 247 |
| FC CHATEAUVIEUX | 4,79 | REG | 1_r | RGN | 4.79 | 80 | 383.2 | 253 | 249 |
| FC CHATEAUVIEUX | 1,58 | REG | 3_r | RGN | 1.58 | 90 | 142.2 | 253 | 249 |
| FC AMIRAT | 8,43 | REG | 2_r | RA | 8.43 | 60 | 505.8 | 252 | 251 |

Les valeurs de Sécheresse Relative climatique (SRc) et Sécheresse Relative stationnelle (SRs) sont relatives par rapport à l'étendue géographique choisie, ici la région, et s'échelonne visuellement du vert (vigilance relative faible) avec une valeur proche de 0, au rouge (vigilance relative forte) dont la valeur maximale est 256.

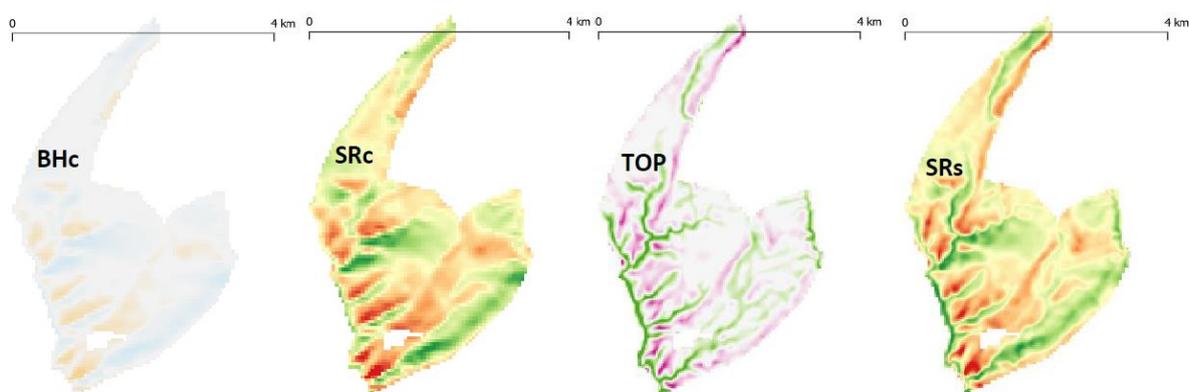
Les secteurs prévus en coupe de pin sylvestre en 2024 sur l'agence 06-83 présentent des valeurs de SRs allant de moyenne à très élevée. Il sera nécessaire par la suite de choisir un seuil d'étude. Les valeurs affichées permettent déjà une première évaluation de sensibilité avec par exemple

8 projets ont des valeurs au-dessus de 200/256. Ses projets seront à étudier en priorité pour évaluer l'intérêt d'un enrichissement. Cette évaluation de terrain pourrait être faite en même temps que la préparation de la coupe.

Pour rappel la carte de Sécheresse Relative climatique (SRc) est déduite du bilan hydrique climatique (BHc). Celui-ci prend en compte la différence entre les précipitations et l'évaporation potentielle, en fonction du climat de référence actuel.

La carte de Sécheresse Relative stationnelle (SRs) est déduite du bilan hydrique stationnel (BHs) obtenues par la combinaison entre le bilan hydrique climatique (BHc) (vu ci-dessus) et l'indice de Topographie locale/Sol. Il apporte une information, sur l'influence de situations de relief plus ou moins favorables à ces apports ou à ces pertes hydriques, et donc atténuant ou aggravant la contrainte de sécheresse d'origine climatique, au sein du territoire considéré.

Exemple de quelques cartes : F.D de St-Lambert (84)



Exemple de cartes Oscar issues de la Notice d'utilisation de juillet 2021

5. Adaptation dans une méthode LBC

Après avoir constaté l'utilité d'une méthode par enrichissement à la fois d'un point de vue sylvicole et d'usage actuel sur le terrain, il est nécessaire de s'interroger sur les faisabilités techniques de son développement.

a. Cadre

Il faut réussir à borner le cadre de la méthode pour bien cibler les cas concernés dans un ensemble cohérent, tout en laissant suffisamment de possibilités pour ne pas trop restreindre les projets.

Il est ainsi possible de proposer les cas vus dans le contexte :

- des plantations au sein de peuplements dépérissants :
 - o dans les trouées exploitées avec maintien des arbres sains en place ;
 - o en diversification (essences adaptées au changement climatique) avec appui de la régénération naturelle.
- au stade du renouvellement d'un peuplement mûr, dans le cas d'essence inadaptée mais non dépérissante, pour anticiper le changement.

Et les différentes densités de plantation envisagées, avec un ajustement possible au moment de la méthode de calcul :

- Plantation en plein sur de faible surface (<0,5 ha) ;
- Plantation avec des densités de 500-600 plants/ha ;
- Plantation avec de faible densités de 250 plants/ha ;

Enfin avec l'ajout de spécificités supplémentaires cohérentes, comme la prise en compte des semis pour les plantations.

Par contre les travaux sylvicoles ne faisant pas intervenir de plantation après leur mise en œuvre semblent cependant difficiles à inclure dans cette méthode d'enrichissement. Par exemple lors du travail du sol pour la régénération du mélèze, c'est la régénération naturelle qui est privilégiée. Des plantations peuvent servir de complément mais après quelques années d'observation de la réaction du milieu. L'approche semble donc assez différente pour cet aspect.

b. Scénario de référence

Le scénario de référence peut être identique à celui des autres méthodes LBC, à savoir l'absence de plantation. En effet ce scénario est cohérent pour une comparaison avec un projet de plantation et permet une homogénéisation des méthodes.

Dans le cadre de l'anticipation du changement d'essence le scénario en l'absence de plantation est au mieux (en l'absence de blocage) l'obtention d'une régénération naturelle d'une essence inadaptée aux nouvelles conditions du milieu et qui ne permettra pas d'obtenir un peuplement mature à long terme.

c. Additionnalité

Dans le cadre du LBC l'additionnalité est à démontrer d'un point de vue :

- économique : elle est facile à démontrer dans notre région car les plantations coûtent chères et ne sont pas compensées par une possible rentabilité à long terme de coupes.

- carbone : dans le cadre de peuplements dépérissant, la démonstration s'approchera de la méthode LBC initiale avec seulement la nécessité de travailler de plus grandes surfaces pour obtenir le même taux de séquestration. Dans le cadre d'anticipation du changement climatique la démonstration devra être retravaillée avec la difficulté d'une vision actuelle de l'additionnalité à 30 ans. La difficulté étant d'estimer à partir de combien d'année la régénération naturelle inadaptée va réellement dépérir.

d. Calcul de la séquestration carbone

Il est possible d'envisager une méthode de calcul reprenant la méthode initiale et adaptée par type de densité, en considérant qu'avec une densité de 500-600 plants/ha, la moitié de la surface totale est plantée et qu'avec une densité à 250 plants/ha, le quart est planté. Les taux de séquestration étant ainsi obtenus au prorata.

Il est également possible dans le cadre de faible densité de plantation d'envisager un calcul directement au niveau de la potée avec une surface par potée attribuée.

Pour les semis il peut être ajouté un temps de latence dans le calcul habituel des tonnes de carbone. Les plants ayant généralement 3-4 ans lors des plantations, cette durée serait à ajouter lors d'une plantation par semis.

e. Expertise à 5 ans

L'expertise à 5 ans implique la nécessité d'avoir une connaissance précise des zones plantées. Avec les GPS actuels précis à quelques mètres cela n'apparaît pas comme une forte contrainte. De plus la nécessité de suivre les plantations (possible travaux de dégagement, protection gibier à retirer...).

f. Au niveau national

Le niveau national de l'Office national des forêts, en lien avec le service Recherche Développement et Innovation est favorable au travail de développement de cette méthode dans le cadre d'un appel à projet. L'équipe projet estime à 2 ans de travail la réalisation de cette méthode en lien avec les différents partenaires concernés (CNPF, Cofor...). Un financement additionnel de la région pourrait permettre une meilleure prise en compte du contexte méditerranéen.

TABLEAU RECAPITULATIF :

| Développement méthode LBC enrichissement | Avantages | Points d'attention |
|--|--|---|
| Intérêts techniques | | |
| Intérêt sylvicole | En ciblant les zones à replanter, en s'appuyant au maximum sur la régénération naturelle, les plantations en enrichissement permettent d'obtenir une plus grande diversité et ainsi d'être mieux adaptée aux risques liés aux changements climatiques. => meilleure résilience des peuplements. | Comme toute plantation et en particulier avec de forte année de sécheresse il y a un risque d'échec de la plantation dans ces premières années pouvant nécessiter des regarnis. |
| Intérêt paysager | Permet une meilleure intégration paysagère des plantations par rapport à des plantations en plein, en évitant les coupes rases sur de grandes surfaces. | Sur des versants l'ajout de nouvelles essences doit tenir compte du type de feuillage et adapter la forme des ilots pour conserver un aspect naturel. |
| Pratiques au sein de l'ONF | | |
| En Provence-Alpes-Côte d'Azur | Fort intérêt des UT et des Agences de la région : <ul style="list-style-type: none"> - Ce qui est pratiqué actuellement (petits ilots ou enrichissement) - En lien avec l'ouvrage « Adaptation des peuplements au changement climatique en PACA » - Forte demande dans les projets recensés dans la Webcarto des parcelles sinistrées en forêt publique. | On peut distinguer plusieurs cas : <ul style="list-style-type: none"> - Ilots conséquents mais <0,5 ha (demande faite pour adaptation dans méthode actuelle) ; - plantation par placeaux sur la moitié de la surface densité d'environ 500 tiges/ha ; - enrichissement dans trouées densité d'environ 250 tiges/ha. (les deux derniers points nécessitent nouvelle méthode) |
| Au niveau national | Méthode intéressant également le niveau national car intérêt dans d'autres régions : Demande de financement à FranceBoisForêt pour projet MELBAC « Une nouvelle Méthode d'Enrichissement pour le Label Bas Carbone pour des enrichissements dans des régénérations naturelles d'essences reconnues vulnérables aux changements climatiques par des essences à plus fort potentiel d'adaptation. » | Si cette méthode est développée au niveau national, il sera nécessaire de prendre en compte les spécificités de la région méditerranéenne. |
| Développement technique de la méthode | | |
| Cadre | En lien avec différents besoins de régénérations sylvicoles : peuplements déperissants à enrichir et diversifier, peuplements matures à adapter, possibilité des semis... | Réussir à bien borner le cadre de la méthode pour bien cibler les cas concernés tout en laissant suffisamment de possibilités pour ne pas trop restreindre les projets. |

| | | |
|--|--|---|
| Scénario de référence | Identique aux autres méthodes de plantation avec absence de plantation. | Homogénéité avec les méthodes existantes à rechercher. |
| Additionalité | Facile à démontrer car coûts de plantation élevés. Taux d'aide public similaire. | Homogénéité avec les méthodes existantes à rechercher. |
| Calcul de la séquestration carbone | Séquestration calculée à l'échelle du plateau auquel une surface est définie ou en fonction de la densité à l'hectare. | Grande surface nécessaire pour valoriser un taux de carbone intéressant. Exemple : 100 tonnes/ha en plantation en plein identique à 4 ha si 250 tiges/ha. |
| Expertise à 5 ans | Pointage au GPS possible des plateaux notamment si ceux-ci sont dispersés. Permet également suivi de la plantation (dégagement, retrait protection si nécessaire...) | Difficulté à distinguer individus issus de plantation ou de régénération naturelle sauf en cas d'essences distinctes. |
| Coûts | | |
| Pour les projets | Limite les coûts individuels des projets de plantation ou permet de travailler de plus grandes surfaces, en s'appuyant au maximum sur la régénération naturelle. | Comme pour toutes plantations le coût des travaux est élevé et très variable en fonction des conditions du terrain (pente, accès) et de la nécessité ou non de protéger les plants du gibier. De plus il y a un risque d'échec de la plantation, et en particulier les années de fortes de sécheresses, pouvant nécessiter des regarnis pour l'obtention du label. |
| Pour les tonnes de carbone séquestrées | | Augmente le coût de la tonne de carbone car : <ul style="list-style-type: none"> - coût fixe du montage du dossier LBC ; - travaux de plantation nécessitant plus de surface à parcourir pour le même nombre de plants à planter. |
| Pour le développement de la méthode | Développement multi partenarial à prévoir pour s'assurer une meilleure chance de réussite. Gain de temps expériences du CNPF pour le développement des méthodes précédentes. | 2 ans sont estimés nécessaire pour élaborer une méthode au niveau national (concertation entre les différents acteurs). Financement nécessaire. Un risque d'échec est toujours possible (expérience de la méthode rejetée du pin d'Alep) mais moins probable avec ce nouvel éclairage sur les attentes du ministère (vision à 30 ans pour la séquestration). |
| Pour les spécificités méditerranéennes | | Une attention particulière devra être apportée pour s'assurer que les spécificités méditerranéennes sont prises en compte. |



Capacités de séquestration de peuplements

A. Pour rappel

La forêt et le bois interviennent sur 3 leviers dans le cycle du carbone :

- la **séquestration**, c'est-à-dire le pouvoir des arbres à absorber le carbone par la photosynthèse ;
- le **stockage**, soit la capacité à garder ce carbone. Un arbre sur pied ou transformé (valorisé par exemple pour de la construction ou des meubles) renferme un stock à moyen-long terme de carbone. La charpente de la cathédrale de Notre-Dame de Paris a par exemple stocké du carbone pendant 800 ans ;
- la **substitution** : le bois est une ressource naturelle et renouvelable qui peut, pour certains usages, être utilisé à la place de matériaux ou de sources d'énergie plus énergivores ou d'origine fossiles comme le plastique, l'aluminium, l'acier ou le pétrole. Lorsque l'on utilise un matériau ou une ressource énergétique plus économe en émissions de carbone par « substitution » à d'autres matériaux ou énergie, on parle d'émissions évitées.

Les arbres stockent du carbone tout au long de leur cycle de vie. Ainsi, les jeunes forêts d'aujourd'hui (régénérées naturellement ou par plantation) ne compensent pas les émissions actuelles instantanément : elles séquestreront du carbone pendant de longues années.

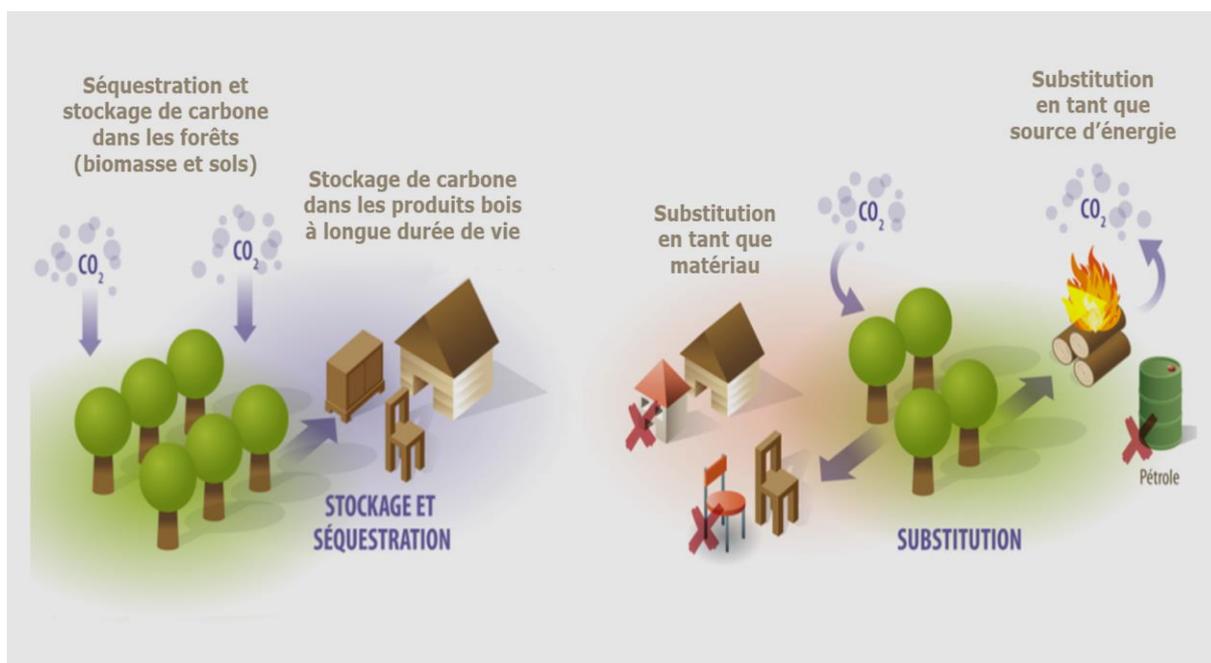


Illustration du cycle du carbone

B. Abaques déclinés par essences et classes de fertilité

Les avancées du réseau Recherche, Développement et Innovation (RDI) de l'ONF, en s'appuyant sur les guides sylvicoles existants et par le développement d'itinéraires sylvicoles complémentaires, ont permis de fiabiliser l'estimation des capacités de séquestrations des peuplements à l'échelle du cycle sylvicole pour un grand nombre d'essences, et en fonction de différentes classes de fertilité.

Ces estimations reposent sur la production de tables de données dendrométriques liées à des estimations de croissance et des modélisations d'évolution des peuplements en fonction des éclaircies, tout au long du cycle sylvicole.

Parmi ces itinéraires, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur est concernée par les suivants :

- Sapin (Alpes du sud) en fertilité 1 et 2 ;
- Pin sylvestre (Alpes du sud) en fertilité 1 et 2 ;
- Pin noir (Alpes du sud) en fertilité 1 et 2 ;
- Pin d'Alep (Côte méditerranéenne) en fertilité 1 et 2 ;
- Cèdre (National) en fertilité 2 et 3 et 4 et densité de plantation 1 100 plants ou 1 600 plants.

Un tableur complet est fourni en complément de ce rapport, reprenant l'ensemble des variables produites par le réseau RDI pour les tables des itinéraires qui concernent la région.

De plus pour chacune de ces essences, en fertilité 1 et 2, ainsi que pour le cèdre dans deux densités de plantation, une fiche décrit les capacités de séquestration des plantations au fur et à mesure de leur évolution en âges. Soit 14 fiches synthétiques au total, au format A4, en annexe 4.

Ces abaques donnent des valeurs de séquestration des peuplements au-delà des trente premières années des plantations, jusqu'à une durée correspondant à la période de rotation du peuplement où les arbres arrivés à maturité sont récoltés. Ainsi ces données permettent une utilisation plus large que celui du label bas carbone, avec une vision à plus long terme de la séquestration du carbone.

Les tables contiennent 45 variables réparties dans 4 types :

- Description de l'itinéraire ;
- Variables dendrométriques ;
- Variables d'éclaircies ;
- Variables de comptabilité carbone.

Les fiches synthétiques reprennent 15 variables. La description de l'itinéraire est présentée dans l'en-tête de la fiche.

1. Description de l'itinéraire

Pour chaque itinéraire, il est précisé l'essence, la fertilité, l'origine des graines (plantation ou régénération naturelle), la densité et le guide sylvicole utilisé.

Dans les fiches synthétiques ces informations sont indiquées dans l'en-tête.

2. Variables dendrométriques

Les variables dendrométriques décrivent l'évolution du peuplement au cours de sa croissance et au fur et en réaction aux différentes éclaircies. Toutes les abréviations des variables de ce type débutent par « stand » sur la table complète.

Les variables suivantes sont décrites :

- L'âge de la graine (stand_age) en année.

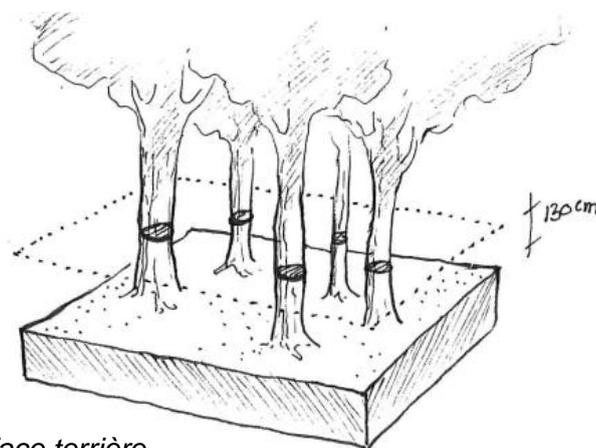
- Le peuplement avant ou après éclaircie (stand_cut) avec des valeurs de « 1 » pour avant et de « 2 » pour après la coupe. L'âge du peuplement alors reste identique.

- La hauteur dominante (stand_hdom) en mètres.

- La densité (stand_n) en N.ha⁻¹, c'est-à-dire en nombre de tiges par hectare.

- La surface terrière (stand_ba) en m². ha⁻¹.

La surface terrière d'un arbre correspond à la surface transversale du tronc à 1,30 mètre (hauteur de poitrine) Pour un peuplement elle correspond à la surface de toutes les sections transversales des troncs, à 1,30 m de hauteur, des arbres présents sur un hectare de forêt



*Illustration surface terrière
(source : Alain et François Freytet)*

- Le diamètre quadratique moyen (stand_dbh_mean) en cm.

- Le diamètre dominant (stand_dbh_dom) en cm.

Illustration

- Le volume bois fort tige (stand_tige_vstem_c7) en $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, il s'agit du volume sur écorce du fût, avec un diamètre fin bout supérieur à 7 cm.

(en marron sur le schéma ci-contre)

- Le volume bois fort (stand_vtot_c7) en $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, il s'agit du volume sur écorce du fût et des branches avec un diamètre fin bout supérieur à 7 cm.

(en marron et orange sur le schéma ci-contre)

- Le volume total (stand_vtot_c0) en $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, il s'agit du volume sur écorce de la souche, du fût et des branches sans diamètre fin bout fixé.

(en marron, orange et jaune sur le schéma ci-contre)

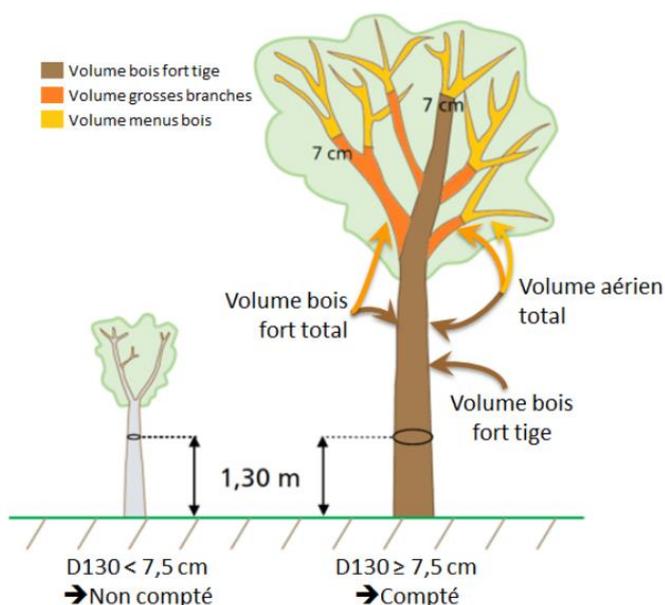


Illustration volumes bois fort tige ; bois fort et total (source IGN)

Sur les fiches synthétiques ce sont les valeurs en volume total qui sont indiquées.

- La production totale en surface terrière (stand_prod_ba) en $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$,

- L'accroissement moyen en surface terrière (stand_mai_ba) en $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$.

- L'accroissement courant en surface terrière (stand_cai_ba) en $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$.

- La production totale en volume bois fort tige (stand_prod_vstem_c7) en $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

- L'accroissement moyen en volume bois fort tige (stand_mai_vstem_c7) en $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$.

- L'accroissement courant en volume bois fort tige (stand_cai_vstem_c7) en $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$.

- La production total en volume total (stand_prod_vtot_c0) en $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

- L'accroissement moyen en volume total (stand_mai_vtot_c0) en $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$.

- L'accroissement courant en volume total (stand_cai_vtot_c0) en $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$.

L'accroissement correspond à la production rapportée à une durée.

L'accroissement courant en volume est la différence de volume entre deux années successives ; alors que l'accroissement moyen en volume est réalisé sur plusieurs années, depuis l'origine du peuplement.

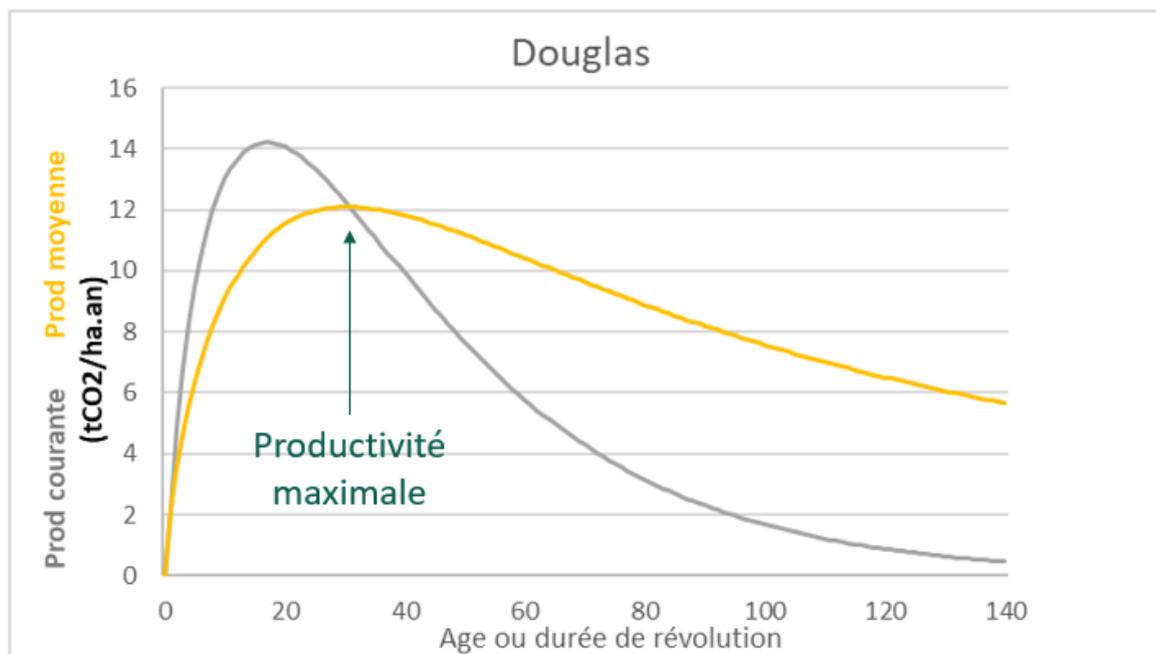


Illustration des productivités courantes et moyenne (source réseau RDI)

3. Variables d'éclaircies

Les variables d'éclaircies correspondent aux données concernant les coupes réalisées selon l'itinéraire. Ces données sont indiquées de la même manière que pour les variables dendrométriques. Les explications ci-dessus sont applicables de la même façon. Toutes les abréviations des variables de ce type débutent par « harv » sur la table complète.

Les variables suivantes sont décrites :

- La densité récoltée (harv_n) en N. ha⁻¹ c'est-à-dire en nombre de tiges par hectare.
- La surface terrière récoltée (harv_ba) en m². ha⁻¹.
- Le diamètre quadratique moyen des tiges récoltées (harv_dbh) en cm.
- Le volume bois fort tige récolté (harv_vstem_c7) en m³. ha⁻¹.
- Le volume total récolté (harv_vtot_c0) en m³. ha⁻¹.
- Le volume bois fort tige unitaire moyen de la coupe (harv_vstem_c7_unit) en m³. stem⁻¹

Dans les fiches synthétiques seul le volume total récolté est indiqué.

En l'ajoutant au volume total, on obtient la production totale du peuplement.

Remarque : le volume du peuplement (biomasse aérienne et racinaire) après coupe, diminue davantage que par le seul volume de la coupe car le volume racinaire est corrélé au volume aérien.

4. Variables de comptabilité carbone.

Les variables de comptabilité carbone convertissent les données de volumes en tonne de carbone (tCO₂) d'après l'infradensité de l'essence et la connaissance du taux de carbone dans la matière sèche. Toutes les abréviations des variables de ce type débutent par « carb » sur la table complète.

- L'infradensité de l'essence selon la base de Dupouey (biom_dens_Dupouey) correspond au coefficient utilisé pour convertir les mètres cube en tonnes de matière sèche. Il faut multiplier la biomasse totale aérienne par l'infradensité, qui est le ratio entre une masse de bois déshydratée et son volume de bois frais.

- Le stock de carbone dans la biomasse aérienne (carb_aer) en tCO₂.ha⁻¹, correspond au stock de carbone dans le bois des arbres avec écorce, de la souche, du fût et des branches.

- Le stock de carbone dans la biomasse racinaire (carb_root) en tCO₂.ha⁻¹.

- Le stock de carbone dans la biomasse vivante (carb_stor) en tCO₂.ha⁻¹ qui correspond à la somme des deux stocks précédents, de la biomasse aérienne et racinaire, c'est-à-dire au stock dans le peuplement.

- Le carbone récolté de la biomasse vivante (harv_carb_aer) en tCO₂.ha⁻¹ correspond au transfert de carbone lors des coupes.

- Le stock de carbone moyen sur la révolution (carb_stor_mean) en tCO₂.ha⁻¹, correspond au stock moyen du peuplement en place pendant toute la durée de sa vie, de son installation à sa coupe définitive.

- Le flux annuel de carbone séquestré dans la biomasse (carb_cai) en tCO₂.ha⁻¹.an⁻¹. C'est la correspondance de l'accroissement courant en carbone, avec la différence de stock de carbone entre deux années successives.

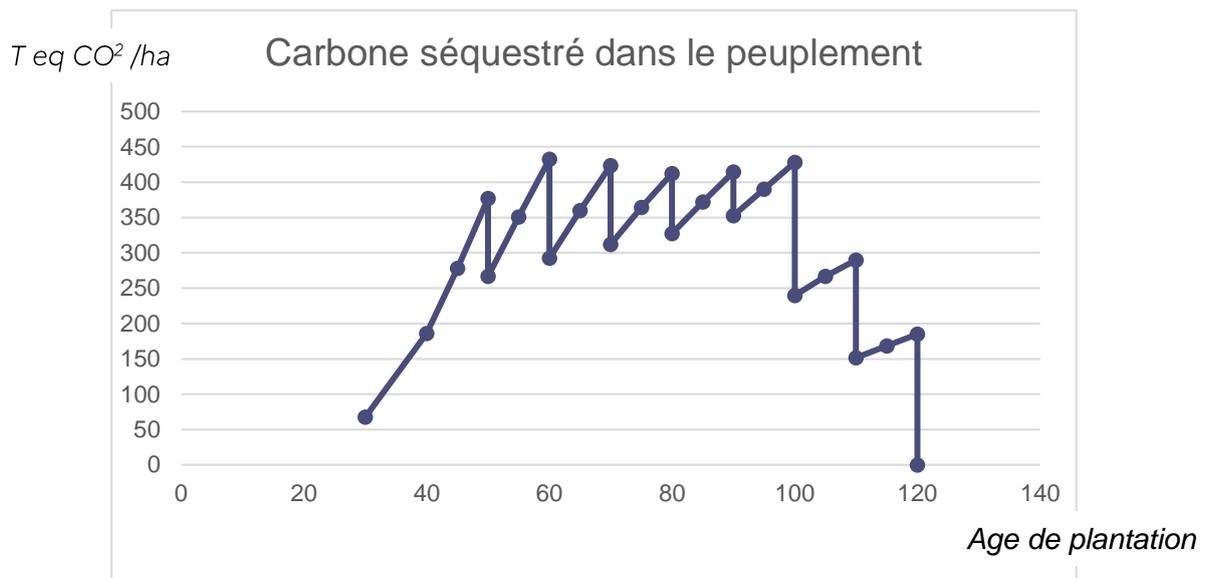
Dans les fiches synthétiques, l'ensemble de ces variables sont incluses, sauf l'infradensité qui sert uniquement au calcul. Il est ajouté pour information la production de carbone total au cours de la vie du peuplement qui additionne le stock de carbone dans la biomasse vivante et celui des coupes. Il s'agit d'une valeur uniquement théorique car lors des coupes, le carbone séquestré est en partie libéré, en fonction de la destination des produits bois. Il communique cependant une information sur la capacité de séquestration du peuplement.

La dynamique du carbone racinaire après coupe est incertaine ; de ce fait les calculs de la table pour les champs : stock de carbone dans la biomasse racinaire, stock de carbone dans la biomasse vivante et la production de carbone total sont issus d'approximation pour les valeurs après coupe.

C. Exemple pour le sapin, en fertilité 1

Chaque fiche synthétique contient un tableau regroupant les principales variables vue précédemment et deux graphiques qui permettent une visualisation des données concernant la séquestration du carbone et le flux du carbone, au cours de l'ensemble de la révolution de l'essence.

Graphique 1 : Carbone séquestré dans une plantation de sapin en fertilité 1



Le graphique 1 présente le carbone séquestré dans un peuplement planté, en tonnes carbone eq CO₂, pendant la durée de la rotation (hors produit bois) qui est ici de 120 ans.

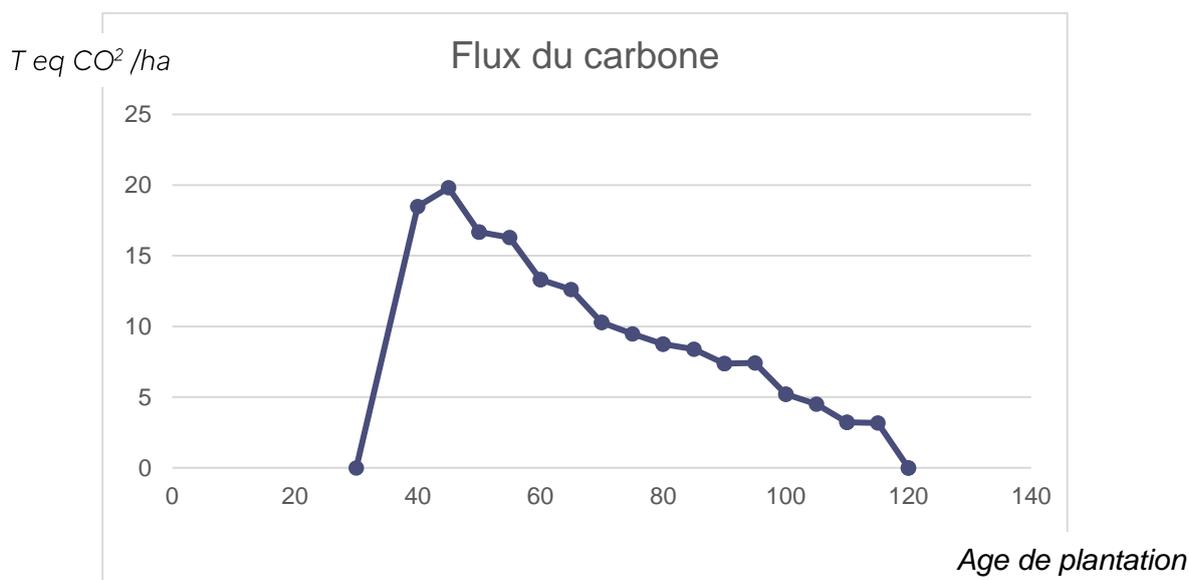
Ce graphique utilise le champs « stock de carbone dans la biomasse vivante » (carb_stor) et comprend donc la séquestration de carbone dans la biomasse aérienne et dans la biomasse racinaire.

Les diminutions de carbone sur site correspondent aux différentes éclaircies prévues dans l'itinéraire sylvicole du sapin, jusqu'à la récolte finale de la plantation à 120 ans. Cet itinéraire contient 7 éclaircies et la coupe définitive.

Sur cet exemple nous pouvons observer qu'entre 60 et 100 ans, la plantation de sapin stocke avant chaque coupe entre 400 et 450 T CO₂ eq par hectare. C'est la période où le peuplement séquestre le plus de carbone en forêt.

En fonction de l'essence, de la fertilité et de la densité de plants cette séquestration est plus ou moins importante. La durée de rotation évolue également ainsi que le nombre d'éclaircies, mais globalement tous les itinéraires suivent une évolution générale de ce type : forte augmentation dans le jeune âge, variation au moment des éclaircies, regain, fort stockage lors de la période de maturité du peuplement puis baisse significative au moment du renouvellement du peuplement.

Graphique 2 : Flux du carbone une plantation de sapin en fertilité 1



Le flux de carbone du graphique 2 présente la différence de stockage du carbone par année.

Sur ce graphique nous pouvons observer que le stockage annuel de la plantation est plus important autour de 40-50 ans. Ce stockage correspond au pic de croissance du peuplement dans son jeune âge. Le peuplement continue ensuite de stocker chaque année du carbone supplémentaire mais en quantité annuelle moindre. En revanche ce stock continue de s'ajouter à celui déjà en place (hors coupe).

Le stockage moyen est de 227 T eq CO₂ /ha pour le sapin en fertilité 1.

Ainsi ces deux valeurs « carbone séquestré dans le peuplement » et « flux du carbone » sont complémentaires et une bonne connaissance de ces deux données permet de gérer au mieux le stock et la séquestration du carbone. Mais cette gestion nécessite des choix de l'un par rapport à l'autre, puisque le maximum de productivité est atteint tôt dans la vie du peuplement alors que la séquestration se met en place sur une durée plus longue.

Cet élément ouvre la porte à la dernière partie de l'étude sur les réflexions autour de la définition d'itinéraires améliorante pour le carbone.

D. Prochains développements

Dans les perspectives de poursuite de développement de ces abaques deux aspects sont envisagés pour 2023 :

- L'ajout de nouvelles tables de simulation de la croissance et de la séquestration carbone de plantations pour compléter la base actuelle. Les tables suivantes pourraient être ajoutées l'an prochain par le réseau RDI : le pin noir, le pin sylvestre et le pin d'Alep dans le cas de régénération naturelle. Le chêne pubescent et le mélèze sont également à l'étude pour les années suivantes.
- Le développement de ces abaques, sur certaines essences, pour le stockage du carbone dans les produits bois. Ce qui permettrait un complément intéressant avec une vision de la poursuite de la séquestration du bois lors des coupes. Avec la même méthode que dans les méthodes LBC mais avec une vision étirée sur l'ensemble de la durée de vie de la plantation.

De plus, dans une vision à plus long terme, le recueil de données dendrométriques avec de la mobilisation des équipes de terrain serait intéressante pour enrichir la base, par exemple avec des prises de données sur le chêne vert. Un grand nombre de données vont être récolté dans le cadre des placettes Lidar (observatoire réalisé sur l'agence 06-83), une utilisation de ces données pour les calculs de simulation serait à étudier avec le réseau RDI.



Annexes

Annexe 1 : Plaquette LBC à destination des Elus

Annexe 2 : Plaquette LBC à destination des Financeurs

Annexe 3 : Fiches descriptives des projets LBC

Annexe 4 : Fiches abaques par essence



Office National des Forêts

Bureau d'études Côte d'azur
101 chemin de San peyre
83220 Le Pradet