Méthode reconstitution de peuplements forestiers dégradés

Version 2 du 27/07/2020

Ce document est une Méthode pour des projets volontaires de reboisement compatibles avec le label Bas-Carbone français, issu du programme *Vocal* et approuvé par le ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES). Cette Méthode a été rédigée par le Centre national de la propriété forestière (CNPF) grâce à un financement du fonds européen de développement régional en Massif central de 2015 à 2018 (programme *Vocal*) et de France Bois Forêt en 2019 et en 2020.

Cette Méthode indique les différentes étapes à suivre pour la réalisation de projets de reboisement compatibles avec le label Bas-Carbone, visant à développer les différents leviers d'atténuation du changement climatique dans la filière forêt-bois.

Table des matières

1. APPLICABILITE, DEFINITIONS, DUREE 4

1.1. RECONSTITUTION DE PEUPLEMENTS FORESTIERS DEGRADES 4
1.2. DUREE DE PROJET 4
1.3. LE PORTEUR DE PROJET 4
1.4. SELECTION DES SOURCES/PUITS ET COMPARTIMENTS A PRENDRE EN COMPTE 5

2. CRITERES D'ELIGIBILITE 6

2.1. PIECES ELEMENTAIRES A FOURNIR SYSTEMATIQUEMENT 6
2.2. ÉLIGIBILITE DES REBOISEMENTS 7
2.2.1. Projet de reboisement d'une forêt détruite par une tempête 8
2.2.2. Projet de reboisement d'une forêt incendiée 9
2.2.3. Projet de reboisement d'une forêt en situation de dépérissement massif 10

3. CHOIX DU SCENARIO DE REFERENCE ET DEMONSTRATION DE L'ADDITIONNALITE 12

3.1. CHOIX DU SCENARIO DE REFERENCE 12
3.2. DEMONSTRATION DE L'ADDITIONNALITE 12
3.2.1. Analyse légale et des aides publiques existantes 13
3.2.2. Analyse économique 13

4. INTEGRITE ENVIRONNEMENTALE 16

4.1. UN DIAGNOSTIC PREALABLE DE LA BIODIVERSITE AVANT RECOLTE DU PEUPLEMENT A SUBSTITUER 16
4.2. LA GRILLE D'EVALUATION DES CO-BENEFICES 17

5. INTEGRATION DU RISQUE DE NON-PERMANENCE 20

5.1. RISQUE DE DEPERISSEMENT/INADEQUATION A LA STATION 20
5.2. RISQUES GENERAUX, DIFFICILEMENT MAITRISABLES 20
5.3. RISQUE D'INCENDIE 20
5.4. RISQUE DU AU GIBIER 22

6. CALCUL DES REDUCTIONS D'EMISSIONS GENERABLES 23

6.1. CALCUL DES REDUCTIONS D'EMISSIONS ANTICIPEES GENERABLES 23
6.1.1. REA générables du fait de la séquestration du carbone par l'écosystème forestier 23
6.1.2. REA générables du fait du stockage du carbone dans les produits bois récoltés 24
6.2. CALCUL DES REDUCTIONS D'EMISSIONS INDIRECTES GENERABLES 26
6.2.1. Calcul des réductions d'émissions indirectes générables dans le scénario de reboisement 26
6.2.2. Calcul des réductions d'émissions indirectes générables dans le scénario de référence 27
6.3. CALCUL DES REDUCTIONS D'EMISSIONS DE L'EMPREINTE GENERABLES 27

7. QUANTIFICATION CARBONE DES ITINERAIRES 28

7.1. QUANTIFICATION GENERALE DU CARBONE 28
7.1.1. Estimation de la biomasse aérienne (B_A) 28
7.1.2. Estimation de la biomasse racinaire (B_R) 28
7.1.3. Taux de carbone dans la matière sèche 29
7.1.4. Estimation du stock de carbone dans les sols (S) 29
7.1.5. Estimation du stock de carbone dans la litière (L) 29
7.1.6. Estimation du stock de carbone dans le bois mort (M) 30
7.2. MODELISATION DE L'EVOLUTION DU CARBONE DANS LE SCENARIO DE REFERENCE 30
7.2.1. Colonisation post-tempête 30
7.2.2. Colonisation post-incendie 30
7.2.3. Dépérissement intense 30

7.3. MODELISATION DE L'EVOLUTION DU CARBONE DANS L'ITINERAIRE DE REBOISEMENT 31

8. VERIFICATION 32

8.1. VERIFICATION DOCUMENTAIRE PAR UN AUDITEUR 32
8.2. VERIFICATION ADDITIONNELLE DE TERRAIN PAR UN AUDITEUR 32

9. REDUCTIONS D'EMISSIONS ANTICIPEES « FORET » GENERABLES ET GENEREES APRES APPLICATION DES RABAIS 36

10. BILAN DES ELEMENTS A FOURNIR 37

ANNEXE 1 : PROTOCOLE DE DEPERISSEMENT DEPERIS 39

ANNEXE 2 : RELEVE DE L'INDICE DE BIODIVERSITE POTENTIELLE (IBP) 40

ANNEXE 3 : CALCUL DES COEFFICIENTS DE SUBSTITUTION RELATIFS AU PEUPLIER ET AU PIN MARITIME 41

ANNEXE 4 : INFRADENSITES RECOMMANDEES POUR LES PRINCIPALES ESSENCES FRANÇAISES 43

ANNEXE 5 : METHODE DE QUANTIFICATION D'UN VOLUME TOTAL 44

ANNEXE 6 : ÉQUATIONS POUR L'ESTIMATION DE LA BIOMASSE RACINAIRE 46

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 47

1. Applicabilité, définitions, durée

Cette Méthode s'applique à des projets forestiers ayant vocation à lutter contre le changement climatique, en France (ensemble du territoire français).

Les projets éligibles ne sont pas tenus de suivre la définition de reboisement au sens de « terre ne portant pas de forêt à la date du 1er janvier 1990 » des Accords de Marrakech.

De fait, il en découle les définitions suivantes.

1.1. Reconstitution de peuplements forestiers dégradés

On entend par « reconstitution de peuplements forestiers dégradés » la conversion anthropique directe de terres forestières **ayant subi des dégâts lourds** (tempêtes, incendies, dépérissements massifs, mortalité importante, attaques sanitaires…) en terres forestières viables grâce à une plantation adaptée à la station et aux conditions climatiques.
Il s'agit donc de reboisements. Par simplification, nous utiliserons par la suite le terme de « reboisement » pour désigner la « reconstitution de peuplements forestiers dégradés ».
La surface minimale pour une reconstitution de peuplements forestiers dégradés est fixée à **0,5 ha** pour une parcelle ou groupe de parcelles attenantes.

NB : cette Méthode n'est pas applicable pour des projets consistant à faire des plantations « d'arbres en ville » ou « plantation de vergers » ou TCR/TTCR[1].
En revanche, les plantations à faible densité visant une production ligneuse de bois d'œuvre (noyeraie, peupleraie…) sont éligibles à la présente Méthode.

1.2. Durée de projet

Par dérogation à la partie IV.C du référentiel du label Bas-Carbone, la durée pour un projet de reboisement est de **30 années**, **quels que soient l'essence, la région, la fertilité et l'itinéraire sylvicole**. Cette durée est celle sur laquelle est réalisé le calcul des réductions d'émissions (RE) générables par le projet.

Tous les engagements du Porteur de projet reposent *a minima* sur cette période. Il en découle que le Porteur de projet s'engage à respecter l'état boisé pendant au moins 30 ans et à en informer, le cas échéant, le propriétaire suivant.

1.3. Le Porteur de projet

Le Porteur de projet est l'entité qui porte le projet éligible à la présente Méthode, remplit le document de projet et fait la demande de certification auprès de l'Autorité (entité en charge de la validation).
Toute personne, qu'elle soit de droit privé ou de droit public, peut être un Porteur de projet. Cela peut être un propriétaire en nom propre, une association de regroupement des propriétaires forestiers (ASL, ASLGF…), un groupement forestier (de petits porteurs, familial…), un groupement foncier agricole (GFA), un groupement foncier rural (GFR), une société civile immobilière (SCI), une

[1] TCR = taillis à courte rotation, TTCR = taillis à très courte rotation

indivision, une fondation, une association, un organisme, un établissement public, un établissement public de coopération intercommunale (EPCI), une coopérative, une collectivité (propriétaire de forêt communale, départementale, sectionale, etc.), l'État (forêts domaniales)…
Le Porteur de projet peut se faire aider par une tierce entité (GFP, expert forestier…) pour remplir le document de projet.

1.4. Sélection des sources/puits et compartiments à prendre en compte

Les compartiments pour la quantification du carbone retenus sont les suivants :

- Biomasse aérienne ;
- Biomasse racinaire ;
- Litière ;
- Bois mort ;
- Carbone organique du sol.

Cette Méthode préconise l'intégration systématique des réservoirs de la biomasse aérienne et racinaire de la strate arborée (les autres strates pourront être négligées). Les réservoirs de la litière et du sol seront pris en compte, celui du bois mort pourra être négligé (cf. 7.1.6.). L'inclusion du stockage du carbone dans les produits bois espérés ainsi que les effets de substitution énergie et matériau sont facultatifs. Les gaz à effet de serre (GES) dus à l'exploitation forestière seront négligés (cf. tableau 1).

Source/Puits	GES	Inclusion	Justification	Type de RE
Séquestration de carbone dans la biomasse aérienne	CO_2	Oui	-	Anticipées
Séquestration de carbone dans la biomasse racinaire	CO_2	Oui		Anticipées
Séquestration de carbone dans le bois mort	CO_2	Facultatif	Selon scénario de référence	Anticipées
Séquestration de carbone dans la litière	CO_2	Oui		Anticipées
Séquestration de carbone dans le sol	CO_2	Oui		Anticipées
Séquestration dans les produits bois	CO_2	Facultatif		Anticipées
Combustion de combustibles fossiles	CO_2 CH_4	Non	Source mineure (González-García *et al.*, 2014)	
Engrais azotés	CO_2 NO_2	Non	L'utilisation d'engrais est extrêmement rare en forêt française	
Substitution à des produits ou énergies plus émetteurs que le bois	CO_2 CH_4	Facultatif		Indirectes

TABLEAU 1. — *Les puits et sources de carbone à inclure selon les compartiments forestiers.*

2. Critères d'éligibilité

Cette partie détermine les éléments à fournir pour être éligible.
Si une des conditions sous-mentionnées (identification claire des parcelles cadastrales et de leur propriétaire, document de gestion durable) manque lors du dépôt de dossier, **celui-ci sera systématiquement rejeté par l'Autorité**. Toutefois, le Porteur de projet pourra corriger les éléments manquants de son dossier et faire un nouveau dépôt.

2.1. Pièces élémentaires à fournir systématiquement

Le Porteur de projet doit fournir une **matrice cadastrale** justifiant la propriété des parcelles objet du projet de reboisement ou un **acte notarié** ou un **extrait de logiciel de cadastre** pour les professionnels forestiers équipés (ONF, CNPF, gestionnaires…).
Dans le cas d'une structure de regroupement de propriétaires (type ASL) ou de la gérance d'une société (GF, SCI…), une **délibération** attestant de l'habilitation du représentant ou du gérant doit être jointe.

Le Porteur de projet doit présenter un document de gestion durable (aménagement forestier, plan simple de gestion, règlement type de gestion ou code de bonnes pratiques sylvicoles). Au titre des articles L124-1 et L124-2 du Code forestier, ces documents présentent des garanties de gestion durable (aménagement, PSG, RTG) ou des présomptions de garantie de gestion durable (CBPS). Comme justificatif, le Porteur de projet devra fournir :

- Pour une forêt dotée d'un PSG, la décision d'agrément du PSG par le conseil de centre du CRPF ;
- Pour une forêt dotée d'un CBPS, le courrier du CRPF notifiant l'adhésion du propriétaire au code de bonnes pratiques sylvicoles ;
- Pour une forêt dotée d'un RTG, la décision d'agrément du RTG par le conseil de centre du CRPF et l'adhésion du propriétaire au RTG (signée par le propriétaire et le rédacteur) ou, en son absence, la copie du RTG ;
- Pour toute forêt de collectivité, l'arrêté d'aménagement portant approbation du document d'aménagement de la forêt de la collectivité par le préfet de Région ;
- Pour toute forêt domaniale, l'arrêté d'aménagement portant approbation du document d'aménagement de la forêt domaniale par le ministre en charge des forêts.

Le cas échéant, le Porteur de projet s'assurera de modifier le tableau de coupes et travaux de son document de gestion durable par avenant.
S'il n'a pas de document de gestion durable au moment du dépôt de projet, le Porteur de projet devra démontrer par n'importe quel moyen qu'un document de gestion durable pour ses bois est au moins en cours de rédaction (courrier ou courriel du rédacteur attestant de la rédaction en cours, courrier ou courriel du CRPF attestant de la réception du document ou de son instruction en cours…). Il devra de plus envoyer le document à l'Autorité une fois celui-ci approuvé (avec les pièces justificatives indiquées ci-dessus selon les cas).

Le foncier de collectivités ne bénéficiant pas du régime forestier au titre de l'article L 211-1 du Code forestier n'est pas éligible au label Bas-Carbone, sauf si la collectivité démontre sa volonté d'inscrire ses parcelles dans une gestion assurée par l'ONF.

2.2. Éligibilité des reboisements

Afin d'éviter les effets d'aubaine, tout projet de reboisement issu de la récolte finale d'un peuplement sain sera exclu. En effet, tout propriétaire a obligation, sous cinq ans, de reconstituer la vocation forestière d'une parcelle ayant fait l'objet d'une coupe de récolte (article L124-6 du Code forestier[2]).
De même, cette Méthode exclut les projets consistant à récolter des peuplements non dépérissants (sous prétexte qu'ils ne sont pas assez productifs) pour reboiser avec une essence plus productive.
De fait, trois types de situation pourront donner lieu à un projet de reboisement ; il s'agira de parcelles :

- Ayant subi une tempête avec un taux de chablis ou de volis supérieur à 40 % des tiges ;
- Ayant subi un incendie dans des contextes où il est pertinent de reboiser après incendie ;
- Présentant un taux de dépérissement qualifiable « d'intense » (voire une mortalité très inquiétante) pouvant être dû à des attaques sanitaires, au changement climatique, à une inadéquation à la station… (voir critères précis en partie 2.3.3.).

Dans tous les cas, le projet ne sera éligible que pour les catastrophes survenues **il y a moins de 5 ans avant la date de dépôt de projet**.

Les coupes rases récoltant le peuplement impacté ne pourront pas prélever toute la biomasse de la parcelle, de façon à impacter le moins possible le compartiment du sol. Les pratiques de labour (Jolivet, 2000) et de récolte des rémanents (Achat *et al.*, 2015 ; Augusto *et al.*, 2019) seront proscrites puisqu'impactantes sur le carbone du sol. Les éléments importants en matière de biodiversité devront être maintenus (cf. partie 4). **Les projets devront respecter ces préconisations sous peine de ne pas être certifiés par le label Bas-Carbone**.

Les projets doivent en outre respecter la réglementation applicable mais aussi suivre les bonnes pratiques recommandées par les politiques publiques, notamment le **respect des arrêtés MFR** (matériels forestiers de reproduction) consultables sur le site internet du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation[3]. Toutefois, le recours à des essences ne figurant pas dans les arrêtés MFR sera autorisé dès lors que le Porteur de projet est à même de le justifier par rapport à l'un des deux cas suivants : constitution d'*arboreta* ou étude d'essences hors liste MFR présentant un intérêt vis-à-vis du changement climatique. Dans ce cas, le Porteur de projet devra indiquer que cette expérimentation sera suivie par un organisme de recherche et développement (INRAE, FCBA, ONF RDI, CNPF-IDF, AgroParisTech, Cirad).

Les travaux prévus dans un document de gestion durable sont éligibles à la présente Méthode, à condition qu'ils n'aient pas débuté avant la date de réception de la Notification par l'Autorité (cf. partie III.C.1. de l'arrêté du 28 novembre 2018 définissant le référentiel du label « Bas-Carbone ») et qu'ils respectent les conditions prévues par la Méthode, notamment en ce qui concerne la démonstration de l'additionnalité.

---

[2] article L124-6 du Code forestier : *Dans un massif forestier d'une étendue supérieure à un seuil arrêté par le représentant de l'État dans le département, après avis du Centre national de la propriété forestière et de l'Office national des forêts, après toute coupe rase d'une surface supérieure à un seuil arrêté par la même autorité dans les mêmes conditions, la personne pour le compte de qui la coupe a été réalisée ou, à défaut, le propriétaire du sol est tenu, en l'absence d'une régénération ou reconstitution naturelle satisfaisante, de prendre, dans un délai de cinq ans à compter de la date de début de la coupe définitive, les mesures nécessaires au renouvellement de peuplements forestiers. […]*

[3] https://agriculture.gouv.fr/materiels-forestiers-de-reproduction-arretes-regionaux-relatifs-aux-aides-de-letat-linvestissement

2.2.1. Projet de reboisement d'une forêt détruite par une tempête

Si, au moment de la constitution du dossier, une **photographie aérienne** de la parcelle après la tempête est disponible, le Porteur de projet la fournira à son dossier pour démontrer les dégâts (arbres jonchant le sol…), il superposera le fond cadastral si possible. Il pourra le faire *via* https://www.geoportail.gouv.fr/ ou https://remonterletemps.ign.fr/ ou par tout autre moyen qu'il jugera pertinent. Il fournira également une **photographie du terrain** (vue depuis la parcelle) **de moins d'un an** attestant de son état actuel.

Ne seront éligibles à un projet de reboisement que les parcelles dont **la tempête a détruit au moins 40 % des tiges**. Ce seuil de 40 % de tiges renversées, déracinées ou étêtées (chablis ou volis) a déjà été utilisé dans le passé notamment dans l'attribution d'aides publiques pour le reboisement après la tempête Klaus[4,5]. Ce seuil est maintenu pour cette Méthode. Pour ce faire, le Porteur de projet devra faire une estimation de l'ampleur des dégâts survenus dans sa parcelle afin de savoir s'il est éligible ou pas. Les photographies aériennes peuvent suffire pour cette estimation.

[4] Arrêté du préfet de la Région Aquitaine du 13 août 2009 sur les conditions de financement par des aides publiques des travaux de nettoyage liés à la reconstitution des peuplements forestiers de pin maritime sinistrés par la tempête Klaus

[5] Arrêté du préfet de la Région Aquitaine du 1er février 2010 consolidé le 1er juin 2010 sur les conditions de financement par des aides publiques des travaux de nettoyage (hors peupliers et pin maritime) et de reconstitution (hors peupliers) des peuplements forestiers sinistrés par la tempête Klaus

FIGURE 1. — *Photographies aériennes d'un peuplement de douglas avant tempête en 2006 (photo en haut à gauche), après passage de la tempête Klaus de 2009 (en haut à droite : on devine les arbres jonchant le sol), après vidange des chablis en 2010 (en bas à gauche : on voit les tires de débardage) et quelques années après reboisement en 2013 (en bas à droite). Extraits d'orthophotos issus de https://remonterletemps.ign.fr (Source : IGN)*

2.2.2. Projet de reboisement d'une forêt incendiée

Si, au moment de la constitution du dossier, une **photographie aérienne** de la parcelle après l'incendie est disponible, le Porteur de projet la fournira à son dossier pour démontrer les dégâts (arbres calcinés), il superposera si possible le fond cadastral. Il pourra le faire *via* https://www.geoportail.gouv.fr/. Le Porteur de projet pourra télécharger une orthophoto de sa forêt avant incendie sur https://remonterletemps.ign.fr/. Il fournira également une **photographie du terrain** (vue depuis la parcelle) **de moins d'un an** attestant de son état actuel.

Il n'y a aucun seuil d'éligibilité pour un reboisement post-incendie. Toutefois, on veillera à ne reboiser que les zones incendiées où cela est nécessaire. Dans certaines zones méditerranéennes, il vaut mieux attendre la réinstallation d'un peuplement grâce aux premières essences pionnières (pin d'Alep, pin maritime…) qui vont venir coloniser la parcelle et reconstituer peu à peu son état forestier passé. 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 (parcelle isolée, non attenante à un massif forestier donc éloignée de semenciers potentiels…).
Pour s'assurer que le reboisement est réellement nécessaire suite à un incendie survenu en zone méditerranéenne, il est donc conseillé d'attendre quelques années (jusqu'à un maximum de 5 ans) avant de déposer un projet de reboisement auprès de l'Autorité.
Le Porteur de projet devra calculer la surface à boiser, en ôtant les surfaces n'ayant pas été ravagées par l'incendie.

FIGURE 2. — *Photographies aériennes d'une peuplement avant incendie (à gauche) et après incendie (à droite). (Source : IGN)*

2.2.3. Projet de reboisement d'une forêt en situation de dépérissement massif

Le dépérissement se définit comme « *un affaiblissement progressif ou momentané d'un organisme animal ou végétal, aboutissant parfois à la mort et résultant de dérangements physiologiques ou d'affectations parasitaires. En foresterie, le dépérissement se traduit le plus souvent par une détérioration plus ou moins rapide des cimes (pertes ou jaunissement des feuilles ou des aiguilles), du haut vers le bas et de l'extérieur vers l'intérieur et par une diminution de la croissance des arbres. La mort peut être une issue du processus.* » (Bastien et Gauberville, 2015).
Cette Méthode rend éligible ces peuplements en situation de dépérissement ou de mortalité *inquiétants* ou *préoccupants*. Ces situations nécessitent la récolte du peuplement sylvicole pour le substituer à un peuplement mieux adapté à la station ou aux conditions climatiques.

Le Porteur de projet devra démontrer la situation de dépérissement intense qui justifie une coupe rase et un reboisement. Pour ce faire, on utilisera le protocole DEPERIS (voir détails en annexe 1) mis au point par le Département de la santé des forêts (DSF), dans lequel un peuplement présente un « dépérissement intense » si plus de 20 % des tiges de l'essence concernée sont très ou fortement dépérissantes. En dessous de ce seuil de 20 %, il est admis que les peuplements présentent un « *dépérissement faible ou diffus* ».
Pour qu'un projet de reboisement soit donc éligible, il faudra **démontrer que 20 % des tiges présentent au moins 50 % de perte foliaire** (Nageleisen, 2005). En-dessous de ce seuil de 20 %, les peuplements ne pourront pas être considérés comme dépérissants et ne pourront être éligibles au label Bas-Carbone. Au-dessus de ce seuil de 20 %, on considérera qu'une coupe rase du peuplement en place suivie d'un reboisement est envisageable au vu du taux de tiges dépérissantes ou mortes. Ce pourcentage est défini en proportion du nombre de tiges de l'étage dominant ou co-dominant. L'équation 19 en annexe 1 (DSF, 2017) indique comment calculer la note DEPERIS.
Ce seuil de 20 % fait aujourd'hui référence et est repris dans une note ministérielle[6] pour caractériser un dépérissement « intense » ou dans d'autres études (Lemaire, 2014).

Pour la forêt privée, en conformité avec les articles L.312-5, L.312-10, R.312-16 et R.312-21-1 du Code forestier, en cas d'événements fortuits, accidentels, maladies ou sinistres, qui impliquent des mesures d'urgence, le propriétaire peut faire procéder à l'abattage des arbres. Toutefois, il doit, avant

[6] Ce chiffre de 20 % de tiges impactées pour caractériser un « dépérissement intense » (fourni par le DSF) est repris dans la note de service DGAL/SDQPV/2010-8119 du 27 avril 2010 (ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche) : https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-N2010-8119

d'entreprendre la coupe, faire une déclaration auprès du CRPF par tout moyen permettant d'établir date certaine et observer un délai de 15 jours. Pendant ce délai, le CRPF peut faire opposition à cette coupe. Le cas échéant, un avis favorable de coupe d'urgence émis par le CPRF se substituera *de facto* à l'établissement du diagnostic DEPERIS, et le dépérissement sera reconnu comme étant intense. Pour ce faire, le propriétaire devra fournir une **lettre de non opposition du CRPF à la coupe d'urgence**.
En outre, pour certains peuplements dépérissants ne présentant aucun caractère d'urgence (exemple des frênaies chalarosées ou des taillis dépérissants), le CRPF ne fournit pas d'avis favorable de coupe d'urgence, par conséquent, un courrier d'avis favorable de coupe extraordinaire pour motif sanitaire (clairement énoncé dans le courrier) par le CRPF se substituera également à l'établissement du diagnostic DEPERIS.

En forêt publique en cas d'événements fortuits, accidentels, maladies ou sinistres, qui impliquent des mesures d'urgence, l'ONF peut faire procéder à l'abattage des arbres. Une déclaration sera alors préparée par l'ONF s'appuyant sur des éléments factuels afin d'argumenter le caractère urgent et impérieux de la situation. À noter que cet argumentaire pourra s'appuyer notamment sur les arrêtés préfectoraux qui pourront avoir été pris en cas de crise sanitaire avérée, le Porteur de projet pourra alors démontrer que la commune de localisation du projet figure bien dans la liste des communes visées par l'arrêté préfectoral[7].

Le Porteur de projet joindra *a minima* des photographies actuelles du peuplement mettant en évidence son dépérissement.

[7] http://draaf.grand-est.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/2019_0729_annexes_arrete_scolytes_epicea_GE_cle8cbf99.pdf

3. Choix du scénario de référence et démonstration de l'additionnalité

3.1. Choix du scénario de référence

Le référentiel du label Bas-Carbone définit le scénario de référence (III.C.1) :
« *Le scénario de référence doit correspondre à une situation au moins aussi défavorable que l'application :*

- *des obligations découlant des textes législatifs et réglementaires en vigueur ;*
- *des différentes incitations à générer des réductions d'émissions qui existent, autres que celles découlant du Label. Il s'agit notamment des incitations économiques, quelles qu'en soit l'origine ;*
- *des pratiques courantes dans le secteur d'activité correspondant au Projet, à l'échelle nationale ou régionale selon ce qui est pertinent. La Méthode précisera comment ces pratiques ont été déterminées, en se limitant aux données disponibles à la date du dépôt de la demande d'approbation.* »

La partie 2.2. détermine trois types de projets de reboisements éligibles à la présente Méthode dans le cadre du label Bas-Carbone. Par conséquent, il convient de déterminer trois scénarios de référence :

- Peuplements dévastés par une tempête : le scénario de référence sera la vidange des chablis puis une colonisation lente par des accrus, le propriétaire faisant le choix de ne pas reboiser ;
- Peuplements incendiés : le scénario de référence sera la commercialisation des bois calcinés puis une colonisation lente par des accrus, le propriétaire faisant le choix de ne pas reboiser ;
- Peuplements en situation de dépérissement intense : le propriétaire fait le choix de récolter son peuplement dépérissant dès l'année 0 puis une colonisation de sa parcelle par des accrus de la même essence se met en place, le propriétaire faisant le choix de ne pas reboiser.

Le scénario de référence ne pourra pas être négligé même si un futur peuplement issu d'une colonisation naturelle se met en place de façon très lente après la catastrophe. Le choix entre un enfrichement feuillu ou résineux se fait sur la base de la constitution de l'ancien peuplement. Si une tempête a dévasté un peuplement de pin maritime, on fera l'hypothèse que ce seront des accrus de résineux qui coloniseront la parcelle dans le scénario de référence. Si la parcelle dévastée est isolée de tout peuplement résineux aux alentours, on fera l'hypothèse d'un enfrichement par des accrus feuillus. Le choix entre des accrus feuillus ou résineux pourra également se justifier par l'observation de parcelles similaires avoisinantes. Exemple : on remarque qu'après incendie les parcelles de telle commune sont rapidement colonisées par le pin d'Alep. Par conséquent on fera l'hypothèse que la dynamique naturelle de colonisation post-incendie se fera avec cette essence.

3.2. Démonstration de l'additionnalité

Le référentiel du label Bas-Carbone définit l'additionnalité (III.C.1) : « *Pour démontrer l'additionnalité des réductions d'émissions, la Méthode définit un scénario de référence. Seules les réductions d'émissions allant au-delà de ce scénario de référence sont reconnues dans le cadre du Label.* »
L'additionnalité consiste à démontrer que le projet va au-delà des obligations légales et des pratiques courantes et qu'en l'absence de participation d'un financeur, *via* l'achat de réductions d'émissions certifiées, les réductions d'émissions n'auraient pas eu lieu.

3.2.1. Analyse légale et des aides publiques existantes

Le Porteur de projet ne saurait ignorer toutes les réglementations existantes pouvant empêcher ou contraindre un reboisement (articles L122-7 et L122-8 du Code forestier).

Le Porteur de projet devra inventorier les aides publiques auxquelles il est potentiellement éligible pour son projet de reboisement et démontrer qu'elles sont insuffisantes parce que :

- Aucune subvention liée au reboisement n'est proposée, qu'elle soit départementale, régionale ou nationale ;
- Il ne rentre pas dans les critères d'éligibilité des aides publiques existantes ;
- Les aides proposées pour les reboisements sont insuffisantes au regard de l'investissement chiffré dans le projet de reboisement. À ce titre, une enquête statistiquement significative des comportements des propriétaires du Massif central a démontré qu'en dessous de 50 % d'aide, les propriétaires sont peu enclins à s'engager dans des travaux de reboisement (Didolot, 2017[8]). On retiendra donc ce seuil comme limite à l'investissement pour le propriétaire.

Exemple 1 : si le coût du reboisement du Porteur de projet est estimé à 3 000 €/ha et qu'il existe une aide publique pour le reboisement à hauteur de 80 % (soit 2 400 € financés), alors le projet ne sera pas additionnel et sera rejeté car l'aide existante est estimée suffisante pour la réalisation du projet.
Exemple 2 : s'il existe une aide publique à hauteur de 40 % pour réaliser des reboisements estimés à 6 000 €/ha (soit 2 400 € financés) alors l'aide existante sera jugée insuffisante pour la réalisation du projet de reboisement et l'additionnalité pourra être démontrée.

Ainsi, pour un même montant d'aide publique (2 400 € dans ces exemples), deux projets peuvent être jugés éligibles ou non au regard de l'additionnalité.

Les aides autres que les aides publiques ne sont pas prises en compte pour la présente analyse.

Le Porteur de projet pourra mobiliser des aides publiques existantes insuffisantes (inférieures à 50 % du coût total des travaux) ainsi que l'aide attribuée grâce à la labellisation du projet, **en veillant qu'elles ne dépassent pas 100 % de financement total**.

L'analyse des aides publiques existantes est obligatoire.

3.2.2. Analyse économique

Pour éviter les effets d'aubaine, il convient d'effectuer une démonstration financière de l'additionnalité, autrement dit il faut démontrer que le projet de boisement n'est pas la solution la plus rentable par rapport au scénario de référence.

Option 1 : le Porteur de projet ne fait pas d'analyse économique
Le Porteur de projet ne fait pas d'autre analyse que celle des aides existantes pré-exposée (3.2.1.). Un rabais de 20 % est alors appliqué.

Option 2 : un calcul de la valeur actualisée nette (VAN) sur la durée de révolution du peuplement

[8] https://www.cnpf.fr/data/lesforestiersmassifcentral.pdf

Pour les projets de reboisement, une estimation des recettes potentielles issues de la récolte des bois (de tempête, incendiés, scolytés, dépérissants…) et des coûts de reboisement (nettoyage de la parcelle, broyage éventuel, travail du sol éventuel, achat des plants, mise en terre des plants, dégagements) devra être effectuée pour justifier de l'additionnalité, quel que soit le projet de reboisement (tempête, incendie, forte mortalité).

$$VAN_{reboisement} = R_0 + \sum_{n=0}^{R} \frac{R_n - C_n}{(1+r)^n}$$

Équation 1

$$VAN_{référence} = R_0 + \frac{R_T - C_T}{(1+r)^T}$$

Équation 2

On considère avec l'équation 2 (scénario de référence) que les bois (issus des accrus ou des régénérations) seront coupés à l'année T et qu'il n'y aura aucun investissement après vidange des bois à terre, brûlés ou dépérissants à l'année 0. Le propriétaire ne reboise pas dans le scénario de référence et laisse sa parcelle se coloniser par des accrus qui seront récoltés à l'année T. Par défaut, T sera égal à l'âge d'exploitabilité de l'essence de reboisement, sauf si le Porteur de projet a des informations plus précises.

$$\Delta_{VAN} = VAN_{reboisement} - VAN_{référence}$$

Équation 3

Avec :
VAN = valeur actualisée nette (en €)
C_n = dépenses liées au projet de reboisement (en €). Cela peut comprendre : la récolte du peuplement à substituer (chablis, incendiés, dépérissants, morts…), le débardage, le broyage éventuel, l'achat des plants, l'opération de plantation, les dégagements des plants, les coûts liés aux éclaircies…
C_T = dépenses liées à la coupe rase du peuplement issu des accrus post-tempête, post-incendie ou post-dépérissement intense ;
R_n = recettes liées au projet (en €). Elles concerneront la vente des bois issus du peuplement à substituer ;
R_0 = recettes nettes à l'année 0 liées à la vidange des bois des parcelles ayant subi une tempête, un incendie ou un dépérissement intense ;
R_T = recettes liées à la coupe rase du peuplement issu des accrus post-tempête, post-incendie ou post-dépérissement intense ;
R = durée de révolution de l'essence plantée (pour la plupart des essences, R > 30 ans) ;
T = durée de révolution de l'essence constituant les accrus dans le scénario de référence (T peut être différent de R) ;
r = taux d'actualisation, fixé par défaut à 4,5 %.

NB : Les aides publiques auxquelles le Porteur de projet serait éventuellement éligible devront être intégrées dans les calculs économiques des VAN.

L'additionnalité économique sera démontrée si ΔVAN < 0.

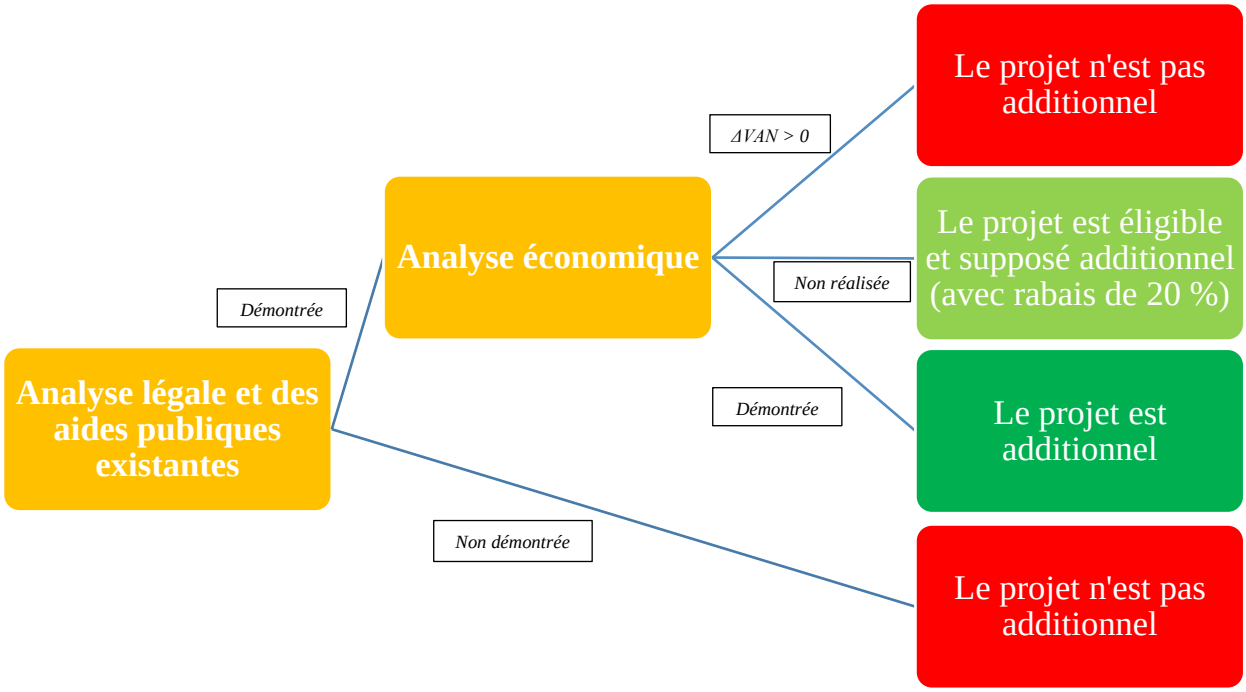


FIGURE 1. — *Bilan des étapes de démonstration de l'additionnalité d'un projet carbone.*

4. Intégrité environnementale

4.1. Un diagnostic préalable de la biodiversité avant récolte du peuplement à substituer

Les projets éligibles dans le cadre de cette Méthode nécessitent forcément une coupe rase du peuplement à substituer et un nettoyage. Par conséquent, en l'état ils pourraient mener à une perte de biodiversité *in situ*. Or, la Méthode veille au respect de critères environnementaux pour ne pas que les projets soient source de perte de biodiversité.

Pour tout projet d'une contenance supérieure à 2 ha, un diagnostic IBP (indice de biodiversité potentielle) devra être réalisé par un professionnel forestier formé à l'IBP pour tout projet menant à la récolte d'un peuplement en place. Ce **diagnostic de la biodiversité taxonomique potentielle** (Larrieu et Gonin, 2008) visera à considérer localement les zones où la capacité d'accueil en espèces ordinaires est importante de façon à laisser des arbres d'intérêt écologique (vieux châtaigniers issus de verger, arbres en bordure de ruisseau ou de parcelle, arbres morts…) ; les interventions (coupe du peuplement à substituer) ne pourront donc pas s'effectuer sur les surfaces où des arbres seront maintenus de façon à conserver les éléments favorables à la biodiversité.
Dans la plupart des cas, les reboisements ne se feront donc pas sur l'intégralité de la surface prévue initialement en reboisement.
Pour les projets inférieurs à 2 ha, la réalisation d'un IBP est facultative et pourra être valorisée au niveau des co-bénéfices (cf. 4.2.).
En forêt privée, l'outil de diagnostic utilisé sera l'IBP.

En forêt publique, quand l'information est disponible, il sera reporté toute donnée présente dans l'aménagement forestier en vigueur permettant de rendre compte de la richesse biologique du site (cartographie des ilots de vieux bois, réseau de mares…). Dans le cas où ces données ne seraient pas suffisantes, l'IBP pourra être utilisé ou tout autre outil de diagnostic de la biodiversité développé par l'ONF.

Exemple : Soit un taillis de châtaignier avec une forte mortalité pour lequel l'IBP indique que sur 15 % de la surface il y a des gros châtaigniers à cavités issus de vergers à haute valeur écologique, alors ces zones seront maintenues et la coupe rase suivie du reboisement ne concernera que 85 % de la surface de la parcelle.

NB : le temps nécessaire pour la réalisation d'un IBP est d'environ **20 à 30 min par hectare**. Cela varie selon l'expérience du notateur, la connaissance qu'il a de la forêt et la pénétrabilité. Le notateur pourra se référer au protocole disponible en ligne[9] ou consulter toute information *via* le lien suivant : https://www.foretpriveefrancaise.com/ibp. La réalisation de ce diagnostic sur la biodiversité pourra se faire concomitamment au diagnostic stationnel (voir 6.1.) (et, le cas échéant, au diagnostic DEPERIS) de façon à limiter les coûts pour le Porteur de projet. L'annexe 2 indique un protocole pour réaliser un diagnostic de la biodiversité potentielle.

[9] https://www.foretpriveefrancaise.com/data/2017_01_18_ibp_presentation_v2_9.pdf

Dans le cas d'un avis favorable du CRPF pour la réalisation d'une coupe d'urgence intervenant avant la demande de labellisation, le Porteur de projet devra avoir réalisé le diagnostic IBP avant la coupe, sans quoi son projet ne pourrait pas recevoir de labellisation.

Toutefois, **une tolérance est apportée pour les années 2020 et 2021 pour les projets de reboisement <u>en situation de crise sanitaire</u>** (en effet, face à l'urgence, beaucoup de coupes post-scolytes sont souvent réalisées avant toute réalisation de l'IBP). Pour les projets en situation de crise sanitaire (crise des scolytes notamment), l'IBP devient facultatif jusqu'à la fin de campagne de reboisement de printemps 2022. Cette tolérance prend fin pour les projets déposés au label Bas-Carbone à partir du 1er juin 2022, date à partir de laquelle l'IBP sera obligatoire pour tout projet de plus de 2 ha et devra avoir été entrepris avant la coupe du peuplement dégradé.

4.2. La grille d'évaluation des co-bénéfices

Conformément au référentiel du label Bas-Carbone, la Méthode doit fournir une *« grille d'évaluation des impacts et des co-bénéfices, socio-économiques et environnementaux, notamment sur la biodiversité* » (partie III.B) et définir « *des indicateurs simples pour démontrer que les éventuels impacts environnementaux, sociaux ou économiques sont maîtrisés* » (partie III.F).

Les Porteurs de projet se référeront à la grille d'analyse présente dans le tableau 2 et qui répertorie quatre niveaux de co-bénéfices : socio-économiques, sur la préservation des sols, sur la biodiversité et sur l'eau. Cette grille regroupe des actions pouvant valoriser des co-bénéfices, avec un système de bonus pouvant rapporter au projet entre 1 et 5 points.
Les items « socio-économique », « protection des sols » et « biodiversité » concerneront tous les projets. En revanche, l'item « eau » n'est pas systématique ; un reboisement sur une parcelle ne figurant à proximité d'aucun captage d'eau potable ni de cours d'eau ni de zone humide ne sera pas concerné par ce co-bénéfice. Par conséquent, si la parcelle n'est pas concernée par l'enjeu « eau », on ne lui affectera pas une note de 0 (qui laisserait sous-entendre que le projet ne valorise pas ce co-bénéfice alors qu'il n'est pas concerné) et ce co-bénéfice sera retiré. Seul le co-bénéfice « eau » peut être concerné par ce retrait, les autres sont forcément toujours évaluables, quand bien même ils obtiennent une note de 0.
Les totaux devront être effectués au niveau de chacune des quatre catégories. Il n'y aura pas lieu d'additionner les totaux des quatre catégories de co-bénéfices ; cette somme n'aurait aucune signification.
Pour chaque catégorie de co-bénéfice, le Porteur de projet pourra proposer des co-bénéfices supplémentaires inhérents à son projet ; chaque co-bénéfice ajouté ne pourra rapporter qu'un seul point. Un maximum de **deux co-bénéfices** pour chacune des quatre catégories pourra être ajouté.
Lorsque le Porteur de projet fera le sous-total potentiel au niveau de chaque co-bénéfice, il conviendra d'additionner les valeurs maximales potentiellement atteignables. La performance du projet pour chaque co-bénéfice pourra ainsi être évaluée par rapport à ce potentiel maximal. Attention : certains co-bénéfices ont deux notes possibles : par exemple + 3 ou + 2, qui sont exclusives. Il conviendra ainsi de ne pas les sommer.
Exemple : pour le co-bénéfice « préservation des sols » dans le tableau ci-après, le total réalisable est 8 (hors ajout de co-bénéfice supplémentaire) et non pas 14 puisqu'il y a deux co-bénéfices à bonus variable (dépendant de deux modalités).

Ces co-bénéfices seront suivis et vérifiés, tel qu'indiqué par la partie III.F. du référentiel : « *les indicateurs sont communiqués à l'Autorité dans le rapport de suivi et font l'objet de vérifications par un Auditeur à l'occasion des vérifications de réductions d'émissions* ». Par conséquent, le Porteur de

projet devra avoir en tête que **chaque co-bénéfice ajouté devra être facilement vérifiable par l'Auditeur** qui réalisera la vérification (partie 8), au risque d'engendrer un surcoût qu'il devra supporter financièrement au moment de la vérification.

N°	Type de co-bénéfice	Intitulé	Critère d'évaluation	Valeur du bonus
1	Socio-économique	Création de plus-value économique territoriale	La majorité des entreprises de travaux forestiers (ETF) retenues sont situées dans un rayon de 50 km autour du chantier de reboisement	+ 3
			La majorité des entreprises de travaux forestiers (ETF) retenues sont situées dans un rayon entre 50 et 100 km autour du chantier de reboisement	+ 2
2	Socio-économique	Intégration par l'emploi	Une partie des travaux sera réalisée par des entreprises de réinsertion professionnelle ou d'aide à l'emploi de personnes en situation de handicap	+ 5
3	Socio-économique	Valorisation locale des bois récoltés	Les bois récoltés ou vidangés sont valorisés par une entreprise de 1ère transformation située dans un rayon de 50 km du chantier de reconstitution	+ 3
4	Socio-économique	Certification forestière	Adhésion à une certification de gestion durable (PEFC, FSC…)	+ 5
5	Socio-économique	Regroupement de la gestion forestière	Le reboisement a lieu dans le cadre d'un projet collectif de regroupement de plusieurs propriétaires (ASLGF, GIEEF…)	+ 5
6	Socio-économique	Assurance forestière	Le propriétaire a souscrit une assurance forestière, en particulier en cas d'incendie et tempête qui couvre une partie des frais de reboisement	+ 1
7	Préservation des sols	Nettoyage du sol	Nettoyage partiel (au moins 50 % de la surface n'est pas impactée)	+ 3
			Absence de nettoyage après exploitation de la parcelle	+ 5
8	Préservation des sols	Préparation du sol	Préparation du sol en bandes	+ 1
			Préparation du sol par potets travaillés	+ 2
			Absence de préparation du sol	+ 3
9	Biodiversité	Introduction de biodiversité (1/2)	Reboisement avec 3 essences (ou plus), dont au moins 2 essences autochtones représentent au moins 40 % des plants	+ 5
			Reboisement en mélange de 2 essences, avec au moins 10 % des plants avec une essence autochtone	+ 1
10	Biodiversité	Introduction de biodiversité (2/2)	Création de bordures feuillues linéaires (routes, chemins, limites de parcelles)	+ 1
11	Biodiversité	Préservation de la biodiversité préexistante (1/2)	Si projet inférieur à 2 ha, réalisation d'un relevé IBP et justification de l'intégration des éléments en découlant dans l'opération de reconstitution	+ 5
12	Biodiversité	Préservation de la biodiversité préexistante (2/2)	Maintien d'arbres d'intérêt écologique ou de bordures boisées présentes à l'intérieur ou en limite des parcelles à reboiser	+ 2
13	Eau	Prise en compte de milieux aquatiques ou humides (1/2)	Choix d'essences adaptées aux bordures de milieux aquatiques (ruisseaux, mares, étangs) et zones humides éventuellement présentes (justifier leur adéquation)	+ 1

14	Eau	Prise en compte de milieux aquatiques ou humides (2/2)	Le reboisement résineux est effectué à plus de 10 m de la bordure d'un cours d'eau	**+ 1**
15	Eau	Amélioration de la biodiversité liée aux milieux humides	Restauration de milieux humides (curage de mardelles, mares…) ou création *ex nihilo* d'une ripisylve feuillue	**+ 5**

TABLEAU 2. — *Grille d'évaluation des co-bénéfices sociaux, économiques et environnementaux avec bonus afférents.*

NB : pour savoir si une essence est autochtone ou allochtone, on consultera les tomes de la *Flore forestière française*, référence en la matière, pour connaître l'aire naturelle indiquée au paragraphe « distribution géographique ». Si celle-ci est hors de France, l'espèce sera considérée allochtone.

5. Intégration du risque de non-permanence

Conformément au label Bas-Carbone (V.B), le projet devra intégrer le risque de non-permanence ; c'est-à-dire le risque d'émissions de carbone imprévues : tempête, incendie, attaques sanitaires, dépérissement…

Le risque de non-permanence ne sera pas intégré dans les modèles de croissance de la biomasse, pour des raisons évidentes de complexité pour le Porteur de projet. La non-permanence sera prise en compte sous la forme de rabais pour chacun des risques identifiés.

5.1. Risque de dépérissement/inadéquation à la station

Un des principaux risques concernant le reboisement est d'installer un peuplement qui ne soit pas adapté à la station (sol) ou aux conditions climatiques. Pour tenir compte de ce risque, le Porteur de projet devra fournir une analyse détaillée de l'adéquation entre la ou les essences du reboisement et la station sur des critères pédologiques et climatiques. Cette analyse pourra être réalisée par le propriétaire (s'il en a les compétences) ou un professionnel forestier (ONF, CNPF, coopérative, expert, gestionnaire forestier professionnel…). Le Porteur de projet pourra utiliser des guides de stations (lorsqu'ils existent), des outils d'aide au choix des essences (BioClimSol, Climessences…) ou à défaut une analyse phyto-écologique argumentée décrivant les sols ou les stations et les conséquences en termes de choix des essences.
Aucun rabais ne sera pratiqué sur ce risque de non-permanence dans la mesure où le Porteur de projet doit effectuer cette justification préliminaire.
Cette justification est obligatoire.

5.2. Risques généraux, difficilement maîtrisables

Un certain nombre de risques de non-permanence sont généraux et difficilement quantifiables ou maîtrisables. Ils comprennent notamment les risques sanitaires (scolytes, ravageurs, maladies…), les tempêtes, et une décision de déboisement anticipée, liée ou non à ce type catastrophe naturelle. Toutefois, **l'encadrement légal et technique de la gestion forestière en France limite plus fortement qu'ailleurs les impacts carbone de tels risques**. Conformément à la partie V.B du référentiel du label Bas-Carbone, un rabais forfaitaire de **10 %**, correspondant à la fourchette basse de la gamme de 10 à 40 % observée dans les labels internationaux, est systématiquement appliqué pour prendre en compte ces risques.

5.3. Risque d'incendie

Le risque d'incendie ne concernera que les départements considérés à risque par l'article L133-1 du Code forestier[10] (voir tableau 3).

[10] Article L133-1 du Code forestier : *« Sont réputés particulièrement exposés au risque d'incendie les bois et forêts situés dans les régions Aquitaine, Corse, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Poitou-Charentes, Provence-Alpes-Côte d'Azur et dans les départements de l'Ardèche et de la Drôme, à l'exclusion de ceux situés dans des massifs forestiers à moindres risques figurant sur une liste arrêtée par le représentant de l'Etat dans le département, après avis de la commission départementale compétente en matière de sécurité. […] »*

Pour les départements ne figurant pas dans la liste ci-dessous, le risque d'incendie sera considéré comme négligeable et aucun rabais ne sera appliqué pour les reboisements concernés.

Région	Département
Corse	Corse-du-Sud (2A)
	Haute-Corse (2B)
Provence-Alpes-Côte d'Azur	Alpes-de-Haute-Provence (04)
	Hautes-Alpes (05)
	Alpes-Maritimes (06)
	Bouches-du-Rhône (13)
	Var (83)
	Vaucluse (84)
Occitanie	Ariège (09)
	Aude (11)
	Aveyron (11)
	Gard (30)
	Haute-Garonne (31)
	Gers (32)
	Hérault (34)
	Lot (46)
	Lozère (48)
	Hautes-Pyrénées (65)
	Pyrénées-Orientales (66)
	Tarn (81)
	Tarn-et-Garonne (82)
Auvergne-Rhône-Alpes	Ardèche (07)
	Drôme (26)
Nouvelle-Aquitaine	Charente (16)
	Charente-Maritime (17)
	Dordogne (24)
	Gironde (33)
	Landes (40)
	Lot-et-Garonne (47)
	Pyrénées-Atlantiques (64)
	Deux-Sèvres (79)
	Vienne (86)

TABLEAU 3. — *Liste des départements concernés par l'obligation d'un plan départemental de protection des forêts contre l'incendie (PDPFCI).*

Pour chacun des départements concernés, il conviendra de consulter le PDPFCI approuvé par le préfet. Le Porteur de projet consultera les cartes départementales ou les atlas :

- Le risque est considéré comme négligeable ; aucun rabais ne sera appliqué sur les réductions d'émissions potentiellement générables ;
- Le risque est considéré comme très faible ou faible ; un rabais de 5 % sera appliqué sur les réductions d'émissions potentiellement générables ;
- Le risque est considéré comme moyen ; un rabais de 10 % sera appliqué sur les réductions d'émissions potentiellement générables ;

- Le risque est considéré comme fort ou très fort ; un rabais de 15 % sera appliqué sur les réductions d'émissions potentiellement générables.

D'autres départements non cités par l'article L133-1 du Code forestier (pour lesquels le risque d'incendie est mineur) ont fait approuver par le préfet un PDPFCI ou un PRDFCI[11]. Ces plans seront consultés et les mêmes rabais que ceux précités seront appliqués selon le classement des communes.

En l'absence d'un classement clair du risque par commune dans le PDPFCI ou le PRDFCI, celui-ci sera considéré comme faible ou très faible et un rabais de 5 % sera appliqué.

5.4. Risque dû au gibier

Le risque que les plants d'un reboisement soient détruits par le gibier dépend de beaucoup de critères : la densité de gibier sur le territoire, la surface du projet (un petit projet de plantation est plus vulnérable qu'un grand), de l'appétence du gibier pour l'essence (certaines essences sont appétentes, d'autres non), de la localisation du massif…
Toutefois, aucun rabais ne sera appliqué sur ce risque dans la mesure où il y aura un contrôle que le reboisement est réussi (vérification). En situation de risque dû au gibier avéré, il sera nécessaire de protéger les plants (protections individuelles, pose de grillage, répulsif sur les plants…), ces opérations devront être incluses dans le budget estimatif du projet pour en garantir sa réussite.

[11] PRDFCI : plan régional de défense des forêts contre les incendies

6. Calcul des réductions d'émissions générables

Conformément au label Bas-Carbone, le projet bas-carbone va délivrer des réductions d'émissions (RE). Les projets de reboisement pourront délivrer des réductions d'émissions anticipées et des réductions d'émissions indirectes.
Leur définition est précisée dans le label Bas-Carbone. La communication du financeur quant au type de réductions d'émissions valorisées est précisée par le label Bas-Carbone (partie VIII.C du référentiel).

6.1. Calcul des réductions d'émissions anticipées générables

L'équation 4 fournit les réductions d'émissions anticipées (REA) pour lesquelles il sera possible de demander une certification :

$$REA = REA_{forêt} + REA_{produits}$$

Équation 4

Avec :
$REA_{forêt}$ = réductions d'émissions anticipées par le projet dans les compartiments forestiers (voir 6.1.1.) ;
$REA_{produits}$ = réductions d'émissions anticipées par le projet dans les produits bois (voir 6.1.2.).

NB : le Porteur de projet peut faire le choix de valoriser des $REA_{forêt}$ (sans $REA_{produits}$) ou des REA totales ($REA_{forêt}$ + $REA_{produits}$). En revanche, il ne peut pas valoriser uniquement des $REA_{produits}$.

6.1.1. REA générables du fait de la séquestration du carbone par l'écosystème forestier

Les REA générées ne sauraient logiquement excéder la différence de stockage de carbone par rapport à une situation sans reboisement, soit à l'issue de la durée du projet (c'est-à-dire au bout de 30 ans), soit sur la durée de vie moyenne des essences plantées. Afin d'être conservatif, la plus courte de ces deux durées doit être considérée, en tenant compte qu'un stock élevé juste avant une coupe n'est pas représentatif. Pour le calcul des REA potentiellement générables, le calcul s'effectuera donc selon la « méthode du stock moyen de long terme » (Verra, 2011)[12]. Il s'agira d'estimer pour chaque année du projet une différence de séquestration nette selon les équations 5 et 6.

1) Pour tout projet de reboisement dont la révolution R de l'essence plantée est supérieure ou égale à 30 ans, l'équation 5 sera utilisée :

$$REA_{forêt} = min\left(\Delta S(30), \frac{1}{R} \times \sum_{n=0}^{R} S_{projet}(n) - \frac{1}{R'} \times \sum_{n=0}^{R'} S_{réf}(n)\right)$$

Équation 5

Avec :
ΔS (30) = différence de stock de carbone à l'année 30 entre le scénario de projet et le scénario de référence ;
S_{projet} = le stock de carbone dans les compartiments forestiers du scénario de projet ;
$S_{réf}$ = le stock de carbone dans les compartiments forestiers du scénario de référence ;
R = la durée de révolution de l'essence de projet (dans la plupart des cas, R > 30 ans) ;

[12] http://verra.org/wp-content/uploads/2018/03/VCS-Guidance-Harvesting-Examples_0.pdf

R' = la durée de révolution de l'essence du scénario de référence (dans la plupart des situations d'enfrichement par des accrus, R' > 30 ans).

2) Pour tout projet de reboisement dont la révolution R de l'essence plantée est inférieure à 30 ans (exemple : peuplier récolté à 25 ans), l'équation 6 sera utilisée :

$$REA_{forêt} = \frac{1}{R} \times \sum_{n=0}^{R} S_{projet}(n) - \frac{1}{R'} \times \sum_{n=0}^{R'} S_{réf}(n)$$

Équation 6

Dans tous les cas, le stock de carbone annuel présent dans les différents compartiments pour le reboisement objet du projet se calcule grâce à l'équation 7 :

$$S_{projet}(n) = \left[\left(B_A(n) + B_R(n)\right) \times \tau_c + S(n) + L(n) + M(n)\right] \times \frac{44}{12}$$

Équation 7

Avec :
S_{projet} = Stock de carbone total de l'écosystème forestier (en tCO_2) ;
B_A = Stock de la biomasse aérienne (en tMS) (voir 7.1.1.) ;
B_R = Stock de la biomasse racinaire (en tMS) (voir 7.1.2.) ;
S = Stock de carbone organique du sol (en tC) (voir 7.1.4.) ;
L = Stock de la litière, constante égale à 10 tC/ha (voir 7.1.5.) ;
M = Stock de bois mort (en tC) (voir 7.1.6.) ;
τ_c = Taux de carbone dans la matière sèche, constante égale à 0,475 tC/tMS (voir 7.1.3.).

$S_{réf}$ est également calculé avec l'équation 7.

6.1.2. REA générables du fait du stockage du carbone dans les produits bois récoltés

L'équation 8 fournit le calcul des réductions d'émissions anticipées relatives au compartiment des produits bois :

$$REA_{produits} = \frac{1}{30} \times \sum_{n=0}^{30} \left(C_{projet}(n) - C_{réf}(n)\right)$$

Équation 8

Avec :
C_{projet} = le stock de carbone dans les produits bois qui seraient récoltés dans le scénario de projet (en tCO_2) ;
$C_{réf}$ = le stock de carbone dans les produits bois qui seraient récoltés dans le scénario de référence (en tCO_2).

Il convient de déterminer le stock de carbone dans chaque catégorie de produits bois selon l'équation 9 :

$$C(n) = C_{SCI}(n) + C_{PAN}(n) + C_{PAP}(n)$$

Équation 9

Avec :
C(n) = stock total de carbone représenté par les produits bois à l'année n (en tCO_2) ;
$C_{SCI}(n)$ = stock de carbone des produits bois à destination du sciage (bois d'œuvre) à l'année n (en tCO_2) ;

$C_{PAN}(n)$ = stock de carbone des produits bois à destination des panneaux (bois d'industrie) à l'année n (en tCO_2) ;
$C_{PAP}(n)$ = stock de carbone des produits bois à destination de la pâte à papier (trituration) à l'année n (en tCO_2).

Les produits bois lorsqu'ils sont sciés puis valorisés vont prolonger le stockage du carbone. Le carbone dans les produits bois n'est pas une valeur constante : au cours des années, le bois va se dégrader et perdre au fur et à mesure le carbone stocké. Pour tenir compte de cette dynamique année après année, on se référera à l'équation 10 fournie par Pingoud et Wagner (2006) et reprise par la Commission européenne[13].

$$C(n+1) = e^{-k} \times C(n) + \frac{1-e^{-k}}{k} \times Flux(n)$$

Équation 10

Avec :
C(n) = stock de carbone au début de l'année n dans les produits bois déjà récoltés (en tCO_2) ;
C(n+1) = stock de carbone au début de l'année n+1 dans les produits bois déjà récoltés (en tCO_2) ;
$k = \ln(2)/t_{1/2}$ = constante de décomposition pour une décomposition du premier ordre (unité : an^{-1}) ;
$t_{1/2}$ = temps de demi-vie des produits bois en années. Le temps de demi-vie étant le nombre d'années nécessaires pour perdre la moitié du carbone actuellement dans les produits bois ;
Flux(n) = flux entrant de carbone au cours de l'année n (sur la période entre l'année n et l'année n+1), c'est-à-dire le stock de carbone des produits bois récoltés (**volume bois fort** éclairci) au cours de l'année n (= 0 en l'absence d'éclaircie). Flux(n) est exprimé en tCO_2/ha.

La Commission européenne préconise d'utiliser les valeurs par défaut pour les temps de demi-vie ($t_{1/2}$) présentes dans le tableau 4.

Bois de sciage	Panneaux de bois	Papier
35 ans	25 ans	2 ans

TABLEAU 4. — *Valeurs des temps de demi-vie préconisées par la Commission européenne.*

Pour estimer les $REA_{produits}$, le Porteur de projet doit renseigner le **volume bois fort** issu de chaque éclaircie ou coupe, estimer leur répartition future probable en bois de sciage, panneaux bois et papier et y appliquer les temps de demi-vie afférents. **Attention**, le Porteur de projet devra intégrer un rendement sciage pour les produits bois valorisés dans la catégorie « sciages » ; celui-ci est fixé par défaut à 50 % (le reste étant valorisé en bois énergie, c'est-à-dire négligé car aucun temps de demi-vie est fixé pour cette catégorie). Par exemple, une éclaircie qui viserait à produire 60 % de bois d'œuvre (= sciages) constituerait un stock de carbone que pour 30 % du volume entrant.

Aucune $REA_{produits}$ n'est délivrée pour le bois énergie.

[13] Règlement (UE) 2018/841 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 relatif à la prise en compte des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre résultant de l'utilisation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie dans le cadre d'action en matière de climat et d'énergie à l'horizon 2030, et modifiant le règlement (UE) n° 525/2013 et la décision (UE) nº 529/2013 : https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0841&from=EN

6.2. Calcul des réductions d'émissions indirectes générables

L'utilisation des produits bois du reboisement peut permettre des effets de substitution « matériau » et « énergie » supplémentaires par rapport au scénario de référence. Utilisé dans la construction à la place de matériaux énergivores (PVC, aluminium, béton, acier…), l'utilisation du bois peut générer un effet de substitution matériau. Utilisé à des fins énergétiques à la place d'énergies fossiles (pétrole, charbon, gaz…) et dont l'extraction est émettrice de CO_2, l'utilisation du bois peut induire un effet de substitution énergétique.
L'équation 11 indique comment calculer ces réductions d'émissions indirectes.

$$REE_{substitution} = CS \times \sum_{n=0}^{30} \left(Flux_{projet}(n) - Flux_{ref}(n) \right)$$

Équation 11

Avec :
CS = la substitution moyenne générée par un mètre cube de bois récolté en France (en tCO_2/m^3). Les valeurs à utiliser sont données dans le tableau 5 ;
$Flux_{projet}$ (n) = flux entrant issu des produits bois récoltés au cours de l'année n (sur la période entre l'année n et l'année n+1) dans le scénario de projet (en m^3) ;
$Flux_{ref}$ (n) = flux entrant issu des produits bois récoltés au cours de l'année n (sur la période entre l'année n et l'année n+1) dans le scénario de référence (en m^3).

6.2.1. Calcul des réductions d'émissions indirectes générables dans le scénario de reboisement

Ne pouvant pas utiliser un coefficient de substitution moyen national qui serait surestimé dans la mesure où un reboisement produit peu ou pas de bois d'œuvre sur les 30 premières années, la Méthode propose par conséquent des coefficients de substitution selon quatre reboisements très différents du point de vue des produits bois escomptés en se basant sur les coefficients de substitution du tableau 5 :

- Cas des feuillus : il est assez rare qu'une première éclaircie soit effectuée dans les 30 premières années pour les feuillus, sauf pour les plus productifs mais il n'y a pas de commercialisation de bois d'œuvre à cet âge-là. La destination est supposée être de 100 % pour le bois de chauffage (bois énergie) ;
- Cas du peuplier : la sylviculture du peuplier se fait par des révolutions inférieures à 30 ans. On connaît généralement bien la répartition BO/BI de la récolte d'une peupleraie (d'autant qu'il n'y a pas d'éclaircies) (cf. annexe 3) ;
- Cas des résineux : généralement une seule éclaircie est réalisée dans les résineux avant 30 ans (sauf cas particuliers). On fait ici l'hypothèse que l'éclaircie d'entrée en sylviculture produit 100 % de BI. On utilisera également le coefficient de substitution inhérent à cette destination de produit pour le pin maritime faisant l'objet de gestion non dynamique ;
- Cas du pin maritime en gestion dynamique (ou intensive) : cette essence est généralement gérée de manière intensive avec une sylviculture très normée qui induit trois éclaircies durant les 30 premières années (voir annexe 3) ; un coefficient de substitution spécifique peut donc être calculé.

Le tableau 5 propose des coefficients de substitution pour chacun des quatre cas susmentionnés qu'il conviendra d'utiliser dans l'équation 11.

Essence	Répartition BO/BI/BE	Source de la répartition	Coefficient de substitution CS (tCO_2 évitées par m^3 de bois utilisé)
Tous les feuillus	100 % BE	Dire d'expert	**0,25**
Peuplier	77 % BO 21 % BI 2 % BI laissé sur parcelle	AFOCEL (Cuchet, 1998)	**1,03**
Pin maritime en gestion dynamique	1ère éclaircie : 100 % BI 2ème éclaircie : 25 % BO, 75 % BI 3ème éclaircie : 60 % BO, 40 % BI	FCBA, IGN, Inra, CRPF Aquitaine, 2013	**0,59**
Résineux	100 % BI	Dire d'expert	**0,43**

TABLEAU 5. — *Coefficients de substitution moyens calculés pour quatre situations de reboisements durant les 30 premières années, à appliquer au volume bois fort récolté durant les 30 premières années.*

6.2.2. Calcul des réductions d'émissions indirectes générables dans le scénario de référence

Le scénario de référence étant un enfrichement de la parcelle, on distinguera deux cas :

- Enfrichement par des feuillus : on admettra qu'au vu de la relative lenteur en moyenne de ce type de processus naturel, aucune éclaircie n'est envisageable dans des accrus feuillus sur les 30 premières années. Par conséquent, il n'y aura pas d'autre effet de substitution joué par le bois dans le scénario de référence ;
- Enfrichement par des résineux pionniers (pin maritime, pin d'Alep, pin sylvestre…) : on fera l'hypothèse qu'une éclaircie sera envisageable dans cette situation et que l'intégralité de l'éclaircie aura pour destination le bois d'industrie. On appliquera alors le coefficient de substitution de 0,43 (cf. tableau 5).

6.3. Calcul des réductions d'émissions de l'empreinte générables

Tel que l'indique la partie I.C.2 de l'arrêté, « *les « **réductions de l'empreinte** » comprennent à la fois une part de réductions d'émissions classiques (réductions effectuées ou réductions anticipées) et une part de réductions d'émissions indirectes* ».

Par conséquent, l'équation 12 permet de calculer les réductions d'émissions de l'empreinte (REE) :

$$\boldsymbol{REE = REA_{forêts} + REA_{produits} + REI_{substitution}}$$

Équation 12

NB : les rabais indiqués dans cette Méthode doivent être appliqués aux $REA_{forêt}$, aux $REA_{produits}$ et aux $REI_{substitution}$.

7. Quantification carbone des itinéraires

7.1. Quantification générale du carbone

7.1.1. Estimation de la biomasse aérienne (B_A)

Le Porteur de projet devra convertir les volumes fournis par les tables de production en tonnes de CO_2. L'équation 13 permet de calculer la biomasse aérienne.

$$B_A(n) = V_7(n) \times FEB \times d_i$$

Équation 13

Avec :
B_A = biomasse aérienne (en tMS) ;
V_7 = volume bois fort tige (m^3) ;
FEB = facteur d'expansion « branches » ;
d_i = infrandensité de l'essence i (voir annexe 4).

Pour convertir les volumes bois fort tige en volumes totaux, on utilisera un **facteur d'expansion « branches » de 1,3 pour les conifères et de 1,56 pour les feuillus** car ces valeurs ne s'écartent jamais plus de 1 % des valeurs publiées (Inra, 2016).

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 anhydre et son volume de bois frais. Les infradensités utilisées ne seront pas celles préconisées par le Giec mais celles fournies dans l'annexe 4, issues du programme de recherche Carbofor (2004) et utilisées par l'IGN. Ces valeurs sont davantage adaptées aux essences françaises. Lorsqu'elles seront publiées (2020 ou 2021), on pourra utiliser les valeurs d'infradensité fournies par le projet XyloDensMap (Inrae/IGN).

NB : Certaines tables de production ne fournissent pas un volume bois fort à la découpe 7 cm mais un volume total. Lorsque cela sera possible, on **privilégiera toujours** le recours à des volumes totaux plutôt qu'à des volumes bois fort tige du fait du **caractère imprécis des facteurs d'expansion « branches »** ; ceux-ci ne sont pas des constantes et présentent une grande variabilité avec l'âge, le diamètre, l'essence, les conditions de croissance (Longuetaud *et al.*, 2013). Dans le cas d'une utilisation de volumes totaux, l'équation 13 susmentionnée devient l'équation 14 :

$$B_A(n) = V_t(n) \times d_i$$

Équation 14

Avec :
V_t = volume total (en m^3)
d_i = infradensité de l'essence i (en tMS/m^3)

L'établissement de volumes totaux pourra nécessiter d'avoir recours à des équations allométriques. On se réfèrera alors aux équations fournies par le projet EMERGE (Deleuze *et al.*, 2014) en annexe 5.

7.1.2. Estimation de la biomasse racinaire (B_R)

Pour déterminer la biomasse représentée par le système racinaire de l'arbre, on utilisera les équations de Cairns (Cairns *et al.*, 1997) (voir annexe 6) qui sont des fonctions dépendant de la biomasse aérienne.

Pour la forêt métropolitaine, on privilégiera la cinquième équation adaptée au contexte de forêt tempérée, avec une constante latitudinale. Pour la forêt ultramarine, on utilisera la troisième équation.

L'équation 15 ci-dessous est l'équation de Cairns adaptée à la forêt tempérée que l'on utilisera pour les projets en forêt métropolitaine :

$$B_R(n) = \exp(-1{,}0587 + 0{,}8836 \times \ln(B_A(n)) + 0{,}2840)$$

Équation 15

Avec B_R = biomasse racinaire (en tMS).

7.1.3. Taux de carbone dans la matière sèche

Pour convertir les tonnes de matière sèche en tonnes de carbone, on retiendra la valeur de 0,475 tC/tMS (Giec, 2006).

7.1.4. Estimation du stock de carbone dans les sols (S)

Bien que de nombreuses études récentes aient démontré la présence de différences entre les stocks de carbone dans les sols forestiers selon que le peuplement en place est feuillu ou résineux (Inra, 2016), il est considéré ici qu'il n'est pas possible de proposer des valeurs par défaut qui fassent consensus que ce soit par essence forestière ou par type de peuplement (feuillu ou résineux).
Par conséquent, une valeur par défaut sera utilisée pour intégrer le carbone organique du sol. Elle correspond à celle préconisée par Arrouays *et al.* (2002) dans une étude commandée par le ministère de l'Écologie et du Développement Durable ayant donné lieu à la production d'un livre (étude basée sur l'analyse de plus de 19 000 données géoréférencées sur le carbone des sols en France). Les stocks pris en compte sont limités à une profondeur de 30 cm ; par conséquent les valeurs indiquées sont conservatives car sous-estimées (puisque les horizons [30 ; 40 cm] et > 40 cm ne sont pas pris en compte). La valeur retenue par défaut est de **70 tC/ha** (hors litière).

On considérera qu'**il n'y a pas d'évolution dans le stock de carbone du sol du scénario de projet par rapport au scénario de référence**. En effet, Achat *et al.*, (2015) ont montré que les coupes rases exportant uniquement les tiges de bois fort n'ont généralement pas d'effet significatif sur la capacité de séquestration des sols, à condition de ne pas les perturber.
La littérature scientifique montre toutefois que la **récolte des rémanents** lors des coupes rases (récolte arbre entier) a un **impact négatif** sur les stocks de carbone organique du sol. C'est pourquoi les projets prévoyant l'export des souches et rémanents ne sont pas éligibles à la présente Méthode (cf. partie 2.2.).

7.1.5. Estimation du stock de carbone dans la litière (L)

Achat *et al.* (2015) ont démontré que la perte de carbone dans la litière était significative dans le cas de perturbations telles que le brûlage de résidus ou une préparation du sol.
Par conséquent, on fera l'hypothèse que le carbone de la litière a été entièrement minéralisé ; on repartira alors d'une valeur nulle. On supposera qu'il atteint sa valeur d'équilibre au bout de la durée de projet soit au bout de 30 ans.
Par conséquent, quel que soit le scénario de projet, on fera l'hypothèse que L(30) = 10 tC/ha, il n'y aura donc pas de différence entre le scénario de projet et le scénario de référence sur le compartiment de la litière.

7.1.6. Estimation du stock de carbone dans le bois mort (M)

La durée d'un projet de reboisement étant de 30 ans, les entretiens des premières années (dégagements) devant être effectués, **le bois mort au sol, sur pied ou chablis sera négligé à la fois dans le scénario de projet et dans le scénario de référence**, sauf les stocks déterminés comme d'intérêt écologique par l'inventaire IBP préalable. Les stocks de bois mort laissés sur la parcelle au moment du reboisement devront donc faire l'objet d'une estimation et seront ajoutés au compartiment du bois mort à condition qu'ils soient significatifs.

7.2. Modélisation de l'évolution du carbone dans le scénario de référence

7.2.1. Colonisation post-tempête

Une parcelle détruite par une tempête et non reconstituée — c'est-à-dire non reboisée — se voit être colonisée progressivement par des essences pionnières puis par des essences objectif qui constitueront le peuplement d'avenir. L'IDF a suivi des dispositifs de peuplements détruits par les tempêtes de 1987 en Bretagne (Gauberville, 2001 ; Gauberville *et al.*, 2001) et de 1982 en Auvergne (Gauberville *et al.*, 2002 ; Rosa, 2004) qui ont mis en évidence la bonne reconstitution de celles-ci au bout de quelques années. En Bretagne, au bout de 13 ans, la surface observée peut être considérée à 80 % comme régénérée avec 22 essences présentes tandis qu'en Auvergne, 19 ans après la tempête, 88 % des placettes possèdent au moins 300 tiges d'avenir à l'hectare (Gauberville, 2009).
En revanche, ces études ne permettent pas de dégager des données dendrométriques ou des modèles de croissance sur ces colonisations post-tempête.[14]
En l'absence d'une telle donnée, le scénario de référence post-tempête sera une colonisation lente par des accrus ayant une croissance linéaire de **1 m^3/ha/an en volume bois fort** (dès l'année 0), donc aboutissant à un volume bois fort de 30 m^3/ha au bout de 30 ans.
Pour les projets situés dans les GRECO de l'IGN « Méditerranée » et « Corse », pour tenir compte de conditions de production plus faibles et être plus réaliste, cette valeur par défaut sera fixée à **0,5 m^3/ha/an en volume bois fort**.

7.2.2. Colonisation post-incendie

La colonisation post-incendie varie beaucoup selon le contexte géographique, la station, la situation, l'essence incendiée et d'autres facteurs. Par conséquent, en l'absence de modèles génériques de simulation d'une colonisation lente post-incendie, une croissance linéaire de **1 m^3/ha/**an en volume bois fort (dès l'année 0) sera appliquée, aboutissant à un volume bois fort de 30 m^3/ha au bout de 30 ans.
Pour les projets situés dans les GRECO de l'IGN « Méditerranée » et « Corse », pour tenir compte de conditions de production plus faibles et être plus réaliste, cette valeur par défaut sera fixée à **0,5 m^3/ha/an en volume bois fort**.

7.2.3. Dépérissement intense

À l'issue de la coupe rase de son peuplement dépérissant (intervenant dès l'année 0), le scénario de référence est une colonisation lente par des accrus car le propriétaire fait le choix de ne pas reboiser en

[14] Fin 2019, des premières données dendrométriques issues de l'Observatoire des dynamiques naturelles après tempête des peuplements dévastés (après tempête de 1999) permettront d'obtenir des données dendrométriques et d'affiner la quantification du carbone dans le scénario de référence. La présente Méthode pourra alors être actualisée.

l'absence de projet carbone. À l'instar des deux autres situations et en l'absence de données plus précises, le scénario sera une colonisation lente et linéaire de **1 m^3/ha/an en volume bois fort** (dès l'année 0), aboutissant à un volume bois fort de 30 m^3/ha au bout de 30 ans.
Pour les projets situés dans les GRECO de l'IGN « Méditerranée » et « Corse », pour tenir compte de conditions de production plus faibles et être plus réaliste, cette valeur par défaut sera fixée à **0,5 m^3/ha/an en volume bois fort**.

7.3. Modélisation de l'évolution du carbone dans l'itinéraire de reboisement

Le Porteur de projet devra utiliser des tables de productions ou des modèles de croissance issus :

- De guides de sylviculture de l'ONF ;
- De livres de sylviculture du CNPF-IDF ;
- De tout autre ouvrage de sylviculture ;
- De toute publication scientifique internationale (*Scientific Reports*, *Forest Ecology and Management*, *Journal of Cleaner production*, *Science of the Total environment*, *Nature*, *Research Journal of Forestry*, *Journal of sustainable forestry…*) ;
- De modèles de croissance (CAPSIS…) ;
- De toute publication issue d'une revue forestière (*Forêt-entreprise*, *Rendez-vous techniques*, *Forêt méditerranéenne*, *Revue forestière française*, *Forêt wallonne*…) ;
- De mémoires de thèse ou de stage de fin d'études ENGREF (base Infodoc d'AgroParisTech…) ;
- De toute autre source pertinente.

Dans tous les cas, la référence bibliographique utilisée sera clairement énoncée dans le document de projet.

Le Porteur de projet devra alors simuler la croissance du peuplement durant les 30 premières années, en se basant **sur les accroissements courants**. L'utilisation d'un accroissement moyen constant pour modéliser le carbone du scénario de projet au cours du temps est proscrite. Il vérifiera que le stockage de carbone moyen sur la durée de révolution de l'essence (excédant la plupart du temps les 30 années) ne soit pas inférieur à la différence de stock calculée à 30 ans.
S'il n'existe pas de table de production pour l'essence concernée, le Porteur de projet ne pourra pas quantifier le carbone précisément. Toutefois, il pourra se référer à une table de production d'une essence ayant une productivité semblable à celle de l'essence sans table. Dans tous les cas, il devra justifier ce choix avec la démonstration de la classe de fertilité.

Pour choisir la classe de fertilité, le Porteur de projet aura le choix entre deux 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. Il n'y aura pas de rabais dans cette option ;
- Opter pour une classe de fertilité « moyenne », ni trop productive ni trop improductive. Cette option sera assortie d'un rabais de 10 % sur les réductions d'émissions potentiellement générables par le projet.

Certaines tables de production ne donnent qu'une classe de fertilité ; dans ce cas le Porteur de projet devra l'indiquer dans le document de projet. Il n'y aura alors pas de rabais.

8. Vérification

8.1. Vérification documentaire par un Auditeur

Cette vérification documentaire est obligatoire pour tout projet forestier éligible au label Bas-Carbone. Elle sera réalisée par un Auditeur (cf. partie 8.2 ci-dessous), aux frais du Porteur de projet. Cette vérification peut être réalisée en même temps et par le même Auditeur que la vérification de terrain prévue au 8.2 afin de mutualiser les coûts.
Conformément au référentiel du label Bas-Carbone, « *par défaut, les vérifications sont principalement documentaires* » (VII.C). À partir de la date de la fin du chantier de reboisement, le Porteur de projet devra démontrer que le chantier de reboisement a bien été réalisé. Pour ce faire, il fournira à l'Auditeur *a minima* une attestation de réception des travaux, une copie de la facture de nettoyage et préparation du sol, une copie de la facture d'achat des plants, une copie de la facture de plantation, une copie de la facture du premier dégagement, une (ou des) photo(s) du reboisement et tout autre facture ou document jugé pertinent.
Les documents fournis par le Porteur de projet sont confidentiels et seuls l'Auditeur et l'Autorité y ont accès.

8.2. Vérification additionnelle de terrain par un Auditeur

Conformément à la partie VII.C du référentiel, « *la Méthode peut prévoir des vérifications additionnelles plus approfondies, impliquant par exemple la venue sur place d'un Auditeur* ».
Cette vérification additionnelle est obligatoire en ce sens qu'elle permet de générer les réductions d'émissions anticipées qui seront attribuées au financeur. **Cette vérification sera à la charge financière du Porteur de projet**.
Elle aura lieu à n+5 et sera réalisée par un Auditeur qui devra juger de la réussite du jeune reboisement afin de déterminer si les réductions d'émissions calculées *a priori* paraissent cohérentes.

À partir de cinq ans après la date de la fin du chantier de reboisement, le Porteur de projet contacte un Auditeur pour faire réaliser les vérifications obligatoires. Une fois les vérifications effectuées, il adresse une demande formelle à l'Autorité de se voir reconnaître les réductions d'émissions ; pour ce faire il joint son rapport de suivi et le rapport délivré par l'Auditeur.

Comme indiqué dans la partie VII.B du référentiel, l'Auditeur peut être un organisme certificateur reconnu par le *Programme de reconnaissance des certifications forestières* (PEFC), du *Forest Stewardship Council* (FSC) ou du *Verified Carbon Standard* (VCS). N'importe quel autre organisme ou professionnel peut être Auditeur, **à condition d'être compétent et indépendant du Porteur de projet**. L'Auditeur peut donc être un professionnel forestier, comme par exemple un expert forestier ou un GFP. Pour satisfaire l'exigence d'indépendance, **ce professionnel forestier ne pourra être en aucun cas le propriétaire lui-même**. En outre, le professionnel forestier ne pourra pas être lié au Porteur de projet : **il ne peut être ni son gestionnaire, ni son partenaire commercial**.

Le propriétaire devra faire appel à un Auditeur qui fera un calcul du nombre de plants vivants cinq ans après l'opération de reboisement.

Conformément à l'instruction technique DGPE/SDFCB/2016-851[15] prise par le ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt le 2 novembre 2016, **et sous-réserve de densités différentes dans les arrêtés régionaux pris par les préfets de Région (cf. tableau 6)**, un projet de reboisement sera considéré comme réussi et conforme à la trajectoire des séquestrations de carbone prévue initialement s'il présente au bout de 5 années une densité de :

- 900 plants vivants/ha pour les essences objectif hors feuillus précieux, peupliers et noyers ;
- 800 plants vivants/ha pour les feuillus précieux (avec possibilité de comptabiliser avec les plants issus de la plantation, les plants d'essences objectif issus du recru naturel) ;
- 130 plants vivants/ha pour les peupliers et les noyers.

Il n'y a pas d'exigence particulière pour les densités des essences d'accompagnement.

Ces densités minimales ne s'appliquent pas aux GRECO de l'IGN « Méditerranée » et « Corse » pour lesquelles ces densités minimales seront définies au niveau régional et pourront être abaissées en-deçà des valeurs pré-indiquées, compte tenu d'une plus faible disponibilité en eau au cours de la saison de végétation.

Ces densités minimales ne s'appliqueront pas non plus à des projets de prévention des risques naturels, de difficulté technique telle que de la plantation sur pente supérieure à 30 %, de restauration écologique, de conservation des ressources génétiques forestières, d'expérimentation sylvicole avec un suivi par un organisme de R&D. Pour ces cas précis, on se référera aux dispositions spécifiques prises dans les arrêtés préfectoraux régionaux le cas échéant pour définir la densité minimale à atteindre au bout de cinq ans pour considérer le reboisement comme réussi.

Le tableau 6 ci-après renseigne les densités minimales que l'Auditeur devra contrôler pour la vérification de terrain au bout de cinq ans ; suite à des arrêtés préfectoraux régionaux pour certaines essences les valeurs des densités minimales susmentionnées ont été modifiées. À la date de validation de la présente Méthode, seules deux régions n'avaient pas encore pris de tels arrêtés préfectoraux : la Corse et l'Occitanie.

Si les densités minimales précitées sont vérifiées au bout des cinq ans, le projet sera considéré comme suivant la projection de séquestration du carbone initialement réalisée et **aucun rabais ne sera pratiqué** sur les réductions d'émissions potentiellement générables par le projet.
Si le projet fait état de densités inférieures à ces densités minimales, on ne pourra pas considérer que le projet suit totalement la projection de séquestration du carbone initialement réalisée ; par conséquent un rabais sera appliqué au prorata de ces densités minimales, défini par l'équation 16 :

$$Rabais\ vérification = \frac{d_5 - d_r}{d_5} \times 100$$

Équation 16

Avec :
d_5 : densité minimale à atteindre au bout de cinq ans pour considérer le reboisement comme réussi ;
d_r : densité réelle observée par le vérificateur au bout de 5 ans.

Cette équation ne s'applique que lorsque $d_5 > d_r$, dans le cas contraire il n'y a pas de rabais à appliquer.

[15] https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-2016-851

Région administrative	Essences concernées	Densité minimale à atteindre à 5 ans	Date arrêté préfectoral
Grand Est	Epicéa, sapin pectiné	1 300 plants/ha	8 août 2017
	Pin sylvestre	1 600 plants/ha	
	Hêtre	1 500 plants/ha	
Centre-Val-de-Loire	Pin sylvestre	1 200 plants/ha	14 mars 2018
Auvergne-Rhône-Alpes	Cf. instruction technique ministère	800 plants/ha pour les feuillus précieux en comptabilisant également les plants d'essences "objectif" issus du recru naturel, avec un minimum de 600 plants vivants/ha issus de la plantation	4 avril 2018
PACA	Sylviculture clonale du merisier installé à densité définitive	150 plants/ha	18 juin 2018
Pays-de-La-Loire	Cultivars de merisier installés à densité définitive	130 plants/ha	5 juillet 2018
Nouvelle Aquitaine	Peupliers installés en densité définitive	160 plants/ha	8 août 2018
Normandie	Hêtre, chêne sessile, chêne pédonculé, tous les résineux	1 000 tiges/ha	24 septembre 2018
	Autres feuillus	780 plants/ha	
	Peupliers cultivars, noyers, clone de merisier	140 plants/ha	
Hauts-de-France	Futaie de peupliers, noyers et clones de merisiers installés à densité définitive, châtaignier hybride, orme hybride	130 plants/ha	24 octobre 2018
Bourgogne-Franche-Comté	Futaies de peupliers et noyers installés à densité définitive	150 plants/ha	23 avril 2019
Île-de-France	-	-	15 juillet 2019
Bretagne	Hêtre, chêne sessile, chêne pédonculé	1 100 plants/ha	21 novembre 2019
	Peupliers cultivars	150 plants/ha	
	Autres feuillus, résineux	1 100 plants/ha	

TABLEAU 6. — *Différences prises par arrêtés préfectoraux par rapport à l'instruction technique DGPE/SDFCB/2016-851 du ministère concernant les densités minimales à atteindre pour des projets de boisement. À la date de validation de la présente Méthode, seules les régions Corse et Occitanie n'ont pas pris d'arrêté préfectoral.*

Étant donné que l'arrêté MFR en PACA ne prévoit pas d'adaptation au contexte méditerranéen, que les arrêtés préfectoraux Corse et Occitanie n'ont toujours pas été pris en date du 27 juillet 2020, et afin de tenir compte d'une plus faible disponibilité en eau dans les GRECO de l'IGN « Méditerranée » et

« Corse », et conformément à ce que prévoit l'instruction technique DGPE/SDFCB/2016-851, tout projet carbone situé dans les GRECO de l'IGN « Méditerranée » et « Corse » devra présenter **600 plants vivants/ha** au bout de cinq ans au moment de la vérification.

9. Réductions d'émissions anticipées « forêt » générables et générées après application des rabais

Le tableau 7 ci-après récapitule les rabais applicables dans la Méthode reboisement, en indiquant leur applicabilité ainsi que la valeur correspondante.

Nº Rabais	Type de rabais	Applicabilité	Valeur
$Rabais_1$	Analyse économique de l'additionnalité	Uniquement si non démonstration	- 20 %
$Rabais_2$	Risques généraux difficilement maîtrisables	**Obligatoire**	- 10 %
$Rabais_3$	Risque incendie	Uniquement dans les départements concernés	De 0 à - 15 %
$Rabais_4$	Non justification de la classe de production	Uniquement si non démonstration	- 10 %
$Rabais_5$	Vérification additionnelle de terrain (à n+5) : densité à n+5	Uniquement si densité inférieure aux seuils prévus	À calculer, non fixé

TABLEAU 7. — *Liste des rabais applicables.*

Les cinq premiers rabais déterminent dès le début du projet le nombre de réductions d'émissions générables au moment de l'accord entre un financeur et le Porteur de projet. L'accord de gré à gré sur un prix de la tonne de CO_2 doit se faire sur les REA générables (forêt ou forêt + produits bois) ou sur les REE générables (si le porteur de projet fait le choix de valoriser également des REI substitution), calculables par les équations 17 après application de tous les rabais :

$$REA_{forêt\ générables} = REA_{forêt} \times \prod_{n=1}^{4}(1 - Rabais_n)$$

Équation 17a

$$REA_{produits\ générables} = REA_{produits} \times \prod_{n=1}^{4}(1 - Rabais_n)$$

Équation 17b

$$REI_{substitution\ générables} = REI_{substitution} \times \prod_{n=1}^{4}(1 - Rabais_n)$$

Équation 17c

La somme des RE des équations 17a, 17b et 17c donne des réductions d'émissions de l'empreinte REE (cf. équation 12).

Par voie de conséquence, après la vérification additionnelle de terrain, lors de la remise du rapport de suivi, le nombre de **réductions d'émissions <u>générées</u>** se calcule avec l'équation 18 après application du rabais de la vérification ($Rabais_5$, à calculer selon l'équation 16) :

$$REA_{générées}\ ou\ REE_{générées} = REA_{générables}\ (ou\ REE_{générées}) \times (1 - Rabais_5)$$

Équation 18

10. Bilan des éléments à fournir

Le tableau 8 liste les pièces à fournir avec le document de projet pour justifier son éligibilité **quel que soit le projet**.

Propriétaire	Forêts privées	Forêts des collectivités	Forêts de l'État
Si mandat [LE CAS ÉCHÉANT] *[document 0]*	Liste du ou des projet(s) individuel(s) + lettre attestant du mandat détenu et comportant les mentions obligatoires	Liste du ou des projet(s) individuel(s) + lettre attestant du mandat détenu et comportant les mentions obligatoires	Liste du ou des projet(s) individuel(s) + lettre attestant du mandat détenu et comportant les mentions obligatoires
Attestation de propriété [OBLIGATOIRE] *[document 1]*	Matrice cadastrale ou acte notarié ou extrait de logiciel de cadastre	Matrice cadastrale ou acte notarié ou extrait de logiciel de cadastre	Matrice cadastrale ou acte notarié ou extrait de logiciel de cadastre
Justificatif de document de gestion durable [OBLIGATOIRE] *[document 2]*	PSG ou CBPS+ : copie de la décision d'agrément du document de gestion par le conseil de centre du CRPF. CBPS : courrier du CRPF notifiant l'adhésion du propriétaire au CBPS. RTG : décision d'agrément du RTG par le conseil de centre du CRPF + adhésion du propriétaire au RTG (signée par le propriétaire et le rédacteur) ou, en son absence, copie du RTG	Copie de l'arrêté d'aménagement portant approbation du document d'aménagement de la forêt de la collectivité par le préfet de Région	Copie de l'arrêté d'aménagement portant approbation du document d'aménagement de la forêt domaniale par le ministre en charge des forêts
Avenant au document de gestion durable [LE CAS ÉCHÉANT] *[document 2 bis]*	Avenant au document de gestion durable à fournir au plus tard un an après labellisation	Modification d'aménagement à fournir au plus tard un an après labellisation + délibération de la collectivité	Modification d'aménagement à fournir au plus tard un an après labellisation
Si absence de document de gestion durable [OBLIGATOIRE] *[document 2 ter]*	Rédaction d'un document de gestion durable dans les 12 mois à compter de la date de réception des travaux + document démontrant qu'il est au moins en cours de rédaction (courrier ou courriel du propriétaire ou du rédacteur, courrier ou courriel du CRPF attestant de la réception du document ou de son instruction en cours)	Rédaction d'un aménagement dans les 12 mois à compter de la date de réception des travaux + déclaration de l'ONF démontrant qu'il est au moins en cours de rédaction	Rédaction d'un aménagement dans les 12 mois à compter de la date de réception des travaux + déclaration de l'ONF démontrant qu'il est au moins en cours de rédaction
Si regroupement [LE CAS ÉCHÉANT] *[document 3]*	Délibération attestant de l'habilitation du gérant, président, indivisaire… à représenter la structure de regroupement	-	-

État actuel de la parcelle **[OBLIGATOIRE]** ***[document 4]***	Orthophotos (avec superposition du fond cadastral si possible) et photographies *in situ* du sinistre datant d'un an maximum avant la date de dépôt du document de projet	Orthophotos (avec superposition du fond cadastral si possible) et photographies *in situ* du sinistre datant d'un an maximum avant la date de dépôt du document de projet	Orthophotos (avec superposition du fond cadastral si possible) et photographies *in situ* du sinistre datant d'un an maximum avant la date de dépôt du document de projet
Dépérissement intense **[LE CAS ÉCHÉANT]** ***[document 4 bis]*** ***[document 4 ter]***	Diagnostic DEPERIS pour démontrer l'état « intense » du dépérissement ou copie de la lettre du CRPF délivrant un avis favorable à une coupe d'urgence ou copie de courrier d'avis favorable de coupe extraordinaire pour motif sanitaire	Déclaration signée de l'ONF justifiant le dépérissement intense du peuplement	Déclaration signée de l'ONF justifiant le dépérissement intense du peuplement
Diagnostic IBP **[OBLIGATOIRE]** ***[document 5]***	Pour les projets de plus de 2 ha hors crise sanitaire, diagnostic IBP et justification de son intégration	Pour les projets de plus de 2 ha hors crise sanitaire, diagnostic de la biodiversité et justification de son intégration	Pour les projets de plus de 2 ha hors crise sanitaire, diagnostic de la biodiversité et justification de son intégration
Diagnostic stationnel et classe de fertilité **[OBLIGATOIRE]** ***[document 6]***	Attestation signée par un professionnel indiquant l'adaptation des essences à la station et le choix de la classe de fertilité	Attestation signée par l'ONF indiquant l'adaptation des essences à la station et le choix de la classe de fertilité	Attestation signée par l'ONF indiquant l'adaptation des essences à la station et le choix de la classe de fertilité
Coût des travaux à l'hectare **[FACULTATIF]** ***[document 7]***	Devis	Devis	Devis
Analyse économique **[FACULTATIF]** ***[document 8]***	Feuille de calcul des VAN	Feuille de calcul des VAN	Feuille de calcul des VAN
Risque d'incendie **[LE CAS ÉCHÉANT]** ***[document 9]***	Copie des pages du PDPFCI ou PRDFCI si existant	Copie des pages du PDPFCI ou PRDFCI si existant	Copie des pages du PDPFCI ou PRDFCI si existant
Table de production **[OBLIGATOIRE]** ***[document 10]***	Copie de la table de production retenue	Copie de la table de production retenue	Copie de la table de production retenue
Rabais et réductions d'émissions **[OBLIGATOIRE]** ***[document 11]***	Feuille de calcul détaillant les rabais et les modalités de calcul des REA et REE	Feuille de calcul détaillant les rabais et les modalités de calcul des REA et REE	Feuille de calcul détaillant les rabais et les modalités de calcul des REA et REE

TABLEAU 8. — *Éléments obligatoires pour être éligible, quel que soit le projet.*

Annexe 1 : Protocole de dépérissement DEPERIS

Le protocole DEPERIS a été mis au point par le Département de la santé des forêts en 2017 pour attribuer une note de dépérissement à un peuplement et caractériser son intensité.
Ce protocole est basé sur l'observation du houppier d'un arbre depuis le sol et vise à noter deux critères (cf. protocole DEPERIS) :

- La mortalité de branches (MB) ;
- La transparence du houppier : pour les feuillus, le manque de ramification (MR) et pour les résineux le manque d'aiguilles (MA).

Pour chacun des deux critères symptomatologiques, une note d'intensité qualitative est attribuée selon les classes décrites dans le tableau ci-après.

Note	Intensité	Fréquence	Nombre	% indicatif
0	Nulle à très faible	Nulle à très faible	0 à quelques rares	0 à 5
1	Légère	Faible	Quelques à peu nombreux	6 à 25
2	Assez forte	Modérée	Assez nombreux	26 à 50
3	Forte	Importante	Nombreux	51 à 75
4	Très forte	Très importante	Très nombreux	76 à 95
5	Total	Toute la partie notée concernée	Total	96 à 100

TABLEAU 9. — *Note qualitative d'intensité des critères symptomatologiques observés sur les arbres.*

Une formule permet d'attribuer une note à chaque arbre analysé.

$$DEPERIS = \left(\frac{5 - MB}{5} \times MR\ ou\ MA\right) + MB$$

Équation 19

On peut également utiliser l'abaque suivant (tableau 10) pour attribuer la note globale DEPERIS. Un arbre sera considéré comme très dépérissant lorsqu'il a les notes de D, E ou F.

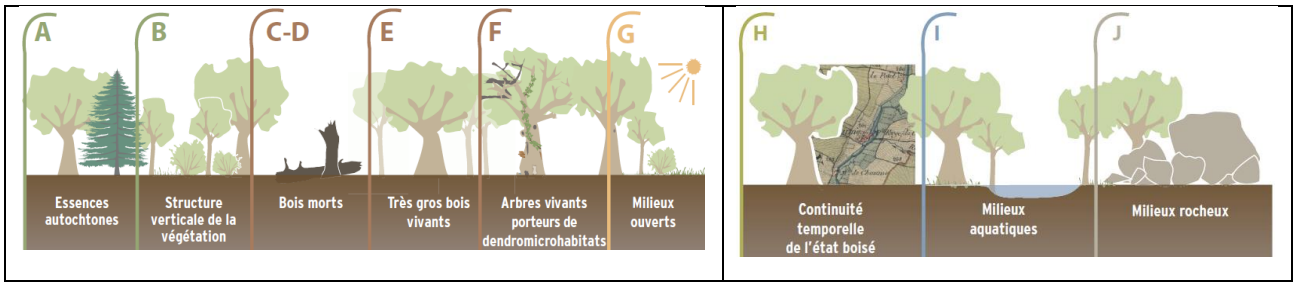
		Manque de Ramification (feuillus) MR Manque d'Aiguilles (résineux sauf mélèze) MA					
		0	1	2	3	4	5
Mortalité de Branches MB	0	A	B	C	D	E	F
	1	B	C	C	D	E	F
	2	C	C	D	E	E	F
	3	D	D	E	E	F	F
	4	E	E	E	F	F	F
	5	F	F	F	F	F	F

TABLEAU 10. — *Abaque pouvant être attribuée pour donner une note de dépérissement.*

Si au moins 20 % des arbres dominants ou co-dominants de la parcelle présentent une note DEPERIS supérieure ou égale à 3 (classes D, E ou F), alors le peuplement sera considéré en situation de « dépérissement intense ».

Annexe 2 : Relevé de l'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP)

L'IBP est une évaluation à un instant donné de la capacité du peuplement à accueillir les espèces liées à la forêt (plantes, oiseaux, insectes...). Il est constitué de dix facteurs : 7 facteurs liés aux peuplements et à la gestion forestière (A à G) et 3 facteurs plutôt liés au contexte (H à J). Un score 0, 2 ou 5 est donné à chacun des facteurs selon une échelle de valeurs seuils précisée dans la fiche de définition IBP. La somme des scores donne la valeur IBP.



L'IBP est décrit séparément dans chaque peuplement homogène composant une parcelle, avec l'une des trois méthodes :

- parcours en plein : la totalité du peuplement est parcourue par virées régulières ;
- parcours partiel : seule une fraction représentative du peuplement est parcourue et décrite (par exemple : relevé une virée sur deux ou sur quelques placettes circulaires) ;
- échantillonnage par transect : les relevés IBP sont réalisés dans plusieurs placettes de 1 ha judicieusement réparties dans le peuplement pour décrire au mieux la variabilité des situations.

Une 4e méthode d'échantillonnage systématique (par exemple : placettes de 0,2 ha tous les ha) n'a d'intérêt que dans les grandes forêts dans lesquelles on réalise un autre inventaire systématique (dendrométrique…).

Le parcours en plein est la méthode la plus simple, nécessitant peu de matériel ni de calculs compliqués, et il permet de localiser les éléments intéressants en matière de capacité d'accueil (très gros bois, zones rocheuses…). Les autres méthodes sont plus rapides, mais plus complexes. Le choix d'une méthode est fonction des caractéristiques du peuplement, comme l'indique le tableau suivant.

Surface du peuplement	Caractéristiques du peuplement	Méthode
< 1,5 ha		parcours en plein
entre 1,5 et 5-10 ha	difficultés d'observation : faible visibilité (< 10-15 m), peuplement difficilement pénétrable ou relief accidenté	parcours partiel
	peuplement très homogène : taillis de châtaignier, jeune peuplement, plantation…	parcours partiel
	autres cas : peuplement hétérogène et facile à observer	parcours en plein
entre 5-10 ha et 20-30 ha		parcours partiel
> 20-30 ha		échantillonnage par transect

Pour réduire le temps imputable au diagnostic IBP, il est préférable de **relever l'IBP conjointement avec une autre opération de description ou d'inventaire** dans le peuplement, ce qui permet de mutualiser le temps de parcours et un certain nombre d'observations (essences, grosseur des bois...).

Tous les documents nécessaires au relevé de l'IBP (fiche de définition et de relevé, description détaillée des méthodes de relevé…) sont disponibles sur internet : www.foretpriveefrancaise.com/ibp

Annexe 3 : Calcul des coefficients de substitution relatifs au peuplier et au pin maritime

Pour le calcul des coefficients de substitution spécifiques au peuplier et au pin maritime, il est important de tenir compte du rendement matière de l'opération de sciage : 60 % pour le peuplier et 45 % pour le pin maritime. Ces valeurs concernent la transformation pour produire des sciages. Le rendement matière pour la production de pâte à papier sera de 100 %. Pour la production de panneaux bois, celui-ci est souvent proche de 100 % (GESFOR propose des valeurs de 77 à 91 % par exemple, Vial *et al.*, 2018) ; on fera l'hypothèse simplificatrice que l'opération de transformation en panneaux bois a un rendement de 100 % (pas de pertes).

Les connexes issus du sciage ne sont pas destinés à être intégralement brûlés et ont été ventilés selon la proposition faite dans le tableau 11 ci-après (basé sur l'étude GESFOR concernant le chêne et le douglas ; Vial *et al.*, 2018).

Destination du recyclage des connexes	Feuillus	Résineux
Panneaux	35 %	18 %
Pâte à papier	10 %	16 %
Bois énergie	55 %	66 %

TABLEAU 11. — *Répartition théorique à appliquer pour le recyclage des connexes issus d'une transformation (sciage de bois d'œuvre) (d'après GESFOR, Vial* et al.*, 2018)*

Le tableau 12 cite des coefficients de substitutions provenant de la littérature scientifique.

Catégorie de produits bois	Durée de vie	Coefficient de substitution (tCO_2/m^3 de bois utilisé)
BO	Formit (Valada *et al.*, 2016)	**1,52**
BI	Formit (Valada *et al.*, 2016)	**0** pour le papier (44 % du BI) **0,77** pour les panneaux (56 % du BI)
BE	Dire d'expert (à partir de la valeur de l'Ademe en 2015)	**0,25**

TABLEAU 12. — *Les coefficients de substitution selon la catégorie de produits bois récoltés*.

La valeur du facteur de déplacement du BE généralement utilisée est de 0,5 tCO_2 évitées par m^3 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 boisements ; c'est-à-dire environ 20 ans (pour les peuplements les plus productifs) après la date de plantation (sauf cas particuliers). 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.

En outre, les valeurs du tableau 12 pourront être révisées afin de tenir compte de la décarbonation croissante des autres secteurs économiques ; il suffira de citer les références scientifiques dont elles sont issues.

Coefficient de substitution pour le peuplier

Une récolte finale de peuplier produit 77 % de BO et 21 % de trituration façonnée (BI) et 2 % de trituration abandonnée sur la parcelle (Cuchet, 1998).
Dans les 77 % de BO, du fait de la transformation en scierie, 60 % du volume donnera des produits bois sciés tandis que 40 % ira dans des produits connexes (bois énergie). Ce qui porte donc le pourcentage de bois d'œuvre « sorti usine » à 46,2 % et le total de bois énergie à 30,8 %.

	BO	BI	BE	Total
Répartition de 100 m^3 de peuplier après transformation	46,2	21+13,9	16,9	**98**
Coefficient de substitution (cf. tableau 5)	1,52	0,77	0,25	-
tCO_2 évitées	70	27	4	**101**
			Coefficient de substitution	**1,03**

TABLEAU 13. — *Le coefficient de substitution pour le peuplier est estimé à 1,03 tCO_2 évitées par m^3 de peuplier récolté.*

Coefficient de substitution pour le pin maritime en gestion dynamique (ou intensive)

Le modèle PP3 de CAPSIS du pin maritime donne un exemple d'itinéraire standard sur le pin maritime, sur une fertilité moyenne. Au cours des 30 premières années, trois éclaircies sont réalisées avec les répartitions BO/BI suivantes (FCBA, IGN, Inra, CRPF Aquitaine, 2013) :

- 15 ans : 100 % BI ;
- 20 ans : 25 % BO et 75 % BI ;
- 27 ans : 60 % BO et 40 % BI.

Le rendement matière utilisé est de 45 %, correspondant à la fourchette de 42 à 48 % (source : mémento 2017 FCBA, 2018).

	1ère éclaircie	2ème éclaircie	3ème éclaircie	Total
Âge	15 ans	20 ans	27 ans	-
Volume bois fort éclairci (m^3/ha)	23	34	54	**111**
% BO	0 %	11 %	27 %	-
% BI	100 %	80 %	51 %	-
% BE	0 %	9 %	22 %	-
tCO_2 évitées	9,9	18,2	37	**65,1**
			Coefficient de substitution	**0,59**

TABLEAU 14. — *Le coefficient de substitution pour le pin maritime est estimé à 0,59 tCO_2 évitées par m^3 de pin maritime récolté.*

Annexe 4 : Infradensités recommandées pour les principales essences françaises

Le Porteur de projet se référera aux infradensités du tableau 15 ci-après utilisées par l'IGN, à partir d'une note non publiée de Dupouey ; ces infradensités sont davantage adaptées aux essences de la forêt française que celles du Giec.

Essence	Infradensité (tMS/m^3)
Alisier torminal	0,62
Arbousier	0,64
Aulne vert	0,42
Grands aulnes	0,42
Bouleaux	0,52
Cèdre de l'Atlas	0,36
Charme	0,61
Charme-houblon	0,66
Châtaignier	0,47
Chêne chevelu	0,67
Chêne-liège	0,70
Chêne pédonculé	0,54
Chêne pubescent	0,65
Chêne rouge d'Amérique	0,56
Chêne rouvre (sessile)	0,58
Chêne tauzin	0,64
Chêne vert	0,73
Chênes indifférenciés	0,56
Cornouiller mâle	0,74
Cyprès	0,40
Cytise aubour	0,60
Douglas	0,43
Epicéa commun	0,37
Epicéa de Sitka	0,36
Grands érables	0,51
Petits érables	0,56
Eucalyptus	0,56
Genévrier thurifère	0,48
Hêtre	0,55
Frênes	0,56
Fruitiers	0,58
If	0,58
Mélèze d'Europe	0,48
Mélèze du Japon	0,42
Merisier	0,50
Micocoulier	0,55
Mûrier	0,53
Noisetier	0,52
Noyer	0,52
Olivier	0,75
Ormes	0,52
Peupliers cultivés	0,35
Peupliers non cultivés	0,37

Pin d'Alep	0,45
Pin cembro	0,39
Pin à crochets	0,44
Pin laricio	0,46
Pin maritime	0,46
Pin mugho	0,44
Pin noir d'Autriche	0,46
Pin pignon	0,48
Pin sylvestre	0,44
Pin Weymouth	0,34
Platanes	0,50
Robinier faux acacia	0,58
Sapin méditerranéen	0,37
Sapin de Nordmann	0,37
Sapin pectiné	0,38
Sapin de Vancouver	0,36
Saules	0,37
Tamaris	0,53
Tilleuls	0,43
Tremble	0,38
Conifères (moyenne)	**0,42**
Feuillus (moyenne)	**0,57**
Infradensité moyenne	**0,54**

TABLEAU 15. — *Liste des infradensités de plusieurs essences de la forêt française* (IGN, d'après Dupouey, 2002).

NB : ces valeurs seront réactualisées dans une version 3 en intégrant les résultats du projet XyloDensMap de l'IGN et de l'INRAE.

Annexe 5 : Méthode de quantification d'un volume total

Selon l'essence de reboisement, le Porteur de projet pourra avoir accès à des données de production diamètre/hauteur en fonction de l'âge, sans avoir les volumes pour autant. En l'absence d'équation allométrique spécifique à l'essence de reboisement, le Porteur de projet pourra se référer à l'équation allométrique 20 ci-après pour le calcul du volume total. Ces équations sont issues du projet EMERGE, construites à partir des équations de Vallet *et al.* (2006). Elles font aujourd'hui consensus et présentent l'avantage d'être construites pour un grand nombre d'essences feuillues et résineuses en France.

$$V_t = \frac{H_t \times {c_{1,3}}^2}{4\pi\left(1 - \frac{1,3}{H_t}\right)^2} \times \left(a + b \times \frac{\sqrt{c_{1,3}}}{H_t} + c \times \frac{H_t}{c_{1,3}}\right)$$

Équation 20

Pour la simplification des calculs, l'équation 21 suivante pourra être utilisée quelles que soient l'essence, la taille, la sylviculture, la station (Deleuze *et al.*, 2014).

$$V_t = 0,496 \times \frac{H_t \times {c_{1,3}}^2}{4\pi}$$

Équation 21

	Nombre d'arbres	Modèle complet Emerge			Constante
		a [sans unité]	b (robustesse) [en $m^{0,5}$]	c (défilement) [sans unité]	
Feuillus	**4783**	**0,522**	**0,661**	**-0,002**	**0,496**
Acer campestre	2	0,534	0,661	-0,002	0,509
Acer pseudoplatanus	5	0,502	0,661	-0,002	0,486
Betula pendula	16	0,493	0,661	-0,002	0,472
Carpinus betulus	79	0,533	0,661	-0,001	0,503
Fagus sylvatica	2302	0,542	0,661	-0,002	0,515
Fraxinus excelsior	161	0,509	0,661	-0,001	0,497
Prunus avium	1	0,521	0,661	-0,002	0,497
Quercus palustris	27	0,513	0,661	-0,002	0,479
Quercus robur/petraea	2079	0,561	0,661	-0,002	0,512
Quercus rubra	111	0,511	0,661	-0,002	0,477
Résineux	**7433**	**0,356**	**1,756**	**0,002**	**0,496**
Abies alba	1688	0,398	1,756	0,002	0,520
Abies nordmanniana	47	0,375	1,756	0,002	0,533
Abies sp.	35	0,360	1,756	0,003	0,529
Cedrus atlantica/libani	142	0,340	1,756	0,002	0,483
Larix decidua	163	0,377	1,756	0,001	0,488
Picea abies	404	0,303	1,756	0,004	0,486
Picea sitchensis	12	0,351	1,756	0,002	0,494
Pinus halepensis	134	0,403	1,756	0,001	0,522
Pinus laricio	338	0,306	1,756	0,003	0,455
Pinus mugo	3	0,432	1,756	0,001	0,550
Pinus nigra	240	0,305	1,756	0,003	0,498
Pinus nigra ssp pallasiana	7	0,332	1,756	0,002	0,468
Pinus pinaster	1533	0,396	1,756	-0,002	0,489
Pinus sp.	2	0,332	1,756	0,002	0,484
Pinus strobus	42	0,356	1,756	0,001	0,485
Pinus sylvestris	1958	0,372	1,756	0,001	0,473
Pinus uncinata	257	0,443	1,756	-0,001	0,541
Pseudotsuga menziesii	428	0,235	1,756	0,004	0,447

TABLEAU 16. — *Paramètres à utiliser dans l'équation 20 issue des travaux du projet EMERGE.*

Annexe 6 : Équations pour l'estimation de la biomasse racinaire

Il s'agit des équations recommandées par le Giec sur la base des travaux de Cairns *et al.* (1997). Pour les équations 3, 4 et 5, l'ajout de la latitude (ou de l'âge dans l'équation 2) n'augmente pas beaucoup le R^2, les coefficients sont toutefois très significatifs.

Conditions et variables indépendantes	Équation	Taille d'échantillon n	R^2
Toutes les forêts, $B_R = f(B_A)$	$B_R = \exp(-1{,}085 + 0{,}9256 \times \ln(B_A))$	151	0 ,83
Toutes les forêts, $B_R = f(B_a$, Âge)	$B_R = \exp(-1{,}3267 + 0{,}8877 \times \ln(B_A) + 0{,}1045 \times \ln(\hat{A}ge))$	109	0,84
Forêts tropicales $B_R = f(B_A)$	$B_R = \exp(-1{,}0587 + 0{,}8836 \times \ln(B_A))$	151	0,84
Forêts tempérées, $B_R = f(B_A)$	$B_R = \exp(-1{,}0587 + 0{,}8836 \times \ln(B_A) + 0{,}2840)$	151	0,84
Forêts boréales $B_R = f(B_A)$	$B_R = \exp(-1{,}0587 + 0{,}8836 \times \ln(B_A) + 0{,}1874)$	151	0,84

TABLEAU 17. — *Équations allométriques pour l'estimation de la biomasse souterraine ou racinaire.*

Avec :

B_R = la biomasse racinaire en tonnes de matière sèche (tMS) ;

B_A = la biomasse aérienne en tonnes de matière sèche (tMS).

Références bibliographiques

ACHAT David, FORTIN Mathieu, LANDMANN Guy, RINGEVAL Bruno, AUGUSTO Laurent, 2015. *Forest soil carbon is threatened by intensive biomass harvesting*. Scientific Reports 5, 10 p.

ADEME, 2015. *Forêt et atténuation du changement climatique*. Les avis de l'Ademe, 12 p.

ARROUAYS Dominique, BALESDENT Jérôme, GERMON Jean-Claude, JAYET Pierre-Alain, SOUSSANA Jean-François, STENGEL Pierre, 2002. *Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ?* (Expertise scientifique collective). INRA, 334 p.

AUGUSTO Laurent, SAINT-ANDRÉ Laurent, BUREAU Fabrice, DERRIEN Delphine, POUSSE Noémie, CÉCILLON Lauric, 2019. *Séquestration de carbone organique dans les sols forestiers : impacts de la gestion sylvicole*. Forêt-entreprise nº 245, CNPF, pp. 62-66.

BASTIEN Yves et GAUBERVILLE Christian (coordinateurs), 2015. *Vocabulaire forestier : écologie, gestion et conservation des espaces boisés*. AgroParisTech, CNPF et ONF, 554 p.

CAIRNS Michael, BROWN Sandra, HELMER Eileen, BAUMGARDNER Greg, 1997. *Root biomass allocation in the world's upland forests.* Oecologia, nº 111, pp. 1-11.

CUCHET Emmanuel, 1998. *Les houppiers de peuplier — Départements du Nord, du Pas-de-Calais et de l'Aisne*. AFOCEL, fiche nº 567, 6 p.

DELEUZE Christine, MORNEAU François, RENAUD Jean-Pierre, VIVIEN Yannick, RIVOIRE Michaël, SANTENOISE Philippe, LONGUETAUD Fleur, MOTHE Frédéric, HERVÉ Jean-Christophe, VALLET Patrick, 2014. *Estimer le volume total d'un arbre, quelles que soient l'essence, la taille, la sylviculture, la station.* Rendez-vous techniques nº 44. ONF, pp. 22-32.

DIDOLOT François, 2017. *Les forestiers du Massif central vers les services écosystémiques*. CNPF, 44 p.

FCBA, IGN, Inra, CRPF Aquitaine, 2013. *Disponibilité de bois en Aquitaine de 2012 à 2025*. Rapport final, 55 p.

FCBA, 2018. Mémento 2017. FCBA, 48 p.

GAUBERVILLE Christian, 2001. *Après la tempête de 1987 en Bretagne, que sont devenues les parcelles non reconstituées ?* Forêt-entreprise nº 142, pp. 15-17.

GAUBERVILLE Christian, ROSA Jérôme, CORRIOL Gilles., 2001. *Colonisation spontanée de terrains forestiers affectés par une tempête : cas de la tempête des 15 et 16 octobre 1987 en Bretagne*. Rapport Gip-Ecofor-IDF, 24 p. + annexes.

GAUBERVILLE Christian, ROSA Jérôme, VIDAL Christophe, PAULUS Jérémy, MARTIN S, BECQUEY Jacques, 2002. *Colonisation spontanée de terrains forestiers affectés par une tempête: cas de la tempête des 6, 6 et 8 novembre 1982 en Auvergne.* Rapport Gip-Ecofor, IDF, 33 p + annexes.

GAUBERVILLE Christian, 2009. *Successions forestières spontanées après tempête: les cas de l'Auvergne (1982) et de la Bretagne (1987). Chapitre 21.* In : La forêt face aux tempêtes. Editions Quae, pp. 347-362.

GIEC, 2006. *IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. Volume 4 : agriculture, forestry and other land use, chapter 4 : forest land*, 83 p.

GONZÁLEZ-GARCÍA Sara, BONNESOEUR Vivien, PIZZI Antonio, FEIJOO Gumersindo, MOREIRA María Teresa, 2014. *Comparing environmental impacts of different forest management scenarios for maritime pine biomass production in France.* Journal of cleaner production, nº 64, pp. 356-367.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE, 2016. *Leviers forestiers en termes d'atténuation pour lutter contre le changement climatique aux horizons 2020, 2030, 2050* (Rapport d'étude). INRA, 96 p.

JOLIVET Claudy, 2000. *Le carbone organique des sols des Landes de Gascogne. Variabilité spatiale et effets des pratiques sylvicoles et agricoles*. Thèse, Université de Dijon, 313 p.

LARRIEU Laurent, GONIN Pierre, 2008. *L'indice de biodiversité potentielle (IBP) : une méthode simple et rapide pour évaluer la biodiversité potentielle des peuplements forestiers.* Revue forestière française, nº 6. AgroParisTech Nancy, 22 p.

LEMAIRE Jean, 2014. *Lien entre le déficit hydrique climatique et le dépérissement du chêne pédonculé sur la façade atlantique*. Forêt-entreprise, nº 218, pp. 18-25.

LONGUETAUD Fleur, MOTHE Frédéric, SANTENOISE Philippe, DESPLANCHES Philippe, COLIN Antoine, DELEUZE Christine, 2013. *Les coefficients d'expansion pour déduire différents volumes de branches à partir de volumes de tige.* Rendez-vous techniques nº 39-40. ONF, pp. 48-59.

NAGELEISEN Louis-Michel, GOUDET Morgane, SAINTONGE François-Xavier, 2017. *Guide de notation simplifiée de l'aspect du houppier des arbres forestiers dans un contexte de dépérissement (protocole DEPERIS)*. Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 12 p.

PINGOUD Kim, WAGNER Fabian, 2006. *Methane emissions from landfills and carbon dynamics of harvested wood products: the first-order decay revisited.* Interim Report (IR-06-004), International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg: 20 p.

ROSA Jérôme, GAUBERVILLE Christian, 2004. *Que deviennent les parcelles non reconstituées plus de 10 ans après une tempête ?* Rendez-vous techniques nº 3, pp. 3-6.

VALADA Tatiana, CARDELLINI Giuseppe, VIAL Estelle, LEVET Anne-Laure, MUYS Bart, LAMOULIE Julien, HUREL Cécile, PRIVAT François, CORNILLIER Claire, VERBIST Bruno, 2016. "FORMIT Project - Deliverable 3.2 - LCA and Mitigation Potential from Forest Products." D 3.2. The work leading to these results has received funding from the European Community's Seventh Framework Programme under grant agreement n° FP7-311970.

VALLET Patrick, DHÔTE Jean-François, LE MOGUEDEC Gilles, RAVART Michel, PIGNARD Gérôme, 2006. *Development of total aboveground volume equations for seven important forest species in France.* Forest Ecology and Management, vol. 229, nº 1-3, pp. 98-110.

VERRA, 2011. AFOLU Guidance: Example for Calculating the Long-Term Average Carbon Stock for ARR Projects with Harvesting, 9 p. http://verra.org/wp-content/uploads/2018/03/VCS-Guidance-Harvesting-Examples_0.pdf

VIAL Estelle, CORNILLIER Claire, FORTIN Mathieu, MARTEL Simon, 2018. *Bilan environnemental des systèmes forestiers vis-à-vis du changement climatique : pour une optimisation des pratiques sylvicoles et des politiques territoriales.* Rapport. ADEME. FCBA, AgroParisTech, CNPF, 102 p.