

LABEL BAS CARBONE

Méthode reconstitution de peuplements forestiers dégradés

Version 3bis du 21/07/2025

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.

Rédacteur : Olivier Gleizes

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*). La version 1 a ensuite été agréée par le ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES) le 19 avril 2019.

La méthode a ensuite été révisée grâce à un financement de France Bois Forêt de 2019 à 2022 qui a permis de rédiger la version 2, validée par le ministère de la Transition écologique le 8 octobre 2020, puis de réaliser une consultation en vue de rédiger la version 3 de 2021 à 2022.

Le CNPF a ensuite rédigé la version 3 sur fonds propre en 2023 et 2024, en collaboration avec le MTEBFMP.

Cette méthode a été validée par le ministère de la Transition écologique, de la biodiversité, de la forêt, de la mer et de la pêche le 17 février 2025.

Elle entrera en vigueur le 1^{er} avril 2025. Le nouveau formulaire de dépôt de dossier sera rendu accessible sur la plateforme Démarches Simplifiées à ce moment donné.

Entre la date d’approbation des nouvelles versions et la date de leur entrée en vigueur, la notification de nouveaux projets sera rendue impossible. Cependant, tout projet notifié avant la date d’approbation des nouvelles versions pourra être complété, déposé et instruit, selon les critères des anciennes versions.

Le CNPF remercie les financeurs et les partenaires ayant permis ce travail.



Table des matières

1.	APPLICABILITE, DEFINITIONS, DUREE	6
1.1.	RECONSTITUTION DE PEUPELEMENTS FORESTIERS DEGRADEES.....	6
1.2.	DUREE DE PROJET	6
1.3.	LE PORTEUR DE PROJET	7
1.4.	SELECTION DES SOURCES/PUITS ET COMPARTIMENTS A PRENDRE EN COMPTE	7
2.	CRITERES D'ELIGIBILITE	9
2.1.	LES PREMIERES PIECES A FOURNIR SYSTEMATIQUEMENT	9
2.2.	LE DOCUMENT DE GESTION DURABLE	9
2.3.	LES REBOISEMENTS ELIGIBLES A LA METHODE.....	11
2.3.1.	<i>Le reboisement d'une forêt détruite par une tempête, des neiges lourdes, des avalanches, des orages de grêle, des cyclones ou des séismes</i>	<i>12</i>
2.3.2.	<i>Le reboisement d'une forêt détruite par un incendie ou une éruption volcanique</i>	<i>13</i>
2.3.3.	<i>Le reboisement d'une forêt en situation de dépérissement intense</i>	<i>14</i>
2.3.4.	<i>Les plantations en échec</i>	<i>17</i>
2.4.	LES CRITERES TECHNIQUES D'ELIGIBILITE DES REBOISEMENTS	18
2.4.1.	<i>L'articulation avec les arrêtés MFR.....</i>	<i>18</i>
2.4.2.	<i>Le diagnostic stationnel et climatique</i>	<i>19</i>
2.4.3.	<i>L'éligibilité du semis forestier.....</i>	<i>20</i>
2.4.4.	<i>Les plantations par placeaux</i>	<i>20</i>
2.4.5.	<i>La préparation du sol</i>	<i>21</i>
2.4.6.	<i>Le mélange d'essences.....</i>	<i>22</i>
2.5.	LE CAS DES PROJETS COLLECTIFS	23
2.6.	LE CAS DE LA PENURIE DE PLANTS ET DES REGARNIS.....	24
3.	CHOIX DU SCENARIO DE REFERENCE ET DEMONSTRATION DE L'ADDITIONNALITE	26
3.1.	CHOIX DU SCENARIO DE REFERENCE	26
3.2.	DEMONSTRATION DE L'ADDITIONNALITE.....	27
3.2.1.	<i>Analyse légale</i>	<i>27</i>
3.2.2.	<i>Analyse des aides publiques.....</i>	<i>27</i>
3.2.3.	<i>Analyse économique</i>	<i>28</i>
4.	INTEGRITE ENVIRONNEMENTALE ET CO-BENEFICES.....	31
4.1.	UN DIAGNOSTIC PREALABLE DE LA BIODIVERSITE AVANT RECOLTE DU PEUPELEMENT A SUBSTITUER	31
4.2.	LE MELANGE D'ESSENCES.....	32
4.3.	LA GRILLE D'ÉVALUATION DES CO-BENEFICES	32
5.	INTEGRATION DU RISQUE DE NON-PERMANENCE.....	36
5.1.	RISQUE DE DEPERISSEMENT/INADEQUATION A LA STATION.....	36
5.2.	RISQUES NATURELS ET SANITAIRES DIFFICILEMENT MAITRISABLES.....	36
5.3.	RISQUE D'INCENDIE.....	37
5.4.	RISQUE DU AU GIBIER	39
5.5.	RISQUE DE DEBOISEMENT A MAYOTTE	39
6.	CALCUL DES REDUCTIONS D'EMISSIONS GENERABLES	40
6.1.	CALCUL DES REDUCTIONS D'EMISSIONS ANTICIPEES GENERABLES	40
6.1.1.	<i>REA générables du fait de la séquestration du carbone par l'écosystème forestier</i>	<i>40</i>
6.1.2.	<i>REA générables du fait du stockage du carbone dans les produits bois récoltés.....</i>	<i>41</i>
6.2.	CALCUL DES REDUCTIONS D'EMISSIONS INDIRECTES GENERABLES	44
6.2.1.	<i>Calcul des réductions d'émissions indirectes générables dans le scénario de reboisement.....</i>	<i>44</i>

6.2.2.	<i>Calcul des réductions d'émissions indirectes générables dans le scénario de référence</i>	45
6.3.	CALCUL DES REDUCTIONS D'EMISSIONS ANTICIPEES TOTALES GENERABLES	45
7.	QUANTIFICATION CARBONE DES ITINERAIRES	46
7.1.	QUANTIFICATION GENERALE DU CARBONE	46
7.1.1.	<i>Estimation de la biomasse forestière aérienne (B_A)</i>	46
7.1.2.	<i>Estimation de la biomasse forestière racinaire (B_R)</i>	46
7.1.3.	<i>Taux de carbone dans la matière sèche</i>	47
7.1.4.	<i>Estimation du stock de carbone dans les sols (S) et dans la litière (L)</i>	47
7.1.5.	<i>Estimation du stock de carbone dans le bois mort (M)</i>	49
7.2.	MODELISATION DE L'EVOLUTION DU CARBONE DANS LE SCENARIO DE REFERENCE	49
7.2.1.	<i>Colonisation post-tempête</i>	49
7.2.2.	<i>Colonisation post-incendie</i>	49
7.2.3.	<i>Dépérissement intense</i>	49
7.2.4.	<i>Plantations en échec</i>	50
7.3.	MODELISATION DE L'EVOLUTION DU CARBONE DANS L'ITINERAIRE DE REBOISEMENT	50
7.3.1.	<i>Les essences à quantifier obligatoirement en utilisant des tables de production françaises</i>	50
7.3.2.	<i>Les autres essences à quantifier à partir de l'annexe 12</i>	51
7.3.3.	<i>Les essences absentes ou sans équivalence dans l'annexe 12</i>	52
7.3.4.	<i>Justification de la classe de fertilité</i>	53
7.3.5.	<i>Le calculateur</i>	53
8.	VERIFICATION	55
8.1.	OBJECTIFS ET PERIMETRE DE LA VERIFICATION	55
8.2.	RAPPORT DE SUIVI	55
8.3.	LISTE DES AUDITEURS	56
8.4.	VERIFICATION DOCUMENTAIRE PAR UN AUDITEUR	56
8.4.1.	<i>Vérification des conditions d'éligibilité et de l'additionnalité</i>	57
8.4.2.	<i>Vérification des co-bénéfices</i>	57
8.5.	ÉLÉMENTS A AUDITER SUR LE TERRAIN QUELLE QUE SOIT LA TECHNIQUE DE REBOISEMENT	58
8.5.1.	<i>Vérification des conditions d'éligibilité du projet</i>	58
8.5.2.	<i>Vérification de la station</i>	58
8.5.3.	<i>Vérification des co-bénéfices</i>	59
8.6.	VERIFICATION ADDITIONNELLE DE TERRAIN PAR UN AUDITEUR POUR UN REBOISEMENT ISSU DE PLANTATION	59
8.6.1.	<i>La densité de plants vivants pour les reboisements « classiques »</i>	60
8.6.2.	<i>La densité de plants vivants pour les peupleraies et noyeraies</i>	61
8.6.3.	<i>Calculs à effectuer par l'auditeur</i>	61
8.7.	VERIFICATION ADDITIONNELLE DE TERRAIN PAR UN AUDITEUR POUR UN REBOISEMENT ISSU DE SEMIS	66
8.8.	VERIFICATION ADDITIONNELLE DE TERRAIN PAR UN AUDITEUR POUR UN REBOISEMENT PAR PLACEAUX	67
8.9.	LIVRABLES DE L'AUDITEUR	68
8.10.	VERIFICATION SUPPLEMENTAIRE POUR UNE CONVERSION EX-POST DES CREDITS	68
9.	REDUCTIONS D'EMISSIONS ANTICIPEES GENERABLES ET GENEREES APRES APPLICATION DES RABAIS	70
10.	BILAN DES ELEMENTS A FOURNIR	72
	ANNEXE 1 : PROTOCOLE DE DEPERISSEMENT DEPERIS	75
	ANNEXE 2 : RELEVÉ DE L'INDICE DE BIODIVERSITE POTENTIELLE (IBP)	77
	ANNEXE 3 : EXEMPLES DE MELANGES INTRAPARCELLAIRES	78
	ANNEXE 4 : EFFICACITE DE CERTAINES ESSENCES DANS L'ELIMINATION DE L'OZONE TROPOSPHERIQUE	80
	ANNEXE 5 : SOURCE POUR IDENTIFIER L'INDIGENAT D'UNE ESSENCE	84

ANNEXE 6 : LISTE DES PDPFCI, PRDFCI, ATLAS FEUX DE FORET ET AUTRES DOCUMENTS EN VIGUEUR EN DECEMBRE 2024.....	89
ANNEXE 7 : EXPLICATION DE LA FORMULE DE CALCUL DU GAIN EN CARBONE	91
ANNEXE 8 : CALCUL DES COEFFICIENTS DE SUBSTITUTION SCIAGES, PANNEAUX ET BOIS ENERGIE	93
ANNEXE 9 : INFRADENSITES RECOMMANDEES POUR LES PRINCIPALES ESSENCES FRANÇAISES	94
ANNEXE 10 : ÉQUATIONS POUR L'ESTIMATION DE LA BIOMASSE RACINAIRE	98
ANNEXE 11 : VALEURS PAR DEFAUT POUR DES PROJETS DANS LES DROM.....	99
ANNEXE 12 : ÉQUIVALENCE D'ESSENCES SUR LESQUELLES REALISER UNE QUANTIFICATION CARBONE	106
ANNEXE 13 : METHODE DE QUANTIFICATION D'UN VOLUME TOTAL	110
ANNEXE 14 : LISTE DES ELEMENTS A VERIFIER LORS DE L'AUDIT	112
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	115

1. Applicabilité, définitions, durée

Cette méthode s'applique à des projets forestiers ayant vocation à lutter contre le changement climatique, en France métropolitaine et dans les départements et régions d'outre-mer.

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 1^{er} 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, neiges lourdes, dégâts d'avalanche, orages de grêles, incendies, catastrophes naturelles, dépérissements massifs, mortalité importante, attaques sanitaires...) en terres forestières viables grâce à une plantation ou à un semis adaptés 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 un projet individuel composé d'une parcelle ou d'un groupe de parcelles situées sur la même commune ou des communes limitrophes.

NB : cette méthode n'est pas applicable pour des projets consistant à faire des plantations d'arbres en ville, des bamboueraies, des « micro-forêts », des plantations de vergers, de l'agroforesterie, de la trufficulture, d'autres productions à finalités agricoles ou des TCR/TTTCR¹. Les enrichissements par bouquets ou sous couvert diffus ou en points d'appui ne sont pas éligibles à la méthode.

En revanche, les plantations à faible densité visant une production ligneuse de bois d'œuvre (noyeraie, peupleraie...) sont éligibles à la présente méthode.

Les reboisements « classiques » par mise en place de plants forestiers produits en pépinière forestière sont éligibles. Quoique beaucoup plus anecdotique en termes de surfaces boisées, la technique du semis forestier est également rendue éligible sous certaines conditions (cf. partie 2.4.3.).

1.2. Durée de projet

Par dérogation à la partie II.B.3 de l'arrêté du label Bas-Carbone, la durée de validité d'un projet de reboisement est de **30 années** par défaut. 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 TCR = taillis à courte rotation, TTTCR = taillis à très courte rotation

Cet engagement à maintenir l'état boisé se réduit à la révolution de l'essence pour les sylvicultures à courte révolution comme le peuplier (exemple : 15 ans, 20 ans...). Pour qu'une essence autre que le peuplier puisse être éligible à la présente méthode avec une révolution inférieure à 30 ans, il conviendra de s'assurer que cela est autorisé dans les SRGS², DRA³ ou SRA⁴.

Pour un projet qui associerait du peuplier et d'autres essences, l'engagement du porteur de projet à maintenir l'état boisé se fait sur 30 ans sur la partie du projet hors peupleraie et sur la durée de révolution retenue pour la partie en peuplier au moment du dépôt de projet.

1.3. Le porteur de projet

Le porteur de projet est la personne qui a la capacité juridique de mettre en œuvre le projet (dans le cas d'un reboisement il s'agit du propriétaire du terrain ou de celui qui a la maîtrise foncière, par un contrat ou un statut).

Le demandeur est l'entité qui fait la demande de labellisation auprès de l'autorité compétente (entité en charge de l'instruction). Il est soit le porteur de projet, soit un mandataire du porteur de projet chargé de le représenter (cf. articles 1984 et suivants du Code civil relatifs au contrat de mandat).

Toute personne, qu'elle soit de droit privé ou de droit public, peut être un porteur de projet à condition d'avoir la capacité juridique de mettre en œuvre le projet, donc d'être propriétaire, usufruitier, ou d'avoir un bail d'une durée cohérente avec la durée d'engagement de conserver l'état boisé, ou encore d'être le gestionnaire légal de la propriété (en forêt domaniale). Cela peut être un propriétaire en nom propre, une association de regroupement des propriétaires forestiers (ASL, ASLGF...), une société civile (groupement forestier (de petits porteurs, familial...), groupement foncier agricole (GFA), groupement foncier rural (GFR)...), une indivision, une fondation, une association, un organisme, un établissement public, une entreprise, un établissement public de coopération intercommunale (EPCI), une collectivité (propriétaire de forêt communale, départementale, sectionale, régionale, etc.), l'État (forêts domaniales)...

Le porteur de projet peut se faire aider par un mandataire pour concevoir et déposer son projet sur www.demarches-simplifiees.fr.

Le porteur de projet peut ne pas être le propriétaire des terrains sur lesquels le reboisement est prévu ; il peut notamment être l'exploitant des terrains si son bail l'y autorise et s'il est en mesure d'apporter une preuve d'engagement sur 30 ans (ou moins dans le cas de peupleraies).

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.

² SRGS = schéma régional de gestion sylvicole (pour les forêts privées)

³ DRA = directive régionale d'aménagement (pour les forêts domaniales)

⁴ SRA = schéma régional d'aménagement (pour les forêts publiques autres que domaniales relevant du régime forestier)

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 (cf. 7.1.4.) tandis que celui du bois mort sera négligé (cf. 7.1.5.). 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	Non		-
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	Oui		Anticipées
Combustion de combustibles fossiles	CO ₂ CH ₄	Non	Source mineure (González-García <i>et al.</i> , 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	Oui		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 les critères mentionnés ci-après sont manquants ou non respectés lors du dépôt de dossier, **celui-ci ne pourra pas être labellisé par l'autorité compétente car il serait incomplet ou inéligible**. Toutefois, le porteur de projet pourra corriger, le cas échéant, les éléments manquants de son dossier en le complétant sous Démarches simplifiées.

2.1. Les premières pièces à fournir systématiquement

Le porteur de projet fournira une photographie aérienne récente de son projet en faisant un contour de la zone à boiser (**document 2A**) avec superposition du fond cadastral. Cette photographie pourra être téléchargée par exemple sur www.geoportail.fr. Le site Géoportail indique l'année de la prise de vue la plus récente par département⁵.

Le porteur de projet fournira *a minima* quatre photographies *in situ* récentes (datant d'un an maximum avant la date de dépôt du projet) et légendées (date de prise, parcelle photographiée, essences présentes) des terrains (**document 2B**) permettant de caractériser le dépérissement intense, la tempête ou l'incendie. Ces photographies seront prises à des angles différents, selon la configuration de la zone à reboiser.

Le demandeur 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 (**document 1**).

Dans le cas d'une structure de regroupement de propriétaires (type ASL) ou de la gérance d'une société (GF, SCI...) ou d'une indivision ayant nommé un représentant censé agir en son nom, une **délibération** ou le **Kbis** attestant de l'habilitation du représentant ou du gérant doit être jointe (**document 10**).

Dans le cas où le porteur de projet n'est pas le propriétaire des parcelles, il fournira tout document pertinent permettant de prouver qu'il a la maîtrise foncière sur une durée supérieure à la durée du projet (ex : bail rural long-terme...) (**document 1**).

Si le demandeur n'est pas le propriétaire ou le représentant légal de la structure propriétaire des parcelles, il joint un document attestant que celui-ci l'a bien mandaté pour demander la labellisation du projet (le **document 0** est un mandat).

Dans tous les cas, pour faciliter l'instruction du dossier, le porteur de projet fournira une emprise de son projet (contour gpx ou kml) dans la plate-forme Démarches simplifiées. En outre, il est fortement recommandé de produire une carte de situation dans le **document 4**.

2.2. Le document de gestion durable

Le porteur de projet doit s'engager à doter les parcelles du projet de reconstitution d'un document de gestion durable : aménagement forestier, plan simple de gestion, règlement type de gestion ou code de

⁵ L'IGN fournit par département les dates de prises de vue des photographies aériennes actuellement en visualisation sur Géoportail : https://www.geoportail.gouv.fr/depot/fiches/photographies-aeriennes-RVB/geoportail_dates_des_prises_de_vues_aeriennes-RVB.pdf

bonnes pratiques sylvicoles (L124-1 et L124-2 du Code forestier). Ces documents présentent des garanties de gestion durable (aménagement, plan simple de gestion (PSG), règlement type de gestion (RTG)) ou des présomptions de garantie de gestion durable (code de bonnes pratiques sylvicoles⁶ (CBPS)). Deux situations sont possibles :

- 1) Le porteur de projet a un document de gestion durable sur les parcelles dégradées constituant le projet.
- 2) Le porteur de projet n'a pas de document de gestion durable.

1) Si le porteur de projet a un document de gestion durable, il devra fournir au moment de la vérification :

- Pour une forêt dotée d'un PSG, la décision d'agrément du PSG par le conseil de centre de la délégation régionale du CNPF ;
- Pour une forêt dotée d'un CBPS, le courrier de la délégation régionale du CNPF 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 de la délégation régionale du CNPF 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 des collectivités et des personnes morales listées au I.2° de l'[article L211-1](#) et à l'[article L.211-2](#) du Code forestier (régions, départements, collectivité territoriale de Corse, communes ou leurs groupements, sections de communes, établissements publics, établissements d'intérêt public, sociétés mutualistes et caisses d'épargne, domaine national de Chambord, Institut de France) : l'arrêté portant approbation du document d'aménagement de la forêt de la collectivité par le préfet de Région ou l'adhésion du propriétaire au RTG du schéma régional d'aménagement (SRA) applicable sur le territoire du projet. Le porteur de projet devra consulter l'ONF ou le gestionnaire (au sens de l'[article R124-2](#) du Code forestier) pour s'assurer de la cohérence du projet avec le document de gestion durable en vigueur et devra produire un avis écrit de celui-ci, dans ce cas il n'y aura pas d'avenant à présenter au document de gestion durable. En cas d'incompatibilité du document de gestion durable avec le projet, il devra fournir un avenant agréé et rédigé par l'ONF ou le gestionnaire avant la vérification du projet ;
- Pour toute forêt domaniale (dont les forêts domaniales affectées), l'arrêté portant approbation du document d'aménagement de la forêt domaniale par le ministre en charge des forêts ou l'adhésion au RTG de la directive régionale d'aménagement (DRA) applicable sur le territoire du projet.

Si le projet entraîne une modification substantielle (aux conditions DNAG⁷-ONAG⁸ pour la forêt publique) des décisions initiales prévues dans le document de gestion durable, une modification de ce document est nécessaire.

En forêt privée, en cas de refus d'agrément du nouveau PSG ou de l'avenant modificatif intégrant le reboisement, le projet, même s'il est labellisé bas-carbone, pourrait être partiellement ou totalement remis en cause (notamment si certaines parcelles sont situées dans une zone Natura 2000). Par conséquent, afin d'éviter ces cas de figure le porteur de projet aura tout intérêt :

⁶ Depuis le 25 août 2021, l'article du Code forestier impose que le CBPS fournisse un programme de coupes et travaux : « *Lorsqu'il adhère au code des bonnes pratiques sylvicoles, le propriétaire forestier soumet à l'approbation du Centre national de la propriété forestière un programme de coupes et travaux.* »

⁷ DNAG = directive nationale d'aménagement et de gestion

⁸ ONAG = orientation nationale d'aménagement et de gestion

- à déposer, pour agrément, à la délégation régionale du CNPF et au moment de la demande de labellisation un avenant modificatif au PSG ou un nouveau document de gestion durable qui intègre le projet de reboisement à labelliser ;
- à obtenir l'agrément avant les opérations de reboisement.

Il est donc **fortement recommandé** de fournir au moment de la demande de labellisation une attestation de dépôt (ou accusé de réception) du nouveau document de gestion durable ou de l'avenant modificatif correspondant voire la décision d'agrément le cas échéant (**document 2D**).

Ceci n'est évidemment pas nécessaire si le document de gestion durable en cours de validité intègre déjà le projet de reboisement labellisable.

2) Si le porteur de projet n'a pas de document de gestion durable au moment du dépôt de projet :

- Pour les forêts privées, il devra faire rédiger un PSG, RTG ou CBPS et il présentera les justificatifs susmentionnés à l'auditeur au moment de la vérification ;
- Pour les terrains appartenant aux personnes morales listées au 2° de l'[article L211-1-I](#) du Code forestier et ne bénéficiant pas du régime forestier, le porteur de projet devra demander un avis d'opportunité de l'ONF sur une possible soumission de la parcelle au régime forestier selon les critères de l'article L211-1-I du Code forestier. En cas d'avis favorable, le porteur de projet devra présenter un engagement de l'ONF à instruire le dossier de soumission et à réaliser un document de gestion durable. En cas d'avis défavorable, le porteur de projet devra présenter cet avis ONF et produire pour la vérification finale un document de gestion durable ;
- Pour les cas particuliers des terrains appartenant aux personnes morales listées au I 2° de l'article L211-1 du Code Forestier et ne relevant pas du régime forestier, ces personnes morales devront montrer que la procédure décrite dans l'instruction technique DGPE/SDFCB n° 2016-656 du 19 juillet 2016 a été suivie et présenter en conséquence les pièces pertinentes produites par l'ONF permettant de le justifier. Comme prévu par l'article L212-4 du Code forestier le propriétaire de la forêt devra montrer sa volonté d'inscrire les parcelles concernées par le projet dans une gestion durable, à ce titre il sera présenté un document de gestion durable agréé concernant les parcelles objet du projet carbone au moment de la vérification.

Le porteur de projet prend l'engagement de faire un document de gestion durable (ou, le cas échéant, un avenant) en signant le **document 9** qui récapitule ses engagements.

Le cas de travaux déjà prévus dans le cadre d'un document de gestion durable

Les travaux prévus (ex : reconstituer une pessière scolytée) dans un document de gestion durable sont éligibles à la présente méthode, à condition qu'ils n'aient pas débuté avant la date de notification à l'autorité compétente (cf. partie II.C.1. de l'arrêté du 11 février 2022 modifiant 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.

Le porteur de projet qui a prévu les travaux dans son document de gestion durable ne peut se prévaloir pour autant d'une non démonstration des critères d'éligibilité requis par la méthode.

2.3. Les reboisements éligibles à la méthode

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 forestier⁹).

De même, cette méthode exclut les projets consistant à récolter des peuplements non dépérissants (sous prétexte qu'ils ne sont pas assez productifs par exemple) pour reboiser avec une essence plus productive.

De fait, quatre types de situation pourront donner lieu à un projet de reboisement ; il s'agira de parcelles :

- Ayant subi une tempête ou des dégâts de neiges lourdes, d'avalanches, des orages de grêle, des cyclones ou des séismes avec un taux de chablis ou de volis supérieur à 40 % des tiges ;
- Ayant subi un incendie ou une éruption volcanique dans des contextes où il est pertinent de reboiser après incendie ;
- Étant dans un état « très dépérissant » (voire une mortalité très inquiétante) du fait d'attaques sanitaires, du changement climatique, ou d'une inadéquation à la station... (voir critères précis en partie 2.3.3.) ;
- Issues de plantations récentes et en état d'échec total aujourd'hui.

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 notification du projet.**

2.3.1. Le reboisement d'une forêt détruite par une tempête, des neiges lourdes, des avalanches, des orages de grêle, des cyclones ou des séismes

Ne seront éligibles à un projet de reboisement que les parcelles dont **la tempête** (ou les neiges lourdes, les avalanches, les orages de grêle, les cyclones ou les séismes) **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^{10,11}. 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.

Un professionnel forestier indiquera dans le **document 3A** la date de la tempête et une estimation du pourcentage de volis et chablis.

Le porteur de projet pourra fournir une photographie aérienne permettant de localiser la zone ayant été détruite par la tempête, les neiges lourdes, les avalanches, les orages de grêle, les cyclones ou les séismes (**document 2C**), si celle-ci est différente de la photographie aérienne la plus récente (fournie dans le **document 2A**).

⁹ [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. [...]

¹⁰ [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](#)

¹¹ [Arrêté du préfet de la Région Aquitaine du 1^{er} février 2010 consolidé le 1^{er} 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 (photo du 27/05/2006 en haut à gauche), après passage de la tempête Klaus de janvier 2009 (photo du 03/05/2009 en haut à droite : on devine les arbres jonchant le sol), après vidange des chablis (photo du 24/05/2010 en bas à gauche : on voit les tires de débardage) et quelques années après reboisement (photo du 06/07/2013 en bas à droite). Extraits de photographies aériennes issues de <https://remonterletemps.ign.fr> (Source : IGN).

2.3.2. Le reboisement d'une forêt détruite par un incendie ou une éruption volcanique

Il n'y a aucun seuil d'éligibilité pour un reboisement post-incendie ou post-éruption volcanique. Toutefois, on veillera à ne reboiser que les zones incendiées où cela est nécessaire. Le porteur de projet devra calculer la surface à boiser, en ôtant les surfaces n'ayant pas été ravagées par l'incendie ou l'éruption volcanique.

Selon le type de peuplement incendié, il vaut mieux parfois attendre la réinstallation d'une régénération 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 (arbres incendiés trop jeunes pour porter des semences, parcelle isolée, non attenante à un massif forestier donc éloignée de semenciers potentiels...).

Ainsi, pour s'assurer que le reboisement est réellement nécessaire suite à un incendie, 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 compétente. **Il faudra laisser s'écouler au minimum deux saisons de végétation avant de déposer une demande de label Bas-Carbone.** Par exemple, si un incendie a détruit une forêt à l'été 2024, le reboisement ne pourra pas se faire sur les deux saisons de plantation suivantes (automne 2024-hiver 2025 et automne 2025-hiver 2026), le porteur de projet devra laisser les saisons de végétation correspondant aux printemps-étés 2025 et 2026, vérifier si la régénération naturelle s'installe avant d'envisager un reboisement sur la saison 2026-2027 au mieux.

Un professionnel forestier indiquera dans le **document 3A** la date de l'incendie, le nombre d'années qu'il a attendues après passage de l'incendie et démontrera l'absence ou l'insuffisance de la régénération naturelle (à l'aide de photographies notamment ou de comptages).

Pour les GRECO J et K¹² (zone méditerranéenne) pour lesquelles la dynamique de colonisation naturelle peut être plus lente à observer, la durée maximale de 5 ans entre la date de l'incendie et la date de notification du projet est portée à **8 ans**, de façon à bien laisser le temps aux porteurs de projet qui voudraient vérifier qu'aucune régénération naturelle (ou du moins insuffisante) ne s'est installée sur la parcelle.

Les parcelles détruites (incendiées volontairement) ou récoltées afin de créer des zones d'appui d'urgence lors de la gestion de gros incendies sont également éligibles à cette méthode. La décision préfectorale décidant de la création de ces zones devra être fournie comme pièce justificative dans le dossier de demande de labellisation.

Compte tenu de leur éligibilité auprès de dispositifs d'aides tels que France Nation Verte ou France 2030, les mêmes critères d'additionnalité s'appliqueront à ces projets.

Le porteur de projet pourra fournir une photographie aérienne permettant de localiser la zone ayant été détruite par l'incendie ou l'éruption volcanique (**document 2C**), si celle-ci est différente de la photographie aérienne la plus récente (fournie dans le **document 2A**).



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

2.3.3. Le reboisement d'une forêt en situation de dépérissement intense

¹² La GRECO J désigne la grande région écologique « Méditerranée » définie par l'IGN : https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/GRECO_J.pdf

La GRECO K désigne la grande région écologique « Corse » : https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/GRECO_K.pdf

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 éligibles ces peuplements très dépérissants. Ces situations nécessitent la récolte du peuplement sylvicole pour le substituer à un peuplement mieux adapté à la station ou aux conditions climatiques. **Une coupe préalable à la notification d'un projet ne rend pas le projet inéligible, tant que la coupe respecte les critères précisés ci-après et que l'ensemble des documents justificatifs précisés ci-après sont disponibles.**

Le porteur de projet devra démontrer la situation très dépérissante du peuplement qui justifie une coupe, moyennant les précisions qui suivent, 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). **A compter de septembre 2027, et suite aux sessions de formations dispensées par le DSF, la réalisation du protocole DEPERIS devra être faite par une personne formée au protocole DEPERIS par le DSF.**

Le protocole DEPERIS ne pourra pas être utilisé pour démontrer le dépérissement de jeunes plantations ou de jeunes taillis car il n'a pas été conçu pour ce type de peuplements ; il est adapté au dépérissement d'arbres adultes. En effet, DEPERIS n'a pas de sens sur des arbres trop jeunes ou trop petits car les deux critères d'évaluation (mortalité de branches et manque de ramification pour les feuillus ou manque d'aiguilles pour les résineux) ne sont pas pertinents pour des houppiers peu développés. Le DSF conseille d'utiliser DEPERIS pour caractériser des dépérissements à partir des bois moyens (diamètre de 27,5 cm), pour des arbres dominants ou co-dominants, pour éviter de prendre en compte des phénomènes naturels de mortalité de branches ou de manque de ramifications dans les houppiers par manque de lumière ou de concurrence.

Les peuplements de plus de 10 ans constitués de gaulis (diamètre compris entre 2,5 et 7,5 cm), de perchis (diamètre compris entre 7,5 cm et 17,5 cm) ou de petits bois (diamètre compris entre 17,5 cm et 27,5 cm) ne sont pas éligibles à la méthode puisque le protocole DEPERIS ne sera pas utilisable.

Cependant, dans le cas unique des taillis dépérissants de châtaignier n'ayant pas atteint un diamètre moyen de 27,5cm, l'utilisation du protocole DEPERIS sera autorisée. Ces peuplements seront donc éligibles à condition que le protocole DEPERIS effectué prenne en considération les cépées entières.

La méthode se concentre sur les peuplements **très dépérissants, c'est-à-dire dont 40 % de tiges présentent au moins 50 % de perte foliaire.**

Il est à noter que le porteur de projet pourra alors récolter les tiges saines de l'essence objet du dépérissement uniquement car susceptibles de dépérir quelques mois plus tard. Le porteur de projet devra maintenir les tiges d'essences non dépérissantes (sauf dans le cas de tiges isolées ou éparées où un tel maintien ne serait pas pertinent) ou du bois mort pour son intérêt sur l'accueil de la biodiversité. Ainsi la coupe ne pourra porter que sur l'essence impactée.

En-dessous de ce seuil de 40 %, les peuplements ne pourront pas être éligibles au label Bas-Carbone. Au-dessus de ce seuil de 40 %, on considérera qu'une coupe rase de l'essence de dépérissement (y compris les tiges saines pouvant dépérir dans le futur) suivie d'un reboisement est envisageable au vu du taux de tiges dépérissantes ou mortes.

Par exemple, dans un peuplement constitué de 60 % de frênes chararosés à 80 %, de 20 % de hêtres et de 20 % de chênes, le porteur de projet pourra récolter 100 % des frênes (y compris les 20 % non chararosés aujourd'hui mais qui pourraient le devenir dans le futur), en revanche, les 40 % de hêtres et de chênes ne pourront pas être prélevés car ils ne sont pas menacés par la chalarose, spécifique au frêne.

Le porteur de projet pourra fournir une photographie aérienne permettant de localiser la zone ayant été détruite par le dépérissement intense (**document 2C**) si celle-ci est différente de la photographie aérienne la plus récente (fournie dans le **document 2A**).



FIGURE 3. — Photographies aériennes d'une pessière scolytée (en haut à gauche et en bas) et d'une peupleraie en état de dépérissement intense et de mortalité (à droite). (Source : IGN)

Un diagnostic DEPERIS daté et signé par un professionnel forestier, formé au protocole DEPERIS par le DSF **ou tout autre organisme habilité à dispenser cette formation**, qui justifie du pourcentage de dépérissement, en proportion du nombre de tiges de l'étage dominant ou co-dominant sera fourni dans le **document 3A**. Le diagnostic sera accompagné des précisions suivantes : surface du projet, part de cette surface qui sera récolée car dépérissante, part qui sera conservée car saine et justification, le cas échéant, de la récolte de tiges saines isolées ou éparées, dont le maintien est non pertinent. Ces informations seront accompagnées d'une cartographie des surfaces récoltées et des surfaces conservées, ainsi que l'indication du bois mort conservé.

Le professionnel forestier indiquera également dans le **document 3A** le diamètre moyen des arbres mesurés lors du protocole DEPERIS pour démontrer l'éligibilité.

Le tableau 13 de l'annexe 1 détaille le nombre de placettes à réaliser selon le type de dépérissement et la surface du projet. L'équation 29 en annexe 1 (DSF, 2017) indique comment calculer la note DEPERIS.

Dans le cas très spécifique des projets de crise sanitaire avec urgence de la récolte, le propriétaire a souvent l'obligation de procéder à l'abattage des arbres. Il n'est alors plus possible de faire un DEPERIS, ni de prendre des photographies.

Pour démontrer qu'il y avait un peuplement très dépérisant, le porteur de projet fournira un argumentaire (pouvant être postérieur à la coupe) par un professionnel forestier (ne pouvant pas être établi par l'exploitant forestier ayant fait la vidange de sa parcelle) qui devra s'appuyer sur au moins deux des documents suivants, en privilégiant les deux premiers dans la liste suivante :

- Un arrêté préfectoral (relatif à la lutte contre les scolytes par exemple) dans lequel la commune du projet est mentionnée ;
- Un bordereau d'achat des bois signé de son acheteur faisant état d'un prix d'achat anormalement bas par rapport au prix moyen de l'essence au vu de son diamètre au moment de la récolte (exemple : bois moyens ou gros bois d'épicéas vendus à seulement 8 €/m³) ;
- Une autorisation de coupe sanitaire pour raison sanitaire de l'administration au titre de l'article L. 124-5 du Code forestier
- Des photographies aériennes ou de satellite qui font état de rougissements ou de blanchiments, caractéristiques de mortalités ;
- Une cartographie de dépérissement datée issue d'outils de télédétection ;
- Un compte-rendu de visite d'un professionnel forestier datant d'avant la vidange (ne pouvant pas être l'exploitant forestier ayant réalisé la vidange de la parcelle).
- **Un avis favorable de coupe d'urgence émis par le CPRF**

Dans ce cas particuliers de forêts déjà vidangées, le **document 2B** ne sera pas obligatoire car le porteur de projet ne pourra plus fournir de photographies *in situ* de la forêt dépérisante (sauf s'il a pensé à en prendre avant la récolte des bois).

Pour calculer les réductions d'émissions anticipées, seules les surfaces qui sont récoltées doivent être considérées. Les surfaces d'arbres sains qui sont conservées ne doivent pas donner lieu au calcul de REA, même si on considère que ces surfaces font partie de la surface totale du projet. Ainsi, si certaines surfaces d'arbres sains sont conservées sur le projet, il conviendra d'indiquer la surface réellement objet du reboisement dans le calculateur (**document 8**), en ayant préalablement soustrait ces surfaces non reboisées.

2.3.4. Les plantations en échec

Sont éligibles à la présente méthode, les plantations âgées de 5 à 10 ans en situation d'échec à cause d'un événement climatique majeur, sous réserve que les essences plantées étaient à l'origine adaptées à la station. **En aucun cas, ces plantations en échec ne pourront provenir d'un projet initial de boisement ou de reconstitution ayant fait l'objet d'une labellisation bas-carbone.** Pour démontrer l'état d'échec de la plantation, il conviendra de démontrer qu'il reste moins de 40 % des plants vivants issus de la plantation initiale. Le porteur de projet fournira comme **document 3A**, une justification par un professionnel forestier détaillant le détail du calcul de plants vivants restants et y justifiera l'âge de la plantation, en s'appuyant sur tout document permettant d'attester de l'année de plantation. Le

professionnel forestier indiquera les causes de la mortalité de la plantation et prouvera que les essences retenues dans le projet d'origine étaient bien adaptées à la station ; pour ce faire il pourra utiliser un guide de stations ou des outils pédosylvoclimatiques ou la *Flore forestière française* ou tout autre document ou outil pertinent. Il indiquera aussi la part des plants vivants conservés dans le projet et la part des plants morts qui feront l'objet de la reconstitution.

Pour calculer les réductions d'émissions anticipées, seules les surfaces de plants morts, replantés grâce à ce projet, doivent être considérés. Les surfaces de plants vivants qui sont conservées ne doivent pas donner lieu au calcul de REA, même si on considère que ces plants font partie de la surface totale du projet. Ainsi, il conviendra d'indiquer la surface réellement objet du reboisement dans le calculateur (**document 8**), en ayant préalablement soustrait ces surfaces de plants vivants conservées.

2.4. Les critères techniques d'éligibilité des reboisements

2.4.1. L'articulation avec les arrêtés MFR

Les projets doivent respecter la réglementation applicable mais aussi suivre les bonnes pratiques recommandées par les politiques publiques, notamment le **respect des essences des arrêtés préfectoraux MFR** (matériels forestiers de reproduction) consultables sur le site internet du ministère chargé de la forêt. Ce respect des arrêtés MFR porte sur les listes d'essences autorisées, les provenances et les normes dimensionnelles.

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 justifier 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 le cadre expérimental défini en partie 6 de l'instruction technique DGPE/SDFCB/2020-656 relative aux MFR¹³). Pour les essences hors arrêté MFR, le porteur de projet devra fournir un courrier de l'organisme de recherche et développement de son choix (INRAE, FCBA, ONF RDI, CRPF ou CNPF-IDF, AgroParisTech, Cirad) indiquant comment il va suivre ces essences (protocole scientifique, protocole allégé, suivi de mortalité/vitalité, suivi de croissance...). Dans tous les cas, ces dispositifs de suivi devront être suivis *a minima* sur les cinq premières années.

Si le projet se situe dans un périmètre environnemental (Natura 2000, zone cœur de parc national...) qui proscrit certaines essences, quand bien même celles-ci sont autorisées au niveau de l'arrêté MFR, il conviendra de suivre les préconisations existantes (document d'objectif, charte, annexes vertes, arrêté préfectoral...).

Le service instructeur est décisionnaire de l'éligibilité du projet de reconstitution au regard de ces préconisations. Il peut refuser le projet de reboisement si les essences, ou plus globalement le reboisement, est non recommandé sur des surfaces identifiées comme des milieux humides (tourbières...).

¹³ <https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-2020-656/telechargement> Dans ce cadre, le recours expérimental ou pour constitution d'arboreta à des essences ne figurant pas dans les arrêtés MFR devra également être approuvé par la DRAAF compétente localement.

Le projet sera audité au bout de cinq saisons de végétation par rapport à une densité minimale de plants vivants à l'hectare telle qu'énoncée dans chaque arrêté MFR, sous réserve des indications précisées à la partie 8.6.

Il est conseillé de respecter les densités initiales de plantation telles que préconisées dans les arrêtés MFR.

Un reboisement labellisé bas-carbone vise à constituer un puits de carbone et ne peut donc pas se permettre d'avoir une surface conséquente en situation d'échec à cause d'essences expérimentales mal connues et inadaptées. Par conséquent, au maximum 30 % de la surface d'un projet pourra faire l'objet d'essences expérimentales hors arrêté MFR.

Pour le contexte des départements ou régions d'outre-mer, les MFR n'existant pas en 2024, le choix des essences du projet devra se référer aux listes et cortèges d'essences indigènes, aux listes d'essences déjà couramment utilisées en reboisement et en veillant à ne pas introduire en particulier des espèces listées dans les arrêtés relatifs à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces végétales exotiques envahissantes (arrêté du 8 février 2018 en la Guadeloupe, arrêté du 1^{er} avril 2019 pour la Réunion, arrêté du 9 août 2019 pour la Martinique, arrêté du 17 septembre 2020 pour la Guyane et arrêté du 10 juin 2021 pour Mayotte). Le porteur de projet devra fournir dans le **document 4** une analyse d'un expert ou d'un gestionnaire, ou document technique ou de recherche, justifiant que les essences plantées sont couramment utilisées en reboisement et font partie des essences indigènes.

2.4.2. Le diagnostic stationnel et climatique

Le porteur de projet ou son mandataire devra justifier de l'adéquation des essences proposées à la station (contexte pédo-climatique) ainsi qu'aux évolutions climatiques. Cette analyse sera réalisée par un professionnel forestier (ONF, CNPF, coopérative, expert, gestionnaire forestier professionnel...) ou plus rarement par le propriétaire (s'il en a les compétences). Si possible, les analyses stationnelles et climatiques devront être conjointes.

Pour justifier de l'adéquation à la station, le demandeur pourra utiliser des guides de stations (lorsqu'ils existent), la *Flore forestière française*, les fiches essences du ministère en charge des forêts¹⁴, des outils d'aide au choix des essences (Bioclimsol...) ou à défaut une analyse phyto-écologique argumentée décrivant les sols ou les stations et les conséquences en termes de choix des essences.

Pour justifier de l'adéquation au climat futur, il fournira une justification par un professionnel forestier sur la base d'un recours à des outils sylvoclimatiques ou pédosylvoclimatiques comme Bioclimsol ou Climesseances. À défaut, d'autres outils de diagnostic ou des bases de données pertinentes pourront être proposés, sous réserve de demande préalable à la DGEC qui validera ou non leur utilisation. Il est fortement conseillé d'effectuer une analyse croisée d'au moins deux des différents outils d'aide à la décision.

Les analyses climatiques devront prendre en compte dans la mesure du possible la TRACC (trajectoire de référence d'adaptation au changement climatique, qui prévoit en France Métropolitaine un réchauffement de + 2 °C en 2030, + 2,7 °C en 2050 et + 4 °C en 2100). De plus, les justifications devront se baser au maximum sur plusieurs scénarios des différents outils utilisés :

- Le recours à Bioclimsol devra se baser sur le scénario +2 °C (et + 3 °C si ce dernier est disponible) ;

¹⁴ <https://agriculture.gouv.fr/graines-et-plants-forestiers-conseils-dutilisation-des-ressources-genetiques-forestieres>

- Le recours à Climessences devra se faire *via* une analyse croisée de différents scénarios, en privilégiant ceux intermédiaires et pessimistes à 2050 (RCP 4.5 moyen et RCP 8.5 moyen).

Une tolérance pourra être accordée pour des essences ayant de mauvais résultats en scénario pessimiste tant qu'elles représentent moins de 30 % du projet.

Lors de l'instruction, les services instructeurs des DREAL sont décisionnaires de la lecture des résultats des outils utilisés et de la complétude de l'adéquation des essences à la station.

Le diagnostic stationnel et climatique ainsi que la justification des classes de fertilité sont à produire dans le [document 4](#).

2.4.3. L'éligibilité du semis forestier

La technique du semis forestier est intéressante dans la mesure où elle évite le choc de transplantation présent pour les reboisements par plantation ; c'est une technique plus résiliente. En outre, avec la forte quantité de graines semées, on constitue des peuplements plus denses qui ont plus de chance de constituer des peuplements forestiers fermés (avec peu de probabilités de voir de grandes zones ouvertes en échec). Enfin, il n'y a pas besoin de protéger contre le gibier les reboisements issus de ces semis du fait de la très forte densité de plants issus des germinations.

C'est pourquoi le semis est éligible à la présente méthode dans la limite des essences pour lesquelles la technique est très largement utilisée et a fait ses preuves en contexte de reboisement^{15, 16, 17, 18} ; à savoir les pins (*Pinus*), les chênes (*Quercus*), le châtaignier, les noyers (*Juglans*), les érables (*Acer*), les poiriers (*Pyrus*) et les pommiers (*Malus*).

Pour les pins, il conviendra de réaliser un semis avec un minimum de 2 kg/ha de graines. Les semis de pin pourront s'effectuer entre l'automne et le printemps. Pour les landes humides, le semis peut être décalé jusqu'à mi-juillet.

Pour les feuillus, il conviendra de réaliser un semis avec un minimum de 75 L/ha de semences. Les semis devront s'effectuer au printemps pour limiter les risques de prédation (corbeaux, sangliers, mulots,..). La période optimale est mars/avril, mais elle peut être décalée jusqu'à mi-juin pour les sols trop humides au printemps. Toutefois, il faudra tenir compte de la disponibilité en graines en anticipant la commande.

Les modalités de la vérification de terrain diffèrent de celles d'une plantation classique et sont détaillées dans la partie 8.7.

2.4.4. Les plantations par placeaux

Les plantations par placeaux sont autorisées. Elles devront respecter les densités minimales de plantation des arrêtés MFR (cf. partie 2.4.1.).

Deux modalités de placeaux sont éligibles :

- Des placeaux constitués de 16 plants. Le porteur de projets devra implanter un minimum de 75 placeaux/ha ;
- Des placeaux constitués de 9 plants. Le porteur de projet devra implanter un minimum de 128 placeaux/ha.

¹⁵ CEMAGREF, 1982. *Techniques de reboisement*. Note technique n° 47. 71 p.

¹⁶ COURAUD R., 1990. *Les semis artificiels de chênes*. Forêt entreprise n° 71

¹⁷ LE NAIL Bertrand, 2013 *Régénération artificielle du chêne sessile ou pédonculé en terrain nu, semis ou plantation, réflexions d'un sylviculteur*. Forêt Privée n° 331, pp. 33-37.

¹⁸ MAUGÉ Jean-Paul, 1987. *Le pin maritime, premier résineux de France*. IDF, 1987

Les modalités de la vérification de terrain diffèrent de celles d'une plantation classique et sont détaillées dans la partie 8.8.

2.4.5. La préparation du sol

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 récoltes de rémanents (Achat *et al.*, 2015 ; Augusto *et al.*, 2019) seront proscrites puisqu'impactantes sur le carbone du sol ; les rémanents peuvent être andainés, broyés en totalité ou en partie, voire non nettoyés (parmi ces pratiques, l'andainage et le broyage intégral ne peuvent pas être valorisés au niveau des co-bénéfices).

Pour la même raison, l'export des souches (ou dessouchage) est proscrit. En revanche, les souches peuvent être arasées pour favoriser le travail de reboisement ou diminuer la vigueur de potentiels rejets. Le porteur de projet gèrera les rémanents et souches en suivant les recommandations d'usage : par exemple, pour limiter la propagation de certains pathogènes, il peut être recommandé de créer des fossés, de broyer les rémanents ou de les éparpiller pour qu'ils sèchent plus vite.

Tout travail du sol préalable à un reboisement est susceptible de relarguer du carbone et il est vivement recommandé pour le stock de carbone de ne pas faire de travail préparatoire quand cela est possible. Cependant, pour certaines plantations, notamment après tassement du sol ou en présence de végétation bloquante, la préparation du sol peut être recommandée et déterminante pour la réussite du développement racinaire des plants, pour limiter la concurrence par les graminées et pour favoriser la croissance des plants.

Il est rappelé qu'un travail préparatoire du sol dans de mauvaises conditions, principalement d'humidité, peut avoir des conséquences néfastes et contraires aux améliorations attendues (Collet *et al.*, 2020). Afin de réaliser ce travail préparatoire dans de bonnes conditions, un diagnostic du sol est recommandé (critères Prosol¹⁹ repris dans le guide Practisol²⁰). En fonction de l'existant, l'implantation ou l'amélioration des cloisonnements doit être recherchée avec l'ambition que seulement 20 % de la parcelle soit circulée. Ils doivent être organisés de sorte qu'une partie puisse être utilisée pour l'exploitation forestière. Ces cloisonnements peuvent être protégés par une couche de rémanents lorsque cela est possible et opportun au vu de la sylviculture. De manière générale, il est recommandé de prendre connaissance des guides PROSOL et PRATIC'SOLS pour une gestion durable des sols.

Un sous-solage est un travail du sol qui s'effectue avec une dent qui vient préparer le sol en profondeur (jusqu'à entre 50 cm et 1 m). Le scarificateur réversible²¹, le sous-soleur multifonction²², la bident Maillard²³, le Culti 3B²⁴ ou encore la charrue Deltasol® permettant de réaliser un travail en bandes de 1m de large sans retourner les horizons du sol, sont des exemples de machines capables de réaliser des sous-solages.

Un labour est un travail du sol en largeur et en profondeur qui retourne les horizons du sol jusqu'à 30 à 40 cm de profondeur. Le labour est généralement réalisé à la charrue à soc.

¹⁹ PROSOL : PISCHEDDA Daniel (coord.), 2009. *Pour une exploitation forestière respectueuse des sols et de la forêt* « PROSOL » *Guide pratique*. Édition ONF- FCBA, 110 pages.

²⁰ PRATIC'SOLS : PISCHEDDA Daniel, HELOU Tammouz Eñaut, 2017. *PRATIC'SOLS – Guide sur la praticabilité des parcelles forestières*. Édition ONF - FNEDT, 46 pages.

²¹ Fiche de présentation du scarificateur réversible® : <https://renfor.hub.inrae.fr/content/download/3587/34315?version=3>

²² Fiche de présentation du sous-soleur multifonction® : <https://renfor.hub.inrae.fr/content/download/3589/34321?version=2>

²³ Fiche de présentation de la bident Maillard® : <https://renfor.hub.inrae.fr/content/download/3778/35423?version=2>

²⁴ Fiche de présentation du Culti 3B® : <https://renfor.hub.inrae.fr/content/download/3588/34318?version=1>

Le labour en plein est proscrit. Cependant, la pratique du labour dans certains contextes se révèle être déterminante pour la bonne croissance des plants. Il en résulte que le labour est autorisé par la méthode **pour les sols à texture à dominante sableuse et avec remontée de la nappe en hiver**, à condition qu'il se pratique en bandes et qu'il perturbe moins de 50 % de la surface de sol. Ce labour en bandes est pris en compte dans les calculs de réductions d'émissions par perte de carbone plus importante sur le compartiment sol + litière (voir 7.1.4.). **Pour tous les autres cas, le labour en bandes est proscrit.** Pour justifier de l'utilisation du labour en bandes sur un maximum de 50 % de la parcelle, le porteur de projet devra justifier dans le **document 3C** que la texture du sol est à dominante sableuse et qu'il y a présence d'une remontée de nappe en hiver (en s'appuyant sur des photographies par exemple), démontrant ainsi que les conditions seraient trop contraignantes pour permettre le reboisement sans un labour préalable.

Selon le type de préparation de sol, un taux de perte de carbone pour les compartiments de la litière et du sol sera à prévoir (cf. 7.1.4).

Préparation du sol	Éligibilité	Perte de carbone
Broyage en plein de la végétation herbacée ou ligneuse basse	Autorisé	-
Absence de préparation du sol	Autorisé	- 5,5 tC/ha
Potets mécanisés (travaillés à la pelle)	Autorisé	- 7 tC/ha
Labour en bandes	<i>Autorisé uniquement pour les sols à texture à dominante sableuse et marqués par une remontée de la nappe en hiver</i> Interdit dans tous les autres cas	- 11 tC/ha
Labour en plein	Interdit	-
Sous-solage	Autorisé	- 8,2 tC/ha
Disquage des interlignes	Autorisé uniquement pour les entretiens de peupleraie	-
Broyage des interlignes pendant les 5 premières années	Autorisé	-

TABLEAU 2. — Éligibilité des techniques de préparation du sol.

L'usage des produits agropharmaceutiques herbicides est interdit. Concernant les fongicides et insecticides, une autorisation expressément écrite peut être délivrée par le DSF (**document 13**) justifiée par la nécessité d'assurer la survie du peuplement ou de prévenir la propagation des maladies dans le cadre de la lutte ou de la prévention contre les pathogènes et ravageurs. Toute technique alternative doit cependant être privilégiée. L'usage de produits répulsifs de biocontrôle contre les dégâts d'ongulés et de rongeurs est possible.

2.4.6. Le mélange d'essences

Afin de limiter au maximum de futurs dépérissements pouvant atteindre des surfaces conséquentes, les projets devront respecter les conditions d'éligibilité suivantes :

- **Tout tènement d'un seul tenant²⁵ de moins de 4 ha** devra être constitué d'**au moins deux essences**. L'essence majoritaire représentera au maximum 90 % de la surface ;
- **Tout tènement d'un seul tenant compris entre 4 et 25 ha** devra associer un mélange d'**au moins deux essences**. L'essence majoritaire représentera au maximum 70 % de la surface ;
- **Tout tènement d'un seul tenant supérieur à 25 ha** devra associer un mélange d'**au moins trois essences**. L'essence majoritaire représentera au maximum 70 % de la surface.

Exemple : Un tènement d'un seul tenant de 8 ha constitué de 70 % de pin maritime et de 30 % de bouleau est éligible. Un tènement d'un seul tenant de 5 ha constitué de 70 % de chêne, de 10 % de charme, de 10 % de tilleul et de 10 % de cormier est éligible.

Pour les peupleraies et noyeraies plantées à densité définitive, les critères de surface précédents (4 à 25 ha et au-delà de 25 ha) ne s'appliquent pas, les projets devront veiller à associer un nouveau cultivar par tranche de 3 ha.

Par exemple, un projet de reboisement en peuplier de 8 ha devra associer *a minima* trois cultivars (deux sur une surface de 3 ha maximum et le troisième sur une surface minimale de 2 ha).

Ces critères de diversification s'appliquent également aux projets de reboisement par semis.

2.5. Le cas des projets collectifs

Un projet individuel est un projet porté par un même propriétaire forestier (éventuellement représenté par un mandataire) sur une ou plusieurs parcelles forestières situées dans le même département (ou sur des communes de deux départements différents mais frontalières). Un projet collectif est constitué de plusieurs projets individuels associant des propriétaires différents, non regroupés au sein d'une structure de regroupement (comme par exemple une ASLGF). Les parcelles concernées doivent se situer sur le même département, sous réserve des éléments précisés plus bas.

L'objectif des projets collectifs est de pouvoir agréger des surfaces de propriétaires différents non représentés par une structure juridique ou associative les agrégeant. Ainsi, un projet porté par une ASLGF à laquelle plusieurs propriétaires ont fait adhérer leurs parcelles n'est pas considéré comme un projet collectif dans la mesure où l'ASLGF est la personne morale représentant les différents propriétaires.

Un projet porté par plusieurs propriétaires différents mais ayant un lien de parenté sera considéré comme un projet individuel (exemple : un propriétaire souhaite reboiser 5 ha lui appartenant et son enfant est propriétaire de 2 ha sur lequel il y a également un projet de reboisement). Un projet porté par des formes de propriété différentes (indivision, société civile, propriété en nom propre...) mais pour lequel un même propriétaire est impliqué sera également reconnu comme un projet individuel (exemple : un GFR dont le gérant est M. Dupont souhaite reboiser 3 ha et ce même M. Dupont possède en indivision une parcelle de 2 ha qu'il souhaite également reboiser).

Un projet collectif, comme un projet individuel, est limité à une échelle départementale. Toutefois, lorsque cela est pertinent, celui-ci pourra se concrétiser sur des départements limitrophes (pouvant dépendre de deux régions administratives différentes). Exemple : trois propriétaires souhaitent reboiser

²⁵ Un tènement est une zone de reboisement d'un seul tenant. Un projet peut être constitué de plusieurs tènements non contigus. En revanche, deux parcelles séparées par une haie ou une bordure boisée comptent bien comme un seul tènement.

des pinèdes incendiées, l'un est situé dans le Vaucluse (PACA), le deuxième dans les Bouches-du-Rhône (PACA) et le dernier dans le Gard (Occitanie).

Dans la mesure du possible et sans que cela ne soit obligatoire, le porteur de projet veillera à ce que les dossiers collectifs aient un intérêt pour une thématique partagée sur un territoire commun : par exemple, huit propriétaires ayant vu leur forêt détruite par le même incendie ou cinq propriétaires ayant des reconstitutions post-scolytes à réaliser sur le massif vosgien par exemple.

Il est à noter qu'il ne pourra pas y avoir d'échantillonnage au moment de la vérification (partie 8) en ce sens que tous les reboisements individuels constituant le projet collectif devront faire l'objet d'une vérification.

De la même façon, le rapport de suivi fournira un suivi individuel des projets.

Les co-bénéfices seront calculés à l'échelle de chaque projet individuel. Ensuite, une moyenne de ces co-bénéfices sera effectuée à l'échelle du projet collectif, basée sur l'ensemble des projets individuels pondérés par leur surface.

Pour faciliter les instructions, un projet collectif ne pourra pas associer plus de dix propriétaires différents.

2.6. Le cas de la pénurie de plants et des regarnis

Dans certains cas, les projets de reconstitution sont confrontés à des pénuries de plants après labellisation et empêchant la réalisation du projet tel qu'il était prévu au moment de la labellisation. La méthode tolère la substitution de **20 % des plants maximum** par une ou d'autres essences à la condition de veiller à ce que cela ne modifie pas les co-bénéfices retenus. Une essence autochtone doit être remplacée par une essence autochtone par exemple. Pour la substitution des plants manquants représentant moins de 20 % de la plantation, le porteur de projet pourra planter avec des essences hors arrêté MFR pour lesquelles la DRAAF aura donné une dérogation (cas fréquent en cas de pénurie ou de mauvaise année de récolte de graines ou de mauvaise germination) ou pourra faire appel à des plants certifiés Végétal local²⁶.

Dans tous les cas, si plus de 20 % des plants ne sont plus disponibles au moment de la plantation, il conviendra alors d'étaler le reboisement sur deux saisons de plantation :

- Si moins de 50 % des plants sont indisponibles, le projet pourra être audité au bout de la cinquième saison de végétation de la tranche plantée en premier (la deuxième tranche de plantation n'aura alors achevé que sa quatrième saison de végétation).
- Si, en revanche, la pénurie de plants concerne plus de 50 % des plants alors la majorité de la surface du projet sera plantée avec un an de décalage par rapport à la première tranche de reboisement et l'audit ne pourra avoir lieu qu'à partir de la fin de la cinquième saison de végétation de la deuxième tranche concernant la majorité des plants (et correspondant à la fin de la sixième saison de végétation pour la première tranche de reboisement).

Le porteur de projet pourra regarnir à l'issue de la 1^{ère}, 2^{ème} ou 3^{ème} saison de végétation.

²⁶ Végétal local est une marque propriété de l'Office français de la biodiversité (OFB). L'animation de la démarche est assurée par le réseau des Conservatoires botaniques nationaux, l'Afac-Agroforesterie, Plante et Cité et l'OFB : <https://www.vegetal-local.fr/>

Les regarnis devront s'effectuer avec les essences initiales du projet mais le porteur de projet ne sera pas tenu de regarnir avec l'intégralité des essences initialement présentes dans son projet.

S'il se rend compte que la mortalité ne concerne que certaines essences en particulier, il pourra faire le choix de concentrer son regarni uniquement sur ces essences afin d'en assurer la présence à terme dans le reboisement.

Toutefois, s'il juge qu'il avait fait une erreur au moment du choix des essences, il pourra regarnir avec d'autres essences du projet pour éviter de regarnir avec des essences dont il pressent qu'elles risquent de dépérir à nouveau.

Malgré ces latitudes laissées à la libre appréciation du porteur de projet pour le regarni, celui-ci veillera à ce que son regarni ne change pas radicalement la nature de son projet. Par exemple, si un projet associait deux essences de diversification en plus d'une essence majoritaire, le porteur de projet ne pourra pas regarnir qu'avec des plants de la seule essence majoritaire sinon son projet pourrait évoluer à terme vers une plantation monospécifique, qui n'était pas l'objectif recherché initialement.

En cas de manque de plants au moment de la plantation, le porteur de projet aura potentiellement remplacé jusqu'à 20 % des plants indisponibles. Le regarni éventuel pourra tout aussi bien se faire avec les essences réellement plantées quelques années plus tôt (celles substituant les plants indisponibles) qu'avec les essences initialement prévues au moment de la labellisation mais qui n'avaient pas été plantées faute de plants.

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

3.1. Choix du scénario de référence

L'arrêté du label Bas-Carbone définit le scénario de référence (II.C.1) :

« Le scénario de référence correspond 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, quelle 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 2.3. détermine quatre types de projets de reboisements éligibles à la présente méthode dans le cadre du label Bas-Carbone. Par conséquent, il convient de déterminer quatre scénarios de référence :

- Peuplements dévastés par une tempête (ou des neiges lourdes, des avalanches, des orages de grêle, des cyclones ou des séismes) : le scénario de référence sera la vidange des chablis et volis puis une colonisation lente par des accrus, le propriétaire faisant le choix de ne pas reboiser et de reconstituer l'état boisé par cette colonisation naturelle ;
- 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 et de reconstituer l'état boisé par cette colonisation naturelle ;
- 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 des essences colonisatrices habituellement observée sur ce type de parcelles** (dans la plupart des cas) se met en place, le propriétaire faisant le choix de ne pas reboiser et de reconstituer l'état boisé par cette colonisation naturelle.
- Jeunes plantations de plus de 5 ans en échec : le scénario de référence sera une colonisation de sa parcelle par des accrus.

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 enrichissement feuillu ou résineux se fait sur la base de la composition de l'ancien peuplement. **Par défaut, l'essence de colonisation sera l'essence majoritaire du peuplement dégradé.** Si une tempête a dévasté un peuplement de pin maritime, on fera l'hypothèse que ce seront des accrus de pin maritime qui coloniseront la parcelle dans le scénario de référence.

En cas de pluralité d'essences composant l'ancien peuplement dégradé, le porteur de projet pourra opter pour les familles « feuillus » ou « résineux ». Par exemple, si une parcelle majoritairement constituée de chênes, de hêtres, de frênes et de trembles a été détruite par une tempête, le porteur de projet pourra opter pour la moyenne « feuillus » s'il ne sait pas quelle serait l'essence de colonisation la plus probable. **Il est interdit de choisir une essence feuillue de colonisation après vidange d'un peuplement résineux dévasté, sauf s'il s'agit d'un peuplement résineux récolté en raison d'un dépérissement intense.**

3.2. Démonstration de l'additionnalité

L'arrêté du label Bas-Carbone définit l'additionnalité (II.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

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, articles L.214-1 à L.214-3 du Code l'environnement et R.214-1 du Code l'environnement rubrique IOTA 3.3.1.0.). Les documents ou autorisations inhérents à de telles réglementations devront être conservés par le porteur de projet mais ne seront pas à fournir systématiquement dans le dossier. Cependant, ils pourront être demandés par le service instructeur lors de l'instruction de son projet ou par l'auditeur.

3.2.2. Analyse des aides publiques

Le porteur de projet devra inventorier les aides publiques auxquelles il est potentiellement éligible pour son projet de reboisement. Le projet sera additionnel si une des conditions ci-dessous est remplie :

- aucune subvention liée au reboisement n'est proposée, qu'elle soit intercommunale, départementale, régionale ou nationale ;
- le projet 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 (Didot, 2017²⁷). On retiendra donc ce seuil comme limite à l'investissement pour le propriétaire ;
- il existe une aide mais le propriétaire ne la sollicite pas.

Dans le cas des territoires d'outre-mer, compte tenu du fait que les investissements nécessaires pour la mise en place des projets forestiers sont beaucoup plus conséquents qu'en métropole (5 à 10 fois), le seuil de 50 % est rehaussé à 80 %.

²⁷ <https://www.cnpf.fr/sites/socle/files/cnpf-old/lesforestiersmassifcentral.pdf>

Si le porteur de projet mobilise une subvention inférieure aux seuils de 50 % ou 80 % précisés ci-dessus, celle-ci devra être mobilisée antérieurement au dépôt du projet Label Bas-Carbone. S'il dépose en premier lieu son projet au Label Bas-Carbone, il ne pourra plus toucher la subvention.

Exemple 1 : si le coût des travaux forestiers du reboisement, tels que définis plus bas, est estimé à 6 000 €/ha et que le porteur de projet sollicite une aide publique pour le reboisement à hauteur de 80 % (soit 4 800 € financés), alors le projet ne sera pas additionnel et sera rejeté car l'aide est estimée suffisante pour la réalisation du projet.

Exemple 2 : s'il existe une aide publique à hauteur de 40 % et que le porteur de projet la sollicite pour réaliser des reboisements dont le coût des travaux est estimé à 12 000 €/ha (soit 4 800 € financés), alors l'aide sera jugée insuffisante pour la réalisation du projet de reboisement et l'additionnalité pourra être démontrée. Le porteur de projet peut solliciter l'aide publique et dans un second temps déposer un dossier au Label Bas-Carbone.

Ainsi, pour un même montant d'aide publique (4 800 € 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.

Les coûts inhérents à un projet label bas-carbone de reboisement sont de deux natures différentes.

- 1) Tout d'abord le **coût des travaux forestiers** comprend les travaux des **cinq premières années** (jusqu'à la vérification) tels que la préparation du sol, l'achat et la pose des plants, l'achat et la pose éventuels de protections contre le gibier, l'achat et la pose éventuels de répulsif contre le gibier, l'achat et la pose éventuels d'une clôture contre le gibier, les dégagements et débroussailllements éventuels contre la concurrence herbacée, les regarnis éventuels, les broyages des interbandes éventuels, les tailles de formation éventuelles, un ou deux élagages pour le peuplier, tout autre entretien spécifique nécessaire et la maîtrise d'œuvre éventuelle d'un gestionnaire.
- 2) Par ailleurs, on considère dans les **coûts d'ingénierie de conception** du projet bas-carbone les actions suivantes : diagnostic stationnel et climatique, diagnostic biodiversité (IBP), diagnostic DEPERIS, accompagnement forestier pour le choix des essences, accompagnement technique pour le calcul du gain carbone, montage et suivi du projet et coûts de vérification liés à l'audit.

Le porteur de projet pourra mobiliser des aides publiques existantes considérées comme insuffisantes (inférieures à 50 % du coût des travaux forestiers) ainsi que la rémunération attribuée grâce à la labellisation du projet.

Le cumul d'une aide publique et d'un financement obtenu *via* le label Bas-Carbone ne devront pas dépasser 100 % de la somme des coûts du projet (coût des travaux forestiers + coût d'ingénierie de conception du projet + coût de vérification).

NB : pour de très grandes parcelles cadastrales, il est possible de mobiliser un financement public et un financement à travers le label Bas-Carbone à condition d'être en mesure de démontrer que ces deux financements ne se recoupent pas et correspondent à deux tenements bien distincts (quoique présents sur une même référence cadastrale). Pour le démontrer, le porteur de projet devra fournir dans le **document 4** une cartographie des deux zones donnant lieu à deux financements différents.

3.2.3. 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 reboisement n'est pas la solution la plus rentable par rapport au scénario de référence.

Pour tout projet ayant une révolution inférieure ou égale à 30 ans, un calcul du bénéfice actualisé en séquence infinie (BASI) est obligatoire.

Pour les projets ayant des révolutions supérieures à 30 ans, deux options pour démontrer l'additionnalité économique sont proposées :

- *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 (3.3.2.). **Un rabais de 40 % est alors appliqué.**
- *Option 2 : le porteur de projet démontre l'additionnalité économique par un calcul du BASI*

Pour les projets de reboisement, une estimation 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). Comme dans les deux scénarios (référence et projet), il y a une récolte initiale du peuplement à vidanger ou à récolter, on n'intègre pas cette recette ou ce coût puisqu'ils s'annuleront lorsqu'on comparera les deux scénarios.

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

Équation 1

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

Équation 2

On considère avec l'équation 2 (scénario de référence) que 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. Ainsi, les bois (issus des accrus ou des régénérations) seront coupés à l'année T et il n'y aura aucun investissement après vidange des bois à terre, brûlés ou dépérissants à l'année 0. 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.

$$\Delta_{BASI} = BASI_{reboisement} - BASI_{référence}$$

Équation 3

Avec :

BASI = bénéfice actualisé en séquence infinie (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...

R_n = recettes liées au projet (en €). Elles concerneront la vente des bois issus du peuplement à substituer ;

C_T = dépenses liées à la coupe rase du peuplement issu des accrus post-tempête, post-incendie ou post-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 BASI.

L'additionnalité économique sera démontrée si $\Delta\text{BASI} < 0$.

Pour les projets situés dans un DROM pour lequel il n'est pas prévu d'exploiter le bois, il ne sera pas possible de déterminer une révolution par essences. Par conséquent, l'additionnalité économique est réputée démontrée par défaut, sous réserve de l'analyse des aides publiques existantes. Le porteur de projet devra justifier de la situation à la fois par le contexte économique de la filière du DROM et par le choix des essences plantées, dans un [document 12](#).

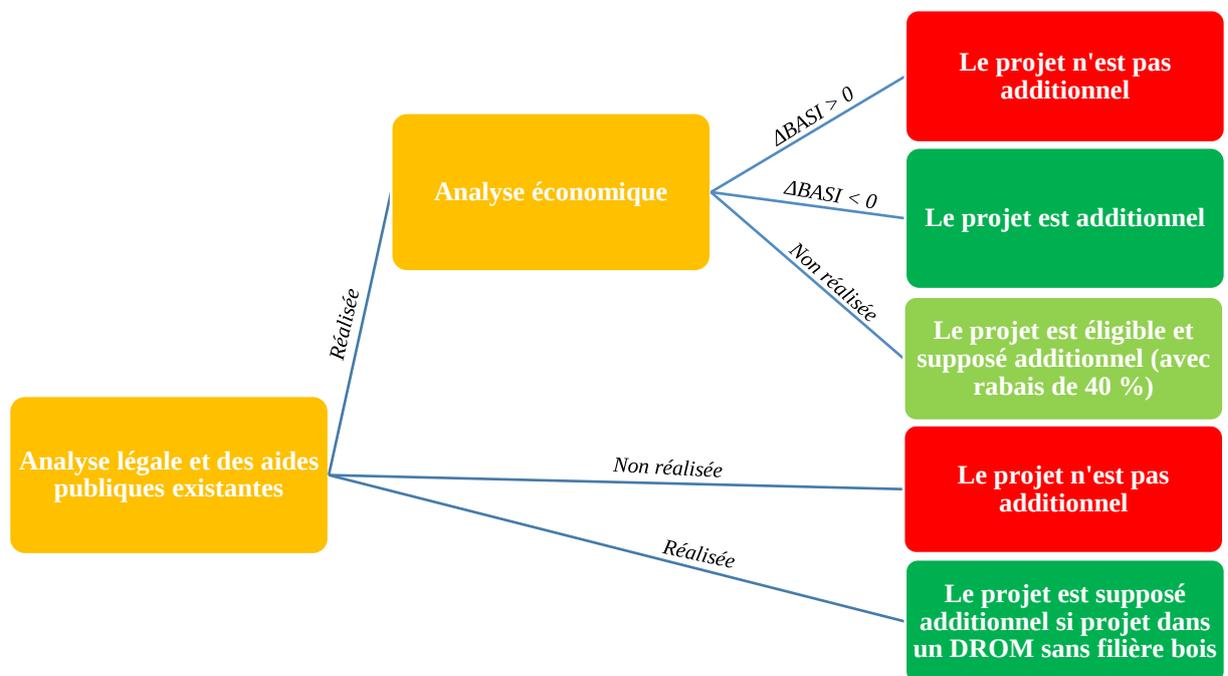


FIGURE 4. — Bilan des étapes de démonstration de l'additionnalité d'un projet carbone.

4. Intégrité environnementale et co-bénéfices

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

Les projets éligibles dans le cadre de cette méthode nécessitent souvent 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 de reconstitution d'un peuplement très dépérissant ou tempêté d'une contenance supérieure à 2 ha ayant donné lieu à la récolte d'un peuplement en place, un diagnostic IBP (indice de biodiversité potentielle) devra avoir été réalisé par un professionnel forestier formé à l'IBP pour que le projet soit éligible à la labellisation. 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. En conséquence, dans la plupart des cas, les reboisements ne se feront donc pas sur l'intégralité de la surface prévue initialement en reboisement.

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.

Le demandeur devra fournir dans un document 3B, les résultats de l'IBP datés et signés par le professionnel forestier qui l'a réalisé, ainsi que la façon dont il va préserver les éléments ressortant de son diagnostic IBP au moment de la coupe du peuplement.

Le professionnel forestier qui réalisera l'IBP se conformera aux préconisations d'inventaire présentes dans l'annexe 2 relative à l'IBP.

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 ligne²⁸ ou consulter toute information *via* le lien suivant : <https://www.cnpf.fr/realiser-des-relevés-ibp>. La réalisation de ce diagnostic sur la biodiversité pourra se faire concomitamment au diagnostic stationnel (voir 2.4.2.) (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.

Le porteur de projet devra présenter au moment de l'audit une note non détériorée sur le critère A « essences autochtones » de l'IBP.

En outre, il sera toléré au moment de l'audit une baisse maximale de 3 points de la note initiale cumulée des critères suivants :

- Critère C : bois morts sur pied de grosse dimension ;
- Critère D : bois morts au sol de grosse dimension ;
- Critère E : très gros bois vivants ;
- Critère F : arbres vivants porteurs de dendromicrohabitats.

Par exemple, si la note cumulée des critères C, D, E et F de l'IBP à l'année 0 donne un résultat de 15/20, il sera toléré qu'à l'audit elle baisse jusqu'à 12/20, mais pas en-deçà.

Pour les projets inférieurs à 2 ha, la réalisation d'un IBP est facultative et pourra être valorisée au niveau des co-bénéfices (cf. 4.3.).

Pour les projets en outre-mer, si le protocole IBP n'est pas réalisable, il conviendra d'utiliser toute autre méthode de diagnostic de la biodiversité reconnue.

Pour les projets en situation de crise sanitaire²⁹ (crise des scolytes notamment) ou ayant subi un incendie, l'IBP est facultatif. Cependant, dans les projets post-incendie, le porteur de projet devra maintenir les gros bois morts et arbres-habitats ayant résisté à l'incendie. Il devra préciser les arbres maintenus dans un **document 3B**.

4.2. Le mélange d'essences

Conformément à la stratégie nationale biodiversité 2030, il est indiqué qu'il convient de « *relever dans la mesure du possible l'ambition des critères d'éligibilité en matière de biodiversité pour les projets sous label Bas-Carbone (par exemple, exigences renforcées en termes de diversification des essences d'arbres plantés dans les méthodes forestières) [...] Cela permettra de renforcer progressivement le principe du « do no harm » prévu dans le cadre juridique du label Bas-Carbone* » (Gouvernement, 2023).

C'est dans ce cadre que la présente version de la méthode introduit des critères de diversification, qui sont des critères d'éligibilité. Ils sont indiqués dans la partie 2.4.6.

4.3. La grille d'évaluation des co-bénéfices

Conformément à l'arrêté du label Bas-Carbone, la méthode doit fournir une « *grille d'évaluation des impacts potentiels des projets et des co-bénéfices potentiels des projets, qui sont les éventuels impacts*

²⁸ <https://www.cnpf.fr/realiser-des-relevés-ibp>

²⁹ La crise sanitaire implique une urgence à récolter pour éviter la prolifération d'un pathogène. La charlarose du frêne ou l'encre du châtaignier par exemple ne peuvent pas être considérés comme des crises sanitaires, contrairement aux scolytes.

positifs des projets sur d'autres enjeux que la réduction des émissions de GES (environnementaux, sociaux ou économiques) » (partie II.B.2) et définir « des indicateurs simples pour démontrer que les éventuels impacts environnementaux, sociaux ou économiques sont maîtrisés » (partie II.C.4).

Les porteurs de projet se référeront à la grille d'analyse présente dans le tableau 3 et qui répertorie cinq niveaux de co-bénéfices : socio-économiques, sur la préservation des sols, sur la biodiversité, sur le changement climatique 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 totaux devront être effectués au niveau de chacune des cinq catégories. Il n'y aura pas lieu d'additionner les totaux des cinq catégories de co-bénéfices ; cette somme n'aurait aucune signification. Pour chaque catégorie de co-bénéfice, le porteur de projet pourra proposer un co-bénéfice supplémentaire inhérent à son projet ; chaque co-bénéfice ajouté ne pourra rapporter qu'un seul point. Un maximum de d'un **co-bénéfice** pour chacune des cinq catégories pourra être ajouté. La pertinence de ces co-bénéfices supplémentaires sera validée ou non par le service instructeur en DREAL. Ils ne peuvent pas porter sur des caractéristiques physiques de la parcelle, doivent être liés à des choix faits par le porteur de projet en plus des conditions d'éligibilité du projet et devront être justifiés sur la base de travaux de recherche, bibliographie à l'appui.

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 13 (hors ajout de co-bénéfice supplémentaire) et non pas 19 puisqu'il y a deux co-bénéfices à bonus variable (dépendant de deux modalités).

Ces co-bénéfices seront suivis et vérifiés, tel qu'indiqué dans la partie II.C.4 de l'arrêté du label Bas-Carbone : « 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 par la route 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 par la route 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 1 ^{ère} 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) au plus tard un an après la fin de la plantation	+ 3
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)	+ 3
6	Socio-économique	Assurance forestière	Le propriétaire a souscrit une assurance forestière sur les 5 premières années, en particulier en cas d'incendie et tempête, qui couvre une partie des frais de reboisement si la plantation était détruite durant les 5 premières années	+ 3
7	Préservation des sols	Diagnostic de l'humidité des sols	Diagnostic d'humidité du sol avant travail du sol	+ 3
8	Préservation des sols	Nettoyage du sol avant reboisement ³⁰	Absence de nettoyage ou de broyage des rémanents après exploitation de la parcelle	+ 5
			Broyage partiel des rémanents impactant moins de 50 % de la surface	+ 3
9	Préservation des sols	Préparation du sol	Absence de travail du sol (plantation par potets manuels)	+ 5
			Préparation du sol par potets mécanisés	+ 3
10	Biodiversité	Mélange et autochtonie pour les projets de moins de 4 ha	Reboisement en mélange avec 5 essences ou plus, avec au moins 75 % de plants d'essences autochtones adaptées au climat futur	+ 5
			Reboisement en mélange de 3 essences ou plus, avec au moins 50 % de plants d'essences autochtones adaptées au climat futur	+ 3
			Reboisement en mélange de 3 essences ou plus, avec au moins 25 % des plants d'essences autochtones adaptées au climat futur	+ 1
		Mélange et autochtonie pour les projets de 4 ha à 25 ha	Reboisement en mélange de 8 essences ou plus, avec au moins 75 % de plants d'essences autochtones adaptées au climat futur	+ 5
			Reboisement en mélange de 6 essences ou plus, avec au moins 50 % des plants d'essences autochtones adaptées au climat futur	+ 3
			Reboisement en mélange de 4 essences ou plus, avec au moins 25 % des plants d'essences autochtones adaptées au climat futur	+ 1
		Mélange et autochtonie pour les projets de plus de 25 ha	Reboisement en mélange avec 12 essences ou plus, avec au moins 75 % de plants d'essences autochtones adaptées au climat futur	+ 5
			Reboisement en mélange de 8 essences ou plus, avec au moins 50 % de plants d'essences autochtones adaptées au climat futur	+ 3
			Reboisement en mélange de 5 essences ou plus, avec au moins 25 % des plants d'essences autochtones adaptées au climat futur	+ 1
11	Biodiversité	Mélange intraparcellaire ³¹	Mélange intraparcellaire pied à pied	+ 5

³⁰ Les techniques de l'andainage et du broyage intégral des rémanents, autorisées par la présente méthode, ne peuvent toutefois pas prétendre marquer les 3 points de ce co-bénéfice et ne peuvent pas donner lieu à un co-bénéfice supplémentaire

³¹ Le projet qui associerait plusieurs tènements d'essences différentes côte à côte, avec une seule essence sur chaque tènement, ne peut pas se prévaloir de ce co-bénéfice.

		(cf. annexe 3)	Mélange intraparcellaire avec des bouquets de moins de 25 ares au sein du reboisement	+ 3
			Mélange intraparcellaire en bandes au sein du reboisement	+ 1
12	Biodiversité	Introduction de biodiversité	Création de bordures feuillues linéaires (routes, chemins, limites de parcelles)	+ 1
13	Biodiversité	Préservation de la biodiversité préexistante	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
14	Changement climatique	Suivi scientifique	Le projet présente une composante qui sera suivie à titre scientifique pour mieux comprendre le changement climatique (arboretum, réseau ESPERENSE, îlot d'avenir, dispositifs d'expérimentation de diversification en gestion...)	+ 5
15	Changement climatique	Lutte contre l'ozone, polluant et gaz à effet de serre (cf. annexe 4)	Le reboisement associe au moins 80 % de plants efficaces dans l'élimination de l'ozone (voir espèces figurant en annexe 4)	+ 5
			Le reboisement associe entre 40 % et 80 % de plants efficaces dans l'élimination de l'ozone (voir espèces figurant en annexe 4)	+ 1
16	Eau	Prise en compte de milieux aquatiques ou humides	Le reboisement résineux est effectué à plus de 10 m de la bordure d'un cours d'eau	+ 1
17	Eau	Amélioration de la biodiversité liée aux milieux humides	Restauration de milieux humides (curage de mardelles, mares, mangroves...) ou création <i>ex nihilo</i> d'une mare ou mardelle	+ 5

TABLEAU 3. — Grille d'évaluation des co-bénéfices sociaux, économiques et environnementaux avec bonus afférents.

Co-bénéfice	Total
Socio-économique	20 points
Préservation des sols	13 points
Biodiversité	16 points
Changement climatique	10 points
Eau	6 points

TABLEAU 4. — Maximum total de bonus valorisables par co-bénéfice (hors ajout de co-bénéfice supplémentaire).

Un tableur téléchargeable sur www.demarches-simplifiees.fr (**document 6**) permet de renseigner les co-bénéfices identifiés et de calculer les sous-totaux de chaque catégorie.

NB : pour savoir si une essence est autochtone ou allochtone, on consultera les cartes de distribution Euforgen³² et du *Chorological data* (Caudullo *et al.*, 2021)³³. L'annexe 5 indique pour chaque essence quelle source consulter pour déterminer l'autochtonie ou l'allochtonie d'une essence, suite à une étude ayant comparé et actualisé les deux sources d'information pour chaque essence.

³² Euforgen est le programme des ressources génériques forestières européennes (*European forest genetic resources programme*). Il fournit notamment des cartes de distribution de l'aire naturelle de différentes essences forestières : <https://www.euforgen.org/species/>

³³ Le *Chorological data for the main European woody species* est une initiative de la Commission européenne (*Joint Research Centre*) qui recense les aires naturelles de différentes essences forestières. Pour chacune d'entre elles, des fiches essences sont téléchargeables ainsi que des cartes de leur aire naturelle de distribution et les *shapefiles* correspondants : <https://data.mendeley.com/datasets/hr5h2hcg4/14>

Pour la forêt tropicale, le caractère autochtone des essences sera déterminé en se référant aux références suivantes :

- Guadeloupe & Martinique : *Flore illustrée des phanérogames de Guadeloupe et de Martinique* (Jacques Fournet, 2002)³⁴. Les conservatoires botaniques locaux seront consultés pour l'actualisation des classements d'espèces ;
- Guyane : la publication suivante sera consultée : Funk *et al.*, 1997 ;
- Mayotte : *Flore illustrée de Mayotte*³⁵ (Fabien Barthelat, 2019) ;
- Réunion : *Flore des Mascareignes*³⁶ (Autrey *et al.*, 2008).

5. Intégration du risque de non-permanence

Conformément à l'arrêté du label Bas-Carbone (II.C.6), le projet devra intégrer le risque de non-permanence pour couvrir les risques survenant après la vérification ; c'est-à-dire le risque d'émissions de carbone imprévues : tempête, incendie, attaques sanitaires, dépérissement, défrichement, catastrophes naturelles...

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 demandeur devra fournir une analyse détaillée de l'adéquation entre les essences du reboisement et la station sur des critères pédologiques et climatiques dans le **document 4**. Les précisions de cette analyse sont apportées au paragraphe 2.4.2.

Aucun rabais ne sera pratiqué sur ce risque de non-permanence dans la mesure où le demandeur doit effectuer cette justification préliminaire.

Cette justification est obligatoire.

5.2. Risques naturels et sanitaires 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...) et les tempêtes. Conformément à la partie II.C.6 de l'arrêté 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 en forêt métropolitaine.

Ce risque de non permanence est fixé à **20 %** pour les projets situés en Guadeloupe, en Martinique, à Mayotte et à la Réunion. Il permet de tenir compte, en plus d'éventuels risques biotiques, des phénomènes de tsunamis pour les forêts littorales, de séismes, d'éruptions volcaniques et de cyclones. La Guyane étant protégée par ces types de phénomènes naturels extrêmes, le rabais à appliquer est fixé à **10 %** comme en forêt métropolitaine.

³⁴ <https://agritrop.cirad.fr/490202/>

³⁵ <https://leclub-biotope.com/fr/librairie-naturaliste/1297-la-flore-de-mayotte>

³⁶ https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/ed-06-08/010047723.pdf

5.3. Risque d'incendie

Un risque d'incendie est à considérer pour tout projet situé :

- dans un département ou un massif forestier considéré à risque par les articles L133-1 ou L 132-1 du Code forestier³⁷ ;
- ou dans une commune considérée à risque par un PDPFCI, PIPFCI, PRDFCI, atlas incendie ou tout autre document classant le risque d'incendie par commune.

Les départements suivants sont réputés particulièrement exposés au risque d'incendie au sens de l'article L 133-1 du code forestier :

- Alpes-de-Haute-Provence ;
- Hautes-Alpes ;
- Alpes-Maritimes ;
- Ardèche ;
- Ariège ;
- Aude ;
- Aveyron ;
- Bouches-du-Rhône ;
- Corse-du-Sud ;
- Haute-Corse ;
- Dordogne ;
- Drôme ;
- Gard ;
- Gironde ;
- Hérault ;
- Landes ;
- Lot ;
- Lot-et-Garonne ;
- Lozère ;
- Pyrénées-Atlantiques ;
- Hautes-Pyrénées ;
- Pyrénées-Orientales ;
- Tarn ;
- Var ;
- Vaucluse.

Certains massifs forestiers au sein de ces départements sont considérés à moindre risque d'incendie. Il conviendra de vérifier au sein de l'annexe 2 de l'arrêté du 6 février 2024³⁸ classant les bois et forêts exposés au risque d'incendie si le massif où se situe le projet est listé.

De plus, des bois et forêts sont classés au titre du L132-1 du code forestier comme comportant un risque d'incendie dans des départements n'en comportant pas auparavant. Il conviendra de se rapporter à l'annexe 1 de l'arrêté cité ci-dessus afin de vérifier si le massif forestier où se situe le projet est classifié. Les départements comportant des massifs classés au titre du risque d'incendie sont :

- Charente ;

³⁷ Article L133-1 du Code forestier : « Sont réputés particulièrement exposés au risque d'incendie les bois et forêts situés dans les départements définis par arrêté conjoint des ministres chargés de la forêt, de l'environnement et de la sécurité civile, à l'exclusion de ceux situés dans des massifs forestiers à moindres risques listés par le même arrêté. »

³⁸ <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000049111873>

- Charente-Maritime ;
- Cher ;
- Eure ;
- Haute-Garonne ;
- Gers ;
- Ille-et-Vilaine ;
- Indre-et-Loire ;
- Isère ;
- Jura ;
- Loir-et-Cher ;
- Loire ;
- Loiret ;
- Morbihan ;
- Savoie ;
- Deux-Sèvres ;
- Tarn-et-Garonne ;
- Vienne.

Attention, cet arrêté (au titre de l'article L.132-1 du code forestier comme du L. 133-1) est susceptible d'évoluer afin de prendre en compte l'extension du risque d'incendie sur le territoire national. Il conviendra de se référer à la version de l'arrêté en vigueur.

Pour chacun des départements concernés, il conviendra de consulter le PDPFCI (PIPFCI ou PRDFCI ou atlas incendie ou tout autre document classant le risque d'incendie par commune) 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 (et autres documents). 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 comme étant « négligeable » sur la commune du projet dans le PDPFCI (et autres documents), celui-ci sera considéré comme faible ou très faible et un rabais de 5 % sera appliqué.

L'annexe 6 fournit l'ensemble des PDPFCI (et autres documents) en France et leur état de validité (en cours ou échu en date de décembre 2024). Pour les PDPFCI échus, le porteur de projet pourra partir du classement du risque en vigueur sur le précédent PDPFCI. Dans tous les cas, l'annexe 6 est donnée à titre indicatif : le porteur de projet devra se référer à la version la plus récente du PDPFCI et, le cas échéant, rechercher la nouvelle version du PDPFCI s'il en existe une plus récente que celle mentionnée dans le tableau 17.

Le mandataire ou le porteur de projet devra renseigner et justifier clairement dans le **document 7** la situation de la commune du projet sur les cartes de risque présentes dans les PDPFCI (et autres documents).

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 avéré dû au gibier, 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.

5.5. Risque de déboisement à Mayotte

Compte tenu de l'énorme pression foncière existant à Mayotte en lien avec une croissance démographique importante, l'île connaît un taux de déboisement très élevé (il a été de l'ordre de 1,3 %/an entre 2011 et 2016 (DEAL Mayotte, 2020³⁹). Les déboisements ont même été triplés sur la période 2019-2021. Par conséquent, le recours à un rabais pour intégrer le risque de déboisement à Mayotte s'impose ; il est fixé à **10 %**.

³⁹ Analyse de l'évolution de l'occupation du sol à Mayotte entre 2011 et 2016 – DEAL Mayotte, 2020.

6. Calcul des réductions d'émissions générables

Conformément à l'arrêté du 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. Ces réductions d'émissions seront calculées pour 30 années, ou une durée inférieure conformément aux précisions apportées dans les parties qui suivent, à compter de la date de plantation.

Leur définition est précisée dans l'arrêté du label Bas-Carbone. La communication du financeur quant au type de réductions d'émissions valorisées est précisée par l'arrêté du label Bas-Carbone (partie IV.B.4 de l'arrêté).

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.).

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

Les REA générées ne pourront excéder la différence de stockage de carbone entre le scénario de projet et le scénario de référence, calculée soit à l'issue de la durée du projet, soit sur la durée de vie moyenne des essences plantées. La plus faible des deux valeurs sera retenue pour le calcul de carbone afin d'être conservateur. On considère qu'une différence élevée de stockage à 30 ans n'est pas forcément représentative du stock moyen sur la révolution totale d'une essence (notamment si la récolte du peuplement intervient peu après 30 ans). L'annexe 7 explique l'équation 5. Pour le calcul des REA potentiellement générables, le calcul s'effectuera donc, pour ce qui est du calcul fait sur la durée de vie moyenne des essences plantées, selon la « méthode du stock moyen de long terme » (Verra, 2011)⁴⁰.

- 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 :

$\Delta S(30)$ = 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) ;

⁴⁰ 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'enrichissement par des accrus, $R' > 30$ ans). Si l'âge d'exploitabilité des accrus n'est pas connu, R' aura la durée de la révolution de l'essence qui a la plus courte révolution dans le reboisement.

- 2) Pour tout projet de reboisement dont la révolution R de l'essence plantée est inférieure à 30 ans (exemple : peuplier récolté à 20 ans), l'équation 6 sera utilisée :

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

Équation 6

- 3) Pour tout projet situé dans un DROM, pour lequel il n'est pas prévu d'exploiter le bois, il ne sera pas possible de déterminer une révolution par essences. Cela devra être justifié par le porteur de projet, dans le [document 12](#), à la fois par le contexte économique de filière du DROM et par le choix des essences plantées. Par conséquent, l'équation 7 sera utilisée :

$$REA_{forêt} = \Delta S(30) = S_{projet}(30) - S_{réf}(30)$$

Équation 7

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 8 :

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

Équation 8

Avec :

S_{projet} = Stock de carbone total de l'écosystème forestier (en tCO₂/ha) ;

B_A = Stock de la biomasse aérienne (en tMS/ha) (voir 7.1.1.) ;

B_R = Stock de la biomasse racinaire (en tMS/ha) (voir 7.1.2.) ;

S = Stock de carbone organique du sol (en tC/ha) (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/ha) (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 8.

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

- 1) Pour tout projet de reboisement dont la révolution R de l'essence plantée est supérieure ou égale à 30 ans, l'équation 9 sera utilisée pour fournir le calcul des réductions d'émissions anticipées relatives au compartiment des produits bois :

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

Équation 9

Avec :

C_{projet} = le stock de carbone dans les produits bois qui seraient récoltés dans le scénario de projet (en tCO₂/ha) ;

$C_{\text{réf}}$ = le stock de carbone dans les produits bois qui seraient récoltés dans le scénario de référence (en tCO₂/ha).

- 2) Pour tout projet de reboisement dont la révolution R de l'essence plantée est inférieure à 30 ans (exemple : peuplier récolté à 20 ans), l'équation 10 sera utilisée :

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

Équation 10

Il convient de déterminer le stock de carbone dans chaque catégorie de produits bois selon l'équation 11 :

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

Équation 11

Avec :

$C(n)$ = stock total de carbone représenté par les produits bois à l'année n (en tCO₂/ha) ;

$C_{\text{SCI}}(n)$ = stock de carbone des produits bois à destination du sciage (bois d'œuvre) à l'année n (en tCO₂/ha) ;

$C_{\text{PAN}}(n)$ = stock de carbone des produits bois à destination des panneaux (bois d'industrie) à l'année n (en tCO₂/ha) ;

$C_{\text{PAP}}(n)$ = stock de carbone des produits bois à destination de la pâte à papier (trituration) à l'année n (en tCO₂/ha).

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 12 fournie par Pingoud et Wagner (2006) et reprise par la Commission européenne.

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

Équation 12

Avec :

$C(n)$ = stock de carbone au début de l'année n dans les produits bois déjà récoltés (en tCO₂) ;

$C(n+1)$ = stock de carbone au début de l'année n+1 dans les produits bois déjà récoltés (en tCO₂) ;

$k = \ln(2)/t_{1/2}$ = 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. Les valeurs utilisées dans le calculateur sont celles données dans le tableau 5 ;

$Flux(n)$ = 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 tCO₂/ha.

La Commission européenne⁴¹ préconise d'utiliser les valeurs par défaut pour les temps de demi-vie ($t_{1/2}$) présentes dans le tableau 5.

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

TABLEAU 5. — 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.

Le rendement sciage est fixé à 43 % pour le chêne, à 53 % pour le hêtre, à 55 % pour le sapin et l'épicéa, à 45 % pour le pin maritime (FCBA, 2020), à 60 % pour les mélèzes, à 57 % pour le pin sylvestre (Bourgeois, 2001), à 60 % pour les peupliers (El Haouzali, 2010) et à 30 % pour le robinier (dire d'expert). Dans le calculateur, les autres essences se voient affecter un rendement sciage par assimilation aux essences susmentionnées pour lesquelles des rendements sciage ont déjà été publiés.

Pour la production de panneaux bois, le rendement matière est souvent proche de 100 % (GESFOR propose des valeurs de 77 à 91 % par exemple, Vial *et al.*, 2018) ; on fera donc l'hypothèse simplificatrice que l'opération de transformation en panneaux bois a un rendement de 100 % (pas de pertes).

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

Dans le calculateur, le porteur de projet ou son mandataire doivent renseigner la ventilation des éclaircies parmi le choix suivant : sciages, panneaux, pâte à papier ou bois énergie sur les 30 premières années seulement puisque le compartiment des produits bois n'est pas intégré au-delà de 30 ans (respectivement sur la durée de révolution pour le cas du peuplier).

- **Cas des feuillus** : pour les éclaircies intervenant avant l'âge de 30 ans, elles seront toutes destinées à 100 % au bois énergie (bois de chauffage) ;
- **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). La récolte finale sera ventilée de la façon suivante : 77 % en sciages, 11 % en panneaux et 12 % en bois énergie (Cuchet, 1998) ;
- **Cas des résineux** : généralement une à deux éclaircies sont réalisées dans les résineux avant 30 ans (sauf cas particuliers). Le porteur de projet ou son mandataire auront la liberté d'estimer la ventilation entre les usages sciages, panneaux, pâte à papier et bois énergie mais devront respecter les préconisations suivantes :
 - ✓ 1^{ère} éclaircie : 0 % de sciages, pas plus de 20 % de panneaux et 20 % minimum de bois énergie ;
 - ✓ 2^{ème} éclaircie et 3^{ème} éclaircie : pas plus de 20 % de sciages et 20 % minimum de bois énergie.
- **Cas du pin maritime en gestion dynamique (ou intensive)⁴²** : cette essence est généralement gérée de manière intensive avec une sylviculture très normée qui induit trois éclaircies durant

⁴¹ 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) n° 529/2013 : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0841&from=EN>

⁴² A minima, tout le massif des Landes de Gascogne sera par défaut concerné par une gestion dynamique du pin maritime.

les 30 premières années (FCBA *et al.*, 2013). Le porteur de projet ou son mandataire respecteront alors la ventilation suivante :

- ✓ 1^{ère} éclaircie : 50 % panneaux, 50 % pâte à papier ;
- ✓ 2^{ème} éclaircie : 20 % sciages, 30 % panneaux, 50 % pâte à papier ;
- ✓ 3^{ème} éclaircie : 40 % sciages, 30 % panneaux, 30 % pâte à papier.

Le calculateur prévoit que 10 % du volume de bois énergie prélevé en éclaircie sera abandonné sur la parcelle et non valorisé.

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 CO₂, l'utilisation du bois peut induire un effet de substitution énergétique.

- 1) Pour tout projet de reboisement dont la révolution R de l'essence plantée est supérieure ou égale à 30 ans, on utilisera l'équation 13 pour calculer ces réductions d'émissions indirectes.

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

Équation 13

Avec :

CS = la substitution moyenne générée par un mètre cube de bois récolté en France (en tCO₂/m³). Les valeurs à utiliser sont données dans le tableau 18 ;

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 m³) ;

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 m³).

- 2) Pour tout projet de reboisement dont la révolution R de l'essence plantée est inférieure à 30 ans (exemple : peuplier récolté à 20 ans), l'équation 14 sera utilisée :

$$REI_{substitution} = CS \times \sum_{n=0}^R (Flux_{projet}(n) - Flux_{ref}(n))$$

Équation 14

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

La valeur du facteur de déplacement (ou coefficient de substitution) du bois énergie généralement utilisée est de 0,5 tCO₂ évitées par m³ de bois utilisé (Ademe, 2015). Toutefois, les politiques publiques actuelles (Programmation pluriannuelle de l'énergie et Stratégie nationale bas-carbone) visent à décarboner très fortement le mix énergétique français d'ici à 2050. Par conséquent, vers 2050, ce

coefficient de substitution sera très proche de 0. Il est proposé ici de faire décroître ce facteur de substitution linéairement et de lui faire atteindre la valeur de 0 en 2050.

De la même façon, la stratégie nationale bas-carbone⁴³ prévoit que le secteur de l'industrie (qui fabrique les produits utilisés en construction tels que le béton, l'acier, le PVC...) diminue drastiquement ses émissions de GES en 2050 (baisse de 81 MtCO₂ en 2015 à 16 MtCO₂ en 2050, soit une baisse de – 81 %). Par conséquent, le bois utilisé dans la construction aura un effet de substitution matériau très largement inférieur à celui qu'il a aujourd'hui. Afin de rester conservateur, on fait l'hypothèse que le bois utilisé à des fins de sciages ou de panneaux n'aura plus aucun effet de substitution en 2050. La valeur des coefficients de substitution sciages et panneaux chutera donc linéairement pour passer de 1,52 en 2024 à 0 en 2050 pour les sciages et de 0,77 en 2024 à 0 en 2050 pour les panneaux. Le tableau 18 en annexe 8 donne la valeur de chaque coefficient de substitution utilisé par le calculateur en fonction des années auxquelles se feront les éclaircies.

Le tableau 6 cite des coefficients de substitutions provenant de la littérature scientifique, utilisés comme référence pour 2024, année de référence à partir de laquelle on fait décroître linéairement ces coefficients.

Catégorie de produits bois	Durée de vie	Coefficient de substitution (tCO ₂ /m ³ de bois utilisé)
BO	Formit (Valada <i>et al.</i> , 2016)	1,52
BI	Formit (Valada <i>et al.</i> , 2016)	0 pour le papier (44 % du BI) 0,77 pour les panneaux (56 % du BI)
BE	Ademe, 2015)	0,5

TABLEAU 6. — Les coefficients de substitution en 2024 selon la catégorie de produits bois récoltés.

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

Le scénario de référence étant un enrichissement de la parcelle, on estimera que le porteur de projet n'aurait pas la possibilité de faire une éclaircie durant les 30 premières années. Par conséquent, en l'absence d'éclaircie, aucun effet de substitution ne sera joué par le bois dans ce scénario de référence.

6.3. Calcul des réductions d'émissions anticipées totales générables

L'équation 15 permet de calculer les réductions d'émissions anticipées (REA) :

$$REA = REA_{forêts} + REA_{produits} + REI_{substitution}$$

Équation 15

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

⁴³ Ministère de la Transition écologique, 2020. *Stratégie nationale bas-carbone : la transition écologique et solidaire vers la neutralité carbone*. 192 p.

7. Quantification carbone des itinéraires

7.1. Quantification générale du carbone

7.1.1. Estimation de la biomasse forestière aérienne (B_A)

Le porteur de projet devra convertir les volumes fournis par les tables de production en tonnes de CO_2 . L'équation 16 permet de calculer la biomasse aérienne.

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

Équation 16

Avec :

B_A = biomasse aérienne (en tMS/ha) ;

V_7 = volume bois fort tige (en m^3/ha) ;

FEB = facteur d'expansion « branches » ;

d_i = infradensité de l'essence i (en tMS/ m^3) (voir annexe 9).

Pour convertir les volumes bois fort tige en volumes totaux, on utilisera un **facteur d'expansion « branches » de 1,3 pour les conifères⁴⁴ et de 1,56 pour les feuillus** (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 9, (Leban *et al.*, 2022), issues du programme de recherche XyloDensMap (Inrae, IGN, 2016-2019), qui a fourni une base de données de référence sur les infradensités représentative de la diversité des espèces forestières et de leurs conditions de croissance en France métropolitaine, grâce à l'analyse de 110 605 carottes prélevées sur 156 essences par l'IGN pour l'inventaire forestier national.

NB : Certaines tables de production ne fournissent pas un volume bois fort à la découpe 7 cm mais un volume total. Dans le cas d'une utilisation de volumes totaux, l'équation 16 susmentionnée devient l'équation 17 :

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

Équation 17

Avec :

V_t = volume total (en m^3/ha)

d_i = infradensité de l'essence i (en tMS/ m^3)

7.1.2. Estimation de la biomasse forestière 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 10) qui sont des fonctions dépendant de la biomasse aérienne.

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

⁴⁴ Le facteur d'expansion branches du pin parasol est fixé à 2,4 pour tenir compte d'un port large « en boule » (Correia *et al.*, 2010).

L'équation 18 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 18

Avec B_R = biomasse racinaire (en tMS/ha).

Pour les forêts d'outre-mer, on utilisera l'équation 19 donnée par Mokany *et al.* (2006) :

$$B_R(n) = 0,489 \times B_A(n)^{0,89}$$

Équation 19

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) et dans la litière (L)

La valeur de référence sera de 91 tC/ha (Inrae, 2020) sur les 30 premiers cm du sol pour les forêts de métropole avec la litière.

La coupe rase (que l'on retrouve dans le scénario de référence et dans le scénario de projet) engendre une perte de carbone au niveau du sol, essentiellement dans la litière (- 28 %) et dans la couche minérale supérieure (- 10 %), les changements dans les couches plus profondes étant en moyenne non significatifs (Augusto *et al.*, 2023 in Landmann *et al.*, 2023). On estime que la perte de carbone au niveau du haut du profil de sol correspond à environ 5 à 7 % du stock total du sol en carbone organique (Augusto *et al.*, 2023 in Landmann *et al.*, 2023).

Par conséquent, la perte de carbone est fixée à 6 % dans les compartiments du sol et de la litière pour le scénario de référence, soit une perte de - 5,5 tC/ha (soit - 20 tCO₂/ha).

7.1.4.1. En absence de préparation du sol

Dans le cas d'une absence de préparation du sol, la perte de carbone dans les compartiments du sol et de la litière est la même que pour le scénario de référence. Les deux s'annulent donc ; le différentiel entre le scénario de projet et le scénario de référence est donc nul.

7.1.4.2. Dans les cas d'une préparation du sol

La littérature scientifique a démontré que les pertes de carbone organique du sol augmentent sensiblement lorsque le sol fait l'objet d'un travail mécanique pour préparer une plantation, cette perte est en moyenne de - 20,5 % dans les premiers horizons de sol contre - 9 % pour un sol non préparé suite à une coupe rase (Augusto *et al.*, 2023 in Landmann *et al.*, 2023). Une partie de ce carbone n'est pas perdu car il sera généralement enfoui plus en profondeur. Afin d'avoir une donnée exploitable sur le profil de sol (litière + [0 ; 30 cm]), une valeur par défaut est fixée à - 12 % pour un sol travaillé en plein. L'équation 20 donne la perte de carbone pour un sol travaillé.

$$P = (S_p \times \tau_p + S \times \tau) \times 91 \times \frac{44}{12}$$

Équation 20

Avec :

P = perte de carbone dans le sol (en tCO₂/ha) ;

S_p = surface de sol non perturbée (en %) ;

τ_p = taux de perte pour un sol perturbé (fixé par défaut à - 12 %) ;

S = surface de sol concernée par la coupe rase (en %) ;

τ = taux de perte pour le sol concerné par la coupe rase (égal à - 6 %).

Cas où le sol est préparé avec un labour partiel en bandes avec moins de 50 % de surface travaillée

Pour les projets faisant appel à une préparation du sol en labour partiel en bandes, on fera l'hypothèse que 50 % de la surface du sol sera perturbée. Les projets présenteront une perte de carbone dans les compartiments du sol et de la litière de - 40 tCO₂/ha.

$$P = [50 \% \times (-12 \%) + 100 \% \times (-6 \%)] \times 91 \times \frac{44}{12} = -40 \text{ tCO}_2/\text{ha}$$

Par conséquent, la différence entre le scénario de projet et le scénario de référence sera une perte de carbone de - 20 tCO₂/ha.

Cas où le sol est préparé avec un outil de sous-solage combiné à des disques d'affinage (Culti3B® ou Deltasol®)

Pour les projets faisant appel à une préparation du sol par sous-solage avec un outil combiné type Culti3B® ou Deltasol®, on fera l'hypothèse que 25% de la surface du sol sera perturbée (correspondant à un travail de 1 mètre de large tous les 4 mètres). Les projets présenteront donc une perte de carbone dans les compartiments du sol et de la litière de - 30 tCO₂/ha.

$$P = [25 \% \times (-12 \%) + 100 \% \times (-6 \%)] \times 91 \times \frac{44}{12} = -30 \text{ tCO}_2/\text{ha}$$

Par conséquent, la différence entre le scénario de projet et le scénario de référence sera une perte de carbone de - 10tCO₂/ha.

Cas où le sol est préparé par potets mécanisés

Pour les projets faisant appel à une préparation du sol par potets mécanisés (moins impactante pour le sol que la pratique du labour partiel en bandes), on fera l'hypothèse que 1 250 m²/ha sont perturbés (correspondant à 1 250 potets mécanisés de 1 m² par hectare) soit une surface travaillée de 12,5 %. Les projets présenteront donc une perte de carbone dans les compartiments du sol et de la litière de - 25 tCO₂/ha.

$$P = [12,5 \% \times (-12 \%) + 100 \% \times (-6 \%)] \times 91 \times \frac{44}{12} = -25 \text{ tCO}_2/\text{ha}$$

Par conséquent, la différence entre le scénario de projet et le scénario de référence sera une perte de carbone de - 5tCO₂/ha.

Quel que soit le type de la préparation de sol, la perte de carbone sera considérée immédiate et définitive dans le sol et la litière sur la révolution de l'essence ; ce qui est extrêmement conservateur. En outre, la méthode ne prévoit pas de séquestration du carbone au niveau du compartiment du sol en l'état actuel des connaissances scientifiques.

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

La durée d'un projet de reboisement étant de 30 ans, **le bois mort au sol, sur pied ou chablis sera négligé.**

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.

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 m³/ha/an en volume bois fort** (dès l'année 0), donc aboutissant à un volume bois fort de 30 m³/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 m³/ha/an en volume bois fort.**

Pour les projets situés en outre-mer, les valeurs retenues sont celles présentées à l'annexe 11 (colonnes « Stock de CO₂ si colonisation accrus » des tableaux spécifiques à chaque territoire).

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 m³/ha/an en volume bois fort** (dès l'année 0) sera appliquée, aboutissant à un volume bois fort de 30 m³/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 m³/ha/an en volume bois fort.**

Pour une les projets situés en outre-mer, les valeurs retenues sont celles présentées à l'annexe 11 (colonnes « Stock de CO₂ si colonisation accrus » des tableaux spécifiques à chaque territoire).

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 accrues car le propriétaire fait le choix de ne pas reboiser en l'absence de projet carbone. À l'instar des deux autres situations et en l'absence de données plus précises, les accroissements de colonisation post-tempête et post-incendie susmentionnés seront repris pour caractériser le scénario de référence.

Par défaut, l'essence de colonisation naturelle du scénario de référence sera l'essence majoritaire du précédent peuplement avant dépérissement intense. Le porteur de projet pourra cependant sélectionner une essence de recolonisation qui n'est pas l'ancienne essence majoritaire, s'il constate que l'essence de recolonisation présente sur sa parcelle diffère de l'ancienne essence majoritaire.

Pour une les projets situés en outre-mer, les valeurs retenues sont celles présentées à l'annexe 11 (colonnes « Stock de CO₂ si colonisation accrues » des tableaux spécifiques à chaque territoire).

7.2.4. Plantations en échec

Le scénario de référence d'une plantation en échec est une colonisation naturelle par des accrues venant s'ajouter aux quelques plants ayant survécu. En l'absence de données spécifiques aux plantations en échec, les accroissements de colonisation post-tempête et post-incendie susmentionnés seront repris pour caractériser le scénario de référence.

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

7.3.1. Les essences à quantifier obligatoirement en utilisant des tables de production françaises

Pour toutes les essences listées dans le tableau 7, le porteur de projet devra utiliser les tables de production proposées par l'ONF (Fournier *et al.*, 2022). Aucune autre table de production produite par l'ONF ne pourra être utilisée pour ces essences.

Dans la plupart des cas, les tables de production de l'ONF seront utilisées pour des projets situés en dehors des aires géographiques de validité des tables. Il conviendra par exemple d'utiliser les tables de production de l'ONF du pin laricio (valides pour les Plaines centrales et du Nord de la France) pour un projet situé dans le Sud-Ouest ou dans les Alpes. Le porteur de projet se référera à la dernière colonne du tableau 7 pour connaître la zone géographique pour laquelle l'utilisation des tables de production ONF est rendue obligatoire. Pour les zones manquantes, il conviendra de se référer à l'annexe 12. Par exemple, la table de production du hêtre construite dans les Pyrénées est rendue obligatoire pour les projets situés dans les Pyrénées uniquement. Pour un projet situé dans le Nord de la France, on pourra utiliser les tables hollandaises du hêtre ou les tables britanniques du hêtre comme l'impose l'annexe 12.

Essence	Aire géographique de validité telle que définie par l'ONF	Applicabilité
Cèdre de l'Atlas	France	France entière
Chêne sessile ⁴⁵	Nord-Est de la France	Nord-Est ⁴⁶

⁴⁵ Pour le chêne sessile hors Bassin de la Loire et hors Nord Est, se référer à l'annexe 12.

⁴⁶ Le Nord-Est correspond ici aux départements suivants : Ain (01), Aisne (02), Ardennes (08), Aube (10), Côte-d'Or (21), Doubs (25), Jura (39), Marne (51), Haute-Marne (52), Meurthe-et-Moselle (54), Meuse (55), Moselle (57), Nord (59), Bas-Rhin (67), Haut-Rhin (68), Haute-Saône (70), Saône-et-Loire (71), Vosges (88), Yonne (89) et Territoire-de-Belfort (90).

	Bassin ligérien ⁴⁷	Bassin de la Loire ⁴⁸
Chêne pédonculé ⁴⁹	Nord-Est de la France	Nord-Est
Douglas	France	France entière
Epicéa commun	Jura	France entière
Hêtre	<i>Nord-Atlantique*</i>	-
	<i>Nord-Est de la France*</i>	-
	Pyrénées	Pyrénées ⁵⁰
Pin d'Alep	Méditerranée	France entière
Pin laricio de Corse Pin laricio de Calabre	Plaines centrales et du Nord de la France	France entière
Pin maritime	<i>Forêts littorales atlantiques dunaires*</i>	-
	Landes de Gascogne	Landes de Gascogne ⁵¹
	Plaines centrales et du Nord de la France	France entière (hors Landes de Gascogne)
Pin noir d'Autriche	Alpes du Sud	France entière
Pin sylvestre	Plaines centrales et du Nord de la France	France entière (hors Alpes du Sud)
	Alpes du Sud	Alpes du Sud ⁵²
Sapin pectiné	Jura	France entière (hors Alpes du Sud)
	Alpes du Sud	Alpes du Sud

TABLEAU 7. — Liste des essences pour lequel l'utilisation des modèles ONF⁵³ pour la quantification carbone est obligatoire à tout le moins pour les aires géographiques précisées (*guides disponibles après 2024).

7.3.2. Les autres essences à quantifier à partir de l'annexe 12

Le tableau 7 ne répertorie que treize essences couramment plantées en France (essentiellement résineuses), il ne suffit pas à quantifier toutes les essences utilisées dans les projets carbone en France. Une étude menée par l'IDF (Figueres, 2024) a permis de tester plusieurs équivalences d'essences en croisant des tables de production de ces essences ou de leur équivalence avec les relevés de l'inventaire forestier national de l'IGN. Les résultats de ces travaux sont en annexe 12 et présentés sous la forme d'un tableau d'équivalences.

⁴⁷ En présence d'une mauvaise fertilité, prendre la fertilité 3 des tables britanniques du chêne de la Forestry Commission car cette table de production ne comporte que deux classes de fertilité.

⁴⁸ Le Bassin de la Loire correspond ici aux départements suivants : Cher (18), Eure-et-Loir (28), Ille-et-Vilaine (35), Indre (36), Indre-et-Loire (37), Loir-et-Cher (41), Loire-Atlantique (44), Loiret (45), Maine-et-Loire (49), Mayenne (53), Nièvre (58), Orne (61), Sarthe (72), Deux-Sèvres (79), Vendée (85), Vienne (86), Seine-et-Marne (77), Yvelines (78), Essonne (91), Hauts-de-Seine (92), Seine-Saint-Denis (93) et Val-de-Marne (94).

⁴⁹ Pour le chêne pédonculé (hors Nord Est), se référer à l'annexe 12. En présence d'une mauvaise fertilité, prendre la fertilité 3 des tables britanniques du chêne de la Forestry Commission car cette table de production ne comporte que deux classes de fertilité.

⁵⁰ Cette table peut être aussi utilisée en dehors des Pyrénées sur des massifs présentant des conditions de croissance similaires à celles rencontrées dans les Pyrénées, sinon se référer à l'annexe 12.

⁵¹ Les Landes de Gascogne correspondent à ce qui est communément appelé « triangle landais ».

⁵² Les Alpes du Sud correspondent ici aux départements suivants : Alpes-de-Haute-Provence (04), Hautes-Alpes (05), Alpes-Maritimes (06) et Vaucluse (84).

⁵³ <https://annforsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13595-022-01171-7>

Par exemple, pour le hêtre (pour un projet situé en dehors Pyrénées), il conviendra de réaliser les quantifications du carbone en utilisant les tables de production britanniques du hêtre ou les tables de production hollandaises du hêtre. Parfois, ces équivalences peuvent se faire avec les tables de production d'autres essences : les tables britanniques de l'érable sycomore serviront à quantifier le châtaignier par exemple.

NB : Le tableau de l'annexe 12 ne prétend pas être exhaustif. Il existe des essences pour lesquelles le tableau précise « aucune équivalence avec une autre essence » ; autrement dit, le porteur de projet ne pourra pas *a priori* quantifier ces essences. Toutefois, s'il s'avérait qu'une table de production pour cette essence existait (et n'a pas été mentionnée dans le tableau) ou serait amenée à être publiée dans le futur, le porteur de projet pourra l'utiliser. Par exemple, si une table de production du chêne vert est publiée après l'agrément de la présente version de la méthode, le porteur de projet pourra l'utiliser bien qu'en 2024 aucune table de production pour cette essence n'avait été validée en France.

7.3.3. Les essences absentes ou sans équivalence dans l'annexe 12

Cette partie traite des essences qui n'ont pas de tables de production ou pour lesquelles aucune essence équivalente n'a été identifiée dans l'annexe 12.

En effet, pour certaines essences, il n'existe pas de tables de production : essences peu introduites en France, essences ne présentant pas d'intérêt pour la production de bois, essences d'accompagnement ou de diversification...

Le porteur de projet pourra alors utiliser des données issues de la littérature forestière ou scientifique ou encore de données d'expérimentations mais il devra fournir un **document 5** dans lequel il détaillera les données de production utilisées pour sa construction de table. Ces données pourront provenir de :

- 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 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...) ;
- Pour le contexte des départements d'outre-mer où il n'existe pas forcément de tables de production, la méthodologie de Poorter *et al.* (2016) peut être utilisée afin de baser l'évaluation locale en fonction de la valeur de référence en forêt naturelle du cortège d'espèces retenu. Les valeurs à utiliser dans ce cas sont indiquées à l'annexe 11 ;
- De toute autre source pertinente.

Grâce à ces données de la littérature scientifique, le porteur de projet pourra alors construire une équation du type $V = f(\hat{A}ge)$.

L'établissement de volumes totaux pourra éventuellement nécessiter d'avoir recours à des équations allométriques, notamment si les publications ne donnent que des données dendrométriques de type diamètre et hauteur en fonction de l'âge. On se référera alors aux équations fournies par le projet EMERGE (Deleuze *et al.*, 2014) en annexe 13.

Le porteur de projet fera bien attention à saisir dans le calculateur des volumes bois fort.

Les données utilisées par défaut en outre-mer en annexe 11 seront mises à jour selon des travaux en cours conduits par l'ONF, dont les résultats seront publiés sur la page internet dédiée à la méthode sur le site internet du label Bas-Carbone. Une fois publiées, ces données devront être utilisées à la place de celles disponibles en annexe 11.

Pour les projets en outre-mer, si le porteur de projet a des données plus précises que celles en annexe 11, il pourra utiliser l'équation allométrique 21 de Chave *et al.* (2014) pour calculer la biomasse :

$$B_A(n) = 0,0673 \times (\rho \times D^2 \times H)^{0,976} \times d_i$$

Équation 21

7.3.4. Justification de la classe de fertilité

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

- Justifier de la classe de fertilité choisie en fournissant une attestation signée par un professionnel forestier incluant le jugement de ce tiers et les raisons sur lesquelles se base ce jugement. En ce qui concerne le choix de la classe de fertilité, le professionnel s'appuiera sur des hauteurs dominantes mesurées dans des plantations voisines (dont il connaît l'âge) et sur stations similaires pour faire le lien avec les classes de fertilité retenues de la table de production sélectionnée.
- Justifier de la classe de fertilité à l'unité stationnelle et non pas à l'échelle de l'essence. Par exemple si un guide de stations indique que la potentialité de production est « moyenne », le porteur de projet pourra indiquer qu'il quantifie toutes les essences dans des fertilités intermédiaires (moyennes) et il détaillera ainsi les fertilités retenues essence par essence ;
- Opter pour la plus mauvaise classe de fertilité

Cette justification sera détaillée dans le **document 4** « Diagnostic stationnel et climatique et justification des classes de fertilité ».

Certaines tables de production ne donnent qu'une classe de fertilité ; dans ce cas le porteur de projet devra l'indiquer dans le **document 4**.

7.3.5. Le calculateur

Le porteur de projet utilisera le calculateur en ligne (**document 8**) pour effectuer la quantification du carbone du projet.

Toutes les équations listées dans la méthode sont préinscrites dans ce calculateur qui doit être utilisé pour quantifier les réductions d'émissions. Le porteur de projet entrera les valeurs de volumes données par les tables de production retenues. Pour les années non données par la table de production, une régression linéaire est simulée entre les données les plus proches.

De façon à donner une forme « exponentielle » à la croissance forestière lors des premières années précédant le premier volume rentré par le porteur de projet dans le calculateur pour une essence donnée, le calculateur applique l'équation 22 suivante visant à donner une forme « exponentielle » à la courbe des volumes en fonction de l'âge (visible dans l'onglet REE du calculateur) :

$$V_n = \left(\exp \left(\frac{\ln(V_i)}{\hat{Age}_i} \right) \right)^n$$

Équation 22

Avec :

V_i (en m^3/ha) : premier volume fourni par la table de production et entré par le porteur de projet dans le tableau de l'essence à quantifier dans l'onglet « Projet » du calculateur ;

$\hat{A}ge_i$: premier âge fourni par la table de production et entré par le porteur de projet dans le tableau de l'essence à quantifier dans l'onglet « Projet » du calculateur ;

n : années s'écoulant entre l'année de plantation (0) et l'année i (premier âge pour lequel la table fournit des données de volume).

Le porteur de projet devra alors renseigner les volumes des tables de production retenues dans le calculateur afin de simuler la croissance du peuplement sur la révolution, en se basant sur les données de volume et d'éclaircie à chaque année. Dans tous les cas, le porteur de projet respectera la durée de révolution proposée par la table de production.

Lorsqu'il saisira manuellement une table de production dans le calculateur, le porteur de projet fera attention au fait que le calculateur exige de renseigner des volumes bois fort.

Pour les essences dont la croissance est calculée sur la base des tables de production listées dans le tableau 7, les données sont préinscrites dans le calculateur.

Dans tous les cas, et quelle que soit la densité de départ, la quantification carbone se fera au prorata des proportions des essences. Par exemple, pour un projet avec 1 200 plants/ha de chêne, 100 plants/ha de poirier et 100 plants/ha de cormier, le chêne sessile pèsera 85,7 % dans la quantification du carbone (indépendamment du fait qu'il représente la seule essence objectif), le cormier 7,1 % (indépendamment du fait qu'il s'agisse d'une essence de diversification) et les 7,1 % de poirier ne seront pas *a priori* quantifiables (cf. annexe 12) : la quantification portera ainsi dans cet exemple sur 92,9 % des essences.

Pour les tables de production prévoyant une rotation (temps entre chaque éclaircie) trop rapide (par exemple : 5 ans pour les feuillus), le porteur de projet pourra étaler les éclaircies dans le temps en ajoutant le volume non éclairci dans le volume du peuplement à l'année d'éclaircie qui suit. Par exemple : $V(15 \text{ ans}) = 40 \text{ m}^3/ha$ avec une éclaircie prévue dans la table de $10 \text{ m}^3/ha$ et $V(20 \text{ ans}) = 60 \text{ m}^3/ha$. Si le porteur de projet juge irréaliste une éclaircie à 15 ans et souhaite la décaler à 20 ans alors $V(20 \text{ ans}) = 60 + 10 = 70 \text{ m}^3/ha$.

Si le porteur de projet n'a pas accès à certaines tables de production, il pourra faire le choix de ne pas les quantifier.

Le porteur de projet doit renseigner l'année de la première saison de végétation dans le calculateur de calcul des réductions d'émissions. Ainsi le calculateur calcule automatiquement les coefficients de substitution qui seront utilisés pour le calcul en fonction de cette année et des années d'éclaircies.

L'onglet REA du calculateur (**document 8**) donne les valeurs des différentes REA : REA forêt, REA produits bois et REI substitution, ainsi que les REA totales. Pour certaines essences, il est possible que les REA forêt soient négatives, dans le cas d'essences qui auraient une croissance plus lente que la vitesse de colonisation naturelle dans le scénario de référence. Seuls les projets ayant une valeur positive des REA totales seront labellissables.

8. Vérification

8.1. Objectifs et périmètre de la vérification

La vérification indépendante des projets de reboisement vise à évaluer la conformité du projet au regard des éléments transmis à l'autorité compétente ayant conduit à l'attribution du label Bas-carbone. La vérification doit permettre de certifier un nombre de réductions d'émissions et de vérifier les co-bénéfices déclarés.

Tout projet est audité au regard des exigences suivantes :

- 1) pour les conditions d'éligibilité et les calculs, de la version de la méthode indiquée dans la décision de labellisation ;
- 2) pour les conditions d'audit, de la dernière version révisée, à savoir la version 3 ;
- 3) de la réglementation en vigueur, notamment MFR, au moment de la labellisation du projet.

Un projet ne remplissant pas les conditions d'éligibilité à l'audit perd sa labellisation bas-carbone ; aucune REA ne pourra donc être générée par le projet.

L'annexe 14 permet de connaître les règles décrites dans cette partie qui s'appliqueront *de facto* à tous les projets labellisés sous les versions 1 et 2 de la méthode.

Cependant, cette méthode ne cadre que le protocole d'audit qui s'appliquera, rétroactivement, aux projets labellisés sous V1 ou V2 de cette méthode. Le recalcul éventuel lors de l'audit des réductions d'émissions générées par ces projets ne prendra pas en compte les paramètres et données actualisés dans cette méthode, mais reprendra les paramètres et données en vigueur lors de la labellisation initiale de ces projets.

Par exemple, un projet labellisé sous V1 et ayant utilisé une table de production aujourd'hui proscrite sous V3, ne devra pas recalculer ses réductions d'émissions en fonction de la nouvelle table de production en vigueur.

Pour les vérifications de densité, on ne tiendra compte que de la surface réellement boisée. Exemple : un projet de 5 ha contient un reboisement de 4 ha, une mare et des haies sur 1 ha. Ainsi, les calculs de plants vivants ne porteront que sur le reboisement de 4 ha.

8.2. Rapport de suivi

Au moment de la vérification, le porteur de projet ou son mandataire font parvenir à l'auditeur le rapport de suivi qui aura été rempli tout au long des cinq premières années du reboisement. L'auditeur s'appuie sur le rapport de suivi pour préparer la vérification du projet.

Un modèle de rapport de suivi est fourni sur le site internet du label Bas-Carbone.

En cas d'éléments de non-conformité, l'auditeur peut exiger du porteur de projet des corrections à apporter au rapport de suivi ainsi qu'à la quantité de réductions d'émissions.

En complément du rapport de suivi, le porteur de projet doit transmettre le calculateur de réductions d'émissions. Il doit s'assurer que celui-ci est correctement rempli, et le corrige préalablement si nécessaire notamment dans les cas suivants :

- Si le porteur de projet a planté son projet à une date différente que celle prévue au moment du dépôt de dossier, il corrige la date de première saison de végétation qui est utilisée pour calculer les REI ;
- Si le porteur de projet a dû modifier les essences plantées par rapport à celles prévues au moment du dépôt de dossier, du fait d'un problème de disponibilité des plants, **au-delà d'une limite de 20 % des plants**, il corrigera les essences renseignées initialement dans le calculateur et suivra les préconisations de choix de tables de production précisées dans cette méthode. **La mise à jour du calculateur est obligatoire dans ce cas.** En effet, lors de la réalisation du projet (pouvant survenir plusieurs mois ou années après la labellisation), il peut y avoir un problème de disponibilité de plants.

Cette mise à jour sera faite avec le calculateur associé à la méthode version 3 pour tous les projets labellisés sous cette version 3, et pour les projets antérieurs selon la version du calculateur v15/10/2021 associée à la version 2 de la méthode. Quel que soit le projet, les rabais éventuels appliqués seront conservés sur leur valeur indiquée dans le dossier de labellisation.

8.3. Liste des auditeurs

Conformément à la partie IV.A.2, « *le demandeur choisit un auditeur dans la liste fixée dans la méthode applicable à son projet ou répondant aux critères précis définis par elle* ».

Toute personne exerçant les professions suivantes sera *de facto* reconnue comme ayant la **compétence** de réaliser des vérifications de projets de reboisement :

- Auditeur de PEFC ou de FSC accrédité pour la partie gestion durable ;
- Agent spécialisé forêt en cabinet d'audit (notamment les cabinets accrédités sur un standard existant).

Aucun établissement, entreprise ou structure ayant un rôle de concepteur de projets carbone (mandataire) ne pourra réaliser d'audit, afin de se prémunir de tout risque de non indépendance.

Pour préparer son audit, l'auditeur aura accès aux documents ayant fait l'objet de l'instruction par l'autorité quelques années plus tôt.

8.4. Vérification documentaire par un auditeur

Cette vérification documentaire est obligatoire pour tout projet labellisé Bas-Carbone. Elle sera réalisée par un auditeur (cf. liste en partie 8.2), aux frais du porteur de projet. Cette vérification devra être réalisée par le même auditeur que la vérification de terrain.

Les éléments à auditer lors de la vérification documentaire sont listés dans l'annexe 14.

8.4.1. Vérification des conditions d'éligibilité et de l'additionnalité

Conformément à l'arrêté du label Bas-Carbone, « *L'auditeur procède à des vérifications documentaires (examen des factures ou de tout élément justifiant de la réalité des travaux engagés et de l'effectivité des réductions d'émissions)* » (IV.A.3).

Le porteur de projet devra démontrer que le chantier de reboisement a bien été réalisé et que les conditions d'éligibilité du projet ont été respectées. Pour ce faire, il fournira à l'auditeur l'ensemble des preuves documentaires liées à la réalisation des travaux entrepris jusqu'à date de l'audit, *a minima* :

- une attestation de réception des travaux signée de l'entreprise ayant réalisé les travaux de plantation ;
- une copie de la facture d'achat des plants, des semences ou des travaux de plantation ;
- une copie de la facture des travaux d'entretiens ou des regarnis éventuels ;
- une copie de l'agrément ou de la révision du document de gestion durable ;
- toute autre facture ou document jugé pertinent.

L'auditeur contrôlera l'attribution d'aides publiques éventuellement perçues, avant la labellisation et pendant la première année, en veillant à ce qu'elle ne contredise pas la justification de l'additionnalité apportée par le porteur de projet dans le dépôt de son dossier

L'auditeur vérifiera que les seuils de diversification d'essences nécessaires pour valider l'éligibilité du projet ont été respectés. En cas de projet comportant plusieurs tenements, il complètera cette vérification sur le terrain.

En outre, l'auditeur contrôlera, le cas échéant :

- que les éventuels regarnis réalisés ont été faits avec des essences autorisées par l'arrêté MFR régional ;
- qu'il n'y a pas eu de labour en plein (analyse de la facture) ;
- qu'en cas de changement des essences plantées du fait d'un problème de disponibilité des plants, celui-ci concerne moins de 20 % des plants et que les essences choisies étaient bien autorisées dans l'arrêté MFR au moment du regarni.

Les documents fournis par le porteur de projet sont confidentiels et seuls l'auditeur et l'autorité compétente y ont accès.

8.4.2. Vérification des co-bénéfices

L'auditeur vérifiera l'ensemble des co-bénéfices qui ont été déclarés par le porteur de projet :

- **Socio-économique** : sur la base de documents justificatifs pertinents ;
- **Préservation des sols** : sur la base de la facture des travaux et d'un document justifiant de la réalisation d'un diagnostic d'humidité ;
- **Biodiversité** : sur la base des factures du reboisement et d'éventuels regarnis, les pourcentages de diversification et l'autochtonie des essences sont respectées ;
- **Changement climatique** :
 - suivi scientifique : sur la base d'un document justifiant le suivi scientifique ;

- lutte contre l’ozone : par analyse des factures du reboisement et d’éventuels regarnis, l’auditeur vérifiera que les pourcentages d’essences efficaces dans l’élimination de l’ozone sont bien respectés ;
- **Eau** : sur la base d’une cartographie ou de factures permettant de justifier la création de mares ou de ripisylves.

En cas de non atteinte ou de non réalisation de co-bénéfices, les nouveaux pourcentages des co-bénéfices seront modifiés en conséquence par l’auditeur.

8.5. Éléments à auditer sur le terrain quelle que soit la technique de reboisement

Les éléments à auditer lors de la vérification documentaire sont listés dans l’annexe 14.

Bien que cela soit recommandé, il n’est pas obligatoire que le gestionnaire forestier en charge du projet soit présent lors de l’audit.

8.5.1. Vérification des conditions d’éligibilité du projet

Quel que soit le projet, l’auditeur vérifiera que :

- des arbres d’intérêt écologique mentionnés dans le **document 3B** ou le **document 4** ont bien été maintenus ;
- le porteur de projet a respecté les critères d’éligibilité de diversification d’essences par tènement d’un seul tenant ;
- le porteur de projet n’a pas exporté les rémanents ni les souches.

En cas d’IBP obligatoire, l’auditeur vérifiera que :

- le critère A « essences autochtones » de l’IBP n’a pas été dégradé suite au reboisement ;
- que le cumul des notes des critères C, D, E et F n’a pas perdu plus de 3 points par rapport à la note initiale.

De plus, si un labour a été fait sur moins de 50 % de la parcelle, l’auditeur vérifiera que le sol est bien à texture à dominante sableuse.

8.5.2. Vérification de la station

L’auditeur s’assurera que la station identifiée correspond bien à celle qui avait été décrite par le porteur de projet ou son mandataire. Pour cela, il procédera, entre autres, à un ou plusieurs sondages à la tarière pour déterminer la texture et la profondeur du sol. Il vérifiera aussi la correspondance entre la station et la fertilité justifiée dans le document de diagnostic stationnel et de justification des classes de fertilité. Pour cela, il relèvera toutes les informations pertinentes pour l’identification de la station.

S’il juge que la classe de fertilité retenue n’est pas la plus probable, l’auditeur demandera au porteur de projet ou à son mandataire un ajustement de la classe de fertilité et, par conséquent, une correction de la quantification carbone dans le calculateur. **L’auditeur exigera que le calcul des réductions d’émissions soit actualisé sur la base de la classe de fertilité qu’il aura retenue. Si le porteur de projet refuse de faire cette mise à jour, un rabais de 50 % sur le tonnage initial sera appliqué par l’auditeur.** Il détaillera dans son rapport de vérification l’écart éventuel constaté entre la station et la fertilité.

Pour faciliter son travail, l'auditeur aura accès au diagnostic stationnel et à la justification des classes de fertilité ayant fait l'objet de l'instruction par l'autorité quelques années plus tôt.

Cette nouvelle quantification sera faite avec le calculateur associé à la méthode version 3 pour tous les projets labellisés sous cette version 3, et avec le calculateur v15/10/2021 associée à la version 2 pour les projets antérieurs. Quel que soit le projet, il faudra suivre les préconisations de choix de tables de production précisées dans cette version 3 de la méthode. Les rabais éventuels appliqués seront conservés sur leurs valeurs indiquées dans le dossier de labellisation.

La vérification de la station n'est pas nécessaire si les classes de fertilité retenues sont les plus faibles ou s'il n'y a que des classes de fertilité uniques dans les tables de production pour l'ensemble des essences du projet.

En cas d'erreur sur des classes de fertilité, l'auditeur demande au porteur de projet ou à son mandataire de refaire les calculs uniquement sur les essences pour lesquelles les erreurs de classes de fertilité ont été constatées.

8.5.3. Vérification des co-bénéfices

L'auditeur vérifiera l'ensemble des co-bénéfices qui ont été déclarés par le porteur de projet :

- **Préservation des sols** : par passage dans les peuplements, l'auditeur vérifiera qu'il y a eu un broyage partiel, voire une absence de nettoyage ou de broyage ;
- **Biodiversité** : par passage dans les peuplements, l'auditeur vérifiera que la façon dont le mélange est planté est conforme aux co-bénéfices, ou que des bordures feuillues ont bien été créées ;
- **Eau** : par passage dans les peuplements, l'auditeur appréciera la distance des résineux au cours d'eau, et la restauration ou création de milieux.

8.6. Vérification additionnelle de terrain par un auditeur pour un reboisement issu de plantation

Conformément à la partie IV.A.3 de l'arrêté du label Bas-Carbone, « *Si la méthode le prévoit, l'auditeur effectue également une vérification sur place et/ou une vérification par mesure directe des émissions de gaz à effet de serre* ».

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 (partie IV.A.3).**

Elle aura lieu après cinq saisons de végétation 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 la date de la fin du chantier de reboisement, le porteur de projet laissera s'écouler au minimum cinq saisons de végétation (la vérification peut ainsi être réalisée à n+4 : si le projet est boisé en mars 2025, une vérification peut être réalisée en septembre 2029). Le porteur de projet contacte alors l'auditeur de son choix pour faire réaliser les vérifications obligatoires. Une fois les vérifications effectuées, il adresse une demande formelle à l'autorité compétente de se voir reconnaître les réductions d'émissions ; pour ce faire il joint son rapport de suivi et le rapport délivré par l'auditeur.

La vérification de terrain sera réalisée :

- pour les projets majoritairement feuillus et les peupleraies ou noyeraies : à la fin de la cinquième saison de végétation des plants, soit sur les mois d'août à octobre ;
- pour les projets constitués majoritairement résineux : à partir du mois d'août de la cinquième saison de végétation, sans date butoir ;
- pour tout projet majoritairement feuillu ayant fait auditer son projet en retard (c'est-à-dire au-delà de la cinquième saison de végétation) : entre mai et octobre (sur la saison de végétation).

Tout projet pourra faire l'objet d'un regarni à l'issue de la 1^{ère}, de la 2^{ème} ou de la 3^{ème} saison de végétation.

En revanche, les regarnis à l'issue de la 4^{ème} ou de la 5^{ème} saison de végétation seront proscrits (sauf s'ils concernent un nombre de plants supérieur à 50 % de la densité initiale de plantation). Dans le cas d'un regarni supérieur à 50 % des plants initiaux réalisé à l'issue de la 4^{ème} ou de la 5^{ème} saison de végétation, l'audit aura lieu trois saisons de végétation après ce regarni (soit à l'issue de la 7^{ème} ou de la 8^{ème} saison de végétation).

Si le projet a fait l'objet, à l'issue de la n^{ème} saison de végétation, d'un regarni dépassant 50 % du nombre de plants initiaux, alors l'audit devra être décalé de cinq saisons de végétation suivant la saison de végétation n. Par exemple un projet regarni à l'issue de la 2^{ème} saison de végétation à hauteur de 60 % du nombre de plants initiaux ne pourra pas être audité à l'issue de la 5^{ème} saison de végétation mais le sera à partir de la 7^{ème}.

8.6.1. La densité de plants vivants pour les reboisements « classiques »

Cette partie traite de la vérification des reboisements classiques, hors cas particuliers des peupleraies et des noyeraies (traité en 8.6.2.).

Dans tout ce qui suit, la référence est la surface d'un tènement d'un seul tenant. Un projet peut être constitué de plusieurs tènements distants. **Tout tènement devra faire l'objet d'un comptage**, que le projet soit individuel ou collectif.

Pour tout tènement de moins de 4 ha, on optera pour un comptage statistique à 20 %. L'auditeur se positionnera en début de plantation et tirera au sort un chiffre entre 1 et 5. Ce chiffre sera alors le numéro de la première ligne de plantation qu'il auditera. Ensuite, il se décalera de 5 lignes jusqu'à arriver en fin de plantation. Exemple (cf. figure 5) : si l'auditeur tire au sort le chiffre « 3 », il auditera les lignes 3, 8, 13, 18, 23, 28...

Selon la conformation des parcelles et le tirage au sort (exemple de parcelles en longueur), ce comptage statistique peut amener à auditer bien moins de 20 % des plants. Par conséquent, on veillera pour ce type de « petits » projets particuliers à ce que 20 % des plants initialement plantés soient bien audités. Par exemple, pour un reboisement de 0,5 ha avec une densité initiale de 1 250 plants/ha (soit 625 plants), 125 plants (soit 20 %) au minimum devront faire l'objet de la vérification.

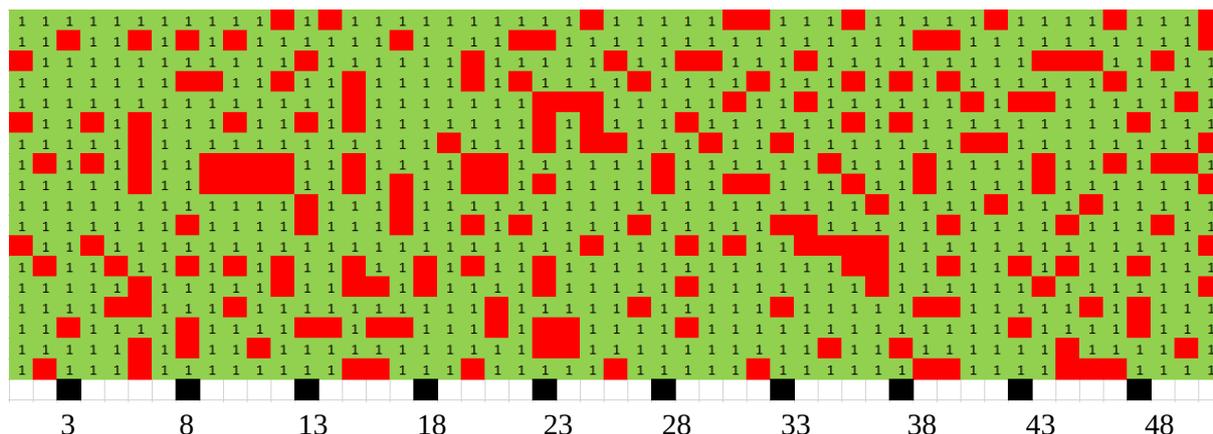


FIGURE 5. — Dispositif de vérification pour des tènements d'un seul tenant de moins de 4 ha. Les cases vertes représentent les plants vivants et les cases rouges les plants morts ou absents.

Pour tout tènement supérieur à 4 ha, on optera pour un comptage statistique à 10 %. L'auditeur se positionnera en début de plantation et tirera au sort un chiffre entre 1 et 10. Ce chiffre sera alors le numéro de la première ligne de plantation qu'il auditera. Ensuite, il se décalera de 10 lignes jusqu'à arriver en fin de plantation. Exemple : si l'auditeur tire au sort le chiffre « 7 », il auditera les lignes 7, 17, 27, 37, 47, 57...

NB : pour les projets en dessous des seuils de densité à atteindre au bout des cinq saisons de végétation, les essences issues de recru naturel présentes sur les lignes auditées pourront être comptabilisées dans l'inventaire, jusqu'à une part de 20 % du seuil à atteindre. Exemple : une plantation sous les 900 plants vivants/ha au bout de cinq saisons de végétation pourra comptabiliser jusqu'à 180 accrus/ha (20 % de 900) pour calculer le nombre de plants vivants au bout de 5 ans.

Selon le contexte de terrain, l'auditeur peut être plus exigeant sur les taux d'échantillonnage susmentionnés (en faisant du taux d'échantillonnage à 20 % pour un projet de 5 ha par exemple ou en choisissant de faire une vérification en plein pour un petit projet de 1 ha par exemple).

8.6.2. La densité de plants vivants pour les peupleraies et noyeraies

Pour les peuplements à densité très lâche (peupleraies et noyeraies notamment), l'auditeur fera un inventaire en plein, quelle que soit la taille du projet à auditer. Il comptabilisera les arbres vivants et les arbres morts ou manquants.

Dans le cas d'un projet composé d'un peuplement « classique » et d'une partie en peuplier ou noyer, l'auditeur auditera le peuplement dit « classique » selon les modalités décrites au titre 8.6.1. et la partie en peuplier ou noyer sera audité en plein.

8.6.3. Calculs à effectuer par l'auditeur

8.6.3.1. Calcul de la densité de plants vivants au bout de cinq saisons de végétation

À l'issue de son inventaire de terrain, l'auditeur calculera un taux de plants vivants pour chaque tènement de reboisement non contigu, en différenciant les peupliers, les noyers et les essences hors arrêté MFR, en appliquant la formule suivante :

$$\tau_v = 100 \times \frac{N_v}{N_v + N_m}$$

Équation 23

Avec :

τ_v : taux d'arbres vivants ;

N_v : nombre de plants vivants ;

N_m : nombre de plants morts ou absents (disparus).

La densité de plants vivants au bout de 5 ans est donnée par l'équation suivante :

$$d_5 = \tau_v \times d_i$$

Équation 24

Avec :

d_5 : densité réelle constatée au bout de 5 saisons de végétation ;

d_i : densité initiale au moment de la plantation.

Si l'auditeur ne retrouve pas dans les factures la densité initiale de plantation, il la calculera directement sur le terrain en constatant l'écart moyen entre les plants sur la ligne et sur l'interligne en utilisant l'équation suivante :

$$d_i = \frac{10\,000}{(L \times l)}$$

Équation 25

Avec :

d_i : densité initiale au moment de la plantation ;

L : distance entre deux lignes de plantations ;

l : distance entre deux plants sur la même ligne.

Une plantation peut être constituée de plusieurs zones de reboisements non contiguës (ou tènements) ; dans ce cas, l'auditeur calculera la densité réelle d_r en ayant préalablement pondéré la densité de chaque tènement par sa surface.

Par exemple : un projet de 10,5 ha est constitué des 3 zones de reboisements non contiguës suivantes :

- la première zone fait 1 ha et l'auditeur a constaté une densité de 930 plants vivants/ha ;
- la deuxième zone fait 3,5 ha et l'auditeur a constaté une densité de 700 plants vivants/ha ;
- la troisième zone fait 6 ha et l'auditeur a constaté une densité de 1 070 plants vivants/ha.

Alors la densité constatée au bout des cinq saisons de végétation sur le projet sera de :

$$d_5 = \frac{1 \times 930 + 3,5 \times 700 + 6 \times 1070}{10,5} = 933 \text{ plants vivants/ha}$$

8.6.3.2. Rabais éventuel à appliquer au projet

Conformément à l'instruction technique DGPE/SDFCB/2016-851⁵⁴ 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 8)**, un projet de

⁵⁴ <https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-2016-851>

reboisement sera considéré comme réussi et conforme à la trajectoire des séquestrations de carbone prévue initialement s'il présente au bout de cinq saisons de végétation une densité de :

- 900 plants vivants/ha pour les essences, 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.

Le tableau 8 suivant indique les dérogations prises régionalement sur certaines essences. Dans ce cas, il convient de prendre en compte les densités listées dans ce tableau (sauf exceptions pour la zone méditerranéenne en Occitanie, PACA et Corse et le cas des départements d'outre-mer).

Région administrative	Essences concernées	Densité minimale à atteindre à 5 ans	Date arrêté préfectoral
Auvergne-Rhône-Alpes	-	-	2 janvier 2024
Bourgogne-Franche-Comté	Futaies de peupliers et noyers installés à densité définitive	150 plants/ha	24 juillet 2023
Bretagne	Hêtre, chêne sessile, chêne pédonculé	1 100 plants/ha	6 décembre 2021
	Peupliers cultivars	120 plants/ha	
	Autres feuillus, résineux	700 plants/ha	
Centre-Val de Loire	-	-	22 février 2021
Corse	-	-	<i>Aucun arrêté</i>
Grand Est	-	-	4 juillet 2023 modifiant l'arrêté du 15 janvier 2021
Hauts-de-France	Hêtre, chênes (sessile, pédonculé, pubescent), tous les résineux	900 plants/ha d'essences objectif	5 mars 2021
	Autres feuillus à densité non définitive, dont érables, chêne rouge, merisier, noyer, sorbier, tilleul, châtaignier	800 plants/ha	
Île-de-France	-	-	15 juillet 2019
Normandie	Hêtre, chêne sessile, chêne pédonculé, chêne pubescent, tous les résineux	900 plants/ha	14 février 2024 modifiant l'arrêté du 10 mai 2021
	Autres feuillus	800 plants/ha	
Nouvelle Aquitaine	-	-	27 octobre 2023
Occitanie	Toutes les essences hors feuillus précieux, noyers, peupliers et clones de merisiers	Pente < 30 % : 900 plants/ha (675 en GRECO J) Pente entre 30 et 50 % : 800 plants/ha (675 en GRECO J)	3 novembre 2023 modifiant l'arrêté du 30 décembre 2020

		Pente > 50 % : 700 plants/ha (675 en GRECO J)	
	Feuillus précieux	Pente < 30 % : 800 plants/ha (675 en GRECO J) Pente entre 30 et 50 % : 600 plants/ha (550 en GRECO J) Pente > 50 % : 500 plants/ha (450 en GRECO J)	
	Noyers, peupliers, clones de merisier installés à densité définitive	Pente < 30 % : 130 plants/ha (110 en GRECO J) Pente entre 30 et 50 % : 110 plants/ha (100 en GRECO J) Pente > 50 % : 100 plants/ha (90 en GRECO J)	
PACA	Essences objectif	900 plants/ha (675 plants/ha en GRECO J)	14 septembre 2022
	Feuillus précieux	800 plants/ha (550 plants/ha en GRECO J)	
	Futaies de peupliers, noyers et clones de merisier installées à densité définitive	130 plants/ha (110 plants/ha en GRECO J)	
Pays-de-La-Loire	-	-	27 novembre 2020

TABLEAU 8. — 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 reboisement.

Au vu d’une disponibilité en eau plus faible en Méditerranée qu’ailleurs en France et de pratiques de reboisement à plus faible densité, du fait des différences entre les arrêtés de la DRAAF Occitanie sur la GRECO J « Méditerranée » et de la DRAAF PACA, de la complexité du système proposé en Occitanie (densités dépendant des pentes et ne prenant pas suffisamment en compte la plus faible densité des plantations en contexte méditerranéen), et de l’absence d’arrêté MFR en Corse, par souci d’homogénéisation sur la zone méditerranéenne, la densité de plants à atteindre au bout de 5 ans sera fixée à 675 plants/ha pour les GRECO J et K (zone méditerranéenne) quelle que soit l’essence (hors noyers, peupliers et clones, de merisiers installés à densité définitive où il conviendra de respecter les arrêtés MFR en vigueur).

Pour les plantations de peupliers et noyers à densité définitive en Corse, la densité objectif à atteindre est fixée à 110 plants/ha.

En l’absence d’arrêtés MFR pour les départements d’outre-mer, du fait de densités de plantation plus élevées en général en forêt tropicale qu’en forêt métropolitaine, un reboisement sera considéré comme réussi au bout de cinq saisons de végétation s’il présente une densité de 1 100 plants/ha.

Pour les projets qui associent des feuillus précieux avec d’autres essences, l’objectif cible à atteindre sera la densité la plus exigeante des deux. Exemple : une plantation associant 60 % de feuillus précieux

(avec un objectif de 800 plants vivants/ha) et 40 % de hêtre (avec un objectif à 900 plants vivants/ha) devra présenter une densité de 900 plants vivants/ha.

Un reboisement associant des essences « classiques » et une partie en peuplier sera audité au regard des deux densités différentes cibles à 5 ans. Exemple : une plantation associant 60 % de feuillus (avec un objectif de 900 plants vivants/ha) et 40 % de peuplier (avec un objectif à 130 plants vivants/ha) devra présenter une densité de 900 plants vivants/ha pour les feuillus et de 130 plants vivants/ha pour les peupliers.

Pour les projets intégrant une partie expérimentale avec des essences hors arrêté MFR, celles-ci seront tenues de présenter à n+5 une densité de 800 plants vivants/ha, densité abaissée à 600 plants vivants/ha pour les parties expérimentales des projets méditerranéens (GRECO J et K).

Cas de non application d'un rabais

Si les densités minimales précitées sont vérifiées au bout des cinq saisons de végétation, le projet sera considéré comme suivant la projection de séquestration du carbone initialement réalisée et **aucun rabais supplémentaire** (par rapport à ceux décrits dans la partie 5) **ne sera appliqué** sur les réductions d'émissions potentiellement générables par le projet.

Cas d'application d'un rabais

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 nombre de réductions d'émissions certifiées cinq ans plus tôt au prorata de ces densités minimales, défini par l'équation 26 :

Rabais vérification

$$\begin{aligned}
 &= \frac{d_{5,diverses} - d_{r,diverses}}{d_{5,diverses}} \times 100 \times \frac{S_{diverses}}{S} \\
 &+ \frac{d_{5,peupliers/noyers} - d_{r,peupliers/noyers}}{d_{5,peupliers/noyers}} \times 100 \times \frac{S_{peupliers/noyers}}{S} \\
 &+ \frac{d_{5,hors\ MFR} - d_{r,hors\ MFR}}{d_{5,hors\ MFR}} \times 100 \times \frac{S_{hors\ MFR}}{S}
 \end{aligned}$$

Équation 26

Avec :

$d_{5,diverses}$: densité minimale à atteindre, pour toutes les essences hors peupliers et noyers et hors essences hors arrêté MFR, au bout de cinq ans pour considérer le reboisement comme réussi ;

$d_{r,diverses}$: densité réelle observée de toutes les essences hors peupliers et noyers et hors essences hors arrêté MFR par le vérificateur au bout de 5 ans ;

$d_{5,peupliers/noyers}$: densité minimale à atteindre, pour les peupliers et noyers, au bout de cinq ans pour considérer le reboisement comme réussi ;

$d_{r,peupliers/noyers}$: densité réelle observée des peupliers et noyers par le vérificateur au bout de 5 ans ;

$d_{5,hors\ MFR}$: densité minimale à atteindre, pour les essences hors arrêté MFR, au bout de cinq ans pour considérer le reboisement comme réussi ;

$d_{r,hors\ MFR}$: densité réelle observée des essences hors arrêté MFR par le vérificateur au bout de 5 ans ;

$S_{diverses}$: surface couverte par toutes les essences, hors peupliers, noyers et essences hors arrêtés MFR, plantés au début du projet ;

$S_{\text{peupliers/nyers}}$: surface couverte par les peupliers et noyers plantés au début du projet ;

$S_{\text{hors MFR}}$: surface couverte par les essences hors arrêté MFR plantées au début du projet ;

S : surface totale plantée au début du projet.

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

NB : Il n'y aura pas de rabais complémentaire à appliquer si le risque d'incendie est modifié en cours de projet.

8.7. Vérification additionnelle de terrain par un auditeur pour un reboisement issu de semis

Pour les reboisements réalisés par semis, la densité de graines (pins et feuillus) est très importante ; elle ne se prête donc pas à un contrôle de densité (les densités sont très nettement supérieures à 3 000 plants/ha). Par conséquent, pour les plantations par semis, il n'est pas jugé utile de contrôler la densité de plants au moment de la vérification.

Pour les pins, le premier dépressage enlevant entre 2/3 et 3/4 des plants est une opération importante qui garantit la pérennité de la future futaie. Par conséquent, l'audit interviendra après ce dépressage, survenant généralement à la 3^{ème} ou 4^{ème} année de végétation. La vérification se fera comme pour les plantations à la cinquième saison de végétation. L'auditeur contrôlera de façon aléatoire plusieurs lignes de plantation et vérifiera que le dépressage a bien été effectué.

Pour les feuillus, on optera pour un comptage statistique à 20 %. L'auditeur se positionnera en début du reboisement et tirera au sort un chiffre entre 1 et 5. Ce chiffre sera alors le numéro de la première ligne de semis qu'il auditera. Ensuite, il se décalera de 5 lignes jusqu'à arriver en fin de plantation. Exemple (cf. figure 6) : si l'auditeur tire au sort le chiffre « 2 », il auditera les lignes 2, 7, 12, 17, 22, 27... Sur chaque ligne, l'auditeur fera un calcul du nombre de chênes vivants sur une longueur de 20 mètres puis il se décalera sur la ligne suivante pour auditer une longueur de 20 mètres... De façon à ce que les bandes de 20 mètres ne soient pas toutes localisées au même endroit, l'auditeur se décalera à chaque fois de 20 mètres sur la ligne suivante, comme sur la figure 6.

S'il y a une moyenne de 10 feuillus vivants par ligne pour l'ensemble du projet, le reboisement sera considéré comme réussi.

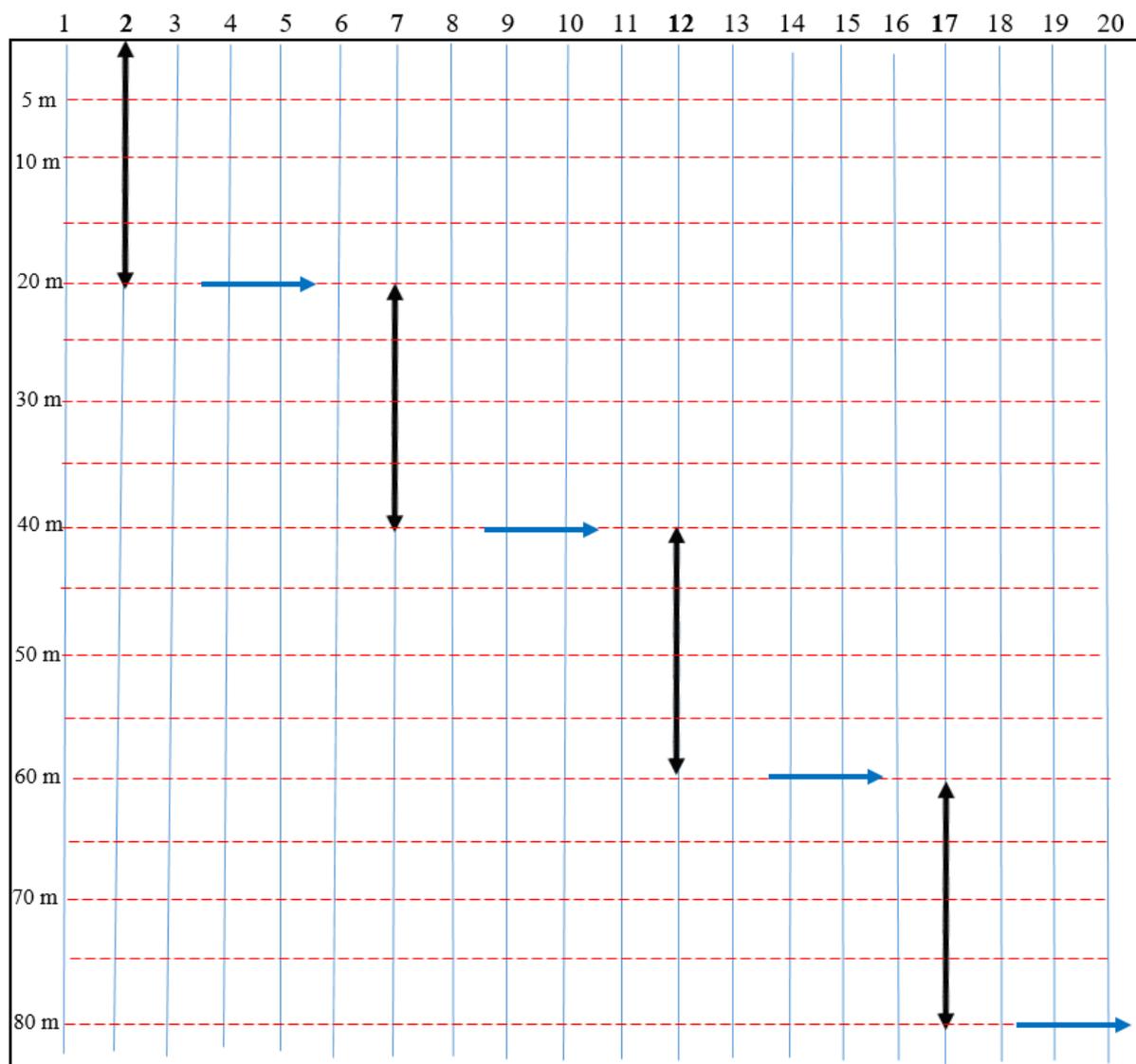


FIGURE 6. — *Modèle d'échantillonnage pour la vérification d'un reboisement en feuillus réalisé par semis. Le déplacement se fait en « escalier » avec un comptage sur des échantillons de 20 mètres de long (traits en noir)*

8.8. Vérification supplémentaire de terrain par un auditeur pour un reboisement par placeaux

Les projets plantés par placeaux seront audités selon les mêmes modalités des projets plantés en plein ; leur réussite sera évaluée quant aux densités à n+5 mentionnées en partie 8.6.3.2.

De fait, les placeaux constitués initialement de 16 plants devront présenter un minimum de 12 plants/ha vivants et ceux de 9 plants un minimum de 7 plants vivants/ha.

L'auditeur concentrera sa vérification de terrain sur les placeaux. Le recru présent dans les placeaux pourra être comptabilisé à hauteur de 3 plants maximum si le placeau était constitué initialement de 16 plants et de 2 plants maximum si le placeau était constitué initialement de 9 plants.

Pour un projet constitué initialement de placeaux de 16 plants, l'auditeur fera une vérification avec un échantillonnage de 20 % soit 15 placeaux/ha.

Pour un projet constitué initialement de placeaux de 9 plants, l'auditeur fera une vérification avec un échantillonnage de 20 % soit 25 placeaux/ha.

8.9. Livrables de l'auditeur

Le porteur de projet ou son mandataire pourront participer à la vérification de terrain pour faciliter le déplacement de l'auditeur.

Comme prévu par l'arrêté du label bas carbone (IV.A.4.), « *L'auditeur rédige ensuite un rapport de vérification, indiquant si les réductions indiquées ont bien été effectuées et si le rapport de suivi est conforme au projet, à la méthode et aux dispositions du présent arrêté. Le cas échéant, le rapport de vérification recense les éléments de non-conformité et indique en conséquence les corrections à apporter au rapport de suivi et à la quantité de réductions d'émissions que l'auditeur propose d'affecter au projet. En cas de non-conformité, celle-ci peut être inférieure à la quantité demandée par le porteur de projet ou le mandataire, voire être nulle.* »

L'auditeur remplira le modèle de rapport de vérification disponible sur le site internet du label Bas-Carbone) puis le transmettra ensuite au porteur de projet ou à son mandataire et le déposera sur le registre du Label Bas-Carbone. Le rapport de vérification mentionnera *a minima* :

- La référence et le nom du projet labellisé ;
- L'identité de l'auditeur et son statut (organisme, compétences) ;
- La date de la vérification ;
- Les parties et personnes consultées ;
- La méthodologie de contrôle (taux d'échantillonnage par tènement) ;
- Le niveau de conformité de chacun des critères évalués, et notamment les essences plantées et leur répartition, les co-bénéfices, le total de réductions d'émissions vérifiées résultant des paramètres audités et des éventuels rabais appliqués ;
- Le retrait éventuel de la labellisation bas-carbone à imputer au projet en cas de non-respect de critères d'éligibilité ;
- Les résultats par tènement (zone d'un seul tenant de reboisement) audité ;
- La source des écarts observés ;
- La valeur du rabais éventuel à appliquer après constatation d'une densité inférieure au minimum requis et les REA à faire certifier suite aux éventuels recalculs effectués par le mandataire ;
- Les conclusions en matière de valorisation des co-bénéfices.

En cas de densité inférieure à la densité minimale requise, l'auditeur indiquera dans le rapport de vérification la raison s'il est en mesure de la documenter : négligence du propriétaire, dégagements prévus mais non réalisés, protections gibier prévues dans les devis mais non posées, problème climatique, faible pluviométrie printanière ou estivale lors d'une ou plusieurs années...

8.10. Vérification supplémentaire pour une conversion ex-post des crédits

Il est possible pour un porteur de projet d'effectuer a minima un audit supplémentaire pour convertir ses précédentes REA ex-ante en crédits ex-post.

Les audits de conversion pourront être effectués 5, 10, 15, 20, 25 et/ou 30 ans après le démarrage du projet, à chaque fois à l'issue de la saison de végétation. Ils permettront une conversion des REA ex-ante en REA ex-post sur au pro rata de la période écoulée par rapport à la durée de 30 ans. Ainsi, seul

l'audit à l'issue de la 30^{ème} saison de végétation permet de convertir l'ensemble des REA ex-ante en crédits ex-post.

Tout audit devra être effectué en suivant les mêmes règles de vérification qu'explicitées dans les parties ci-dessus.

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

Le tableau 9 ci-après récapitule les rabais applicables dans la méthode reboisement, en indiquant leur applicabilité ainsi que la valeur correspondante.

N° rabais	Type de rabais	Applicabilité	Valeur
Rabais₁	Analyse économique de l'additionnalité	Uniquement si non démonstration	- 40 %
Rabais₂	Risques naturels et sanitaires difficilement maîtrisables	Obligatoire	- 10 % en France métropolitaine et Guyane - 20 % en Guadeloupe, en Martinique, à Mayotte et à la Réunion
Rabais₃	Risque incendie	Uniquement dans les départements concernés	De 0 à - 15 %
Rabais₄	Risque de déboisement	Uniquement à Mayotte	- 10 %
Rabais₅	Vérification additionnelle de terrain (à n+5) : densité à n+5	Uniquement si densité inférieure aux seuils prévus	À calculer, non fixé
Rabais₆	Refus de refaire les calculs de quantification carbone suite à une incohérence constatée sur la fertilité de la station lors de la vérification	Uniquement si avéré	- 50 %

TABLEAU 9. — Liste des rabais applicables.

Les quatre premiers rabais déterminent dès le début du projet le nombre de réductions d'émissions générables au moment de la labellisation bas-carbone du projet. L'accord de gré à gré sur un prix de la tonne de CO₂ doit se faire sur les REA générables (forêt + produits bois + substitution), calculables par les équations 27 après application de tous les rabais :

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

Équation 27a

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

Équation 27b

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

Équation 27c

La somme des RE des équations 27a, 27b et 27c donne des réductions d'émissions anticipées REA (cf. équation 15).

Par voie de conséquence, après la vérification additionnelle de terrain, lors de la remise du rapport de suivi, et après nouvelle quantification le cas échéant, le nombre de **réductions d'émissions générées** se calcule avec l'équation 28 après application du rabais de la vérification (Rabais₆, à calculer selon l'équation 26) :

$$REA_{g\acute{e}n\acute{e}r\acute{e}es} = REA_{g\acute{e}n\acute{e}r\acute{a}bles} \times (1 - Rabais_5) \times (1 - Rabais_6)$$

Équation 28

10. Bilan des éléments à fournir

Le tableau 10 liste les pièces à fournir lors de la demande de labellisation pour justifier son éligibilité quel que soit le projet.

NB : dans le cas d'indivisions, les documents 0 et 9 seront signés par tous les propriétaires (nu-propriétaires et usufruitiers le cas échéant), sauf s'il est produit un document 10 « Pouvoir » qui mandate un des membres de l'indivision à représenter et à signer les documents 0 et 9 pour l'indivision. Ce document 10 devra alors être signé de l'ensemble des indivisaires. Dans le cas d'une société civile (GF, GFA, GFR, EARL...), ce document 10 sera un Kbis permettant de s'assurer que la personne signataire des documents 0 et 9 agit bien comme gérant de la société et est donc bien habilitée à porter le projet.

Document	Forêts privées	Forêts des collectivités	Forêts de l'État
Si mandat [LE CAS ÉCHÉANT] <i>[document 0]</i>	Courrier attestant que le mandataire ou l'intermédiaire est bien habilité à déposer le projet pour le compte du propriétaire	Courrier attestant que le mandataire ou l'intermédiaire est bien habilité à déposer le projet pour le compte du propriétaire	Courrier attestant que le mandataire ou l'intermédiaire est bien habilité à déposer le projet pour le compte du propriétaire
Attestation de propriété [OBLIGATOIRE] <i>[document 1]</i>	Matrice cadastrale ou acte notarié ou extrait de logiciel de cadastre, ou document prouvant la maîtrise foncière sur une durée au moins égale à celle du projet	Matrice cadastrale ou acte notarié ou extrait de logiciel de cadastre	Matrice cadastrale ou acte notarié ou extrait de logiciel de cadastre
État actuel des parcelles [OBLIGATOIRE] <i>[document 2A]</i>	Photographie aérienne ou satellitaire la plus récente des parcelles	Photographie aérienne ou satellitaire la plus récente des parcelles	Photographie aérienne ou satellitaire la plus récente des parcelles
Photographies in situ [OBLIGATOIRE] <i>[document 2B]</i>	Photographies actuelles datées et localisées montrant les parcelles après passage de la tempête, de l'incendie ou montrant le dépérissement intense (4 a minima)	Photographies actuelles datées et localisées montrant les parcelles après passage de la tempête, de l'incendie ou montrant le dépérissement intense (4 a minima)	Photographies actuelles datées et localisées montrant les parcelles après passage de la tempête, de l'incendie ou montrant le dépérissement intense (4 a minima)
État passé des parcelles [FACULTATIF] <i>[document 2C]</i>	Photographie aérienne permettant de localiser le dépérissement ou le sinistre, différente du document 2A	Photographie aérienne permettant de localiser le dépérissement ou le sinistre, différente du document 2A	Photographie aérienne permettant de localiser le dépérissement ou le sinistre, différente du document 2A
Accusé de réception de dépôt d'un document de gestion durable ou décision d'agrément [FACULTATIF] <i>[document 2D]</i>	Accusé de réception de la part de la délégation régionale du CNPF du document de gestion durable ou de son avenant ou, le cas échéant, copie de la décision d'agrément du document de gestion durable	-	-
Justification de non régénération après incendie [LE CAS ÉCHÉANT] <i>[document 3A]</i>	Justification du nombre d'années de suivi post-incendie et de l'absence de régénération naturelle post-incendie	Justification du nombre d'années de suivi post-incendie et de l'absence de régénération naturelle post-incendie	Justification du nombre d'années de suivi post-incendie et de l'absence de régénération naturelle post-incendie

Tempête/neige [LE CAS ÉCHÉANT] <i>[document 3A]</i>	Attestation d'un professionnel forestier	Attestation d'un professionnel forestier	Attestation d'un professionnel forestier
Dépérissement intense [LE CAS ÉCHÉANT] <i>[document 3A]</i>	Diagnostic DEPERIS démontrant que le peuplement est très dépérissant Cas d'une crise sanitaire : attestation et 2 documents justificatifs	Diagnostic DEPERIS démontrant que le peuplement est très dépérissant Cas d'une crise sanitaire : attestation et 2 documents justificatifs	Diagnostic DEPERIS démontrant que le peuplement est très dépérissant Cas d'une crise sanitaire : attestation et 2 documents justificatifs
Jeune plantation en échec pour raison climatique [LE CAS ÉCHÉANT] <i>[document 3A]</i>	Démonstration de mortalité pour raison climatique d'une jeune plantation et justification de l'adéquation à la station des essences initiales	Démonstration de mortalité pour raison climatique d'une jeune plantation et justification de l'adéquation à la station des essences initiales	Démonstration de mortalité pour raison climatique d'une jeune plantation et justification de l'adéquation à la station des essences initiales
Diagnostic IBP [LE CAS ÉCHÉANT] <i>[document 3B]</i>	Pour les projets de plus de 2 ha hors crise sanitaire et incendie, diagnostic IBP et justification de son intégration Ou justification des arbres maintenus post-incendie	Pour les projets de plus de 2 ha hors crise sanitaire et incendie, diagnostic IBP et justification de son intégration Ou justification des arbres maintenus post-incendie	Pour les projets de plus de 2 ha hors crise sanitaire et incendie, diagnostic IBP et justification de son intégration Ou justification des arbres maintenus post-incendie
Justification du recours au labour en bandes [LE CAS ÉCHÉANT] <i>[document 3C]</i>	Justification d'un sol à dominante sableuse et avec remontée de nappe en hiver	Justification d'un sol à dominante sableuse et avec remontée de nappe en hiver	Justification d'un sol à dominante sableuse et avec remontée de nappe en hiver
Diagnostic stationnel et climatique et justification des classes de fertilité [OBLIGATOIRE] <i>[document 4]</i>	Attestation signée par un professionnel justifiant l'adaptation des essences à la station et au climat futur et le choix des classes de fertilité	Attestation signée par l'ONF justifiant l'adaptation des essences à la station et au climat futur et le choix des classes de fertilité	Attestation signée par l'ONF justifiant l'adaptation des essences à la station et au climat futur et le choix des classes de fertilité
Tables de production [OBLIGATOIRE] <i>[document 5]</i>	Copie des tables de production retenues (non nécessaires pour les tables ONF)	Copie des tables de production retenues (non nécessaires pour les tables ONF)	Copie des tables de production retenues (non nécessaires pour les tables ONF)
Co-bénéfices [OBLIGATOIRE] <i>[document 6]</i>	Tableur des co-bénéfices	Tableur des co-bénéfices	Tableur des co-bénéfices
Risque d'incendie [LE CAS ÉCHÉANT] <i>[document 7]</i>	Copie des pages du PDPFCI ou PRDFCI (ou autres documents) si existant	Copie des pages du PDPFCI ou PRDFCI (ou autres documents) si existant	Copie des pages du PDPFCI ou PRDFCI (ou autres documents) si existant
Calcul des REA & Analyse économique [FACULTATIF] <i>[document 8]</i>	Calculateur	Calculateur	Calculateur
Engagements signés [OBLIGATOIRE] <i>[document 9]</i>	Formulaire daté et signé	Formulaire daté et signé	Formulaire daté et signé

Habilitation à signer [LE CAS ÉCHÉANT] <i>[document 10]</i>	Pour une indivision, pouvoir signé de tous les indivisaires Pour une société civile, Kbis	-	-
Coût des travaux à l'hectare [FACULTATIF] <i>[document 11]</i>	Devis	Devis	Devis
Projet dans un DROM sans filière bois [LE CAS ÉCHÉANT] <i>[document 12]</i>	Justification que le projet se situe dans une zone ou un DROM pour lequel il n'y a pas de filière bois et que le projet ne vise pas une récolte de bois	Justification que le projet se situe dans une zone ou un DROM pour lequel il n'y a pas de filière bois et que le projet ne vise pas une récolte de bois	Justification que le projet se situe dans une zone ou un DROM pour lequel il n'y a pas de filière bois et que le projet ne vise pas une récolte de bois
Autorisation du DSF [LE CAS ÉCHÉANT] <i>[document 13]</i>	Autorisation du DSF le cas échéant	Autorisation du DSF le cas échéant	Autorisation du DSF le cas échéant

TABLEAU 10. — *Éléments obligatoires pour être éligible, quel que soit le projet de reboisement.*

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 11. — Note qualitative d'intensité des critères symptomatologiques observés sur les arbres.

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

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

Équation 29

On peut également utiliser l'abaque suivant (tableau 12) 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 12. — Abaque pouvant être attribuée pour donner une note de dépérissement.

Si au moins 40 % 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 comme éligible.

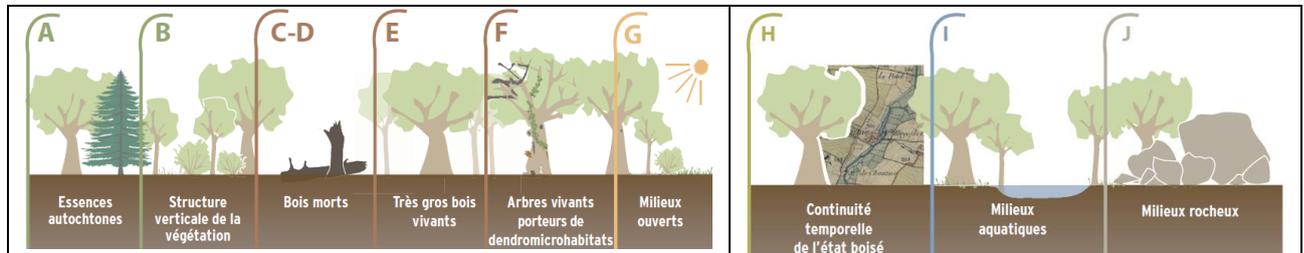
Le tableau 13 ci-après indique le nombre minimal de placettes DEPERIS que le professionnel doit réaliser pour présenter une note finale concaténée du dépérissement à l'échelle du projet.

Type de peuplement dépérissant	Minimum exigé de placettes DEPERIS
Plantation monospécifique d'épicéa scolyté de moins de 5 ha	1 placette minimum
Plantation monospécifique d'épicéa scolyté de 5 à 10 ha	2 placettes minimum
Plantation monospécifique d'épicéa scolyté de 10 à 20 ha	3 placettes minimum
Plantation monospécifique d'épicéa scolyté de plus de 20 ha	4 placettes minimum
Autres peuplements de moins de 4 ha	2 placettes minimum
Autres peuplements de 4 à 10 ha	1 placette pour 2 ha minimum, (soit entre 2 et 5 placettes)
Autres peuplements de plus de 10 ha	1 placette pour 3 ha minimum, (avec un minimum de 5 placettes)

TABLEAU 13. — Nombre de placettes DEPERIS minimal à réaliser selon le type de peuplement dépérissant et sa surface.

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 4^e 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 (dendrométrie...).

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

TABLEAU 14. — Méthode d'inventaire d'IBP en fonction des surfaces.

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 : <https://www.cnpf.fr/realiser-des-relevés-ibp>

Exemple de mélange intraparcellaire feuillus pied à pied :

CHS	CHS	TIL	MER	ERS	ERS	MER
CHS	MER	CORM	CHP	CORM	MER	TIL
CORM	ALT	ERS	CHP	ALT	CHS	ERS
TIL	ERS	MER	ERS	TIL	CHP	CHP
CHÂ	CHÂ	CHP	CHP	MER	ALT	CHÂ
CHP	MER	CHS	CORM	ALT	CORM	CHÂ
ALT	TIL	CHP	CORM	MER	ALT	MER
ERS	CHP	CHÂ	MER	CHP	CHÂ	CHP
ALT	CORM	MER	ERS	TIL	ALT	TIL
TIL	ALT	TIL	CHÂ	ALT	CORM	ERS
ERS	MER	CHÂ	CHÂ	TIL	CHS	MER
ERS	CHP	CHS	MER	CHP	ERS	CORM
TIL	ALT	CORM	ALT	TIL	MER	CHP
CORM	CHS	CHÂ	CHP	CHÂ	ALT	CORM
ALT	TIL	CHÂ	CHÂ	ALT	CHP	CHS
CHÂ	ALT	CHP	MER	CHS	CHÂ	CHP

Annexe 4 : Efficacité de certaines essences dans l'élimination de l'ozone troposphérique

*Annexe rédigée par la DREAL Auvergne-Rhône-Alpes, la DREAL PACA et Pierre Sicard, docteur en chimie atmosphérique

L'ozone troposphérique, un gaz à effet de serre

Dans la stratosphère, l'ozone joue un rôle d'écran naturel et bénéfique vis-à-vis des ultraviolets solaires (UV) dangereux pour la matière vivante (= **bon ozone**). Dans la troposphère (basse couche de l'atmosphère où nous vivons), l'ozone est un polluant (= **mauvais ozone**) produit principalement par la transformation, sous l'effet du rayonnement solaire, des oxydes d'azote (NO_x) et des Composés Organiques Volatils (COV) émis majoritairement par les activités humaines et la végétation (origine biogénique). L'ozone troposphérique (O₃) est le troisième plus important gaz à effet de serre en termes de forçage radiatif (= un quart du pouvoir réchauffant du CO₂) contribuant au changement climatique. Les données horaires d'O₃ de 332 stations de surveillance, réparties en France, ont été analysées sur la période 1999-2012 (Sicard *et al.*, 2016). Pour l'O₃, la région à haut risque est le Sud-Est de la France. Pour protéger la végétation de l'O₃, les normes européennes utilisent actuellement l'AOT40 (*Accumulated Ozone over Threshold* exprimé en ppb heures) un critère basé sur les concentrations en O₃ dans l'air supérieures à 40 ppb (parties par milliard), cumulées sur la période où les stomates sont ouverts (8-20 h) durant la période de croissance pour la végétation (1^{er} mai au 31 juillet) et les forêts (1^{er} avril au 30 septembre). En Europe, une valeur cible de 3 000 ppb heures est recommandée pour la protection de la végétation. Pour la protection des forêts, une valeur cible de 5 000 ppb heures est recommandée.

Les concentrations moyennes annuelles en O₃ les plus élevées sont mesurées en zone rurale et forestière (~ 30-35 ppb), notamment en haute altitude (> 40 ppb), tandis que les concentrations les plus faibles sont enregistrées en zone urbaine (~ 20-25 ppb).

L'O₃ devient un problème sanitaire, affectant la biodiversité, les arbres, le bien-être des citoyens (irritations des muqueuses, problèmes respiratoires et cardiovasculaires, crises d'asthme) et les matériaux.

L'ozone : polluant le plus préoccupant pour la végétation

À ce jour, l'O₃ troposphérique est considéré comme le polluant atmosphérique le plus dommageable en termes d'effets néfastes sur la végétation (Agathokleous *et al.*, 2020). L'O₃ pénètre dans les feuilles, à travers les stomates, et se dégrade instantanément au contact des cellules, entraînant des réactions en chaîne pouvant aboutir à la mort de celles-ci. Les niveaux actuels d'O₃ sont suffisamment élevés pour affecter les arbres en induisant des nécroses foliaires (taches de couleur jaune), une chute prématurée des feuilles, une diminution de la teneur en chlorophylle des feuilles (chlorose), une modification de l'ouverture des stomates et donc une réduction du taux d'activité photosynthétique, de la croissance, de la productivité et de la séquestration du carbone, et les prédisposant aux attaques de ravageurs (Sicard et Dalstein-Richier, 2015).

Réduction de la pollution de l'air par les arbres

La végétation facilite le dépôt des matières particulaires et des polluants gazeux sur la surface des feuilles/aiguilles, tronc et branches, et absorbe les polluants gazeux (NO₂, CO₂ et O₃) à travers les stomates des feuilles (Nowak *et al.*, 2018).

La capacité d'élimination (ou d'absorption) des polluants atmosphériques est spécifique à chaque espèce végétale et dépend principalement de la surface foliaire et de la conductance stomatique (vitesse à

laquelle la vapeur d'eau passe au travers les stomates). La dynamique des stomates (ouverture/fermeture) dépend du rayonnement solaire, de la température de l'air, de la teneur en eau du sol et du déficit de pression de vapeur.

Quelles espèces végétales pour réduire les niveaux d'ozone ?

Pour chaque espèce végétale, l'absorption nette d'O₃ (g/arbre/ jour) est estimée de la façon suivante :
 Absorption nette d'O₃ = élimination d'O₃ au travers des stomates (valeur négative) – potentiel de formation d'ozone à partir des COV (valeur positive).

Il faut sélectionner les espèces végétales dont la capacité d'élimination est supérieure au potentiel de formation d'ozone, c'est-à-dire avec une absorption nette < 0 (figure 7, les essences les plus à gauche du graphique).

Les espèces végétales émettant le plus de COV sont les eucalyptus, le robinier, les peupliers, les platanes, les chênes, les saules... Les espèces végétales qui forment le plus d'ozone sont le robinier, les peupliers, les chênes, les pins, les eucalyptus...

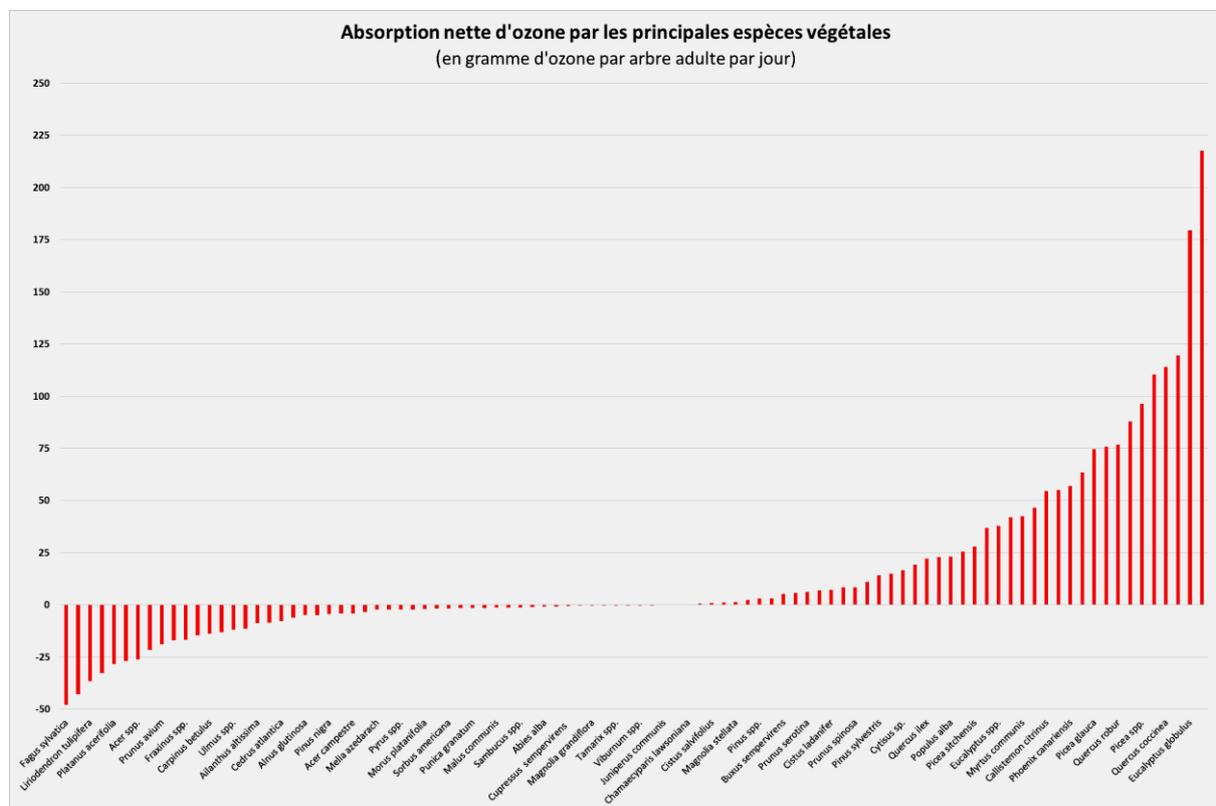


FIGURE 7. — Absorption nette d'ozone (g/arbre/jour) pour quelques espèces végétales. Les essences avec une absorption nette > 0 forment plus d'ozone qu'elles n'en éliminent (essences non recommandées), et à l'inverse, les essences avec une absorption nette < 0 éliminent plus d'ozone qu'elles n'en forment (essences recommandées).

Le tableau 15 ci-dessous répertorie l'efficacité de plusieurs essences dans l'élimination de plusieurs gaz à effet de serre ou polluants : l'ozone (O₃), le dioxyde d'azote (NO₂) et les particules (PM₁₀). Les essences efficaces dans l'élimination de ces gaz à effet de serre ou polluants apparaissent en vert, tandis que les essences moyennement efficaces apparaissent en orange et les essences pas ou peu efficaces en rouge. La dernière colonne du tableau précise la tolérance de l'essence à la pollution à l'ozone : pas ou peu tolérante (rouge), modérément tolérante (orange) et tolérante (vert). Attention, certaines essences citées ne font pas partie des arrêtés préfectoraux régionaux MFR.

Nom scientifique	Essence	O ₃	NO ₂	PM ₁₀	Sensibilité à l'ozone
<i>Abies alba</i>	Sapin blanc				
<i>Acer campestre</i>	Érable champêtre				
<i>Acer monspessulanum</i>	Érable de Montpellier				
<i>Acer platanoides</i>	Érable plane				
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Érable sycomore				
<i>Alnus cordata</i>	Aulne à petites feuilles				
<i>Alnus glutinosa</i>	Aulne glutineux				
<i>Arbutus unedo</i>	Arbousier				
<i>Betula pendula</i>	Bouleau verruqueux				
<i>Calocedrus decurrens</i>	Calocèdre				
<i>Carpinus betulus</i>	Charme				
<i>Castanea sativa</i>	Châtaignier				
<i>Cedrus atlantica</i>	Cèdre de l'Atlas				
<i>Cedrus libani</i>	Cèdre du Liban				
<i>Celtis australis</i>	Micocoulier				
<i>Ceratonia siliqua</i>	Caroubier				
<i>Cercis siliquastrum</i>	Arbre de Judée				
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	Cyprès de Lawson				
<i>Cryptomeria spp.</i>	Cryptomère				
<i>Cupressus sempervirens</i>	Cyprès de Provence				
<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalyptus commun				
<i>Fagus sylvatica</i>	Hêtre				
<i>Fraxinus excelsior</i>	Frêne commun				
<i>Fraxinus ornus</i>	Frêne à fleurs				
<i>Ilex spp.</i>	Houx				
<i>Juglans nigra</i>	Noyer noir				
<i>Juglans regia</i>	Noyer commun				
<i>Larix decidua</i>	Mélèze d'Europe				
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar				
<i>Liriodendron tulipifera</i>	Tulipier de Virginie				
<i>Malus communis</i>	Pommier commun				
<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	Métaséquoia du Sechuan				
<i>Olea europaea</i>	Olivier				
<i>Ostrya carpinifolia</i>	Charme-houblon				
<i>Picea abies</i>	Epicéa commun				
<i>Picea sitchensis</i>	Epicéa de Sitka				
<i>Pinus halepensis</i>	Pin d'Alep				
<i>Pinus nigra</i>	Pin noir				
<i>Pinus pinaster</i>	Pin maritime				
<i>Pinus pinea</i>	Pin parasol				
<i>Pinus radiata</i>	Pin de Monterey				
<i>Pinus strobus</i>	Pin de Weymouth				
<i>Pinus sylvestris</i>	Pin sylvestre				

<i>Pinus taeda</i>	Pin taeda				
<i>Platanus orientalis</i>	Platane d'Orient				
<i>Populus alba</i>	Peuplier blanc				
<i>Populus nigra</i>	Peuplier noir				
<i>Populus tremula</i>	Tremble				
<i>Prunus avium</i>	Merisier				
<i>Prunus dulcis</i>	Amandier				
<i>Prunus spp.</i>	Pruniers				
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Douglas				
<i>Pyrus communis</i>	Poirier commun				
<i>Pyrus malus</i>	Pommier sauvage				
<i>Quercus cerris</i>	Chêne chevelu				
<i>Quercus frainetto</i>	Chêne de Hongrie				
<i>Quercus ilex</i>	Chêne vert				
<i>Quercus palustris</i>	Chêne des marais				
<i>Quercus petraea</i>	Chêne sessile				
<i>Quercus pubescens</i>	Chêne pubescent				
<i>Quercus robur</i>	Chêne pédonculé				
<i>Quercus rubra</i>	Chêne rouge d'Amérique				
<i>Quercus suber</i>	Chêne-liège				
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Robinier faux-acacia				
<i>Salix sp.</i>	Saules				
<i>Sequoia sp.</i>	Séquoias				
<i>Sorbus aria</i>	Alisier blanc				
<i>Sorbus aucuparia</i>	Sorbier des oiseleurs				
<i>Sorbus domestica</i>	Cormier				
<i>Taxus baccata</i>	If				
<i>Thuja spp.</i>	Thuyas				
<i>Tilia cordata</i>	Tilleul à petites feuilles				
<i>Tilia platyphyllos</i>	Tilleul à grandes feuilles				
<i>Ulmus minor</i>	Orme champêtre				

TABLEAU 15. — Liste non exhaustive de quelques essences en termes d'élimination des principaux polluants de l'air et gaz à effet de serre.

Annexe 5 : Source pour identifier l'indigénat d'une essence

Le tableau 16 ci-après liste des essences susceptibles d'être autochtones dans certaines zones de France.

Nom scientifique	Essence	Euforgen	Chorological
<i>Abies alba</i>	Sapin pectiné	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Acer campestre</i>	Erable champêtre	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Acer monspessulanum</i>	Erable de Montpellier	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Acer platanoides</i>	Erable plane	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Erable sycomore	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Marronnier	-	Shapefile
<i>Alnus cordata</i>	Aulne à feuilles en cœur	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Alnus glutinosa</i>	Aulne glutineux	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Alnus incana</i>	Aulne blanc	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Alnus viridis / Alnus alnobetula</i>	Aulne vert	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Arbutus unedo</i>	Arbousier	-	Shapefile
<i>Betula pendula</i>	Bouleau verruqueux	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Betula pubescens</i>	Bouleau pubescent	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Buxus sempervirens</i>	Buis	-	Shapefile
<i>Carpinus betulus</i>	Charme	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Castanea sativa*</i>	Châtaignier	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Celtis australis</i>	Micocoulier	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Cornus mas</i>	Cornouiller mâle	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Cornus sanguinea</i>	Cornouiller sanguin	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Corylus avellana</i>	Noisetier	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Cupressus sempervirens</i>	Cyprès de Provence ou cyprès commun	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Euonymus europaeus</i>	Fusain d'Europe	-	Shapefile
<i>Fagus sylvatica</i>	Hêtre	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Frangula alnus</i>	Bourdaine	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Fraxinus angustifolia</i>	Frêne oxyphille	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Fraxinus excelsior</i>	Frêne commun	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Fraxinus ornus</i>	Frêne à fleurs ou orne	-	Shapefile
<i>Ilex aquifolium</i>	Houx	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Juglans regia*</i>	Noyer commun	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Juniperus communis</i>	Genévrier commun	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Juniperus oxycedrus</i>	Genévrier cade	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Juniperus phoenicea</i>	Genévrier de Phénicie	-	Shapefile
<i>Juniperus thurifera</i>	Genévrier thurifère	-	Shapefile
<i>Larix decidua</i>	Mélèze d'Europe	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Malus sylvestris</i>	Pommier sauvage	Carte + shapefile	-
<i>Olea europaea</i>	Olivier	-	Shapefile
<i>Ostrya carpinifolia</i>	Charme-houblon	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Picea abies</i>	Epicéa commun	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Pinus brutia</i>	Pinu brutia	Carte + shapefile	Shapefile

<i>Pinus cembra</i>	Pin cembro	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Pinus halepensis</i>	Pin d'Alep	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Pinus mugo</i>	Pin mugo ou pin à crochets	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Pinus nigra</i>	Pin laricio de Corse Pin de Salzmann	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Pinus pinaster</i>	Pin maritime	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Pinus pinea</i>	Pin parasol	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Pinus sylvestris</i>	Pin sylvestre	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Populus alba</i>	Peuplier blanc	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Populus nigra</i>	Peuplier noir	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Populus tremula</i>	Tremble	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Prunus avium</i>	Merisier	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Prunus padus</i>	Cerisier à grappes	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Prunus spinosa</i>	Prunellier	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Pyrus pyraeaster</i>		Carte + shapefile	
<i>Quercus cerris</i>	Chêne chevelu	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Quercus coccifera</i>	Chêne kermès	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Quercus ilex</i>	Chêne vert	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Quercus petraea</i>	Chêne sessile	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Quercus pubescens</i>	Chêne pubescent	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Quercus pyrenaica</i>	Chêne tauzin	-	Shapefile
<i>Quercus robur</i>	Chêne pédonculé	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Quercus suber</i>	Chêne-liège	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Salix alba</i>	Saule blanc	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Salix caprea</i>	Saule marsault	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Sambucus nigra</i>	Sureau noir	-	Shapefile
<i>Sorbus aria</i>	Alisier blanc	-	Shapefile
<i>Sorbus aucuparia</i>	Sorbier des oiseleurs	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Sorbus domestica</i>	Cormier	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Sorbus torminalis</i>	Alisier torminal	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Taxus baccata</i>	If	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Tilia cordata</i>	Tilleul à petites feuilles	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Tilia platyphyllos</i>	Tilleul à grandes feuilles	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Tilia tomentosa</i>	Tilleul argenté	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Ulmus glabra</i>	Orme des montagnes	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Ulmus laevis</i>	Orme lisse	Carte + shapefile	Shapefile
<i>Ulmus minor</i>	Orme champêtre	Carte + shapefile	Shapefile

TABLEAU 16. — Source pour identifier l'autochtonie ou l'allochtonie d'une essence.

Cas particuliers pour lesquels il n'y a pas besoin de consulter le tableau 16

*Châtaignier et noyer commun

Le châtaignier et le noyer commun sont des essences archéophytes pouvant être considérées comme autochtones, comme indiqué dans la publication de référence : *Dix facteurs clés pour la diversité des espèces en forêt* (Emberger *et al.*, 2016)⁵⁵. Elle indique en p. 8 une définition pour les essences

⁵⁵ <https://librairie.cnpf.fr/produit/161/9782916525778/dix-facteurs-cles-pour-la-diversite-des-especes-en-foret>

« archéophytes » : « On considère généralement qu'une essence présente depuis plusieurs siècles sur un territoire et s'y développant désormais spontanément est acclimatée. En fonction de son ancienneté sur le territoire, on peut distinguer les « archéophytes », présents avant le début du commerce mondial en 1500, et les « néophytes » introduits après cette date. Pour l'IBP, les « archéophytes » tels que le Châtaignier et le Noyer commun sont considérées comme essences autochtones. »

****Cyprés de Provence**

L'aire de distribution du cyprès de Provence n'est pas claire, du fait de son long historique horticole dans la région méditerranéenne. Sa distribution naturelle est attribuée aux îles égéennes, à Chypre, à la Turquie, au Moyen-Orient et au Nord-Est africain, bien que de récentes études sur la génétique et des enregistrements paléobotaniques supposent la présence de populations naturelles dans la Méditerranée centrale. La distribution de l'espèce a été favorisée par les cultures humaines depuis l'époque des civilisations anciennes⁵⁶. Par conséquent, nous considérerons le cyprès de Provence comme archéophyte — et donc comme « autochtone » — sur toute son aire de répartition actuelle, matérialisée en orange sur la figure 8.

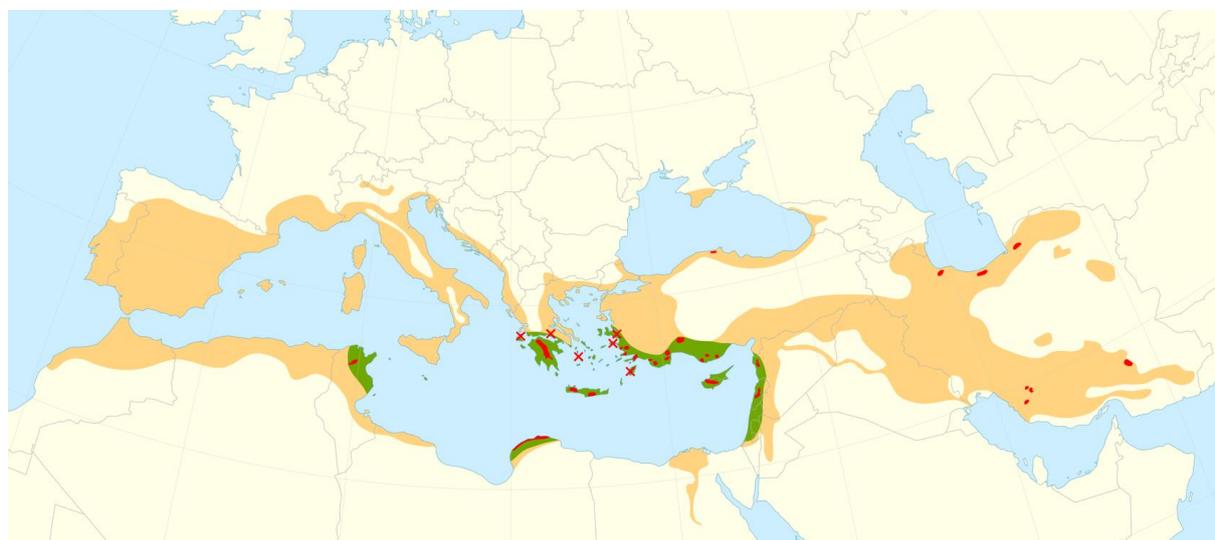


FIGURE 8. — Aire d'indigénat (en vert) et de répartition actuelle (en orange) pour le cyprès de Provence (source : Euforgen)

*****Pin parasol (ou pin pignon)**

L'aire de distribution naturelle du pin parasol* est incertaine et difficile à établir du fait d'une longue histoire de plantation. L'espèce a largement été introduite dans la région méditerranéenne grâce à ses pignons comestibles⁵⁷ ; la plus ancienne trace d'utilisation humaine de cette espèce a été récemment trouvée à Gibraltar et date de plus de 49 200 ans. Par conséquent, nous considérerons le pin parasol comme une essence archéophyte — et donc comme « autochtone » — sur toute son aire de répartition actuelle, matérialisée en orange sur la figure 9.

⁵⁶ https://ies-ows.jrc.ec.europa.eu/efdac/download/Atlas/pdf/Cupressus_sempervirens.pdf

⁵⁷ https://ies-ows.jrc.ec.europa.eu/efdac/download/Atlas/pdf/Pinus_pinea.pdf



FIGURE 9. — Aire d'indigénat (en vert) et d'introduction (en orange) du pin parasol (source : Euforgen)

Essences à considérer comme exotiques partout en France

La liste suivante comporte des essences autochtones en Europe ou dans le bassin méditerranéen mais qui ne sont pas autochtones sur le territoire de la France métropolitaine :

- *Abies borisii-regis* (sapin de Bulgarie ou sapin du roi Boris),
- *Abies bornmuelleriana* (sapin de Bornmüller),
- *Abies cephalonica* (sapin de Céphalonie),
- *Abies cilicica* (sapin de Cilicie),
- *Abies equi-trojani* (sapin de Turquie),
- *Abies marocana* (sapin du Maroc),
- *Abies nebrodensis* (sapin de Sicile),
- *Abies nordmanniana* (sapin Nordmann),
- *Abies numidica* (sapin de Numidie ou sapin d'Algérie),
- *Abies pinsapo* (sapin d'Andalousie ou sapin d'Espagne),
- *Acer heldreichii* (érable des Balkans),
- *Buxus balearica* (buis des Baléares),
- *Carpinus orientalis* (charme d'Orient),
- *Cedrus atlantica* (cèdre de l'Atlas),
- *Cedrus libani* (cèdre du Liban),
- *Cupressus dupreziana* (Cyprès du Tassili),
- *Fagus orientalis* (hêtre d'Orient),
- *Juniperus excelsa* (genévrier grec),
- *Liquidambar orientalis* (copalme d'Orient),
- *Picea omorika* (épicéa de Serbie),
- *Pinus brutia* (pin brutia),
- *Pinus heldreichii* (pin de Bosnie),

- *Pinus nigra* subsp. *nigra* (pin noir d'Autriche),
- *Pinus nigra* subsp. *dalmatica* (pin dalmate),
- *Pinus nigra* subsp. *pallasiana*,
- *Pinus peuce* (pin de Macédoine),
- *Platanus orientalis* (platane d'Amérique),
- *Quercus faginea* (Chêne du Portugal ou chêne faginé),
- *Quercus frainetto* (chêne de Hongrie),
- *Quercus trojana* (chêne de Troie),
- *Tilia tomentosa* (tilleul argenté),
- *Tetraclinis articulata* (cyprès de l'Atlas ou thuya de Barbarie).

Annexe 6 : Liste des PDPFCI, PRDFCI, atlas feux de forêt et autres documents en vigueur en décembre 2024

N°	Département	État et durée du PDPFCI en vigueur
04	Alpes-de-Haute-Provence	Échu, PDPFCI 2024-2034 à venir
05	Hautes-Alpes	PDPFCI 2021-2031
06	Alpes-Maritimes	PDPFCI 2019-2029
07	Ardèche	PDPFCI 2015-2025
09	Ariège	PDPFCI 2018-2028
11	Aude	PDPFCI 2018-2027
12	Aveyron	PDPFCI 2017-2026
13	Bouches-du-Rhône	PDPFCI 2023-2032
16	Charente	PDPFCI 2017-2026
17	Charente-Maritime	PDPFCI 2018-2027
2A	Corse-du-Sud	PPFENI 2024-2033
2B	Haute-Corse	PPFENI 2024-2033
15	Cantal	Échu, PDPFCI 2006-2011
18	Cher	Atlas du risque de feux de forêt en Centre-Val de Loire 2021
22	Côtes-d'Armor	PIPFCI 2024-2033
24	Dordogne	PidPFCI 2019-2029
26	Drôme	PDPFCI 2027-2026
28	Eure-et-Loir	Atlas du risque de feux de forêt en Centre-Val de Loire 2021
29	Finistère	PIPFCI 2024-2033
30	Gard	PDPFCI 2024-2033
31	Haute-Garonne	PDPFCI 2019-2028
32	Gers	Absence de PDPFCI, rabais de - 5 % à appliquer partout ⁵⁸
33	Gironde	PidPFCI 2019-2029
34	Hérault	Échu, PDPFCI 2013-2019 , sortie prévue 2024-2025
35	Ille-et-Vilaine	PIPFCI 2024-2033
36	Indre	Atlas du risque de feux de forêt en Centre-Val de Loire 2021
37	Indre-et-Loire	À défaut de PDPFCI, la carte de sensibilité aux incendies des massifs forestiers sera consultée Ou Atlas du risque de feux de forêt en Centre-Val de Loire 2021
38	Isère	Échu, PDPFCI 2013-2022 , sortie prévue en 2025
40	Landes	PidPFCI 2019-2029
41	Loir-et-Cher	Atlas du risque de feux de forêt en Centre-Val de Loire 2021
44	Loire-Atlantique	Atlas du risque feux de forêt en Loire-Atlantique 2023
45	Loiret	Atlas du risque de feux de forêt en Centre-Val de Loire 2021
46	Lot	PDPFCI 2015-2025
47	Lot-et-Garonne	PidPFCI 2019-2029
48	Lozère	Échu, PDPFCI 2014-2023

⁵⁸ Arrêté préfectoral portant classement des massifs forestiers du département du Gers en massifs à risque faible du 30 juin 2006 : « La totalité des massifs forestiers du département du Gers est exclue des dispositions prévues à l'article L.321-6 du code forestier modifié. Ainsi, le principe de non-classement en massif à risque est retenu pour l'ensemble du massif forestier du Gers »

49	Maine-et-Loire	Atlas du risque feux de forêt en Maine-et-Loire 2023
53	Mayenne	Atlas du risque feux de forêt en Mayenne 2023
56	Morbihan	PIPFCI 2024-2033
64	Pyrénées-Atlantiques	PDPFCI 2020-2030
65	Hautes-Pyrénées	PDPFCI 2020-2029
66	Pyrénées-Orientales	PDPFCI 2016-2022, prorogé de 3 ans jusqu'à fin 2025
72	Sarthe	Atlas du risque feux de forêt en Sarthe 2023
79	Deux-Sèvres	PPFCI 2023-2033
81	Tarn	PDPFCI 2017-2026
82	Tarn-et-Garonne	Absence de PDPFCI
83	Var	Échu, PDPFCI 2009-2016
84	Vaucluse	PDPFCI 2015-2024
85	Vendée	Atlas du risque feux de forêt en Vendée 2023
86	Vienne	PDPFCI 2015-2024
974	Réunion	PDPFCI 2017-2027
976	Mayotte	Échu, PDPFCI 2015-2019

TABLEAU 17. — *Liste des PDPFCI, PRDFCI, atlas feux de forêts et autres documents en vigueur le 10 décembre 2024.*

Suite à l'immense surface de forêt détruite par les incendies survenus au cours de l'été 2022, il est hautement probable que des PDPFCI échus soient de nouveau approuvés ou que des départements qui n'avaient pas fait approuver de PDFPCI choisissent de s'en doter. Il conviendra donc de procéder à ces vérifications en permanence afin de consulter la version du PDPFCI la plus récente en vigueur.

Annexe 7 : Explication de la formule de calcul du gain en carbone

La formule de l'équation 6 vise à prendre la plus petite valeur entre la différence de stock à 30 ans et la différence des stocks moyens de long terme entre le scénario de projet et le scénario de référence. Cette formule va la plupart du temps sélectionner la différence de stock à 30 ans, sauf pour les résineux les plus productifs (exemple du douglas ou du pin maritime) et quelques feuillus très productifs où c'est la différence de stock moyen de long terme qui sera retenue ; cela permet de tenir compte du fait que le gain en carbone aurait été moindre en moyenne sur la révolution et qu'on aurait surestimé ce gain en CO₂ si on avait pris la différence de stock à 30 ans.

Cette formule permet aussi de réduire l'avantage compétitif qu'ont les résineux à forte croissance sur les feuillus, biologiquement moins rapides en croissance.

L'exemple ci-après montre qu'à 30 ans le douglas, à fertilité égales, séquestre beaucoup plus de carbone qu'un chêne à 30 ans (plus de 160 tCO₂/ha d'écart) ; or en prenant la différence de stock moyen de long terme pour le douglas, cet avantage qu'a le douglas sur le chêne est divisé par trois et n'est plus que de l'ordre d'une cinquantaine de tCO₂/ha. Autre exemple : le pin maritime a un gain en carbone d'environ 100 tCO₂ plus élevé que celui du chêne à 30 ans. Toutefois, cette séquestration carbone étant surévaluée à l'horizon 30 ans pour le pin maritime, la formule nous oblige à prendre son stock moyen de long terme qui est une valeur inférieure à celle retenue pour le chêne.

Essence	Table utilisée	Fertilité	Δ Stock CO ₂ à 30 ans (tCO ₂ /ha)	Stock moyen de long terme (tCO ₂ /ha)
Douglas	Tables ONF	1/3	441	335
Pin maritime	Tables ONF, Landes de Gascogne	1/5	371	219
Chêne	Tables britanniques, Forestry Commission	1/3	278	529

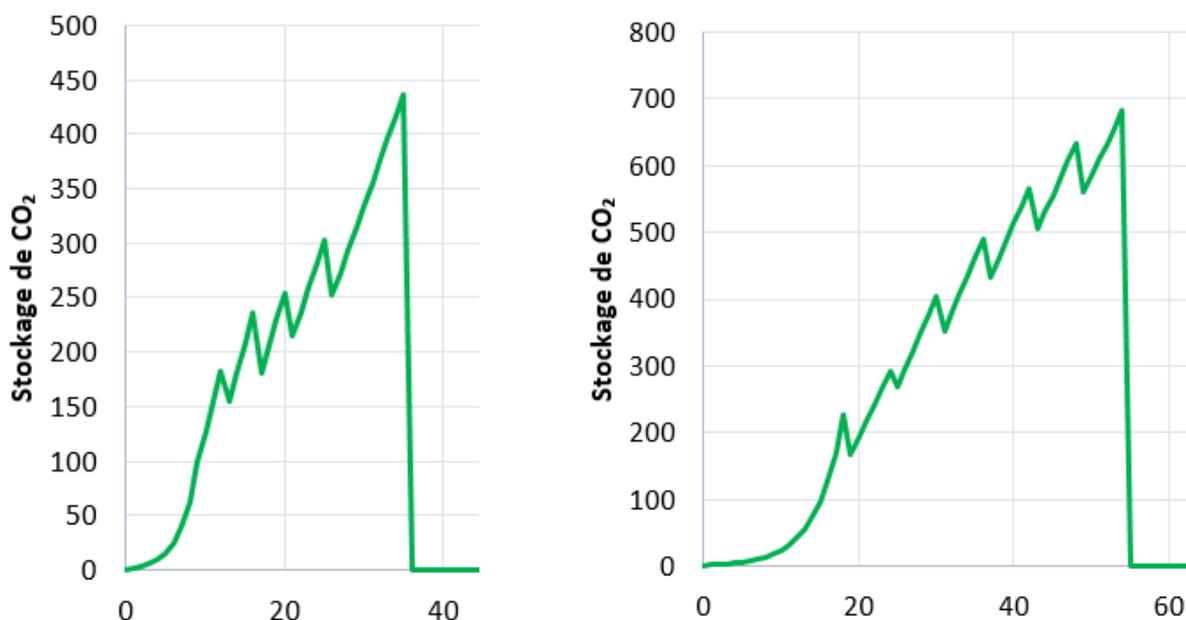


FIGURE 10. — Itinéraires sylvicoles du pin maritime (à gauche) et du douglas (à droite).

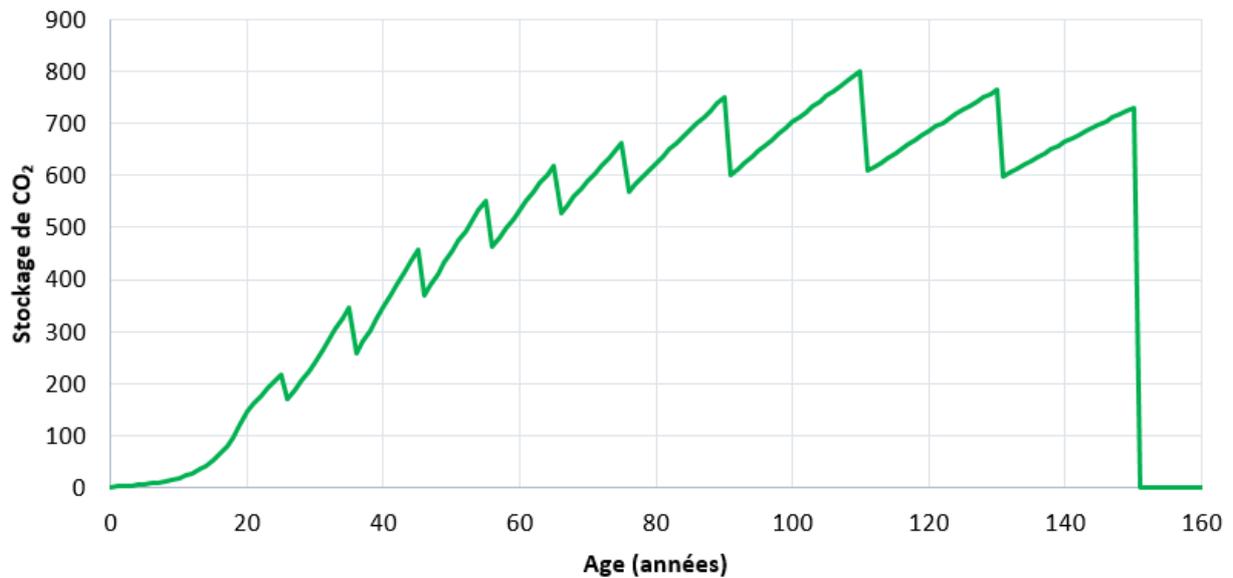


FIGURE 11. — Itinéraire sylvicole du chêne.

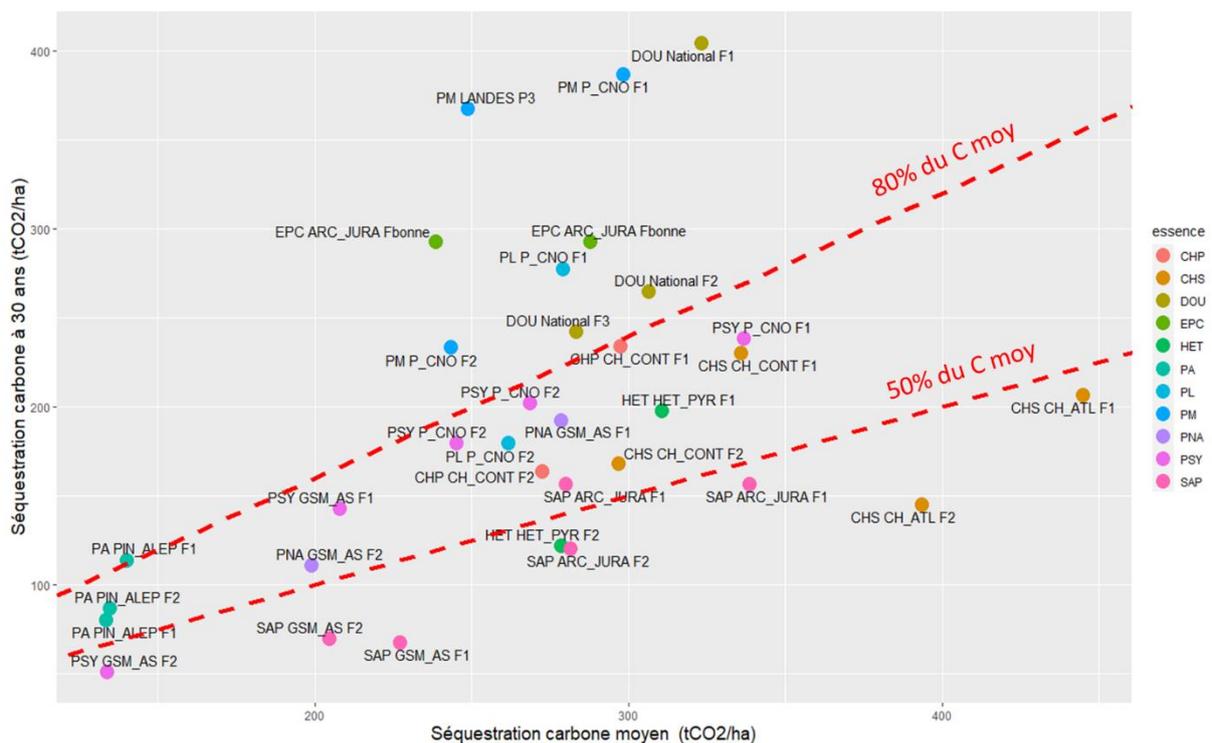


FIGURE 12. — Disposition des essences du data paper de l'ONF (Fournier et al., 2022) sur les axes gain en carbone à 30 ans (ordonnées) et stock moyen de long terme (abscisses). Ce graphique permet de distinguer les essences à croissance rapide dans le jeune âge (en haut du graphe et plutôt à gauche) de celles à révolution plus longues et à croissance plus lentes qui vont constituer d'importants stocks sur leur révolution (plutôt en bas et à droite du graphe) (Source : ONF)

Annexe 8 : Calcul des coefficients de substitution sciages, panneaux et bois énergie

Année d'éclaircie	Valeur du coefficient de substitution bois énergie	Valeur du coefficient de substitution sciages	Valeur du coefficient de substitution panneaux
2024	0,5	1,52	0,77
2025	0,481	1,462	0,74
2026	0,462	1,403	0,711
2027	0,442	1,345	0,681
2028	0,423	1,286	0,652
2029	0,404	1,228	0,622
2030	0,385	1,169	0,592
2031	0,365	1,111	0,563
2032	0,346	1,052	0,533
2033	0,327	0,994	0,503
2034	0,308	0,935	0,474
2035	0,288	0,877	0,444
2036	0,269	0,818	0,415
2037	0,25	0,76	0,385
2038	0,231	0,702	0,355
2039	0,212	0,643	0,326
2040	0,192	0,585	0,296
2041	0,173	0,526	0,267
2042	0,154	0,468	0,237
2043	0,135	0,409	0,207
2044	0,115	0,351	0,178
2045	0,096	0,292	0,148
2046	0,077	0,234	0,118
2047	0,058	0,175	0,089
2048	0,038	0,117	0,059
2049	0,019	0,058	0,03
2050	0	0	0
Après 2050	0	0	0

TABLEAU 18. — *Évolution des coefficients de substitution pour les produits sciages, panneaux et bois énergie sur la période 2024-2050.*

Annexe 9 : Infradensités recommandées pour les principales essences françaises

Le porteur de projet se référera aux infradensités du tableau 19 ci-après issues du projet XyloDensMap, issues d'un colossal travail d'analyse de 110 605 carottes prélevées sur une grande diversité d'essences (156 en tout) en France métropolitaine lors des campagnes de l'inventaire forestier national de l'IGN.

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Infradensité (kgMS/m ³)	Nb de carottes
<i>Abies alba</i> subsp. <i>alba</i>	Sapin pectiné	417,28	5356
<i>Abies concolor</i>	Sapin du Colorado	375,74	4
<i>Abies grandis</i>	Sapin de Vancouver	395,49	106
<i>Abies nordmanniana</i>	Sapin Nordmann	406,47	9
<i>Abies procera</i>	Sapin noble	369,85	1
<i>Acacia farnesiana</i>	Mimosa ou Cassier	478,45	1
<i>Acer campestre</i>	Erable champêtre	573,95	2088
<i>Acer monspessulanum</i>	Erable de Montpellier	702,80	274
<i>Acer negundo</i>	Erable negundo	453,92	36
<i>Acer opalus</i> subsp. <i>opalus</i>	Erable à feuilles d'obier	628,76	278
<i>Acer platanoides</i>	Erable plane	568,70	206
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Erable sycomore	527,06	1761
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Marronnier commun	468,98	23
<i>Ailanthus altissima</i>	Ailante ou Faux vernis du Japon	543,95	4
<i>Alnus alnobetula</i> subsp. <i>alnobetula</i>	Aulne vert	557,52	4
<i>Alnus cordata</i>	Aulne à feuilles en cœur	504,80	23
<i>Alnus glutinosa</i>	Aulne glutineux	453,28	1150
<i>Alnus incana</i>	Aulne blanc	414,74	20
<i>Arbutus unedo</i>	Arbousier	671,35	236
<i>Betula pendula</i>	Bouleau verruqueux	532,20	2630
<i>Betula pubescens</i>	Bouleau pubescent	526,70	465
<i>Buxus sempervirens</i>	Buis	741,21	73
<i>Carpinus betulus</i>	Charme	614,57	7592
<i>Castanea sativa</i>	Châtaignier	505,70	5434
<i>Cedrus atlantica</i>	Cèdre de l'Atlas	476,86	98
<i>Cedrus libani</i>	Cèdre du Liban	518,98	1
<i>Celtis australis</i>	Micocoulier	618,00	5
<i>Cercis siliquastrum</i>	Arbre de Judée	535,18	1
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	Cyprès de Lawson	401,56	12
<i>Cornus mas</i>	Cornouiller mâle	707,99	42
<i>Cornus sanguinea</i>	Cornouiller sanguin	618,12	15
<i>Corylus avellana</i>	Noisetier	526,48	1376
<i>Cotinus coggygria</i>	Arbre à perruque ou Sumac des teinturiers	490,94	3
<i>Crataegus laevigata</i>	Aubépine lisse ou épineuse	647,51	11
<i>Crataegus monogyna</i>	Aubépine monogyne	634,45	1076
<i>Cupressus x leylandii</i>	Cyprès de Leyland	525,45	1
<i>Cupressus arizonica</i>	Cyprès de l'Arizona	470,87	1
<i>Cupressus macrocarpa</i>	Cyprès de Lambert	531,79	2
<i>Cupressus sempervirens</i>	Cyprès de Provence ou cyprès commun	525,51	4
<i>Erica arborea</i>	Bruyère arborescente	672,60	36

<i>Eucalyptus</i>	Eucalyptus	742,60	1
<i>Euonymus europaeus</i>	Fusain d'Europe	492,32	33
<i>Fagus sylvatica</i>	Hêtre	606,71	10995
<i>Ficus carica</i>	Figuier commun	555,11	10
<i>Frangula alnus</i>	Bourdaïne	537,64	28
<i>Fraxinus angustifolia</i> subsp. <i>angustifolia</i>	Frêne oxyphille	626,15	133
<i>Fraxinus excelsior</i>	Frêne commun	593,67	4989
<i>Fraxinus ornus</i> subsp. <i>ornus</i>	Frêne à fleurs ou orne	644,48	58
<i>Ilex aquifolium</i>	Houx	649,04	433
<i>Juglans nigra</i>	Noyer noir ou Noyer d'Amérique	567,51	11
<i>Juglans regia</i>	Noyer commun	534,43	75
<i>Juniperus communis</i> subsp. <i>communis</i>	Genévrier commun	494,11	131
<i>Juniperus oxycedrus</i>	Genévrier cade	584,97	118
<i>Juniperus phenicie</i>	Genévrier de Phénicie	554,94	11
<i>Juniperus thurifera</i>	Genévrier thurifère	450,69	1
<i>Laburnum alpinum</i>	Cytise des Alpes	543,48	2
<i>Laburnum anagyroides</i> subsp. <i>anagyroides</i>	Cytise aubour	618,03	35
<i>Larix decidua</i> subsp. <i>decidua</i>	Mélèze d'Europe	499,39	447
<i>Larix kaempferi</i>	Mélèze du Japon	484,12	90
<i>Larix x marschlinsii</i>	Mélèze hybride	465,74	6
<i>Laurus nobilis</i>	Laurier-sauce	532,64	27
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	428,87	2
<i>Liriodendron tulipifera</i>	Tulipier de Virginie	432,32	2
<i>Malus domestica</i>	Pommier commun	589,75	7
<i>Malus insitio</i>		550,84	1
<i>Malus sylvestris</i>	Pommier sauvage	613,66	160
<i>Mespilus germanica</i>	Néflier	722,18	6
<i>Morus nigra</i>	Mûrier noir	660,44	1
<i>Olea europaea</i> var. <i>sylvestris</i>	Oléastre ou olivier sauvage	808,46	29
<i>Ostrya carpinifolia</i>	Charme-houblon	634,47	44
<i>Paulownia tomentosa</i>	Paulownia	307,61	1
<i>Phillyrea angustifolia</i>	Filaire à feuilles étroites	656,15	2
<i>Phillyrea latifolia</i>	Filaire à larges feuilles	728,98	84
<i>Picea abies</i> subsp. <i>abies</i>	Epicéa commun	388,27	4711
<i>Picea engelmannii</i>		425,52	1
<i>Picea sitchensis</i>	Epicéa de Sitka	399,26	241
<i>Pinus cembra</i>	Pin cembro	377,12	25
<i>Pinus halepensis</i>	Pin d'Alep	536,91	769
<i>Pinus halepensis</i> subsp. <i>brutia</i>	Pin brutia	490,54	10
<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>nigra</i>	Pin noir d'Autriche	524,50	836
<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>salzmannii</i>	Épinette d'Engelmann	505,10	7
<i>Pinus nigra</i> var. <i>calabrica</i>	Pin laricio de Calabre	488,71	3
<i>Pinus nigra</i> var. <i>corsicana</i>	Pin laricio de Corse	490,78	841
<i>Pinus pinaster</i> subsp. <i>pinaster</i>	Pin maritime	443,96	3461
<i>Pinus pinea</i>	Pin parasol ou pin pignon	487,00	52
<i>Pinus radiata</i>	Pin de Monterey	479,61	22
<i>Pinus strobus</i>	Pin de Weymouth	372,90	65
<i>Pinus sylvestris</i>	Pin sylvestre	458,96	4758
<i>Pinus taeda</i>	Pin taeda ou pin à encens	375,97	15
<i>Pinus uncinata</i>	Pin à crochets	429,97	158

<i>Pistacia lentiscus</i>	Pistachier lentisque	643,74	4
<i>Pistacia terebinthus</i>	Pistachier térébinthe	700,35	6
<i>Platanus hybrida</i>	Platane commun	528,58	14
<i>Platanus occidentalis</i>	Platane d'Amérique	571,66	16
<i>Populus</i> « autre »	Peuplier	383,90	929
<i>Populus alba</i>	Pleuplier blanc	480,94	43
<i>Populus nigra</i> subsp. <i>betulifolia</i>	Peuplier à feuilles de bouleau	405,80	226
<i>Populus nigra</i> subsp. <i>italica</i>	Peuplier d'Italie	383,64	1
<i>Populus tremula</i>	Tremble	469,05	1366
<i>Populus x canescens</i>	Peuplier grisard	451,73	97
<i>Prunus avium</i>	Merisier	531,54	1855
<i>Prunus cerasifera</i>	Myrobolan	706,48	5
<i>Prunus cerasus</i>	Cerisier acide ou griottiers	570,80	11
<i>Prunus domestica</i>	Prunier	672,52	41
<i>Prunus dulcis</i>	Amandier	846,44	4
<i>Prunus laurocerasus</i>	Laurier-cerise	560,49	9
<i>Prunus mahaleb</i>	Cerisier de Sainte-Lucie	681,32	58
<i>Prunus padus</i>	Cerisier à grappes	534,24	38
<i>Prunus serotina</i>	Cerisier tardif	557,74	16
<i>Prunus spinosa</i>	Prunellier	659,78	118
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Douglas	456,29	2817
<i>Pyrus amygdaliformis</i>	Poirier à feuilles d'amandier	636,26	5
<i>Pyrus cordata</i>	Poirier à feuilles en cœur	597,00	3
<i>Pyrus pyraster</i>	Poirier sauvage	623,34	143
<i>Quercus cerris</i>	Chêne chevelu	723,78	41
<i>Quercus ilex</i>	Chêne vert	861,90	1258
<i>Quercus palustris</i>	Chêne des marais	695,54	5
<i>Quercus petraea</i> subsp. <i>petraea</i>	Chêne sessile	649,98	10818
<i>Quercus pubescens</i>	Chêne pubescent	720,68	5339
<i>Quercus pyrenaica</i>	Chêne tauzin	675,30	380
<i>Quercus robur</i> subsp. <i>robur</i>	Chêne pédonculé	629,71	12774
<i>Quercus rubra</i>	Chêne rouge d'Amérique	656,28	340
<i>Quercus suber</i>	Chêne-liège	764,93	236
<i>Rhamnus alaternus</i>	Nerprun alaterne	742,55	7
<i>Rhamnus alpina</i>	Nerprun des Alpes	592,58	4
<i>Rhamnus cathartica</i>	Nerprun purgatif	654,28	28
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Robinier faux-acacia	639,96	1436
<i>Salix alba</i>	Saule blanc	394,49	220
<i>Salix atrocinerea</i>	Saule roux	519,15	127
<i>Salix aurita</i>	Saule à oreillettes	531,29	4
<i>Salix caprea</i>	Saule marsault	492,37	1080
<i>Salix cinerea</i>	Saule gris	507,03	284
<i>Salix daphnoides</i>	Saule faux-daphné	511,14	1
<i>Salix eleagnos</i> subsp. <i>eleagnos</i>	Saule drapé	524,27	1
<i>Salix fragilis</i>	Saule fragile ou Saule rouge	424,89	50
<i>Salix nigricans</i>	Saule noircissant	464,25	4
<i>Salix pentandra</i>	Saule-laurier	428,46	1
<i>Salix triandra</i>	Saule-amandier ou Osier brun	405,35	1
<i>Salix x rubens</i>	Osier jaune	565,85	1
<i>Sambucus nigra</i>	Sureau noir	521,61	198
<i>Sambucus racemosa</i>	Sureau de montagne	468,80	3
<i>Sorbus aria</i>	Alisier blanc	645,62	707
<i>Sorbus aucuparia</i> subsp. <i>aucuparia</i>	Sorbier des oiseleurs	543,69	208

<i>Sorbus domestica</i>	Cormier	684,83	80
<i>Sorbus latifolia</i>	Alisier de Fontainebleau	527,45	4
<i>Sorbus mougeotii</i>	Alisier de Mougeot	581,18	6
<i>Sorbus torminalis</i>	Alisier torminal	655,64	841
<i>Taxodium distichum</i>	Cyprès chauve	317,87	1
<i>Taxus baccata</i>	If	593,61	38
<i>Thuja plicata</i>	Thuya géant	413,82	13
<i>Tilia cordata</i>	Tilleul à petites feuilles	449,36	597
<i>Tilia platyphyllos</i> subsp. <i>platyphyllos</i>	Tilleul à grandes feuilles	447,86	513
<i>Tsuga heterophylla</i>	Pruche de l'Ouest	387,84	8
<i>Ulmus glabra</i> subsp. <i>glabra</i>	Orme des montagnes	581,38	77
<i>Ulmus laevis</i>	Orme lisse	574,15	11
<i>Ulmus minor</i> subsp. <i>minor</i>	Orme champêtre	627,53	629
Conifères (moyenne)		441	
Feuillus (moyenne)		603	

TABLEAU 19. — Liste des infradensités de plusieurs essences de la forêt française (Leban *et al.*, 2022).

Pour les essences des territoires d'outre-mer, la densité de la base internationale Global Wood Density Database (GWDD) de Zanne (Zanne *et al.*, 2009).

Annexe 10 : 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 R², 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)	$B_R = \exp(-1,3267 + 0,8877 \times \ln(B_A) + 0,1045 \times \ln(\hat{Age}))$	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 20. — Équations allométriques pour l'estimation de la biomasse souterraine ou racinaire.

Avec :

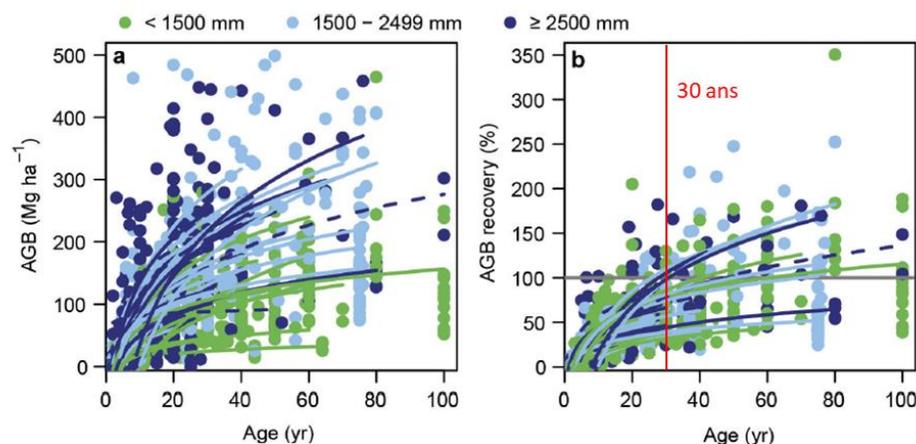
B_R = la biomasse racinaire en tonnes de matière sèche (tMS) ;

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

Annexe 11 : Valeurs par défaut pour des projets dans les DROM

Il existe beaucoup moins de données de suivi de peuplements dans les territoires d'outre-mer qu'en métropole et il n'y a pas actuellement de guides ou référentiels disponibles pour indiquer un gain de carbone potentiel en 30 ans par zone. Il est donc proposé dans cette annexe d'en donner une valeur minorante par zone et contexte, afin de permettre le dépôt de projet, ces références ayant vocation à être remplacées par des quantifications plus précises à réaliser dans des projets avec des mesures de placettes. Pour chacun des cinq territoires d'outre-mer, la même méthodologie est proposée à partir :

- **d'une revue des données de biomasse ou carbone disponibles** sur le territoire pour de la forêt naturelle à l'équilibre, pour les contextes identifiés dans chaque territoire. Les principales données (sauf publication supplémentaire en Guyane) viennent des **rapports sur les indicateurs de gestion durable et des chiffres FAO**⁵⁹ ;
- de la part de biomasse reconstituée au bout de 30 ans selon l'article de Poorter *et al.* (2016). Cet article compile des données issues de 45 chronoséquences de reconstitution forestière après déforestation ainsi que 28 sites comparables en forêt naturelle et rapporte la croissance des peuplements reconstitués à la biomasse de la forêt naturelle observée sur le même contexte. Des données de croissance de plantations montrent des productions plus fortes mais cette approche donne une dynamique minimale. Les auteurs mettent en évidence des différences assez fortes de croissance selon la pluviométrie des sites, mais **en croissance relative**, les gammes de variations sont du même ordre de grandeur quelle que soit la pluviométrie, **entre 50 et 100 % à 30 ans** de la valeur initiale en forêt naturelle. La valeur minorante de 50 % est choisie pour donner une évaluation prudente du gain carbone ;



Extended Data Figure 4 | Relationship between forest biomass and stand age using chronosequence studies in Neotropical secondary forest sites. a, AGB ($N=44$); b, AGB recovery ($N=28$). The same as Fig. 1 but with plots and regression lines coloured by forest type: green, dry forest ($<1,500$ mm rainfall per year); light blue, moist forest ($1,500-2,499$ mm yr^{-1}); dark blue, wet forest ($\geq 2,500$ mm yr^{-1}). Each line represents a different chronosequence. The original plots on which the

regression lines are based are shown ($N=1,364$ for AGB, $N=995$ for AGB recovery). AGB recovery is defined as the AGB of the secondary forest plot compared with the median AGB of old-growth forest plots in the area, multiplied by 100. Significant relations (two-sided $P \leq 0.05$) are indicated by continuous lines, non-significant relationships (two-sided $P > 0.05$) are indicated by broken lines. Plots of 100 years old are also second-growth.

FIGURE 13. — Biomasse aérienne en fonction de l'âge pour une forêt tropicale (à gauche) et pourcentage de récupération du volume d'une forêt plantée par rapport à une vieille forêt tropicale (à droite), selon trois classes de pluviométrie. On remarque qu'au bout de 30 ans, le volume de la forêt plantée atteint 50 à 100 % du volume d'une vieille forêt tropicale.

- de la croissance du **scénario de référence** consistant en une colonisation naturelle par des accrus entre 2 et 3 $\text{m}^3/\text{ha}/\text{an}$ selon le contexte sec ou humide (à dire d'expert ONF pour une végétation

⁵⁹ <https://www.fao.org/forest-resources-assessment/fra-2020/country-reports/fr/>

spontanée). Deux cas particuliers concernent la Tamarineraie à La Réunion et les forêts sèches de Mayotte pour lesquelles la croissance des accrus est plutôt de l'ordre de 1 m³/ha.an Pour calculer ensuite la biomasse et la teneur en carbone, les coefficients de conversion de la FAO ont été utilisés, très légèrement différents selon le territoire (coefficient de 1,15 pour tenir compte du seuil de recensabilité puis 0,20 (La Réunion et Mayotte), 0,22 (Guadeloupe) ou 0,24 pour la part de racines, une infradensité médiane de 0,5 et une teneur de carbone de 0,475) ;

- de la répartition cartographique des contextes sur chaque territoire (certains contextes ne sont pas instruits par manque de données ou lorsqu'il n'y a pas d'enjeu de reconstitution ou de boisement) ;
- puis d'une analyse critique d'experts ONF sur le territoire pour les valeurs obtenues.

Un choix systématique de valeurs minimales a été fait par prudence sur la production de carbone annoncée. Sur ces zones où les données restent très rarement disponibles, des projets spécifiques permettront dans un second temps de renseigner des référentiels plus précis.

Cas de la Guyane

Dans le cas de la Guyane, la référence actuelle est la publication de Stéphane Guitet et *al.* en 2006, reprise par la FAO⁶⁰. Les données reprises dans les indicateurs de gestion durable (MAAF et ECOFOR, 2018a) sont plus anciennes et non retenues. Les variations de stock de carbone ne sont pas très fortes, entre 180 et 200 tC/ha. Nous avons regroupé les 6 types en 3 catégories par proximité de stock.

Carte des habitats forestiers guyanais

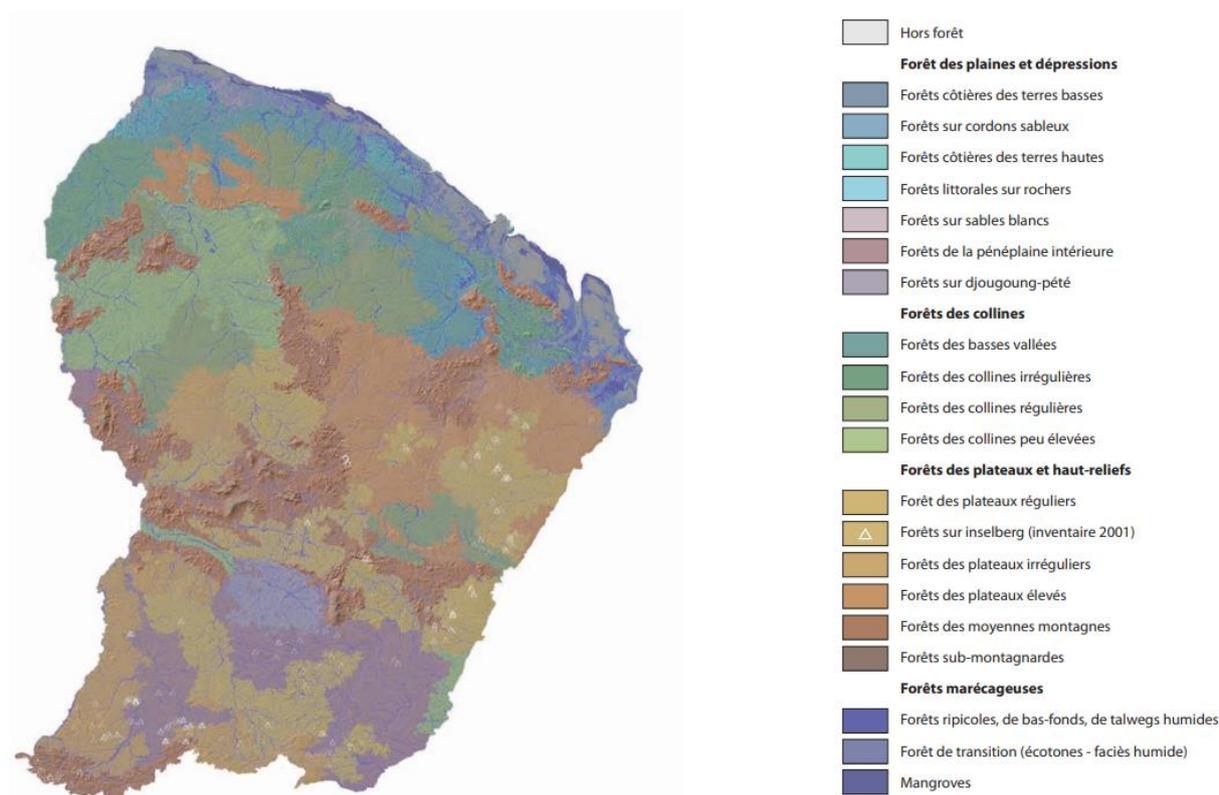


FIGURE 14. — Types de forêts en Guyane (Guitet et al., 2006, *Rendez-vous techniques*, ONF).

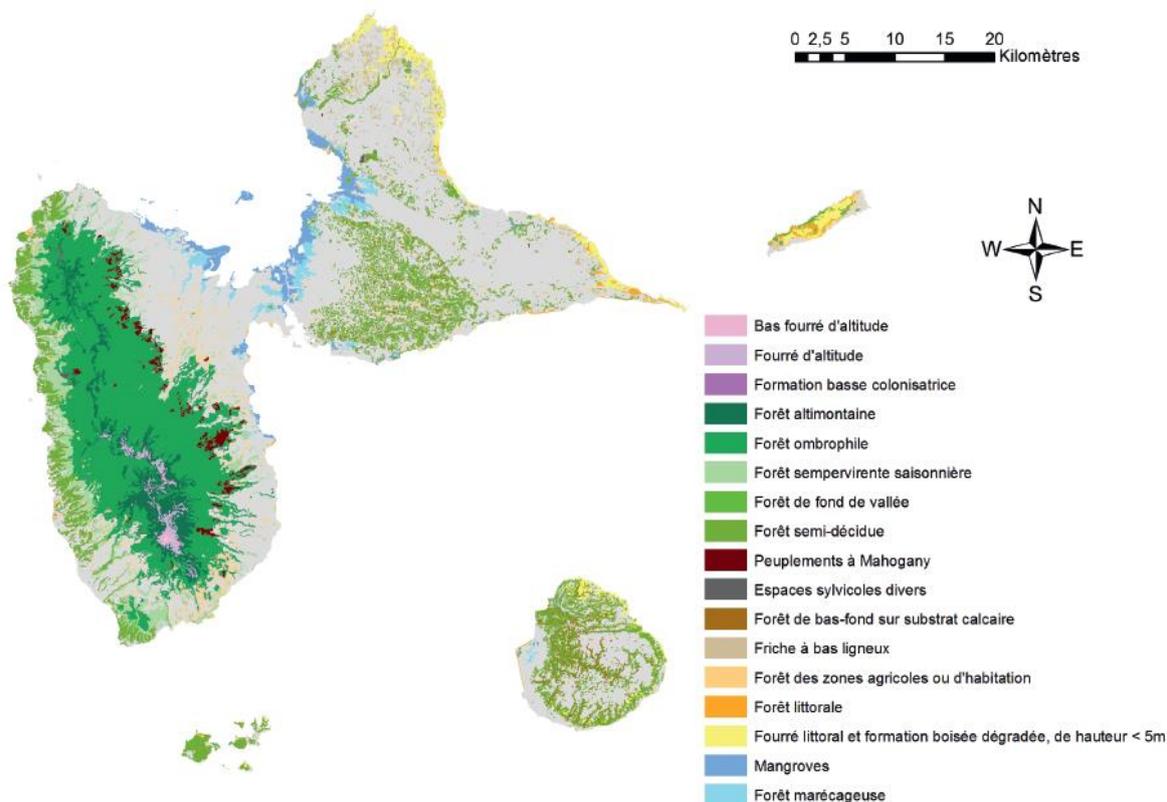
Type de forêt en Guyane	Stock de carbone initial (tC/ha)	Stock de carbone reconstitué sur hypothèse à 50 % max (tC/ha)	Stock de CO ₂ reconstitué (tCO ₂ /ha)	Stock de CO ₂ du scénario de référence (tCO ₂ /ha)	Gain de CO ₂ dans la biomasse aérienne et racinaire (tCO ₂ /ha)
Forêts de reliefs multiconcaves et plaines côtières	180	90	330	112	218
Forêts de reliefs multiconvexes et vallées jointives	200	100	367	112	255
Forêts de plateaux ou montagnes	220	110	403	112	291

TABLEAU 21. — Estimation du gain en CO₂ dans la biomasse aérienne et racinaire par hectare selon le type de forêt en Guyane.

⁶⁰ <https://www.fao.org/3/cb0134fr/cb0134fr.pdf#112>

Cas de la Guadeloupe

Les données les plus récentes sont celles des indicateurs de gestion durable (MAAF et ECOFOR, 2018b). Les stocks de carbone sont beaucoup plus variables qu'en Guyane. Le cas des forêts altimontaines (bas fond sur substrat calcaire) n'est pas instruit car c'est une zone où des projets LBC ne seront pas envisageables.



Source : d'après Conseil départemental de la Guadeloupe 2015.

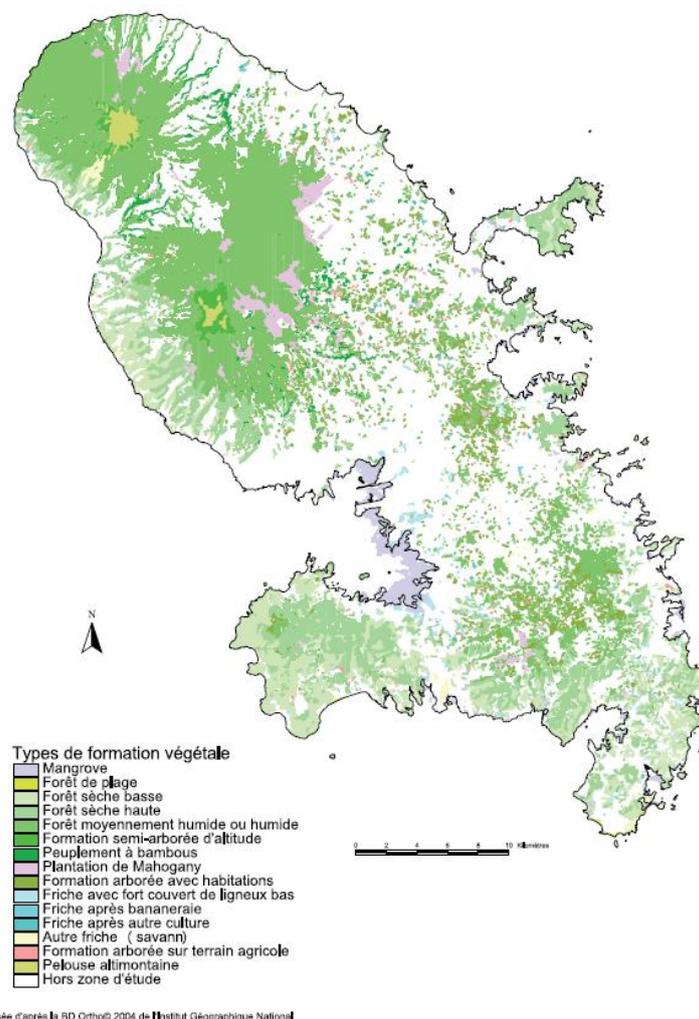
FIGURE 15. — *Types de forêts en Guadeloupe.*

Type de forêt en Guadeloupe	Stock de carbone initial (tC/ha)	Stock de carbone reconstitué sur hypothèse à 50 % max (tC/ha)	Stock de CO ₂ reconstitué (tCO ₂ /ha)	Stock de CO ₂ du scénario de référence (tCO ₂ /ha)	Gain de CO ₂ dans la biomasse aérienne et racinaire (tCO ₂ /ha)
Forêt littorale sèche et semi-décidue	50	25	92	73	19
Forêt de fond de vallée et Mahogany	120	60	220	110	110
Forêt sempervirente saisonnière (mésophile)	250	125	458	110	348
Forêt ombrophile	320	160	587	110	477

TABLEAU 22. — *Estimation du gain en CO₂ dans la biomasse aérienne et racinaire par hectare selon le type de forêt en Guadeloupe.*

Cas de la Martinique

Comme pour la Guadeloupe, les données les plus récentes sont celles des indicateurs de gestion durable (MAAF et ECOFOR, 2018c). Les forêts très sèches ne sont pas prises en compte car ne donnant quasiment aucun gain de carbone avec cette méthode très prudente d'estimation.



Source : Bélouard *et al.* 2008 (Cartographie des grands espaces forestiers et naturels de la Martinique).

FIGURE 16. — Types de formations végétales en Martinique.

Type de forêt en Martinique	Stock de carbone initial (tC/ha)	Stock de carbone reconstitué sur hypothèse à 50 % max (tC/ha)	Stock de CO ₂ reconstitué (tCO ₂ /ha)	Stock de CO ₂ du scénario de référence (tCO ₂ /ha)	Gain de CO ₂ dans la biomasse aérienne et racinaire (tCO ₂ /ha)
Plantations de Mahogany	80	40	147	112	35
Forêt sempervirente saisonnière (mésophile)	210	105	385	112	273
Forêt ombrophile montagnarde ou humide	300	150	550	112	438

TABLEAU 23. — Estimation du gain en CO₂ dans la biomasse aérienne et racinaire par hectare selon le type de forêt en Martinique.

Cas de la Réunion

Le territoire de la Réunion n'est pas encore couvert par les indicateurs de gestion durable si bien que la seule source de données disponible est la publication de la FAO⁶¹. Les forêts d'altitude et les forêts sèches n'ont pas été considérées car peu concernées par des potentiels projets LBC.

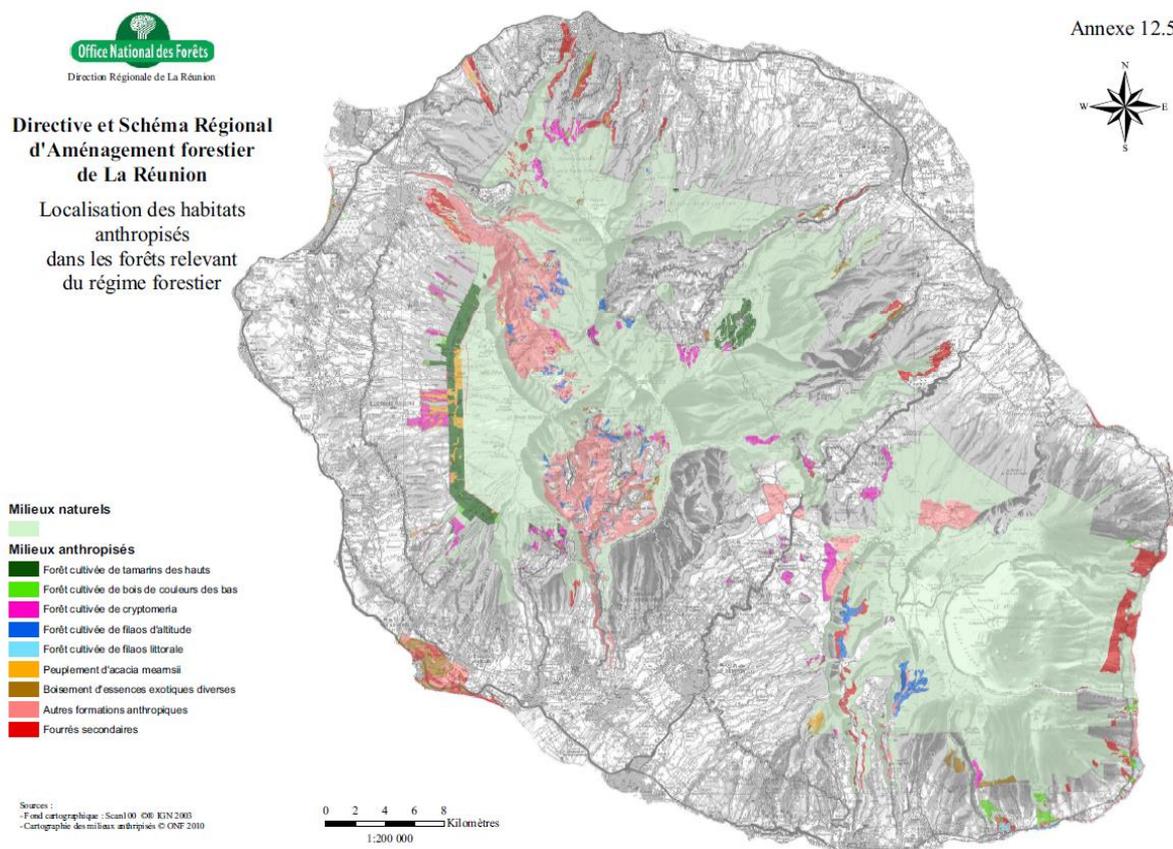


FIGURE 17. — Types de formations végétales à la Réunion.

Type de forêt à la Réunion	Stock de carbone initial (tC/ha)	Stock de carbone reconstitué sur hypothèse à 50 % max (tC/ha)	Stock de CO ₂ reconstitué (tCO ₂ /ha)	Stock de CO ₂ du scénario de référence (tCO ₂ /ha)	Gain de CO ₂ dans la biomasse aérienne et racinaire (tCO ₂ /ha)
Forêt de cryptomeria	117	58	214	108	106
Tamarinaie	62	31	114	36	78
Forêt cultivée des bois de couleur des bas	310	155	568	108	460

TABLEAU 24. — Estimation du gain en CO₂ dans la biomasse aérienne et racinaire par hectare selon le type de forêt à la Réunion.

⁶¹ <https://www.fao.org/3/cb0143fr/cb0143fr.pdf>

Cas de Mayotte

Les données FAO vont être mises à jour en 2025 et présenteront pour la première fois des valeurs pour Mayotte, basées sur le rapport ONF 2009 pour le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (Convention G13-2008). Des données Lidar seront disponibles à partir de 2025 et permettront de proposer des chiffres consolidés.

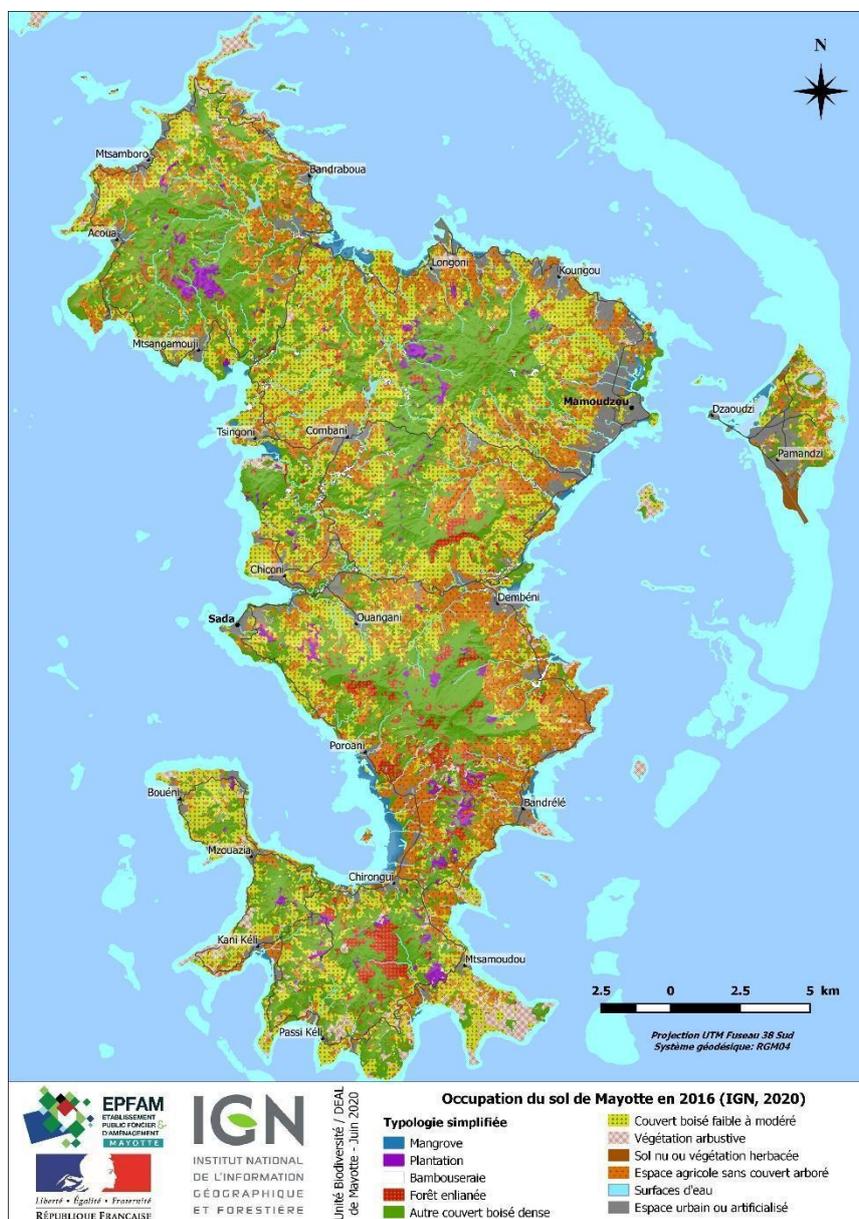


FIGURE 18. — Carte simplifiée d'occupation du sol à Mayotte, projet LESELAM 2016.

Type de forêt à Mayotte	Stock de carbone initial (tC/ha)	Stock de carbone reconstitué sur hypothèse à 50 % max (tC/ha)	Stock de CO ₂ reconstitué (tCO ₂ /ha)	Stock de CO ₂ du scénario de référence (tCO ₂ /ha)	Gain de CO ₂ dans la biomasse aérienne et racinaire (tCO ₂ /ha)
Forêts à couvert dense (ombrophiles, mésophiles, secondaires à manguier dominant)	162	81	297	108	189

Forêts à couvert moyen (dégradées mixtes et recrûs à avocat marron)	81	41	149	72	77
Forêt sèche	36	18	66	36	30

TABLEAU 25. — *Estimation du gain en CO₂ dans la biomasse aérienne et racinaire par hectare selon le type de forêt.*

Annexe 12 : Équivalence d'essences sur lesquelles réaliser une quantification carbone

Essence à quantifier	Essence correspondante pour laquelle une table de production peut être utilisée	Pays de la table à utiliser	Source de la table à utiliser	Fertilité à utiliser
Alisier blanc	<i>Aucune équivalence avec une autre essence</i>	-	-	-
Alisier torminal	Chêne pédonculé	Pays-Bas	Oosterbaan, 1988, consultable dans les tables recommandées aux Pays-Bas, p. 84	Fertilité 7/7 (<i>Groeiklasse 3</i>)
Aulne glutineux	Aulne glutineux	Allemagne	Mitscherlich, 1945, consultable dans les tables recommandées aux Pays-Bas, pp. 112-115	Toutes les classes de fertilité
		Nord Allemagne	Schober, 1995	Toutes les classes de fertilité
Bouleau verruqueux	Bouleau verruqueux	Norvège	Braastad, 1967, consultable dans les tables recommandées aux Pays-Bas, pp. 105-107	Toutes les classes de fertilité
Cèdre du Liban	Cèdre de l'Atlas	France	Fournier <i>et al.</i> , 2022	Toutes les classes de fertilité
Charme	Chênes	Royaume-Uni	Hamilton & Christie, 1971, consultable dans les tables du Royaume-Uni, pp. 178-180	Toutes les classes de fertilité
	Charme	Roumanie	Giurgiu <i>et al.</i> , 2004	Classes de fertilité 2 à 5/5, exclusion de la fertilité 1/5
Châtaignier	Érable sycomore	Royaume-Uni	Hamilton & Christie, 1971, consultable dans les tables du Royaume-Uni, pp. 186-189	Toutes les classes de fertilité
Chêne chevelu	Chêne chevelu	Roumanie	Giurgiu <i>et al.</i> , 2004	Classes de fertilité 2 à 5/5, exclusion de la fertilité 1/5
Chêne des marais	Chênes	Royaume-Uni	Hamilton & Christie, 1971, consultable dans les tables du Royaume-Uni, pp. 178-180	Toutes les classes de fertilité
Chêne-liège	Chêne-liège (ou chêne vert si données existantes)	Var	Blondel, 2018	Modèle de croissance

Chêne pédonculé (hors Nord-Est)	Chênes	Royaume-Uni	Hamilton & Christie, 1971, consultable dans les tables du Royaume-Uni, pp. 178-180	Toutes les classes de fertilité
Chêne pédonculé dans le Nord-Est sur mauvaise fertilité	Chênes	Royaume-Uni	Hamilton & Christie, 1971, consultable dans les tables du Royaume-Uni, pp. 178-180	Prendre la fertilité 3 (pour les fertilités 1 et 2, les tables ONF du Nord-Est sont utilisables)
Chêne pubescent	Chêne pubescent	Roumanie	Giurgiu <i>et al.</i> , 2004	Toutes les classes de fertilité Pour les GECO J et K, se limiter aux fertilités 3, 4 et 5/5
	Chêne pédonculé	Pays-Bas	Oosterbaan, 1988, consultable dans les tables recommandées aux Pays-Bas, pp. 83-90	Toutes les classes de fertilité
Chêne rouge d'Amérique	Chêne rouge d'Amérique	Pays-Bas	Faber, 1996, consultable dans les tables recommandées aux Pays-Bas, pp. 91-98	Toutes les classes de fertilité
Chêne sessile (hors Nord-Est et Bassin de la Loire)	Chênes	Royaume-Uni	Hamilton & Christie, 1971, consultable dans les tables du Royaume-Uni, pp. 178-180	Toutes les classes de fertilité
Chêne sessile dans le Bassin de la Loire sur mauvaise fertilité	Chênes	Royaume-Uni	Hamilton & Christie, 1971, consultable dans les tables du Royaume-Uni, pp. 178-180	Prendre la fertilité 3 (pour les fertilités 1 et 2, les tables ONF du Bassin ligérien sont utilisables)
Chêne tauzin	Chênes	Royaume-Uni	Hamilton & Christie, 1971, consultable dans les tables du Royaume-Uni, pp. 178-180	Fertilité 3/3 (yield class 4)
Chêne vert	<i>Aucune équivalence avec une autre essence</i>	-	-	-
Cormier	Chêne pédonculé	Pays-Bas	Oosterbaan, 1988, consultable dans les tables recommandées aux Pays-Bas, p. 84	Fertilité 7/7
Cyprès de Lawson	Cyprès de Lawson/ Thuya géant	Royaume-Uni	Hamilton & Christie, 1971, consultable dans les tables du Royaume-Uni, pp. 162-166	Toutes les classes de fertilité
Épicéa de Sitka	Épicéa de Sitka	France	Courbet, 1987	Toutes les classes de fertilité

Érable champêtre	Érable sycomore	Royaume-Uni	Hamilton & Christie, 1971, consultable dans les tables du Royaume-Uni, pp. 186-189	Fertilité 3/5 sur stations très bonnes, Fertilité 4/5 sur stations bonnes, Fertilité 5/5 partout ailleurs
Érable plane	Érable sycomore	Royaume-Uni	Hamilton & Christie, 1971, consultable dans les tables du Royaume-Uni, pp. 186-189	Toutes les classes de fertilité
Érable sycomore	Érable sycomore	Royaume-Uni	Hamilton & Christie, 1971, consultable dans les tables du Royaume-Uni, pp. 186-189	Toutes les classes de fertilité
Hêtre (hors Pyrénées)	Hêtre	Royaume-Uni	Hamilton & Christie, 1971, consultable dans les tables du Royaume-Uni, pp. 182-185	Toutes les classes de fertilité
	Hêtre	Pays-Bas	Jansen, 1996, consultable dans les tables recommandées aux Pays-Bas, p. 99-104	Toutes les classes de fertilité
Houx	<i>Aucune équivalence avec une autre essence</i>	-	-	-
If	<i>Aucune équivalence avec une autre essence</i>	-	-	-
Mélèze d'Europe	Mélèze d'Europe	Royaume-Uni	Hamilton & Christie, 1971, consultable dans les tables du Royaume-Uni, pp. 142-145	Toutes les classes de fertilité
Mélèze du Japon	Mélèze du Japon	Royaume-Uni	Hamilton & Christie, 1971, consultable dans les tables du Royaume-Uni, pp. 146-149	Toutes les classes de fertilité sauf la meilleure (YC 14)
	Mélèze du Japon	Pays-Bas	Faber, 1987, consultable dans les tables recommandées aux Pays-Bas, pp. 75-78	Toutes les classes de fertilité
Mélèze hybride	Mélèze hybride	Pays-Bas	Faber, 1987, consultable dans les tables recommandées aux Pays-Bas, pp. 75-78	Toutes les classes de fertilité
Merisier	Merisier	Royaume-Uni	Pryor, 1988	Toutes les classes de fertilité
Néflier	<i>Aucune équivalence avec une autre essence</i>	-	-	-
Noyers noirs et communs (non plantés à densité définitive)	Érable sycomore	Royaume-Uni	Hamilton & Christie, 1971, consultable dans les tables du Royaume-Uni, pp. 186-189	Toutes les classes de fertilité
Pin de Salzmänn	Pin de Salzmänn	Espagne	Gonzalez Molina et al., 1999	Toutes les classes de fertilité

	Pin noir d'Autriche	France	Fournier <i>et al.</i> , 2022	Toutes les classes de fertilité
Pin parasol	Pin parasol	Catalogne, Espagne	Piqué-Nicolau et al., 2011	Classe de fertilité unique
Poirier	<i>Aucune équivalence avec une autre essence</i>	-	-	-
Pommier	<i>Aucune équivalence avec une autre essence</i>	-	-	-
Robinier faux-acacia	Robinier faux-acacia	Hongrie	Rédei et al., 2014	Toutes les classes de fertilité
Sapin de Céphalonie	Sapin pectiné	Alpes du Sud, France	Fournier <i>et al.</i> , 2022	Fertilité unique
Sapin de Bornmüller (sapin de Turquie)	Sapin pectiné	Alpes du Sud, France	Fournier <i>et al.</i> , 2022	Fertilité unique
Sapin de Nordmann	Sapin pectiné	Alpes du Sud, France	Fournier <i>et al.</i> , 2022	Fertilité unique
Séquoia toujours vert	Douglas	France	Fournier <i>et al.</i> , 2022	Toutes les classes de fertilité
	Sapin de Vancouver	Royaume-Uni	Hamilton & Christie, 1971, consultable dans les tables du Royaume-Uni, pp. 168-173	Toutes les classes de fertilité
Sorbier des oiseleurs	<i>Aucune équivalence avec une autre essence</i>	-	-	-
Tilleuls	Tilleul argenté	Roumanie	Giurgiu <i>et al.</i> , 2004	Fertilités 2 à 6/6 (fertilité 1/6 exclue)
	Chêne pédonculé	Pays-Bas	Oosterbaan, 1988, consultable dans les tables recommandées aux Pays-Bas, pp. 83-90	Toutes les classes de fertilité
Thuya géant	Cyprès de Lawson/ Thuya géant	Royaume-Uni	Hamilton & Christie, 1971, consultable dans les tables du Royaume-Uni, pp. 162-166	Toutes les classes de fertilité

TABLEAU 26. — Tables de production à utiliser pour quantifier les principales essences françaises non présentes dans le tableau 13.

NB : Il est considéré que les tables roumaines (Giurgiu *et al.*, 2004) donnent des volumes totaux et non des volumes bois fort. Il conviendra donc de diviser tous les volumes par le facteur d'expansion branches correspondant lorsqu'elles seront utilisées.

Annexe 13 : 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 28 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 30

Pour la simplification des calculs, l'équation 31 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 31

	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 27. — Paramètres à utiliser dans l'équation 30 issue des travaux du projet EMERGE.

Annexe 14 : Liste des éléments à vérifier lors de l'audit

Audit	Item	Projet audité sous V1 et V2	Projet audité sous V3
AUDIT DOCUMENTAIRE	Rapport de suivi [OBLIGATOIRE]	Analyse du rapport de suivi fourni par le porteur de projet ou son mandataire	Analyse du rapport de suivi fourni par le porteur de projet ou son mandataire
	Préparation du sol [LE CAS ÉCHÉANT]	Vérification sur facture qu'il n'y a pas eu de labour en plein	Vérification sur facture qu'il n'y a pas eu de labour en plein
	Ventilation essences [OBLIGATOIRE]	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse des factures - Vérification que le changement d'essences ne dépasse pas 20 % de l'ensemble des plants du projet 	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse des factures - Vérification que le changement d'essences ne dépasse pas 20 % de l'ensemble des plants du projet
	Diversification en essences [OBLIGATOIRE]		Vérification que les critères de diversification ont été appliqués (par analyse de la facture si un seul tènement)
	Regarni éventuel [LE CAS ÉCHÉANT]	Vérification que les essences du regarni sont autorisées par l'arrêté MFR régional	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification que les essences du regarni sont autorisées par l'arrêté MFR régional - Vérification que les regarnis ont été effectués à l'issue de la 1^{ère}, 2^{ème} ou 3^{ème} saison de végétation
	Autres travaux éventuels (création de mare, taille de formation...) [LE CAS ÉCHÉANT]	Analyse des factures	Analyse des factures
	Document de gestion durable (DGD) [OBLIGATOIRE]	Fourniture du courrier d'agrément du DGD par la délégation régionale du CNPF ou de l'aménagement en forêt publique	Fourniture du courrier d'agrément du DGD par la délégation régionale du CNPF ou de l'aménagement en forêt publique
	Analyse des aides publiques perçues [LE CAS ÉCHÉANT]	D'après éléments fournis par le porteur de projet	D'après éléments fournis par le porteur de projet
	Co-bénéfice « socio-économique » [LE CAS ÉCHÉANT]	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification de la distance d'après facture (ETF ayant réalisé les travaux) - Vérification du recours à des entreprises de réinsertion professionnelle - Vérification de l'adhésion en cours à PEFC (https://www.pefc-france.org/certifications/) ou FSC - Vérification que le propriétaire adhère à une ASLGF ou fait partie d'un GIEEF 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification de la distance d'après facture (ETF ayant réalisé les travaux) - Vérification du recours à des entreprises de réinsertion professionnelle - Vérification de l'adhésion en cours à PEFC (https://www.pefc-france.org/certifications/) ou FSC - Vérification que le propriétaire adhère à une ASLGF ou fait partie d'un GIEEF

		- Vérification de l'attestation d'assurance contre la tempête ou l'incendie	- Vérification de l'attestation d'assurance contre la tempête ou l'incendie
	Co-bénéfice « sol » [LE CAS ÉCHÉANT]	- Vérification du type de préparation du sol (analyse de factures)	- Vérification du type de préparation du sol (analyse de factures) - Vérification d'un document de diagnostic d'humidité du sol avant travail du sol
	Co-bénéfice « biodiversité » [LE CAS ÉCHÉANT]	- Vérification des proportions d'essences autochtones dans le mélange (analyse de facture)	- Vérification des proportions d'essences autochtones dans le mélange (analyse de facture)
	Co-bénéfice « changement climatique » [LE CAS ÉCHÉANT]		- Vérification d'un protocole expérimental - Vérification du pourcentage d'essences efficaces dans l'élimination de l'ozone
	Co-bénéfice « eau » [LE CAS ÉCHÉANT]	Vérification de la création de mare ou de ripisylve sur facture	Vérification de la création de mare ou de ripisylve sur facture
AUDIT DE TERRAIN	Rémanents et souches [OBLIGATOIRE]	Vérification que les rémanents et souches n'ont pas été exportés	Vérification que les rémanents et souches n'ont pas été exportés
	Préparation du sol [LE CAS ÉCHÉANT]		Si un labour en bandes a été effectué sur moins de 50 % de la surface, vérification que la texture est à dominante sableuse.
	Diversification en essences [OBLIGATOIRE]		Vérification que les critères de diversification ont été appliqués (par passage dans les différents tènements)
	Maintien d'arbres d'intérêt écologique [LE CAS ÉCHÉANT]		Vérification de leur présence d'après les éléments fournis sur le document 3B ou 4
	Diagnostic IBP [LE CAS ÉCHÉANT]		Diagnostic IBP à réaliser et vérification que la note de l'IBP n'a pas été dégradée sur le critère A et qu'elle n'a pas baissé de plus de 3 points sur les critères C, D, E et F cumulés
	Vérification de la station [OBLIGATOIRE]	Sondage à réaliser, avec relevé de profondeur et de texture et vérification des classes de fertilité choisies par le porteur de projet dans le document 4	Sondage à réaliser, avec relevé de profondeur et de texture et vérification des classes de fertilité choisies par le porteur de projet dans le document 4
	Correction suite à une erreur de diagnostic stationnel ou de fertilité de la part du porteur de projet [LE CAS ÉCHÉANT]	Demande au porteur de projet de refaire les calculs + vérification du calculateur déposé par le porteur de projet	Demande au porteur de projet de refaire les calculs + vérification du calculateur déposé par le porteur de projet
	Co-bénéfice « sol » [LE CAS ÉCHÉANT]	Vérification du nettoyage ou broyage des rémanents après exploitation de la parcelle	Vérification du nettoyage ou broyage des rémanents après exploitation de la parcelle

	Co-bénéfice « biodiversité » [LE CAS ÉCHÉANT]	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification que des bordures feuillues ont bien été créées - Vérification que des arbres d'intérêt écologique ont bien été maintenus 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification que des bordures feuillues ont bien été créées - Vérification du type d'implantation de la diversification (en bandes, par bouquets, pied à pied)
	Co-bénéfice « eau » [LE CAS ÉCHÉANT]	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification que les résineux sont bien implantés à plus de 10 m des bordures de cours d'eau - Vérification qu'une mare ou une ripisylve a été créée 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification que les résineux sont bien implantés à plus de 10 m des bordures de cours d'eau - Vérification qu'une mare ou une ripisylve a été créée

TABLEAU 28. — *Liste des éléments à auditer pour un projet de reboisement lors de l'audit documentaire et l'audit de terrain selon la version de la méthode.*

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.

AGATHOKLEOUS Evgenios, FENG Zhaozhong, OKSANEN Elina, SICARD Pierre, WANG Qi, SAITANIS Costas, ARAMINIENE Valda, BLANDE James, HAYES Felicity, CALATAYUD Vicent, DOMINGOS Marisa, VERESOGLOU Stavros, PENUELAS Josep, WARDLE David, DE MARCO Alessandra, LI Zhengzhen, HARMENS Harry, YUAN Xiangyang, VITALE Marcello, PAOLETTI Elena, 2020. *Ozone affects plant, insect, and soil microbial communities: A threat to terrestrial ecosystems and biodiversity*. Science Advances, vol. 6, n° 33, 17 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 n° 245, CNPF, pp. 62-66.

AUTREY Jean-Claude, BOSSER Jean, FERGUSON I.K., 2008. *Flore des Mascareignes*. Institut de recherche pour le développement, Paris. Mauritius Sugarcane Industry Research Institute, Île Maurice, The Royal Botanic Gardens, Kew, Grande-Bretagne. 462 p.

BARTHELAT Fabien, 2019. *La flore illustrée de Mayotte*. Coédition Biotope et Muséum national d'Histoire naturelle, collection « inventaires et biodiversité ». 687 p.

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

BLANCHART Éric, CABIDOUCHE Yves-Marie, SIERRA Jorge, VENKATAPEN Corinne, LANGLAIS Christian, ACHARD Raphaël, 2004. *Stocks de carbone dans les sols pour différents agrosystèmes des Petites Antilles*. Cahiers du PRAM, n° 4, pp. 31-34.

BLONDEL Paul, 2018. *Mise en place des bases méthodologiques et scientifiques de l'évaluation du bilan carbone de la subériculture dans le Massif des Maures*. Mémoire de fin d'études AgroParisTech, 96 p.

BOURGEOIS Catherine, 2001. *Valoriser le pin sylvestre dans le canton de Comps-sur-Artuby (Var)*. Forêt méditerranéenne, tome XXII, n° 4, pp. 355-362.

BRAASTAD H., 1967. *Produksjonstabeller for bjørk. Meddelelser fra Det Norske Skogforsøksveren*. 22 (84), pp. 265-365.

BROSSARD Michel, BARTHÈS Bernard, PERRIN Anne-Sophie, COURTE Amandine, FUJISAKI Kenji, KOUAKOUA Ernest, CAMBOU Aurélie, MOULIN Patricia, BEAUCHER Éric, SARRAZIN Max, 2018. *Stocks de carbone des sols de Guyane : mesure et distribution*. Ademe, en partenariat avec l'Institut de recherche pour le développement et Terres Inovia, 63 p.

CAIRNS Michael, BROWN Sandra, HELMER Eileen, BAUMGARDNER Greg, 1997. *Root biomass allocation in the world's upland forests*. *Oecologia*, n° 111, pp. 1-11.

CAUDULLO Giovanni, WELK Erik, SAN MIGUEL-AYANZ Jesús, 2021. *Chorological data for the main European woody species*.

CHAVE, Jérôme, RÉJOU-MÉCHAIN Maxime, BÚRQUEZ Alberto, CHIDUMAYO Emmanuel, COLGAN Matthew, DELITTI Wellington, DUQUE Alvaro, EID Tron, FEARNSIDE Philip, GOODMAN Rosa, HENRY Mathieu, MARTÍNEZ-YRÍZAR Angelina, MUGASHA Wilson, MULLER-LANDAU Helene, MENCUCCINI Maurizio, NELSON Bruce, NGOMANDA Alfred, NOGUEIRA Euler, ORTIZ-MALAVASSI Edgar, PÉLISSIER Raphaël, PLOTON Pierre, RYAN Casey, SALDARRIAGA Juan, VIEILLEDENT Ghislain, 2014. *Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees*. *Global change biology*, 14 p.

COLLET Catherine, VAST Florian, RICHTER Claudine, KOLLER Rémi, 2021. *Cultivation profile: a visual evaluation method of soil structure adapted to the analysis of the impacts of mechanical site preparation in forest plantations*. *European Journal of Forest Research* 140, n° 1: pp. 65-76.

CORREIA Alexandra, TOMÉ Margarida, PACHECO Carlos, FAIAS Sónia, DIAS Chamara, FREIRE João, CARVALHO Pedro, PEREIRA João, 2010. *Biomass allometry and carbon factors for a Mediterranean pine (Pinus pinea L.) in Portugal*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), n° 19, pp. 418-433.

COURBET François, 1987. *Tables de production pour l'épicéa de Sitka en Bretagne*. *Revue forestière française*, volume 39, n° 6, pp. 497-511

CUCHET Emmanuel, 1998. *Les houppiers de peuplier — Départements du Nord, du Pas-de-Calais et de l'Aisne*. AFOCEL, fiche n° 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* n° 44. ONF, pp. 22-32.

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

DIETZ Lucie, 2020. *Dynamique spontanée post-tempête de la végétation forestière en contexte de changement climatique*. AgroParisTech, thèse, 175 p.

EL HAOUZALI Hafida, 2009. *Déroulage du peuplier : effets cultivars et stations sur la qualité des produits dérivés*. Thèse, Arts et Métiers ParisTech, 214 p.

EMBERGER Céline, LARRIEU Laurent, GONIN Pierre, 2016. *Dix facteurs clés pour la diversité des espèces en forêt. Comprendre l'indice de biodiversité potentielle (IBP)*. Institut pour le développement forestier, 58 p.

FABER P.J., 1996. *Opbrengsttabel Amerikaanse eik*

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

FCBA, 2020. *Mémento 2019*. FCBA, 48 p.

FIGUERES Soisick, GLEIZES Olivier, ROMBAUT Geoffroy, MARTEL Simon, MONGERMON Stéphane, 2024. *Faciliter l'utilisation des tables de production forestières dans la cadre du label Bas-Carbone*. CNPF, Rapport d'étude, 158 p.

FIGUERES Soisick, DELEUZE Christine, 2025. *Dynamique de colonisation de terres non reboisées par des accrus*. Forêt innovation numéro spécial [publication à venir]

FOURNET Jacques, 2002. *Flore illustrée des phanérogames de Guadeloupe et de Martinique*. CIRAD, Gondwana Editions. 2 volumes, 2 538 p.

FOURNIER Salomé, SARDIN Thierry, DREYFUS Philippe, FRANÇOIS Didier, MANDRET Xavier, SIMEONI Marion, RENAUD Jean-Pierre, AKROUME Emila, BOUVET Alain, BERTHELOT Alain, WERNSDÖRFER Holger, RIVIÈRE Miguel, SAINTE-MARIE Julien, BRÊTEAU-AMORES Sandrine, de COLIGNY François, DELEUZE Christine, 2022. *Dendrometric data of silvicultural scenarios from the French National Forests Office's (ONF)*, <https://doi.org/10.57745/QARRFS>, Recherche Data Gouv, V1

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, n° 64, pp. 356-367.

GONZÁLEZ MOLINA José Maria, MEYA David, ARRUFAT D., 1999. *Primeras tablas de selvicultura a la carta para masas regulares de Pinus nigra Arn. del Prepirineo catalán*. Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales, volume 9, n° 1, 1999, pp. 49-62.

GUITET S, BLANC L, CHAVE J., GOMIS A., 2006. *Expertise sur les références dendrométriques nécessaires au renseignement de l'inventaire national de gaz à effet de serre pour la forêt guyanaise*. Rapport de la Convention N° 59.02. G 18/05, entre le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche et l'Office National des Forêts Direction régionale de Guyane, 81 p.

GUITET Stéphane, BRUNAUX Olivier, de GRANVILLE Jean-Jacques, GONZALEZ Sophie, RICHARD-HANSEN Cécile, 2015. *Catalogue des habitats forestiers de Guyane*. Cayenne : ONF. Direction régionale Guyane, DEAL Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement - 119 p. - ISBN : 978-2-84207-384-8.

GUITET Stéphane, BRUNAUX Olivier, JAOUEN Gaëlle, RICHARD-HANSEN Cécile, GONZALEZ Sophie, SABATIER Daniel, PELISSIER Raphaël, SURUGUE Nicolas, 2014. *Habitats : décrire et cartographier la diversité des forêts de Guyane*. Rendez-vous techniques de l'ONF, n° 43, pp. 46-53.

HAMILTON Graham John, CHRISTIE JM, 1971. *Forest management tables (metric)*. Forestry Commission Booklet 34. London

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.

LANDMANN Guy, DELAY Morgane, MARQUET Garance (Coordinateurs), BERGÈS Laurent, COLLET Catherine, DEUFFIC Philippe, GOSELIN Marion, MARAGE Damien, OGÉE Jérôme, OSE Kenji, PERRIER Céline (Pilotes), AGRO Chloé, AKROUME Emila, AUBERT Michael, AUGUSTO Laurent, BAUBET Olivier, BECQUEY Jacques, BÉLOUARD Thierry, BOULANGER Vincent, BOURDIN Audrey, BOUTTE Bernard, BOUWEN Klara, BRAULT Stéphane, BRUNET Yves, BUREAU Fabrice, CASTRO Amélie, CHAUMET Marin, CONCHE Joël, DARBOUX Frédéric, DEPEIGE Lionel, DESGROUX Aurore, DOKHELAR Théo, DOMEQ Jean-Christophe, DUMAS Yann, DUPREZ Marianne, FRAPPART Frédéric, GARCIA Serge, GARDINER Barry, GIRARD Sabine, GOSELIN Frédéric, HUSSON Claude, JACOMET Edouard, JACTEL Hervé, JOYEAU Cécile, LACOMBE Éric, LAURENT Lisa, LEGOUT Arnaud, LELASSEUR Laurent, LOUSTAU Denis, MEREDIEU Céline, MOREEWS Lucas, ORAZIO Christophe, PEYRON Jean-Luc, PILARD-LANDEAU Brigitte, PITAUD Jonathan, PLANELLS Milena, PLAT Nattan, PONETTE Quentin, POUSSE Noémie, PRÉVOSTO Bernard, PUISEUX Jérôme, PUYAL Malaurie, RANGER Jacques, RICHOUS Elsa, RIGOLOTTÉ Éric, RIOU-NIVERT Philippe, SAÏD Sonia, SAINTONGE François-Xavier, SERRA DIAZ Josep Maria, STEMMELEN Alex, TOUTCHKOV Marion, VAN HALDER Inge, VINCENOT Lucie, WURPILLOT Stéphanie (Experts). *Expertise collective CRREF « Coupes rases et renouvellement des peuplements forestiers en contexte de changement climatique »*, Rapport scientifique de l'expertise, Paris : GIP ECOFOR, RMT AFORCE (mai 2023), 782 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, n° 6. AgroParisTech Nancy, 22 p.

LEBAN Jean-Michel, LACARIN Maxime, KERFRIDEN Baptiste, JACQUIN Philippe, TAUPIN Amélie, MOLA Charline, DUPREZ Cédric, CHABOT Sandrine, DAUFFY Vincent, MORNEAU François, WURPILLOT Stéphanie, HERVÉ Jean-Christophe, 2022. *Wood Basic Density for 156 tree forest species-V2*, <https://doi.org/10.57745/ZNFO7T>, Recherche Data Gov.

LEMAIRE Jean, 2014. *Lien entre le déficit hydrique climatique et le dépérissement du chêne pédonculé sur la façade atlantique*. Forêt-entreprise, n° 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 n° 39-40. ONF, pp. 48-59.

MANZINI Jacopo, HOSHIKA Yasutomo, CARRARI Elisa, SICARD Pierre, WATANABE Makoto, TANAKA Ryoji, BADEA Ovidiu, NICESE Francesco, FERRINI Francesco, PAOLETTI Elena, 2023. *FlorTree: a unifying modelling framework for estimating the species-specific pollution removal by individual trees*. Urban Forestry & Urban Greening, vol. 85.

MITSCHERLICH G., 1945. *Schwarzerlen-Ertragstafel*. In: Schober, R., 1975. *Ertragstafeln wichtiger Baumarten. Zweite Auflage*, J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main

MOKANY Karel, RAISON John, PROKUSHKIN Anatoly, 2006. *Critical analysis of root: shoot ratios in terrestrial biomes*. *Global Change Biology*, n° 12, pp. 84-96.

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.

OISTERBAAN Anne, 1988. *Opbrengsttabel voor zomereik (Quercus robur L.)*. Uitvoerig verslag Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "de Dorschkamp" Band 22(1), Wageningen.

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.

PISCHEDDA Daniel (coord.), 2009. *Pour une exploitation forestière respectueuse des sols et de la forêt « PROSOL » Guide pratique*. Édition ONF- FCBA, 110 pages.

PISCHEDDA Daniel, HELOU Tammouz Eñaut (coord.), 2017. *PRATIC'SOLS – Guide sur la praticabilité des parcelles forestières*. Édition ONF - FNEDT, 46 pages.

NOWAK David, HIRABAYASHI Satoshi, DOYLE Marlene, McGOVERN Mark, PASHER Jon, 2018. *Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health*. *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 29, pp. 40-48.

PIQUÉ NICOLAU Miriam, DEL RIO Miren, CALAMA Rafael, MONTERO Gregorio, 2011. *Modelling silviculture alternatives for managing Pinus pinea L. forest in North-East Spain*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), *Forest Systems*, n° 20, pp. 3-20.

POORTER Lourens, BONGERS Frans, AIDE T. Mitchell, ALMEYDA ZAMBRANO Angélica, BALVANERA Patricia, BECKNELL Justin, BOUKILI Vanessa, BRANCALION Pedro, BROADBENT Eben, CHAZDON Robin, CRAVEN Dylan, DE ALMEIDA-CORTEZ Jarcilene, CABRAL George, DE JONG Ben, DENSLOW Julie, DENT Daisy DEWALT Saara, DUPUY Juan, DURÁN Sandra, ESPÍRITO-SANTO Mario, FANDINO María, CÉSAR Ricardo, HALL Jefferson, HERNANDEZ-STEFANONI José Luis, JAKOVAC Catarina, JUNQUEIRA André, KENNARD Deborah, LETCHER Susan, LICONA Juan-Carlos, LOHBECK Madelon, MARÍN-SPIOTTA Erika, MARTÍNEZ-RAMOS Miguel, MASSOCA Paulo, MEAVE Jorge, MESQUITA Rita, MORA Francisco, MUÑOZ Rodrigo, MUSCARELLA Robert, NUNES Yule, OCHOA-GAONA Susana, DE OLIVEIRA Alexandre, ORIHUELA-BELMONTE Edith, PEÑA-CLAROS Marielos, PÉREZ-GARCÍA Eduardo, PIOTTO Daniel, POWERS Jennifer, RODRÍGUEZ-VELÁSQUEZ Jorge, ROMERO-PÉREZ I. Eunice, RUÍZ Jorge, SALDARRIAGA Juan, SANCHEZ-AZOFEIFA Arturo, SCHWARTZ Naomi, STEININGER Mark, SWENSON Nathan, TOLEDO Marisol, URIARTE Maria, VAN BREUGEL Michiel, VAN DER WAL Hans, VELOSO Maria, VESTER Hans, VICENTINI Alberto, VIEIRA Ima, VIZCARRA BENTOS Tony, WILLIAMSON G. Bruce, ROZENDAAL Danaë,

2016. *Biomass Resilience of Neotropical Secondary Forests*. Nature 530, n° 7 589: 211-14. <https://doi.org/10.1038/nature16512>.

PRYOR S. N., 1988. *The silviculture and yield of wild cherry*. London: Forestry Commission. Forestry Commission Bulletin, n° 75, 23 p.

RÉDEI Károly, CSIHA Imre, KESERŰ Zsolt, RÁSÓ János, VÉGH Ágnes Kamandiné, ANTAL Borbála, 2014. *Growth and Yield of Black Locust (Robinia pseudoacacia L.) Stands in Nyírség Growing Region (North-East Hungary)*. SEEFOR 5, pp. 13–22.

SCHOBER R., 1995. *Ertragstafeln wichtiger Baumarten*. Zweite Auflage, J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main, 154 p.

SICARD Pierre, DALSTEIN-RICHIER Laurence, 2015. *Health and vitality assessment of two common pine species in the context of climate change in Southern Europe*. Environmental Research, vol. 137, pp. 235-245.

SICARD Pierre, ROSSELLO P., 2016. *Spatio-temporal trends of surface ozone concentrations and metrics in France*. Environmental Research, vol. 149, pp. 122-144.

SICARD Pierre, AGATHOKLEOUS Evgenios, ARAMINIENE Valda, CARRARI Elisa, HOSHIKA Yasutomo, DE MARCO Alessandra, PAOLETTI Elena, 2018. *Should we see urban trees as effective solutions to reduce increasing ozone levels in cities?* Environmental Pollution, vol. 243, pp. 163-176.

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, n° 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.

ZANNE Amy, LOPEZ-GONZALEZ G., COOMES David, ILIC Jugo, JANSEN Steven, LEWIS Simon, MILLER Regis, SWENSON Nathan, WIEMANN Michael, CHAVE Jérôme, 2009. *Data from: towards a worldwide wood economics spectrum*. Dryad, Dataset.