

Rapport au Groupe Scientifique et Technique du Label bas-carbone

Date : 21/05/2024	Méthode concernée : Reconstitution de peuplements forestiers dégradés
Rapporteurs : Laurent Augusto (INRAE) Laurent Saint-André (INRAE) Valentin Bellassen (INRAE)	Participants :

1. Présentation générale de la méthode

La méthode « Reconstitution de peuplements forestiers dégradés » concerne la séquestration de carbone dans des peuplements pour reconstituer des forêts dégradées. Cette méthode s'applique à des parcelles forestières qui ont subis des dégâts importants, pouvant menacer l'état boisé. Elle s'applique notamment aux plantations en situation d'échec, aux forêts brûlées, aux forêts dévastées par une tempête (ou neige lourde ou grêle) et aux peuplements dépérissants. Cette méthode vise à restaurer le couvert forestier en ayant une trajectoire plus rapide que l'enrichissement en termes de stockage de carbone sur une période de 30 ans. Elle s'applique à l'ensemble des forêts françaises (de l'Hexagone et des Outremers). Le scénario de référence envisagé dans cette méthode est un enrichissement spontané de la parcelle.

2. Problèmes relevés et suggestions associées (communs aux méthodes boisement et reconstitution)

NB : certains problèmes sont interdépendants. Tant que faire se peut, nous avons rédigés chaque section comme si les autres n'existaient pas. Par conséquent, certains problèmes relevés peuvent être amenés à disparaître si une recommandation sur un problème lié est suivie.

2.1. Scénario de référence

2.1.1. Croissance des friches

L'enrichissement/régénération post-perturbation est le scénario de référence de la méthode *reboisement*, et c'est également l'un des deux possibles dans la méthode *boisement* (utilisé dans approximativement 20 % des projets d'après une communication personnelle d'I4CE). Dans les deux cas, les méthodes supposent une croissance de la friche de 1 m³/ha/an pour les 30 premières années en métropole (0.5 m³/ha/an en zone méditerranéenne) et des valeurs variant entre 1 et 3 m³/ha/an dans les outre-mers. L'ensemble de ces valeurs repose sur du dire d'expert, avec pour la métropole une référence aux observations post-tempête de 1999 réalisées par l'IGN.

Ces valeurs nous semblent faibles au regard de l'état des connaissances scientifiques. La littérature regarde en effet la question de la croissance des friches et régénérations naturelles de deux manières : une estimation de la croissance et un différentiel de croissance par rapport à une plantation dans un contexte proche et comparable.

En zone tropicale, Poorter et al. (2016) relèvent une croissance moyenne des friches de 3 tC/ha/an sur les 20 premières années, et atteignent environ 50 % (et à 30 ans, environ 65 %) du stock des forêts primaires dans un contexte proche et comparable.

Le différentiel de croissance en biomasse relevé dans la littérature en zone tempérée varie entre une absence de différence Thibault et al. (2022) et une croissance de la plantation de 20 % (Anderson et al., 2006) ou 60 % (Tremblay and Ouimet, 2013) plus rapide. Faisant une compilation de 10 chronoséquences de dynamiques de croissance (en reboisement spontané ou en plantation ; USA et Europe de l'Ouest), Bose et al. (2014) rapporte un différentiel moyen de seulement 6 % à 30 ans. En termes de puits de carbone, plusieurs études indépendantes convergent pour dire que le reboisement spontané en contexte tempéré capte en moyenne 1.5-2.0 tC/ha/an. Cook-Patton et al. (2020) fait ainsi une estimation d'environ 1-2 tC/ha/an pour l'Europe de l'Ouest (Figure 3 de leur article) mais fournit un chiffre de 1.49 tC/ha/an pour la France (cf. Annexes de la référence). En utilisant des inventaires de types IFN, l'équipe de Vila-Cabrera et al. (2017) trouve pour deux régions d'Espagne (Catalogne et Andalousie) des accroissements de 1.45 tC/ha/an pour des forêts spontanées sur d'anciennes landes-maquis-garrigues et de 1.73 tC/ha/an pour des forêts sur d'anciens terrains agricoles (Tableau 2 de la référence). L'information sur l'âge de ces forêts spontanées n'est pas fournie par la publication, mais les données disponibles permettent de déterminer un âge maximal, ici de 40 ans. Enfin, la compilation de Bose et al. (2014) aboutissant à une croissance en biomasse de 94 t/ha à 30 ans, il est possible d'en déduire un accroissement moyen de 1.82 tC/ha/an en considérant une teneur en C de 48 % (Ma et al., 2018).

En reprenant le tableau des infra-densités de l'annexe 7 issues du projet Xylodensmap IGN-INRAE (Leban et al. 2022), et en sélectionnant les essences pionnières bouleaux, trembles, saules, chênes pédonculés, merisiers, et pin sylvestre, l'infradensité moyenne est de 489,8 kg/m³ pour un écart-type de 67,8 kg/m³ donnant une fourchette en faisant une hypothèse gaussienne 68% des valeurs (soit +/- 1 écart-type) entre 422,0 et 557,6 kg/m³. Considérant la fourchette trouvée dans la littérature en tC pour les accrus naturels, cela donne 3,1 à 4,2 tMS/ha/an (taux de carbone 0,48) soit, en convertissant et en utilisant la valeur moyenne de densité, une fourchette d'accroissement se situant entre 6,4 et 8,5 m³/ha/an en volume total. En prenant la valeur basse de l'infradensité on obtient entre 7,4 et 9,9 m³/ha/an et pour la valeur haute entre 5,6 et 7,5 m³/ha/an toujours en volume total. Le passage en volume « équivalent » bois-fort¹ est réalisé en utilisant le coefficient de conversion issu du rapport Carbofor et réutilisé dans l'étude Roux et al. (2017), soit 1,61 pour les feuillus et 1,34 pour les résineux. La fourchette en volume « équivalent » bois fort est donc comprise en moyenne entre 4,0 et 5,3 m³/ha/an. Ces calculs peuvent être améliorés en affinant le panel des essences considérées et en tenant de leur importance relative dans les accrus mais les valeurs sont bien plus élevées de la valeur retenue dans les méthodes boisement et reboisement de 1 m³/ha/an.

Les paramètres des méthodes nous paraissent donc sous-estimées concernant la force de puits de carbone du scénario de référence.

La section 7.1 de la méthode « reconstitution » justifie le dire d'expert métropolitain de la manière suivante : « Toutefois une analyse rapide du jeu de données montre que 19 ans après la tempête, l'écrasante majorité des parcelles réinventoriées en 2018 présentent moins de 20 m³/ha (soit une vitesse de colonisation inférieure à 1 m³/ha/an). »

Cette justification ne nous semble pas pertinente pour trois raisons :

- « l'analyse rapide » à laquelle il est fait référence se base probablement – l'analyse n'étant pas publiée, on ne peut s'en assurer rigoureusement – sur la méthode classique de l'IGN pour

¹ Le volume réel de bois commercialisable est bien moindre en réalité pour les jeunes peuplements, et à l'inverse, le volume en menus bois est bien supérieur. L'équivalence est à comprendre ici de manière abstraite pour rendre comparable les valeurs de la littérature à celle des méthodes, données en volume bois fort.

estimer le volume. Cette méthode sous-estime fortement la biomasse des jeunes peuplements, particulièrement les accrus anarchiques et denses car :

- Elle ne se base que sur les arbres dits « recensables » (diamètre > 7.5 cm) ignorant la biomasse des autres arbres qui peuvent constituer l'essentiel pour de jeunes accrus ;
- Elle se base sur des équations allométriques qui ont tendance à sous-estimer les volumes des petits arbres (jusqu'à obtenir des valeurs négatives pour de très faibles diamètres et hauteurs).

A titre d'exemple, une analyse rapide des données IGN 2008-2012 révèle que le volume moyen des peuplements non recensables âgés entre 15 et 25 ans sur l'ensemble de la France métropolitaine est de 10 m³/ha, bien que la majorité de ces peuplements ne soit sans doute pas des accrus spontanés.

- l'accroissement annuel d'une forêt suit en général une courbe sigmoïde, et on peut donc s'attendre à ce qu'il soit plus fort entre 20 et 30 ans que durant les 20 premières années ;
- La principale conclusion de la thèse de Lucie Dietz (2020) sur ces observations post-tempête de l'IGN est que « *La régénération naturelle ligneuse, obtenue dans les trouées post-tempête, semble être satisfaisante en termes de densité et de diversité en essences, la majorité des sites ayant une densité de plus de 2000 tiges ha⁻¹ avec en moyenne 4,4 espèces présentes dans la strate supérieure à 2 m. Les quelques situations préoccupantes ont pu être identifiées dès les jeunes stades de la régénération et regroupent des caractéristiques communes : ce sont des anciens peuplements résineux, sur sol acide où une végétation compétitrice s'est développée, induisant un blocage de la régénération. Dans ces contextes, une intervention sylvicole aurait été souhaitable pour favoriser la régénération.* »

La méthode « reconstitution » reconnaît d'ailleurs (p10) que « *Si la dynamique de colonisation naturelle post-incendie est forte, il n'est pas évident que le scénario de projet puisse présenter un gain en carbone par rapport au scénario de référence (colonisation naturelle très dynamique) ; c'est pourquoi on privilégiera les reboisements pour lesquels on présage que la dynamique post-incendie serait faible [...].* »

Ce cas (colonisation naturelle très dynamique) nous semble être le cas majoritaire, et ce pour toutes les perturbations (incendies, tempête et dépérissement). Nous voyons dans la littérature peu d'exemples qui y dérogent, a fortiori pour des perturbations par définition entourées d'arbres, mais même sur des parcelles agricoles pourtant relativement éloignées de la forêt la plus proche (présence de quelques arbres isolés et haies). S'il est certain que dans certaines situations, notamment avec envahissement de plantes pouvant être très compétitrices (comme le genêt, la molinie ou la ronce), une intervention permet d'accélérer substantiellement la croissance des arbres, ces situations semblent relever davantage de cas minoritaires que du cas le plus souvent observé, comme le relève Lucie Dietz. On pourrait d'ailleurs imaginer une méthode dédiée à ces cas, précisant la justification d'un échec avéré de colonisation naturelle.

Par conséquent, nous recommandons de réviser la croissance des friches à :

- **En métropole, 80 % de la croissance des essences présentes dans le voisinage et pour lesquelles une table de croissance remplissant les critères de la méthode est disponible. S'il y a plusieurs essences qui remplissent ce critère, on pourra prendre la moyenne, en s'assurant que le niveau de fertilité de la station est le même que celui retenu pour le scénario de projet. Cette valeur de 80 % représente la moyenne des quatre études suscitées ($1/((1.00+1.25+1.60+1.06)/4) \approx 0.80$). Ce ratio proposé est également cohérent avec le ratio entre les moyennes relevées dans la littérature pour la croissance en équivalent volume bois fort des friches (entre 4,0 et 5,3 m³/ha/an) et la croissance moyenne observée en forêt métropolitaine (5 m³/ha/an).**

- **En outre-mer, une croissance permettant d'atteindre à 30 ans 65 % de la biomasse du stock des forêts primaires dans un contexte proche et comparable tel que déjà répertoriés dans les méthodes.**

Notons que si cette recommandation relativise l'intérêt « carbone » des boisements et reboisements sur friche, elle ne met aucunement en cause leur intérêt sylvicole : stocker du carbone est une chose, concentrer la production de bois sur un faible nombre d'arbres d'intérêt pour la filière-bois en est une autre.

Commentaires publics ONF : « Peut-on prévoir une croissance de 0,5 m3/ha/an également pour les boisements en haute montagne (avec un seuil d'altitude à 700m) ? »

Note INRAE : La recommandation prend partiellement en compte cette remarque en adaptant le scénario de référence au contexte pédo-climatique.

2.1.2. Méthode de comptabilisation et stock moyen de long terme

Dans tous les cas, on peut raisonnablement penser que le stock moyen de long terme d'un enrichissement est élevé car probablement soumis à moins de prélèvements de biomasse que des forêts gérées. Ainsi, il est raisonnable de considérer que, en moyenne et à un long terme, un enrichissement (scénario de référence) soit équivalent à une plantation (scénario de projet). Le cas échéant, en utilisant la formule du stock moyen de long terme, comme proposé dans la présente méthode, on aboutirait à une quantité nulle de REA pour le compartiment « biomasse ».

Pour la méthode boisement, nous recommandons donc de cantonner la méthode aux cas où l'on peut démontrer qu'une poursuite de l'activité agricole est le scénario de référence le plus probable.

A défaut, le seul bénéfice entre le scénario de projet et un scénario de référence de type « enrichissement » pourrait être de stocker du carbone un peu plus vite (même si en quantité équivalente sur le long terme). Et encore cette différence de cinétique mériterait d'être confirmée par de nouvelles études, spécifiques au cas français.

Le cas échéant, nous recommandons d'opter pour une comptabilisation en tonnes.an telle que répertoriée par la CCNUCC (UNFCCC, 2023), c'est-à-dire suivant une formule du type :

$$REA_{biomasse} = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{30} (Stock_{projet_i} - Stock_{reference_i})$$

Où $Stock_{projet_i}$ et $Stock_{reference_i}$ sont les stocks de carbone dans la biomasse à l'année i pour le scénario projet et le scénario de référence respectivement.

2.2. Substitution

La méthode « restauration des terres dégradées » propose de faire décroître linéairement le facteur de substitution du bois énergie pour atteindre zéro en 2050, en cohérence avec la Stratégie Nationale Bas Carbone.

Les méthodes « boisement » et « reconstitution » proposent d'ailleurs en annexe 8 : « La valeur du facteur de déplacement du BE généralement utilisée est de 0,5 tCO₂ évitées par m³ de bois utilisé (Ademe, 2015). Toutefois, les politiques publiques actuelles (Programmation pluriannuelle de l'énergie et Stratégie nationale bas-carbone) visent à décarboner très fortement le mix énergétique français d'ici à 2050. Par conséquent, vers 2050, ce coefficient de substitution sera davantage proche de 0 que de 0,5. Un coefficient de substitution relatif au BE pourra être utilisé pour les premières éclaircies des reboisements ; c'est-à-dire au plus tôt 12 à 15 ans (pour les peuplements les plus productifs) après la date de plantation. On sera donc plus proche de 2050 que de 2019 (année de validation de la présente méthode) ; il est donc proposé de diviser par deux la valeur couramment rencontrée dans la littérature scientifique afin de tenir compte de la décarbonation du mix énergétique de la France.

Nous recommandons donc de :

- ✓ **De faire décroître linéairement le facteur de substitution du bois énergie pour atteindre zéro en 2050, en cohérence avec la Stratégie Nationale Bas Carbone, la date faisant foi étant la date prévue de récolte du bois concerné, et non celle de validation du DDP ;**
- ✓ **Appliquer le même raisonnement au bois d'œuvre car les filières concurrentes au bois (acier, béton) ont également un objectif de neutralité carbone (ou quasi) à horizon 2050.**

Commentaire FNE (boisement et reboisement) : Ne pas inclure la séquestration dans les produits bois et de la substitution énergétique dans les calculs de réduction d'émissions, même à titre facultatif (aucune garantie sur la ventilation des usages futurs des bois du projet et Stratégie nationale bas carbone).

Commentaires publics contribution WWF (boisement et reboisement) : Opposition à l'utilisation de la substitution (énergie/bois d'œuvre) s'il peut se calculer (avec beaucoup d'incertitudes) à l'échelle d'un pays ou d'une filière, il est inconcevable que le forestier le revendique ou le vende.

Commentaires publics contribution Canopée (reboisement) : Opposition, ces informations devraient relever d'un indicateur complémentaire permettant d'apprécier la qualité des projets

Note INRAE : Cela revient à ne pas appliquer de décroissance pour les facteurs substitution / bois d'œuvre et de les fixer à zéro. Ce que nous recommandons est un peu plus progressif pour tendre vers zéro en 2050.

Commentaire I4CE (Boisement et reboisement) : Proportion élevée de projets qui affichent des proportions de REI très importantes, jusqu'à 70% pour les projets peuplier (et 40% sur pin maritime). Trois propositions : soit faire décroître les facteurs annuellement jusqu'à une valeur nulle en 2050, soit en proposant une proportion maximum de ce type de RE (% à justifier dans le projet), soit en mettant en place un nouveau rabais pour tenir compte des incertitudes de calcul et de traçabilité des matériaux.

Note INRAE : Ce que nous recommandons correspond à la première proposition d'I4CE.

2.3. Croissance dans le scénario de projet

2.3.1. Choix de la table de croissance

Les méthodes proposent d'orienter préférentiellement vers les tables de croissance publiées par l'ONF pour estimer l'accroissement (section 7.3 des méthodes boisement et reboisement).

Nous comprenons l'intention, qui est d'éviter des valeurs surprenamment hautes observées par le passé et de faciliter l'instruction par les DREAL. Dans ce sens, il nous semble que le niveau d'exigence pour déroger à l'utilisation des tables de l'ONF doit être réhaussé.

Nous recommandons donc la formulation suivante (le suivi de modification est visible en annexe) :

« Concernant ces essences, le porteur de projet pourra utiliser une autre table de production – en respectant les critères indiqués ci-après quant aux sources possibles pour ces tables - lorsque le projet se situe en dehors de l'aire de validité de ces tables. Le cas échéant, le porteur de projet devra justifier en quoi la table qu'il propose est plus pertinente qu'une extension d'aire de validité des tables de l'ONF, en équilibrant pertinence géographique et fiabilité de la source (publiée ou pas, revue par les pairs ou pas, etc.). Par exemple, pour un reboisement de hêtre en Normandie, le porteur de projet ne sera pas tenu d'utiliser la table de production de l'ONF du hêtre valide pour les Pyrénées, il pourra par exemple utiliser les tables de production britanniques du hêtre. En revanche, la table de production du douglas ayant été construite sur toute la France, aucune autre table de production ne pourra être utilisée pour cette essence. »

et de supprimer « De toute autre source pertinente ».

Commentaire public ONF (boisement reboisement) : « Le choix d'utiliser des tables étrangères en dehors de l'aire de validité des tables ONF reste trop ouvert et doit être davantage cadré. »

Note INRAE : Notre recommandation va dans le même sens. La porte peut rester ouverte mais dans une certaine limite et avec justification.

2.3.2. Détermination et vérification de la classe de fertilité

La détermination de la classe de fertilité (section 7.3 des méthodes boisement et reboisement) est un élément crucial dans la détermination de la croissance. Les méthodes prévoient notamment une contre-expertise de l'auditeur sur ce point lors de la vérification (section 8.8).

Toutefois, pour que cette contre-expertise soit efficace et objective, il faut que le raisonnement initial soit détaillé et objectif, et que l'auditeur soit prémuni contre un risque élevé de contestation par le porteur de projet.

C'est pourquoi, nous proposons de clarifier comme suit les éléments à mentionner lors de la détermination de la classe de fertilité (le suivi de modification est visible en annexe) :

« Dans tous les cas, le porteur de projet devra justifier du choix de la classe de fertilité.

Pour choisir la classe de fertilité, le porteur de projet aura le choix entre trois options :

- Justifier de la classe de fertilité choisie en fournissant une attestation signée par un professionnel forestier incluant le jugement de ce tiers et les raisons sur lesquelles se base ce jugement. En ce qui concerne la station, le professionnel indiquera notamment des éléments sur la qualité du sol et sur la composition floristique. En ce qui concerne la table choisie, le professionnel fera référence, entre autres, à la hauteur dominante à 50 ans indiquée dans la table ONF (ou autre âge pour d'autres tables) et à l'aire de validité de la table. Il n'y aura pas de rabais dans cette option ;

- Cette démonstration peut se faire à l'unité stationnelle et non pas à l'échelle de l'essence. Par exemple si un guide de stations indique que la potentialité de production est « moyenne », le porteur de projet pourra indiquer qu'il quantifie toutes les essences dans des fertilités intermédiaires (moyennes) et il détaillera ainsi les fertilités retenues essence par essence. Il n'y aura pas de rabais dans cette option ;

- Opter pour la plus mauvaise classe de fertilité. »

En matière de vérification, nous recommandons la reformulation suivante :

« L'auditeur s'assurera que la station identifiée correspond bien à celle qui avait été décrite par le porteur de projet. Pour cela, il procédera – entre autres – à un ou plusieurs sondages à la tarière pour déterminer la profondeur du sol jusqu'au premier obstacle. Il vérifiera aussi la correspondance entre la station et la fertilité justifiée dans le document de diagnostic stationnel et de justification des classes de fertilité. Pour cela, il relèvera toutes les informations pertinentes pour l'identification de la station (pour les deux méthodes : type de sol, propriétés du sol, topographie, altitude et exposition, composition floristique ou espèces indicatrices, type d'humus le cas échéant (ex : scénario de référence « enfrichement », etc.). »

S'il juge que la classe de fertilité retenue n'est pas la plus probable, l'auditeur demandera un ajustement de la classe de fertilité et, en cas de révision à la baisse, ajoutera un rabais de 20 % sur le tonnage de CO2 potentiellement généré par le projet. Il détaillera dans son rapport de vérification l'écart éventuel constaté entre la station et la fertilité.

En effet, la formulation initiale requérant une « incohérence notable et facilement démontrable » nous semble trop intimidante pour les auditeurs et trop facilement contestable juridiquement par le porteur de projet. Par ailleurs, elle incite l'auditeur à n'intervenir que dans les cas extrêmes, laissant la porte ouverte à des surestimations modestes, mais systématiques, de la fertilité.

Demander à l'auditeur une justification écrite (cf suite du paragraphe) devrait suffire à le responsabiliser sans le décourager de corriger la fertilité s'il le juge pertinent.

Remplacer, comme nous le proposons, une pénalité élevée (40 %) sans reclassement par une pénalité modérée (20 %) combinée à un reclassement de la fertilité nous semble être une bonne incitation pour le porteur de projet à ce que la fertilité soit prudemment et correctement estimée, évitant à la fois les fraudes majeures et les modestes surestimations systématiques, tout en permettant une révision à la hausse par l'auditeur si pertinent.

Commentaire public Société Forestière : Lourdeur du diagnostic, proposition d'utiliser les audits des peuplements forestiers voisins, et vérifier sur le terrain uniquement en cas de doute. Modalité de rabais à revoir (40% jugée excessive)

Commentaire public ONF : Préciser que cette vérification ne sera pas systématique et uniquement sur la classe la plus fertile

Note INRAE : nous comprenons les craintes de lourdeur liées à cette vérification. Nous pensons que la lourdeur sera largement atténuée si notre recommandation sur la vérification par échantillonnage (2.7) est suivie. Cela nous semble plus judicieux que les propositions ci-dessus qui sont vulnérables à un comportement stratégique (ex. ne surestimer que les classes de fertilité intermédiaire).

2.4. Absence du calculateur

Le porteur de méthode n'a pas fourni de calculateur. L'arrêté stipule que la non-fourniture d'un calculateur doit rester une exception, et nous ne voyons pas ce qui justifierait l'exception ici. Les autres méthodes que nous avons rapportées en ont fourni un, qui a fait l'objet de nombreuses remarques, fiabilisant ainsi les calculs.

Nous recommandons donc qu'un calculateur soit fourni pour faciliter le travail des porteurs de projet, et des DREAL.

2.5. Produits bois

2.5.1. Formule générale

La formule de calcul pour les REA au titre du stockage dans les produits du bois (Section 6.1.2 pour les méthodes boisement et reboisement) repose sur la différence moyenne de stock entre scénario projet et scénario de référence sur les 30 premières années.

Conceptuellement pourtant, ce compartiment présente les mêmes caractéristiques que le stock en forêt : il peut notamment varier rapidement dans le temps suite à une récolte.

Par conséquent, nous recommandons trois possibilités :

- ✓ **Utiliser une comptabilisation en tonnes.an (voir plus haut) ;**
- ✓ **Cumuler le stock en forêt et le stock dans les produits avant d'appliquer l'équation sur le stock moyen de long terme (équation 6 de la méthode reboisement) ;**
- ✓ **Appliquer une borne haute (différence de stock moyen de long terme) au stock dans les produits, à l'instar de ce qui est fait pour le stock en forêt.**

2.5.2. Répartition entre débouchés

La répartition du bois entre débouchés est régie par l'équation 9 (méthodes boisement et reboisement) dont les paramètres sont implicitement par défaut ceux du tableau 7. L'utilisation d'autres valeurs semble toutefois permise, sans précision sur les justifications à donner le cas échéant.

Par ailleurs, les valeurs du tableau 7 en matière de répartition somment à 100 % et ignorent donc les pertes (10 % de pertes en forêt d'après IFN, puis pertes de transformation le long des filières). Il n'est pas clair si les rendements sciages mentionnés font office coefficient de perte de transformation.

Nous recommandons donc :

- ✓ **De renvoyer explicitement au tableau 7 lors de la définition des paramètres de l'équation 9 ;**
- ✓ **De préciser les éléments de justification attendus en cas de dérogation à ces valeurs par défaut (ex. : publication académique ou d'un institut technique plus spécifique sur la région ou l'essence que les valeurs par défaut, dire d'expert nominatif, ...) ;**
- ✓ **De prendre en compte les pertes aux différentes étapes en proposant des valeurs par défaut. Ces valeurs peuvent notamment être reprises de Cevallos et al. (Cevallos et al., 2019) ou toute autre publication pertinente.**

2.6. Rotation inférieure à 30 ans

Pour les rotations inférieures à 30 ans, le stock moyen du scénario de projet sur la durée de révolution remplace le stock à 30 ans dans le calcul des REAforêt (méthodes boisement et reboisement, section 6.1).

Cela revient implicitement à faire l'hypothèse que l'on repart sur la même plantation à l'issue du projet, ce qui est optimiste (une alternative étant un autre usage, agricole ou urbain par exemple).

Nous recommandons donc d'utiliser une comptabilisation en tonnes.an (voir plus haut) pour les rotations inférieures à 30 ans, en supposant un stock nul entre la fin de la rotation et la trentième année.

2.7. Vérification par échantillonnage

Les méthodes n'autorisent pas de vérification par échantillonnage, imposant une visite sur site pour toutes les parcelles (méthode reboisement, section 2.2.12, absence méthode boisement mais nécessaire dans la partie 2).

Cette exigence est conservatrice, mais nous semble inutilement négliger un potentiel d'économie d'échelle et donc de baisse des coûts de vérification.

Nous recommandons donc d'autoriser la vérification par échantillonnage sur 25 % des parcelles (arrondi à la parcelle supérieure et avec un minimum de 5 parcelles vérifiées), en appliquant à l'ensemble du projet les éventuelles correctifs et rabais apportés, au prorata de leur impact sur les REA des parcelles vérifiées. Nous recommandons que l'autorité désigne aléatoirement les parcelles à vérifier en tenant compte d'une stratification si nécessaire (selon la classe de fertilité par exemple).

Cette recommandation nous semble de nature à réduire les coûts sans diminuer l'incitation pour le porteur de projet à fournir un rapport de suivi (section 8.2 des méthodes boisement et reboisement) non biaisé au moment de la vérification.

2.8. Faciliter le calcul de la VAN et le rendre obligatoire pour les courtes rotations

La section 3.2.2 (boisement et reboisement) propose de démontrer l'additionnalité financière par un calcul de VAN. La formule prend en compte la durée de rotation, pour la friche comme pour le projet (plantation).

Pour de nombreux paramètres présents dans la formule, la méthode ne fournit ni leur valeur, ni les sources où la trouver. Ces vides sont de nature à mettre en difficulté la DREAL lors de l'instruction des projets car elle ne saura pas comment juger de la validité des valeurs proposées par le porteur.

Par ailleurs, pour des courtes rotations qui seraient rentables à court terme, le rabais de 40 % n'est pas de nature à dissuader ces projets de déposer un dossier (seul un rabais faisant passer les bénéfices en-dessous des quelques milliers d'euros de coûts de transactions associés à un projet LBC y mettrait un frein).

Nous recommandons donc :

- ✓ de faciliter le travail des porteurs de projet et des DREAL en indiquant les valeurs des différents paramètres pour 2023 (ou une autre année récente) à minima pour le scénario de référence « enrichissement » qui est commun aux deux méthodes et éventuellement la source régulière qui permet de les mettre à jour si elle existe ;
- ✓ de définir une durée homogène et pertinente pour le calcul de la VAN. Cette durée devrait logiquement être le plus petit multiple commun des rotations dans les différents scénarios ;
- ✓ de rendre le calcul de la VAN obligatoire pour les rotations de 50 ans ou moins.

Commentaire Public Société Forestière : *Opposés au calcul du VAN sur la durée de révolution (investissement de départ et pas le long terme).*

Commentaire Public ONF : *Calcul de la condition d'éligibilité de l'ensemble des essences du projet de reboisement. Somme pondérée des VAN à revoir : « En fin de paragraphe, indiquer comment est calculé la condition d'éligibilité de l'ensemble des essences du projet de reboisement. Dans l'outil excel, la somme pondérée des delta VAN par essence est proposée mais ce calcul est faux en raison des durées de révolution différentes. Il faudrait donc passer par le BASIO. »*

Note INRAE : Depuis 150 ans, les économistes forestiers calculent la VAN sur la durée de révolution. La crainte exprimée par la société forestière y est prise en compte par le biais du taux d'actualisation qui atténue fortement les bénéfices de long terme. Il serait biaisé de calculer la VAN sur 30 ans. La remarque de l'ONF va dans le même sens que notre remarque à la méthode « restauration de terres agricole dégradées » : en cas de mélange d'essences, le plus logique nous semble être l'utilisation du plus petit multiplicateur commun aux différentes révolutions, ou bien une durée suffisamment longue pour que tout gain au-delà ne change quasiment plus la VAN.

2.9. Mise à jour des valeurs par défaut du GIEC

La méthode se réfère parfois aux valeurs par défaut du GIEC, version 2006.

Ces valeurs ayant été mise à jour en 2019, nous recommandons une mise à jour systématique de ces valeurs, tant dans la méthode que dans le calculateur qui devra être fourni.

2.10. Prise en compte des GES associés à la sylviculture

Les méthodes considèrent comme négligeable la comptabilité des GES imputables à la sylviculture (utilisation de carburants, production de plants en pépinière, etc.). S'il est exact que ces flux ne sont pas extrêmement importants, il paraît inexact de les considérer comme négligeables. S'il paraît peu opérationnel de faire un bilan détaillé des GES de chaque projet, il paraît pertinent d'affecter des « forfaits GES » aux projets. En pratique, une valeur unique (voire quelques valeurs moyennes en fonction de différents grands types de sylviculture) serai(en)t alors appliquée(s) de manière forfaitaire dans le calculateur. Les méthodes pourraient utiliser les valeurs de Gonzalez-Garcia et al. (2014), Bilot et al. (2023), ou tout autre publication pertinente.

2.11. Notion de mélange d'essences

Les méthodes proposent de favoriser les mélanges, objectif louable. Cela étant, même si les méthodes boisement et reboisement prévoient de donner un bonus aux projets incluant des mélanges intra-parcellaires (cf. Le tableau des co-bénéfices), rien n'interdit d'avoir, avec les règles mentionnées

d'avoir également recours à des peuplements monospécifiques (le mélange étant considéré à l'échelle du projet). Ainsi, un projet de grande taille (par ex. 30 hectares) peut reboiser avec trois essences, chacune sur une zone de 4 hectares en tènement séparés, et monospécifiques (cf NB du 2.2.8). L'intérêt d'une telle structuration dans l'espace paraît fortement contradictoire avec cet objectif de mélange d'essences et de complémentarité écologiques entre essences. Enfin, la notion de mélange d'essence, restreinte à un mélange de cultivar pour les peupliers est de nature à décrédibiliser LBC sur ce point.

C'est pourquoi nous recommandons que les projets éligibles aux méthodes boisement et reboisement ne puissent être monospécifiques que sur des surfaces de tènement séparés inférieures ou égales à 1.0 hectare (étant entendu que deux surfaces cadastrales ou de gestion adjacentes sont considérées comme d'un seul tenant ou tènement). Ainsi, un projet de 25 ha d'un seul tenant et respectant les règles des méthodes sera éligible mais le saucissonnage des 25 ha (via par exemple l'association de propriétaires) pour ne faire que du monospécifique sous forme de patch sera réduit par cette recommandation.

Commentaires FNE (boisement et reboisement) : *Soulèvent également la possibilité de contournement et proposent non pas de réduire la surface des tènements mais plutôt d'augmenter la proportion minoritaire en passant de 20% à celle utilisée par l'IFN (25%).*

Commentaires I4CE (boisement et reboisement) : *Proposition identique à FNE sur le pourcentage de proportion d'essences minoritaires à 25% pour coller à la définition de l'IFN mais également suggestion de revoir les propositions de surface.*

Commentaires publics Dreal – Grand-Est (boisement et reboisement) : *Reformulation pour clarifier les 80%/20% mais pas de reconsidération des chiffres sauf pour les surfaces considérées pour peupleraies/noyeraies. Mais proposition de l'introduction d'un rabais dégressif en fonction du nombre d'essences plantées.*

Commentaires publics Dreal Bourgogne Franche – Comté (boisement et reboisement) : *Evolution positive par rapport à la v2 mais formulation encore insuffisante (trop conforme à France 2030).*

Commentaires publics CNPF (boisement et reboisement) : *proposition de 10ha d'un seul tenant pour trois essences dont les deux minoritaires représentant au moins 30% de la surface.*

Commentaires publics WWF (boisement et reboisement): *Le WWF France recommande au moins 3 essences d'au moins 2 genres différents, avec 70% maximum de plants de l'essence principale, pour toute parcelle supérieure à 1 ha d'un seul tenant, dans le cas de reboisements en France métropolitaine. Ces seuils doivent être plus élevés dans le cas des DROM.*

Commentaires publics COFORET (reboisement) : *La règle du mélange d'essences est très large et peu incitative*

Commentaires publics Carbonapp (reboisement) : *Pas clair sur les seuils de surface à retenir.*

Commentaires publics Neosylva (boisement) : *Pas clair sur les seuils de surface à retenir et quid des autres essences plantées à densité finale (Tulipier de Virginie, merisier)*

Commentaires publics Société Forestière : *Privilégier l'adéquation avec la station, contradiction potentielle avec la liste des essences feuillues qui risque d'être restreinte à l'horizon 2070.*

Commentaires publics ONF : *Clarifier les surfaces considérées, dans le cas des coupes rases, les critères devraient être plus exigeants (maintenir des arbres sur pied pour le renouvellement)*

Note INRAE : Nos recommandations et les propositions ci-dessus vont globalement dans le même sens, à savoir une reformulation du paragraphe pour le clarifier et visant d'autre part à modifier les surfaces et/ou le pourcentage des essences minoritaires de façon à renforcer cette augmentation de la diversité spécifique, en lien avec la station (cf 2.3.2 du rapport), dans les projets LBC.

2.12. Remarques mineures

D'autres remarques mineures ne sont pas reprises ici mais figurent dans les commentaires au fil du texte annexés :

- ✓ (reboisement, section 8.4) même auditeur pour la vérification documentaire et terrain ;
- ✓ (reboisement, section 8.5) fixation d'une date butoir d'effacement du projet des bases LBC ;
- ✓ Etc.

3. Problèmes relevés et suggestions associées (reboisement)

3.1. Plantations en échec et forêts incendiées

Certains cas actuellement éligibles au LBC posent de sérieuses questions de crédibilités. En effet, pour des plantations en échec, la pratique courante de première intention n'est pas l'abandon en friche mais le regarni, voire une nouvelle plantation complète. Dans ce contexte, un scénario de référence de type « reboisement spontané » ou « enfrichement » paraît peu crédible. Par ailleurs, le maintien d'un couvert boisé étant une obligation légale, on imagine mal des plantations en échec laissées à l'abandon dans l'espace des forêts publiques. Il est possible que, dans un contexte de forêts privées, de petits propriétaires renoncent au boisement après des échecs. Mais il s'agirait en proportion de surface forestière (notamment dans le LBC) d'une minorité des cas.

En conséquence, nous recommandons de ne pas laisser les « plantations en échec » dans le périmètre du LBC.

De manière assez similaire, les zones incendiées paraissent non éligibles à un LBC (du moins dans sa version actuelle). Les incendies de 2022 dans les Landes de Gascogne ont largement bénéficié du périmètre actuel du LBC. Pour autant, l'expérience montre qu'il s'agit d'un massif où les peuplements en état de catastrophe sont très majoritairement reconstitués par plantation ex-nihilo (cf. Les tempêtes Klaus et Martin). Le calcul prenant comme référence un abandon à la friche paraît donc biaisé, et le gain additionnel de séquestration de carbone virtuel. A l'inverse, il est effectivement possible que certains massifs forestiers peu rémunérateurs, de petits propriétaires privés, et en zone Méditerranéenne, puissent prétendre à l'usage d'un scénario de référence de type « enfrichement ».

Nous recommandons en l'état d'exclure les zones incendiées du périmètre du LBC. Il est envisageable de les réintégrer à l'avenir en prenant soin de : (i) définir de manière étayée et reproductible les régions où un scénario de référence « enfrichement » soit le cas majoritaire et (ii) en documentant de manière approfondie la dynamique de boisement spontané de ces régions (cf. supra).

3.2. Vidange

Dans tous les cas, le scénario de référence commence par une « vidange » du stock sur pied, des chablis et autres arbres morts.

Cela nous semble peu cohérent avec l'enfrichement qui suit cette vidange. Nous imaginons bien un propriétaire découragé ou ignorant de la perturbation qui laisse sa parcelle en l'état, ou bien un propriétaire investi qui vidange et remet sa parcelle en gestion après la vidange. Mais le comportement intermédiaire décrit dans le scénario de référence correspondrait à un propriétaire suffisamment investi pour constater les dégâts (tempête, incendie, dépérissement, ...) et tirer ce qu'il peut de revenu juste après la perturbation, mais trop peu investi pour remettre sa parcelle en gestion après la vidange.

Ce comportement intermédiaire nous semble improbable en cas de dépérissement ou d'incendie. Il est envisageable en cas de tempête, mais rien n'invite à penser que ça soit le cas le plus probable.

Par conséquent, nous recommandons de considérer qu'il n'y a pas de vidange dans le scénario de référence, et d'adapter le calcul de la VAN et du stock en forêt en conséquence.

3.3. Périmètre du Label

3.3.1. Conversion de forêts par des peupleraies

La définition de ce qu'est une forêt est loin de faire l'unanimité. Ainsi, il existe différentes définitions (par ex. FAO, NFIs) résultant en des statistiques difficilement comparables. De plus, la définition d'une forêt peut évoluer pour un même organisme. C'est ainsi qu'en France les peupleraies n'étaient pas initialement considérées comme des forêts. Ce n'est qu'à l'occasion de la refonte des méthodes de l'IFN que les peupleraies ont été intégrées dans les forêts (voir définition de "forêt" à <https://inventaire-forestier.ign.fr/spip.php?article596>). Du strict point de vue des définitions de l'IFN, les plantations de peupleraies sont donc éligibles au LBC. Toutefois, au-delà de la comptabilité-carbone, il est à considérer que les forêts (dans le sens commun du terme) fournissent des services écosystémiques (autre que « carbone ») à des niveaux nettement supérieurs à ceux des peupleraies (accueil du public, biodiversité, protection des eaux de surface, maintien du carbone du sol, etc.). Par ailleurs, estampiller « LBC » une conversion de forêts en peupleraies présente probablement un risque élevé en termes d'acceptation sociétale et pourrait fragiliser la crédibilité de l'ensemble de l'approche des LBC.

C'est pourquoi nous alertons le GST sur le risque d'acceptabilité sociétale à autoriser les peupleraies dans le périmètre de la méthode « reboisement ». Ces plantations pourraient néanmoins être éligibles dans la méthode « boisement » (à condition, bien sûr, que les autres critères du label soient remplis).

3.3.2. Caractérisation des forêts dépérissantes

La méthode « reboisement » prévoit toute une série de garde-fous pour éviter les effets d'aubaine, notamment en demandant aux porteurs de projets de fournir des documents attestant de la réalité des dégâts mis en avant. De ce point de vue, des demandes comme des photos aériennes sont tout à fait pertinentes dans le sens où elles sont vérifiables. A l'inverse, la démarche proposée pour caractériser les forêts dépérissantes est discutable. Ce n'est pas tant la méthode elle-même (photos, diagnostic) que le risque de conflit d'intérêt qu'elle sous-tend. En effet, le diagnostic étant réalisé par le porteur du projet, l'approche incite à « forcer le trait » si le dépérissement n'est pas suffisant pour rendre éligible le projet. La validation du projet se faisant a posteriori (c'est-à-dire après vidange des arbres annoncés comme dépérissants), il est alors impossible de procéder à une vérification indépendante.

Nous recommandons ainsi :

- **Pour les peuplements extrêmement dégradés, de produire des vues aériennes repositionnables sur un fond de carte disponible (comme IGN). Ces photos doivent mettre en évidence les pertes importantes du taux de couverture de la canopée.**
- **Pour les autres peuplements dépérissants, que les diagnostics soient réalisés par des entités (individuelles ou morales) indépendantes des porteurs de projet. Ces entités devront engager leur responsabilité quant à la réalité des dégâts observés.**

Commentaire public ONF : « Contrairement aux dégâts après incendie, tempête/neige/grêle, les photos ne doivent pas dater de moins d'un an. Est ce un oubli ? »

3.4. Modalités de reboisement

3.4.1. Régénération naturelle

Dans sa version actuelle, le LBC n'envisage la régénération naturelle que comme un processus du scénario de référence (« enrichissement »). Le scénario « mieux-disant » du LBC fait ainsi surtout appel à la plantation et, dans une moindre mesure, au semis artificiel. Cette dichotomie est surprenante et pas nécessairement la plus efficace en termes de reconstitution du couvert (et donc en termes de séquestration de carbone), notamment pour les forêts seulement en partie dégradées. En effet, dans des peuplements mélangés où une partie seulement des essences dépérit, il serait plus pertinent du point de vue de l'efficacité de reconstitution du couvert végétal de maintenir les essences saines. Il est bien établi que les individus de grande taille capte plus de carbone que les jeunes. Maintenir des arbres adultes permet ainsi de maintenir dans le temps le puits de carbone (a contrario des très jeunes plantations qui connaissent un creux du puits de carbone). De plus, le maintien d'arbres adultes permet de tamponner les stress saisonniers pour les jeunes individus (c'est la bien connue « ambiance forestière »), améliorant ainsi les chances de survie des jeunes plants. Enfin, la présence d'arbres adultes permet à des semenciers de produire très localement des graines, favorisant ainsi le reboisement.

Pour les forêts dépérissantes, nous recommandons donc de ne pas évacuer les essences saines, a minima dans chaque zone d'au moins 1.0 are ayant un couvert sain. Les interventions du gestionnaire pour reboiser se cantonneraient ainsi aux zones occupées par les essences dépérissantes.

Commentaire Public Canopée (reboisement) : [...] La destruction de ce stock et de ce potentiel de croissance n'est pas prise en compte dans le scénario de référence ce qui pose un problème majeur de crédibilité de la méthode.

Commentaire FNE (reboisement) : Intégrer dans le scénario de référence l'évolution naturelle des tiges saines. Dans le cas des peuplements dépérissant, les nouveaux seuils qui sont un progrès ne doivent pas mécaniquement permettre la coupe rase des 60% de tiges en bonne santé. L'évolution des tiges en bonne santé doit être intégrée dans le scénario de référence

Commentaires I4CE (reboisement) : Progrès dans les seuils proposés dans la nouvelle méthode. Proposition d'utiliser un modèles de diagnostique de type Deperis.

Commentaires ONF (reboisement) : laisser la possibilité de récolter des arbres sains mûres donc arrivés à l'âge d'exploitabilité, récolter les essences secondaires dépérissantes (diagnostique Deperis) non adaptées aux conditions futures

Note INRAE : dans l'ensemble, les commentaires sur ce point vont dans le même sens que notre remarque. Notre recommandation nous semble de nature à éviter les problèmes pointés par ces commentaires.

4. Références

- Anderson, K.J., Allen, A.P., Gillooly, J.F., Brown, J.H., 2006. Temperature-dependence of biomass accumulation rates during secondary succession. *Ecology Letters* 9, 673–682. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00914.x>
- Bilot, N., Deleuze, C., Saint-André, L., Rogaume, Y., Fournier, M., Wernsdörfer, H., 2023. Management-related energy, nutrient and worktime efficiencies of the wood fuel production and supply chain: modelling and assessment. *Annals of Forest Science* 80, 15. <https://doi.org/10.1186/s13595-023-01173-z>

- Bose, A.K., Schelhaas, M.-J., Mazerolle, M.J., Bongers, F., 2014. Temperate forest development during secondary succession: effects of soil, dominant species and management. *Eur J Forest Res* 133, 511–523. <https://doi.org/10.1007/s10342-014-0781-y>
- Cook-Patton, S.C., Leavitt, S.M., Gibbs, D., Harris, N.L., Lister, K., Anderson-Teixeira, K.J., Briggs, R.D., Chazdon, R.L., Crowther, T.W., Ellis, P.W., Griscom, H.P., Herrmann, V., Holl, K.D., Houghton, R.A., Larrosa, C., Lomax, G., Lucas, R., Madsen, P., Malhi, Y., Paquette, A., Parker, J.D., Paul, K., Routh, D., Roxburgh, S., Saatchi, S., van den Hoogen, J., Walker, W.S., Wheeler, C.E., Wood, S.A., Xu, L., Griscom, B.W., 2020. Mapping carbon accumulation potential from global natural forest regrowth. *Nature* 585, 545–550. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2686-x>
- Dietz, L., 2020. Dynamique spontanée post-tempête de la végétation forestière en contexte de changement climatique. AgroParisTech, Nancy, France.
- González-García, S., Bonnesoeur, V., Pizzi, A., Feijoo, G., Moreira, M.T., 2014. Comparing environmental impacts of different forest management scenarios for maritime pine biomass production in France. *Journal of Cleaner Production* 64, 356–367. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.07.040>
- Poorter, L., Bongers, F., Aide, T.M., Almeyda Zambrano, A.M., Balvanera, P., Becknell, J.M., Boukili, V., Brancalion, P.H.S., Broadbent, E.N., Chazdon, R.L., Craven, D., De Almeida-Cortez, J.S., Cabral, G.A.L., De Jong, B.H.J., Denslow, J.S., Dent, D.H., DeWalt, S.J., Dupuy, J.M., Durán, S.M., Espírito-Santo, M.M., Fandino, M.C., César, R.G., Hall, J.S., Hernandez-Stefanoni, J.L., Jakovac, C.C., Junqueira, A.B., Kennard, D., Letcher, S.G., Licona, J.-C., Lohbeck, M., Marín-Spiotta, E., Martínez-Ramos, M., Massoca, P., Meave, J.A., Mesquita, R., Mora, F., Muñoz, R., Muscarella, R., Nunes, Y.R.F., Ochoa-Gaona, S., De Oliveira, A.A., Orihuela-Belmonte, E., Peña-Claros, M., Pérez-García, E.A., Piotto, D., Powers, J.S., Rodríguez-Velázquez, J., Romero-Pérez, I.E., Ruíz, J., Saldarriaga, J.G., Sanchez-Azofeifa, A., Schwartz, N.B., Steininger, M.K., Swenson, N.G., Toledo, M., Uriarte, M., Van Breugel, M., Van Der Wal, H., Veloso, M.D.M., Vester, H.F.M., Vicentini, A., Vieira, I.C.G., Bentos, T.V., Williamson, G.B., Rozendaal, D.M.A., 2016. Biomass resilience of Neotropical secondary forests. *Nature* 530, 211–214. <https://doi.org/10.1038/nature16512>
- Roux, A., Dhôte, J.-F., Achat, D., Bastick, C., Colin, A., Bailly, A., Bastien, J.-C., Berthelot, A., Bréda, N., Caurila, S., Carnus, J.-M., Gardiner, B., Jactel, H., Leban, J.-M., Lobianco, A., Loustau, D., Meredieu, C., Marcais, B., Moisy, C., Schmitt, B., 2017. Quel rôle pour les forêts et la filière forêt-bois françaises dans l'atténuation du changement climatique ? Une étude des freins et leviers forestiers à l'horizon 2050. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20800.12805>
- Thibault, M., Thiffault, E., Bergeron, Y., Ouimet, R., Tremblay, S., 2022. Afforestation of abandoned agricultural lands for carbon sequestration: how does it compare with natural succession? *Plant Soil* 475, 605–621. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05396-3>
- Tremblay, S., Ouimet, R., 2013. White Spruce Plantations on Abandoned Agricultural Land: Are They More Effective as C Sinks than Natural Succession? *Forests* 4, 1141–1157. <https://doi.org/10.3390/f4041141>
- UNFCCC, 2023. Information note: Removal activities under the Article 6.4 mechanism (No. A6.4-SB005-AA-A09). UNFCCC.
- Vilà-Cabrera, A., Espelta, J.M., Vayreda, J., Pino, J., 2017. “New Forests” from the Twentieth Century are a Relevant Contribution for C Storage in the Iberian Peninsula. *Ecosystems* 20, 130–143. <https://doi.org/10.1007/s10021-016-0019-6>