



Méthode boisement

Version 3 du 13/02/2025

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



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 14 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, et tout particulièrement l’ONF pour l’adaptation de la méthode au contexte ultramarin.

Contact : carbone@cnpf.fr

Pour citer ce document :

GLEIZES Olivier, 2025. *Méthode boisement (version 3)*. CNPF, 111 p.



Table des matières

1. APPLICABILITE, DEFINITIONS, DUREE.....	5
1.1. BOISEMENT	5
1.2. DUREE DE PROJET	5
1.3. LE PORTEUR DE PROJET	6
1.4. SELECTION DES SOURCES/PUITS ET COMPARTIMENTS A PRENDRE EN COMPTE.....	6
2. CRITERES D'ELIGIBILITE.....	8
2.1. LES PREMIERES PIECES A FOURNIR SYSTEMATIQUEMENT	8
2.2. LE DOCUMENT DE GESTION DURABLE.....	9
2.3. L'ETUDE AU CAS PAR CAS PREALABLE PAR L'AUTORITE ENVIRONNEMENTALE.....	11
2.4. LES CRITERES TECHNIQUES D'ELIGIBILITE DES BOISEMENTS.....	11
2.4.1. <i>L'articulation avec les arrêtés MFR</i>	11
2.4.2. <i>Le diagnostic stationnel et climatique</i>	12
2.4.3. <i>L'éligibilité du semis forestier</i>	13
2.4.4. <i>Les plantations par placeaux</i>	14
2.4.5. <i>La préparation du sol</i>	14
2.4.6. <i>Le mélange d'essences</i>	16
2.4.7. <i>La préservation des éléments de biodiversité préexistants</i>	16
2.5. LE CAS DES PROJETS COLLECTIFS	16
2.6. LE CAS DE LA PENURIE DE PLANTS ET DES REGARNIS	17
3. CHOIX DU SCENARIO DE REFERENCE ET DEMONSTRATION DE L'ADDITIONNALITE	19
3.1. CHOIX DU SCENARIO DE REFERENCE	19
3.2. DEMONSTRATION DE L'ADDITIONNALITE	20
3.2.1. <i>Analyse légale</i>	20
3.2.2. <i>Analyse des aides publiques</i>	21
3.2.3. <i>Analyse économique</i>	22
4. INTEGRITE ENVIRONNEMENTALE ET CO-BENEFICES	25
4.1. L'ETUDE AU CAS PAR CAS	25
4.2. LE MELANGE D'ESSENCES.....	25
4.3. LA GRILLE D'EVALUATION DES CO-BENEFICES.....	25
5. INTEGRATION DU RISQUE DE NON-PERMANENCE.....	29
5.1. RISQUE DE NON PERENNITE DU PROJET SUR LA DUREE DU FAIT DU PORTEUR DE PROJET	29
5.2. RISQUE DE DEPERISSEMENT/INADEQUATION A LA STATION	29
5.3. RISQUES NATURELS ET SANITAIRES DIFFICILEMENT MAITRISABLES.....	29
5.4. RISQUE D'INCENDIE	30
5.5. RISQUE DU AU GIBIER	32
5.6. RISQUE DE DEBOISEMENT A MAYOTTE.....	32
6. CALCUL DES REDUCTIONS D'EMISSIONS GENERABLES.....	33
6.1. CALCUL DES REDUCTIONS D'EMISSIONS ANTICIPEES GENERABLES	33
6.1.1. <i>REA générables du fait de la séquestration du carbone par l'écosystème forestier</i>	33
6.1.2. <i>REA générables du fait du stockage du carbone dans les produits bois récoltés</i>	34
6.2. CALCUL DES REDUCTIONS D'EMISSIONS INDIRECTES GENERABLES.....	37
6.2.1. <i>Calcul des réductions d'émissions indirectes générables dans le scénario de boisement</i>	38
6.2.2. <i>Calcul des réductions d'émissions indirectes générables dans le scénario de référence</i>	38
6.3. CALCUL DES REDUCTIONS D'EMISSIONS ANTICIPEES TOTALES GENERABLES	38
7. QUANTIFICATION CARBONE DES ITINERAIRES.....	39
7.1. QUANTIFICATION GENERALE DU CARBONE	39
7.1.1. <i>Estimation de la biomasse forestière aérienne (B_A)</i>	39
7.1.2. <i>Estimation de la biomasse forestière racinaire (B_R)</i>	39
7.1.3. <i>Taux de carbone dans la matière sèche</i>	40
7.1.4. <i>Estimation du stock de carbone dans les sols (S)</i>	40

7.1.5.	Estimation du stock de carbone dans la litière (L)	43
7.1.6.	Estimation du stock de carbone dans le bois mort (M)	44
7.2.	MODELISATION DE L'EVOLUTION DU CARBONE DANS LE SCENARIO DE REFERENCE	44
7.2.1.	Cas de la poursuite de l'agriculture	44
7.2.2.	Cas de la colonisation naturelle/enfrichement.....	44
7.3.	MODELISATION DE L'EVOLUTION DU CARBONE DANS L'ITINERAIRE DE BOISEMENT	45
7.3.1.	Les essences à quantifier obligatoirement en utilisant des tables de production françaises	45
7.3.2.	Les autres essences à quantifier à partir de l'annexe 10.....	46
7.3.3.	Les essences absentes ou sans équivalence dans l'annexe 10.....	47
7.3.4.	Justification de la classe de fertilité.....	48
7.3.5.	Le calculateur	48
8.	VERIFICATION.....	50
8.1.	OBJECTIFS ET PERIMETRE DE LA VERIFICATION	50
8.2.	RAPPORT DE SUIVI.....	50
8.3.	LISTE DES AUDITEURS.....	51
8.4.	VERIFICATION DOCUMENTAIRE PAR UN AUDITEUR.....	51
8.4.1.	Vérification des conditions d'éligibilité et de l'additionnalité.....	51
8.4.2.	Vérification des co-bénéfices.....	52
8.5.	ÉLÉMENTS A AUDITER SUR LE TERRAIN QUELLE QUE SOIT LA TECHNIQUE DE BOISEMENT	53
8.5.1.	Vérification des conditions d'éligibilité du projet	53
8.5.2.	Vérification de la station	53
8.5.3.	Vérification des co-bénéfices.....	53
8.6.	VERIFICATION ADDITIONNELLE DE TERRAIN PAR UN AUDITEUR POUR UN BOISEMENT ISSU DE PLANTATION	54
8.6.1.	La densité de plants vivants pour les boisements « classiques ».....	54
8.6.2.	La densité de plants vivants pour les peupleraies et noyeraies	55
8.6.3.	Calculs à effectuer par l'auditeur	56
8.7.	VERIFICATION ADDITIONNELLE DE TERRAIN PAR UN AUDITEUR POUR UN BOISEMENT ISSU DE SEMIS.....	60
8.8.	VERIFICATION ADDITIONNELLE DE TERRAIN PAR UN AUDITEUR POUR UN BOISEMENT PAR PLACEAUX	61
8.9.	LIVRABLES DE L'AUDITEUR.....	62
8.10.	VERIFICATION SUPPLEMENTAIRE POUR UNE CONVERSION EX-POST DES CREDITS	62
9.	REDUCTIONS D'EMISSIONS ANTICIPEES GENERABLES ET GENEREES APRES APPLICATION DES RABAIS.....	63
10.	BILAN DES ELEMENTS A FOURNIR.....	65
	ANNEXE 1 : EXEMPLES DE MELANGES INTRAPARCELLAIRES	68
	ANNEXE 2 : EFFICACITE DE CERTAINES ESSENCES DANS L'ELIMINATION DE L'OZONE TROPOSPHERIQUE	70
	ANNEXE 3 : SOURCE POUR IDENTIFIER L'INDIGENAT D'UNE ESSENCE	74
	ANNEXE 4 : LISTE DES PDPFCI, PRDFCI, ATLAS FEUX DE FORET ET AUTRES DOCUMENTS EN VIGUEUR EN DECEMBRE 2024 79	
	ANNEXE 5 : EXPLICATION DE LA FORMULE DE CALCUL DU GAIN EN CARBONE	81
	ANNEXE 6 : CALCUL DES COEFFICIENTS DE SUBSTITUTION SCIAGES, PANNEAUX ET BOIS ENERGIE	83
	ANNEXE 7 : INFRADENSITES RECOMMANDEES POUR LES PRINCIPALES ESSENCES FRANÇAISES	84
	ANNEXE 8 : ÉQUATIONS POUR L'ESTIMATION DE LA BIOMASSE RACINAIRE	88
	ANNEXE 9 : VALEURS PAR DEFAUT POUR DES PROJETS DANS LES DROM.....	89
	ANNEXE 10 : ÉQUIVALENCE D'ESSENCES SUR LESQUELLES REALISER UNE QUANTIFICATION CARBONE.....	98
	ANNEXE 11 : METHODE DE QUANTIFICATION D'UN VOLUME TOTAL	102
	ANNEXE 12 : LISTE DES ELEMENTS A VERIFIER LORS DE L'AUDIT	104
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	106

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 boisement au sens de « terre n'ayant pas porté de forêt pendant au moins 50 ans » des Accords de Marrakech.

De fait, il en découle les définitions suivantes.

1.1. Boisement

On entend par « boisement » la conversion anthropique directe en terres forestières de terres non boisées depuis 10 ans ou plus. Toutefois, des parcelles qui ont été boisées il y a plus de 10 ans et qui ne le sont plus depuis plus de 10 ans avant le montage du dossier (pour quelque raison que ce soit, notamment un défrichement) sont éligibles à la présente méthode. Le cas particulier du respect au RDUE (Règlement Déforestation de l'Union Européenne) est rappelé en 2.3.

Si la parcelle est constituée par des accrus ou des broussailles ne dépassant pas un volume bois fort estimé à 15 m³/ha (soit un volume total de 23,4 m³/ha pour des feuillus ou de 19,5 m³/ha pour des résineux), le projet sera éligible à un boisement. Par conséquent, des parcelles très enfrichées avec un recru ligneux d'accrus important ne seront pas éligibles à la méthode.

La surface minimale pour un boisement 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.

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

Les boisements « 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 boisement 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 boisement 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 boisement 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 forestiers 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. et 7.1.5.) tandis que celui du bois mort sera négligé (cf. 7.1.6.). L'inclusion du stockage du carbone dans les produits bois ainsi que les effets de substitution énergie et matériau sont facultatifs. Les gaz à effet de serre (GES) dus à l'exploitation forestière seront négligés (cf. tableau 1).

Source/Puits	GES	Inclusion	Justification	Type de RE
Séquestration de carbone dans la biomasse aérienne	CO ₂	Oui		Anticipées
Séquestration de carbone dans la biomasse racinaire	CO ₂	Oui		Anticipées
Séquestration de carbone dans le bois mort	CO ₂	Non	Négligeable (très peu de bois mort dans les 30 premières années suivant un boisement)	-
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
Emissions dans le scénario de référence de poursuite de l'agriculture	CH ₄ N ₂ O	Non	Exclusion conservatrice et simplificatrice	-

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**). 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 justifiera de l'état non-boisé des parcelles depuis plus de 10 ans au moyen de photographies aériennes ou de satellites (avec superposition du fond cadastral) datant d'au moins dix ans en utilisant notamment celles fournies par l'IGN (www.remonterletemps.ign.fr) ou par tout autre moyen de son choix jugé pertinent (par exemple www.geoguyane.fr pour la Guyane). En cas d'impossibilité de superposition du fonds cadastral sur la photographie aérienne « ancienne », le porteur de projet fournira une photographie aérienne récente (issue de www.geoportail.fr par exemple) avec superposition du cadastre pour que l'instructeur visualise bien la localisation du projet, ainsi que la photographie aérienne ancienne sans fond cadastral issue de www.remonterletemps.ign.fr (**document 2B**).

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, culture présente) des terrains (**document 2C**). Ces photographies seront prises à des angles différents, selon la configuration de la zone à boiser.

Dans le cas de parcelles en cours d'enfrichement, le porteur de projet fournira une estimation du volume, établie par un professionnel forestier, justifiant que le volume à l'hectare est négligeable, photographie aérienne et photographie *in situ* à l'appui (**document 2D**).

Le demandeur doit fournir une **matrice cadastrale** justifiant la propriété des parcelles objet du projet de boisement 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**).

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

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 3**.

2.2. Le document de gestion durable

Le porteur de projet doit s'engager à doter les parcelles du projet de boisement d'un **document de gestion durable** : aménagement forestier, plan simple de gestion ou règlement type de gestion ou code de 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 est déjà propriétaire forestier et a un document de gestion durable ;
 - 2) Le porteur de projet n'est pas propriétaire forestier ou n'a pas de document de gestion durable (exemple : un agriculteur souhaitant boiser certains de ses terrains).
-
- 1) Si le porteur de projet est déjà propriétaire forestier, 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 la personne morale (préfet de région ou ministre par exemple) 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 ;

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. »

- 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. Dans ce cas, le porteur de projet devra demander un **avenant au document de gestion** en cours de validité pour intégrer les parcelles nouvellement boisées et présenter, lors de la vérification, la copie de la décision d'agrément de l'avenant de son document de gestion durable.

- 1) Si le porteur de projet n'est pas déjà propriétaire forestier ou n'a pas de document de gestion durable au moment du dépôt de projet :
 - Pour les parcelles 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 : boiser une lande) 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.

⁷ DNAG = directive nationale d'aménagement et de gestion

⁸ ONAG = orientation nationale d'aménagement et de gestion

2.3. L'étude au cas par cas préalable par l'autorité environnementale

Conformément aux articles R 122-2 et suivants du Code de l'environnement⁹, tout projet de boisement sur une superficie supérieure à un certain seuil doit être soumis à un examen au cas par cas par l'autorité environnementale, qui décide si le projet nécessite ou non la réalisation d'une évaluation environnementale (l'absence de réponse dans un délai de 35 jours valant obligation de réaliser l'évaluation environnementale). À ce jour, le seuil est de 0,5 ha¹⁰.

Si le projet de boisement porte sur une surface supérieure à ce seuil, le porteur de projet fournira, dans le dossier de demande de labellisation, soit une copie de la décision d'exemption d'étude d'impact (**document 5**), soit l'avis émis par l'autorité environnementale suite à l'évaluation environnementale réalisée. Dans le cas où la décision d'exemption d'étude d'impact est conditionnée à l'application d'éléments précisés dans les considérants de la décision, ceux-ci doivent pouvoir être justifiés à la demande du service instructeur.

Pour les parcelles qui étaient boisées il y a plus de 10 ans et qui sont éligibles à la méthode boisement, le porteur de projet sera soumis à cette même procédure, bien qu'il ne s'agisse pas d'un premier boisement.

Afin de respecter le RDUE¹¹, à partir du 1^{er} janvier 2031, les projets qui se feront sur des parcelles à vocation forestière pourront se faire à condition de ne pas se situer dans un cas de « dégradation » au sens du RDUE. Les projets qui se feront sur des parcelles agricoles initialement forestières ayant subi un défrichement après le 31 décembre 2020 pourront se faire, à condition de ne pas se situer dans un cas de dégradation de la nouvelle forêt par rapport à la forêt initialement présente avant défrichement. Dans le cas contraire, pour ces deux situations, le bois issu du nouveau boisement ne pourra pas être commercialisé et il ne sera pas possible de prendre en compte le compartiment produits bois dans les calculs de séquestration. Les boisements sur parcelles agricoles, y compris sur d'anciennes parcelles forestières défrichées à des fins agricoles avant le 31/12/2020, ne seront concernés par le RDUE que par la nécessité de maintenir la vocation forestière après récolte des bois.

2.4. Les critères techniques d'éligibilité des boisements

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 forêt¹². 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

⁹ [Article R122-3 du Code de l'environnement](#)

Instruction technique DGPE/SDFCB/2017-295 : <https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-2017-295>

¹⁰ Rubrique 47c de l'annexe de l'article R122-2 du Code de l'environnement

¹¹ Applicable en fin 2024, le règlement Déforestation de l'Union européenne (RDUE) ne permettra pas l'utilisation du bois issu de certaines coupes intervenues après le 31 décembre 2020, notamment lorsque la parcelle a fait initialement l'objet d'une déforestation ou d'une dégradation au sens du règlement : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L.2023.150.01.0206.01.FRA&toc=OJ%3AL%3A2023%3A150%3ATOC>

¹² <https://agriculture.gouv.fr/materiels-forestiers-de-reproduction-arretes-regionaux-relatifs-aux-aides-de-letat-linvestissement>

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 boisement au regard de ces préconisations. Il peut refuser le projet de boisement si les essences, ou plus globalement le boisement, est non recommandé sur des surfaces identifiées comme des milieux humides (tourbières...).

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 boisement 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 boisement 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 Guadeloupe¹⁴, arrêté du 1^{er} avril 2019 pour la Réunion¹⁵, arrêté du 9 août 2019 pour la Martinique¹⁶, arrêté du 17 septembre 2020 pour la Guyane¹⁷ et arrêté du 10 juin 2021 pour Mayotte¹⁸). 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 boisement et font partie des essences indigènes.

2.4.2. Le diagnostic stationnel et climatique

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

¹⁴ <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000036610607>

¹⁵ <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000038358649/>

¹⁶ <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000039126771/>

¹⁷ <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000042459334>

¹⁸ <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043935164>

Le porteur de projet ou son mandataire devra justifier de l'adéquation des essences proposées à la station (contexte pédoclimatique) 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 forêts¹⁹, des outils d'aide au choix des essences (Bioclimsol...) ou à défaut une analyse phytoécologique 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 Climessences. À défaut, d'autres outils de diagnostic ou des bases de données pertinentes pourront être proposés, sous réserve de demande préalable à la DGECC 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) ;
- 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 3](#).

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 boisements 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 boisements issus de ces semis du fait de la très forte densité de plants issus des germinations.

¹⁹ <https://agriculture.gouv.fr/graines-et-plants-forestiers-conseils-dutilisation-des-ressources-genetiques-forestieres>

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 boisement^{20, 21, 22} ; à savoir les chênes (*Quercus*), le châtaignier, les noyers (*Juglans*), les érables (*Acer*), les poiriers (*Pyrus*) et les pommiers (*Malus*). 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.

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

Tout boisement sur des vignes, des vergers ou des cultures engendre une séquestration de carbone au niveau du compartiment du sol, du fait de stocks moyens initiaux bien plus faibles pour les sols de ces terres cultivées que pour les sols forestiers (cf. partie 7.1.4.1). En revanche, les valeurs du carbone du sol sous prairies permanentes et celles de sols forestiers sont très proches. Par conséquent, tout travail du sol préalable à un boisement sur prairie 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.

Par ailleurs, le stock initial de carbone dans les prairies étant particulièrement élevé, pour se prémunir du risque de relargage pour des plantations sur prairies, le labour en plein y est interdit (quelle que soit la technique de boisement : par plantation ou par semis). Le labour en bandes ou le sous-solage sur prairies sont autorisés à la condition qu'ils travaillent une surface inférieure à 50 % de la surface totale.

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

²⁰ CEMAGREF, 1982. *Techniques de reboisement*. Note technique n° 47. 71 p.

²¹ COURAUD R., 1990. *Les semis artificiels de chênes*. Forêt entreprise n° 71

²² 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.

(critères PROSOL²³ repris dans le guide PRATIC'SOLS²⁴). L'implantation de 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. De manière générale, il est recommandé de prendre connaissance des guides PROSOL et PRATIC'SOLS pour une gestion durable des sols.

Il en découle que toutes les techniques de préparation du sol sont éligibles : décapage, déchaumage, disquage, sous-solage, potets mécanisés, labour en bandes, labour en plein (interdit sur prairies mais autorisé sur cultures, vergers ou vignes).

Un déchaumage est un travail très superficiel du sol visant à faciliter la décomposition des résidus de récolte ou de culture et à gérer les mauvaises herbes. Il peut se faire par déchaumeur à disques ou cover-crop (moins de 15 cm de profondeur).

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 réversible²⁵, le sous-soleur multifonction²⁶ ou encore la bident Maillard²⁷ 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. Le Culti 3B²⁸ ou la charrue Deltasol[®] sont des exemples de machines permettant de réaliser un labour en bandes larges de 1 à 1,5 m, avec création d'un billon surélevé sur lesquels les plants seront mis en place afin de ne pas subir l'engorgement sur les terrains très engorgés. Certaines de ces charrues sont capables de réaliser un sous-solage en même temps qu'elles labourent le sol.

Préparation du sol	Tout sol cultivé (grandes cultures, verger, vigne)	Prairie ou friche
Absence de préparation du sol	Autorisé	Autorisé
Broyage en plein de la végétation herbacée ou ligneuse basse	Autorisé	Autorisé
Décapage, déchaumage, disquage en bandes ou en plein	Autorisé	Autorisé
Sous-solage	Autorisé	Autorisé
Potets mécanisés (travaillés à la pelle)	Autorisé	Autorisé
Labour en bandes	Autorisé	Autorisé (la partie travaillée représente moins de 50 % de la surface totale)
Labour en plein	Autorisé	Interdit

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

²³ PROSOL : PISCHEDDA Daniel (coord.), 2009. *Pour une exploitation forestière respectueuse des sols et de la forêt* « PROSOL » *Guide pratique*. Édition ONF- FCBA, 110 pages.

²⁴ PRATIC'SOLS : PISCHEDDA Daniel, HELOU Tammouz Eñaut, 2017. *PRATIC'SOLS – Guide sur la praticabilité des parcelles forestières*. Édition ONF - FNEDT, 46 pages.

²⁵ Fiche de présentation du scarificateur réversible[®] : <https://renfor.hub.inrae.fr/content/download/3587/34315?version=3>

²⁶ Fiche de présentation du sous-soleur multifonction[®] : <https://renfor.hub.inrae.fr/content/download/3589/34321?version=2>

²⁷ Fiche de présentation de la bident Maillard[®] : <https://renfor.hub.inrae.fr/content/download/3778/35423?version=2>

²⁸ Fiche de présentation du Culti 3B[®] : <https://renfor.hub.inrae.fr/content/download/3588/34318?version=1>

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 tènement²⁹ d'un seul tenant 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 boisement 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 boisement par semis.

2.4.7. La préservation des éléments de biodiversité préexistants

Le porteur de projet devra préserver tous les éléments préexistants à son boisement : arbres au sein des parcelles à boiser, haies, bordures boisées, ripisylves, mares... Ces éléments seront marqués sur une cartographie du projet, accompagnés de photographies à inclure dans le [document 2E](#).

Pour le cas des friches déjà embroussaillées à boiser, seuls des arbustes de bois blanc isolés (saules, trembles, bouleaux, noisetiers...) pourront être vidangés s'ils gênent le futur boisement et à la condition qu'ils soient bien dans la strate arbustive et non dans la strate arborée (c'est-à-dire à condition qu'ils fassent moins de 7 m de haut) et qu'ils ne constituent pas une haie.

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

²⁹ Un tènement est une zone de boisement 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 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 boiser 5 ha lui appartenant et son enfant est propriétaire de 2 ha sur lequel il y a également un projet de boisement). 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 boiser 3 ha et ce même M. Dupont possède en indivision une parcelle de 2 ha qu'il souhaite également boiser).

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), sous réserve d'en justifier la pertinence. Exemple : trois agriculteurs souhaitent boiser des cultures, 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, sept viticulteurs souhaitant boiser d'anciennes vignes sur des communes faisant partie d'une même appellation viticole par exemple, ou quatre agriculteurs souhaitant boiser d'anciennes terres cultivées sur des communes voisines.

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 boisements 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 boisement 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 local³⁰.

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 boisement 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.

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 boisement.

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 pourrait 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.

³⁰ 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/>

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. »

Pour décrire le scénario de référence, le porteur de projet devra définir l'évolution des terrains sur lesquels sont prévus les boisements.

Deux cas peuvent être envisagés :

- Une évolution naturelle des parcelles par un embroussaillage ou une colonisation arbustive progressive (exemple : terres de déprise agricole, friches agricoles ou industrielles...). L'accroissement moyen décrivant cette colonisation naturelle est fixé en partie 7.2.2 ;
- La poursuite de la culture du terrain (grandes cultures, dont des parcelles en jachères, vergers, vignes, maraîchage, prairies temporaires ou permanentes...). Le porteur de projet, en l'absence d'aide pour le boisement, peut estimer qu'il aurait poursuivi une activité agricole sur son terrain. Dans ce cas-là, le scénario de référence sera la poursuite de l'activité agricole.

Option 1 : embroussaillage

Ce scénario de référence est un embroussaillage par colonisation de la parcelle. D'après l'enquête Agreste (2015) sur l'utilisation du territoire en 2014, 70 % des nouvelles forêts de 2014 se trouvent sur des terres dont l'usage n'était déjà plus agricole 8 ans auparavant (tableau 3). Toujours d'après cette enquête, 18 % des terrains qualifiés de « landes » en 2006 ont atteint un état boisé en 2014. Il s'agit probablement d'accrus naturels dans la plupart des cas.

Occupation physique en 2006 de terrains considérés comme « sols boisés » en 2014	Surface non boisée en 2006 considéré comme « sols boisés » en 2014	Répartition
Sols bâtis	4 139 ha	0,4 %
Sols revêtus ou stabilisés	44 175 ha	4,6 %
Autres sols artificialisés	75 869 ha	7,9 %
Sols agricoles	287 610 ha	30 %
Landes	498 113 ha	51,9 %
Sols nus naturels	13 129 ha	1,4 %
Zones humides et sous les eaux	18 449 ha	1,9 %
Zones interdites	17 896 ha	1,9 %

TABLERAU 3. — 70 % des nouvelles forêts proviennent de sols qui n'avaient pas de vocation agricole huit ans plus tôt et la moitié de landes qui se sont boisées (Agreste, 2015)

Option 2 : poursuite de l'activité agricole

La poursuite d'une activité agricole (y compris prairies et pâturages) peut également être un scénario de référence possible.

Afin de démontrer la poursuite de l'activité agricole, le porteur de projet fournira une déclaration attestant de la culture actuelle des terrains (grandes cultures, dont des parcelles en jachère, prairies pour foin ou pâturage, vigne, verger...) et justifiera ce qu'il aurait fait des terrains en l'absence de labellisation bas-carbone du futur boisement. Il devra démontrer qu'il y a bien eu au moins une récolte au cours des cinq dernières années ou bien que les parcelles ont été laissées en jachère mais ont bien été intégrées dans les rotations culturales ; pour ce faire il pourra fournir des factures, des baux pour étayer son argumentaire ou une preuve de déclaration PAC sur ces parcelles ([document 2F](#)).

Pour tout projet où le porteur n'est pas en mesure d'apporter une preuve d'une récolte agricole de ses terrains il y a moins de cinq ans, le scénario de référence sera par défaut la colonisation naturelle par accrus.

Dans le cas où le porteur de projet opte pour le scénario de référence d'une colonisation naturelle par des accrus, il n'y a aucune démonstration écrite et signée à fournir, ce scénario étant le plus conservateur.

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 doit assurer à l'autorité compétente que son projet de boisement ne fait pas partie d'une mesure compensatoire de boisement, prévue à l'[article L341-6 du Code forestier](#) et qu'il n'entre pas dans le cas d'une obligation réelle environnementale prévoyant un financement supérieur à 50 % pour l'opération en question (pour éviter toute aubaine de double financement), prévue à l'article L132-3 du Code de l'environnement.

Par ailleurs, si le projet est situé dans une commune faisant partie d'une réglementation de boisements (article L126-1³¹ du Code rural et de la pêche maritime), le porteur de projet devra s'assurer que la

³¹ [Article L126-1 du Code rural et de la pêche maritime](#) : Afin de favoriser une meilleure répartition des terres entre les productions agricoles, la forêt, les espaces de nature ou de loisirs et les espaces habités en milieu rural et d'assurer la préservation de milieux naturels ou de paysages remarquables, les conseils départementaux peuvent, après avis des chambres d'agriculture et du Centre national de la propriété forestière, définir :

Les zones dans lesquelles des plantations et des semis d'essences forestières ou dans lesquelles la reconstitution après coupe rase peuvent être interdits ou réglementés ; lorsqu'elles s'appliquent à des terrains déjà boisés, les interdictions ou réglementations ne peuvent concerner que des parcelles boisées isolées ou rattachées à un massif dont la superficie est inférieure à un seuil de surface par grande zone forestière homogène défini par le conseil départemental après avis du Centre national de la propriété forestière et de la chambre d'agriculture selon des modalités fixées par décret en Conseil d'Etat, sur la base des motifs visés au premier alinéa. Les interdictions et les réglementations ne sont pas applicables aux parcs ou jardins attenants à une habitation. [...]

réglementation n'interdit pas le boisement (zonage de boisement « libre »), sinon le projet ne sera pas recevable s'il est situé en zonage de boisement « interdit ». Si le projet se situe en zonage de boisement « réglementé », le propriétaire devra se conformer aux prérogatives exigées.

Enfin, **le porteur de projet ne saurait ignorer toutes les réglementations existantes pouvant empêcher ou contraindre un boisement** (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 boisement. Le projet est additionnel au regard des aides publiques si :

- aucune subvention liée au boisement 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 boisements sont insuffisantes au regard de l'investissement chiffré dans le projet de boisement. 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 les travaux de boisement (Didolot, 2017³²). 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 %.

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, tels que défini plus bas, du boisement est estimé à 6 000 €/ha et que le porteur de projet sollicite une aide publique pour le boisement 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 boisements 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 boisement 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.

³² <https://www.cnpf.fr/sites/socle/files/cnpf-old/lesforestiersmassifcentral.pdf>

Les coûts inhérents à un projet label bas-carbone de boisement 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, 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, 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 tènements bien distincts (quoique présents sur une même référence cadastrale). Pour le démontrer, le porteur de projet devra fournir dans le **document 3** une cartographie des deux zones donnant lieu à deux financements différents.

Les projets de boisement de vignes dont les propriétaires ont perçu des primes à l'arrachage conditionnées à une obligation stricte de boisement ne pourront être éligibles à la présente méthode qu'à la condition de démontrer que la prime à l'arrachage, déduction faite de la part couverte des coûts d'arrachage, de remise en état de la parcelle et de l'éventuelle perte de valeur vénale de la terre, ne dépasse pas 50 % des coûts des travaux forestiers (tels que définis plus haut). Pour ces projets de boisement de vignes ayant perçu des primes à l'arrachage conditionnée à une obligation stricte de boisement, la fourniture de la facture d'arrachage et d'un devis des travaux de boisement sera obligatoire (**document 2G**).

Les projets de boisement de vignes dont les propriétaires ont perçu des primes à l'arrachage conditionnée à une obligation de renaturation au sens large, incluant par exemple jachères, zones humides, tourbières, boisements... ne sont pas concernés par cette disposition.

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 boisement 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 pré-exposée (3.1.). **Un rabais de 40 % est alors appliqué.**
- *Option 2 : un calcul du BASI* : Le porteur de projet peut opter pour un scénario de référence à l'échelle du projet. Le cas échéant, il réalisera un bilan financier de l'alternative la plus probable (exemples : accru naturel, poursuite d'une activité agricole...). Autrement dit, pour que le projet de boisement soit jugé additionnel, il devra être moins rentable que la poursuite de l'agriculture ou que l'embroussaillage/colonisation lente de la parcelle. Pour ce faire, le porteur de projet utilisera les équations suivantes (1, 2 ou 3) pour les calculs.

Bilan financier d'un accru naturel :

$$BASI_{accru} = \frac{R_A - C_A}{(1 + r)^A - 1}$$

Équation 1

Avec :

BASI = bénéfice actualisé en séquence infinie (en €) ;

R_A = recettes liées de l'exploitation des accrus (en €) ;

C_A = dépenses liées à l'exploitation des accrus (en €) ;

r = taux d'actualisation fixé par défaut à 4,5 % ;

A = durée de révolution de l'essence constituant les accrus (par défaut, A aura la durée de la révolution de l'essence probable ou majoritaire de colonisation naturelle).

Bilan financier d'un boisement :

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

Équation 2

Avec :

BASI = bénéfice actualisé en séquence infinie (en €)

R_n = recettes liées au projet à l'année n (en €). Elles concerneront la vente des bois issus des éclaircies jusqu'à la coupe finale ;

C_n = dépenses liées au projet de boisement à l'année n (en €). Cela comprend le broyage éventuel, l'achat des plants, l'opération de plantation, les dégagements des plants, les coûts liés aux éclaircies...

r = taux d'actualisation fixé par défaut à 4,5 % ;

T = durée de révolution de l'essence plantée (pour la plupart des essences, $T > 30$ ans).

Bilan financier d'une exploitation agricole :

$$BASI_{culture} = \frac{(1 + r)^T}{(1 + r)^T - 1} \times B \sum_{n=0}^T \frac{1}{(1 + r)^n}$$

Équation 3

Avec :

$BASI_{culture}$ = bénéfice actualisé en séquence infinie de la culture (en €) ;

B = marge nette annuelle moyenne sur les cinq dernières années des parcelles en question précédant le boisement (en €) ;

r = taux d'actualisation fixé par défaut à 4,5 % ;

T = durée de révolution du projet.

Par exemple, pour une prairie, il faudra déterminer la recette générée par la vente du foin récolté ou par la location de la prairie à un éleveur. Celle-ci peut être nulle en cas de mise à disposition gracieuse de la prairie ou en cas d'autoconsommation du foin.

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 $\Delta \text{BASI} < 0$. Avec :

$$\Delta_{\text{BASI}} = \text{BASI}_{\text{boisement}} - \text{BASI}_{\text{culture}} \quad \text{ou} \quad \Delta_{\text{BASI}} = \text{BASI}_{\text{boisement}} - \text{BASI}_{\text{accru}}$$

Équation 4

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 13](#).

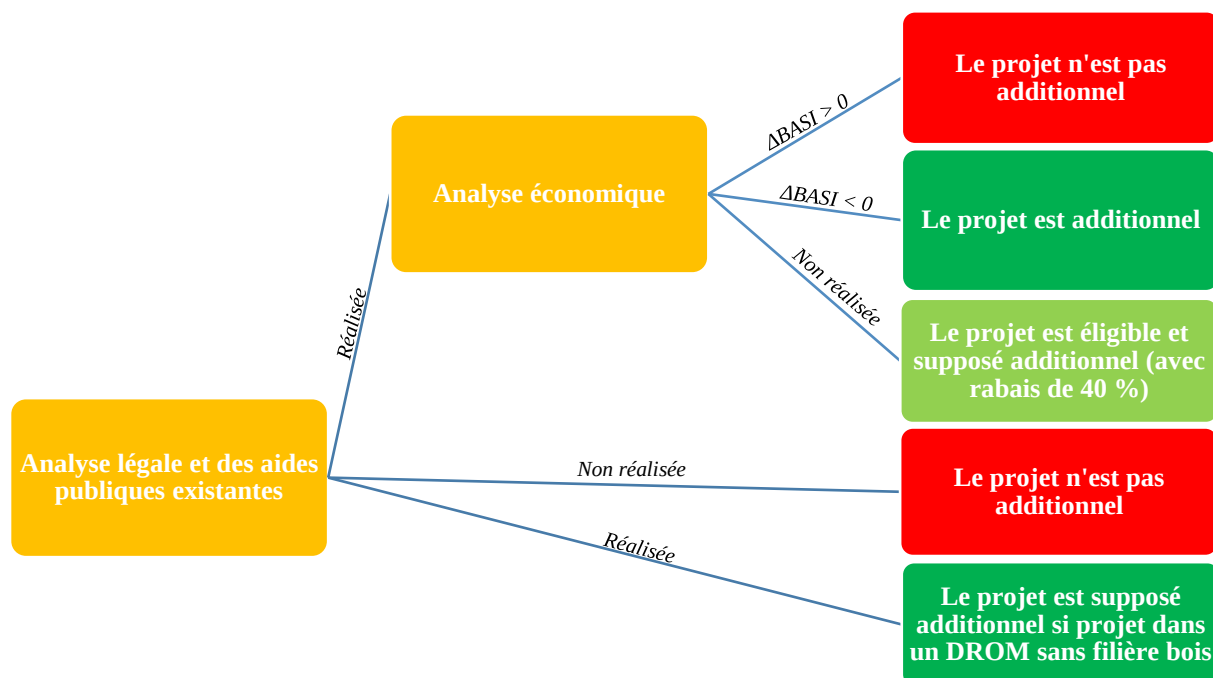


FIGURE 1. — Bilan des étapes de démonstration de l'additionnalité d'un projet carbone.

4. Intégrité environnementale et co-bénéfices

4.1. L'étude au cas par cas

Un premier filtre des projets est réalisé par l'autorité environnementale avec l'article R122-3 du Code de l'environnement qui aura préalablement étudié au cas par cas le projet de boisement du propriétaire et l'aura exempté ou non d'évaluation environnementale (voir 2.3.). Dans tous les cas, un projet déposé auprès du label Bas-Carbone sera un projet qui a été soit exempté de réalisation d'étude d'impact par l'autorité environnementale compétente (DREAL³³, DRIEAT³⁴, DEAL³⁵, DGTM³⁶) soit qui aura présenté une évaluation environnementale ayant fait l'objet d'une autorisation motivée par l'autorité environnementale compétente (au titre des articles R 122-2 et suivants du Code de l'environnement).

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 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 4 et qui répertorie cinq catégories 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.

³³ DREAL = direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement

³⁴ DRIEAT = direction régionale et interdépartementale de l'environnement, de l'aménagement et des transports

³⁵ DEAL = direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement (Guadeloupe, Martinique, Mayotte et Réunion)

³⁶ DGTM = direction générale des territoires et de la mer (Guyane)

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 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 « socio-économique » dans le tableau ci-après, le total réalisable est 22 (hors ajout de co-bénéfice supplémentaire) et non pas 26 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 : « *Ces indicateurs sont communiqués 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).

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 boisement	+ 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 boisement	+ 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	Filtration de l'air en zone urbaine	Le boisement est localisé sur le territoire d'une métropole ou d'une communauté urbaine ou se situe à moins de 15 km à vol d'oiseau du centre d'une commune de plus de 100 000 habitants	+ 5
			Le boisement est localisé sur le territoire d'une communauté d'agglomération ou se situe à moins de 15 km à vol d'oiseau du centre d'une commune de plus de 20 000 habitants	+ 2
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 boisement 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	Préparation du sol	Absence de travail du sol (plantation par potets manuels)	+ 5
			Préparation du sol par potets mécanisés	+ 3
9	Biodiversité	Mélange et autochtonie pour les projets de moins de 4 ha	Boisement en mélange avec 5 essences ou plus, avec au moins 75 % de plants d'essences autochtones adaptées au climat futur	+ 5
			Boisement en mélange de 3 essences ou plus, avec au moins 50 % de plants d'essences autochtones adaptées au climat futur	+ 3
			Boisement 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	Boisement en mélange de 8 essences ou plus, avec au moins 75 % de plants d'essences autochtones adaptées au climat futur	+ 5
			Boisement en mélange de 6 essences ou plus, avec au moins 50 % des plants d'essences autochtones adaptées au climat futur	+ 3
			Boisement 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	Boisement en mélange avec 12 essences ou plus, avec au moins 75 % de plants d'essences autochtones adaptées au climat futur	+ 5
			Boisement en mélange de 8 essences ou plus, avec au moins 50 % de plants d'essences autochtones adaptées au climat futur	+ 3
			Boisement en mélange de 5 essences ou plus, avec au moins 25 % des plants d'essences autochtones adaptées au climat futur	+ 1
10	Biodiversité	Mélange intraparcellaire ³⁷ (cf. annexe 1)	Mélange intraparcellaire pied à pied	+ 5
			Mélange <u>intraparcellaire</u> avec des bouquets de moins de 25 ares au sein du boisement	+ 4
			Mélange intraparcellaire en bandes au sein du boisement	+ 1
11	Biodiversité	Introduction de biodiversité	Création de bordures feuillues linéaires (routes, chemins, limites de parcelles)	+ 1
13	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	+ 5

³⁷ Le projet qui associerait plusieurs tènements contigus d'essences différentes, avec une seule essence sur chaque tènement, ne peut pas se prévaloir de ce co-bénéfice.

			d'expérimentation de diversification en gestion...)	
14	Changement climatique	Lutte contre l'ozone, polluant et gaz à effet de serre (cf. annexe 2)	Le boisement associe au moins 80 % de plants efficaces dans l'élimination de l'ozone (voir espèces figurant en annexe 2)	+ 5
			Le boisement associe entre 40 % et 80 % de plants efficaces dans l'élimination de l'ozone (voir espèces figurant en annexe 2)	+ 1
15	Eau	Prise en compte de milieux aquatiques ou humides	Le boisement résineux est effectué à plus de 10 m de la bordure d'un cours d'eau	+ 1
16	Eau	Amélioration de la qualité de l'eau	Boisement en périmètre de protection rapproché (PPR) ou éloigné (PPE) de captage d'eau	+ 5
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

TABEAU 4. — Grille d'évaluation des co-bénéfices sociaux, économiques et environnementaux avec bonus afférents.

Co-bénéfice	Total
Socio-économique	22 points
Préservation des sols	8 points
Biodiversité	11 points
Changement climatique	10 points
Eau	11 points

TABEAU 5. — 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.

Pour savoir si une essence est autochtone ou allochtone, on consultera les cartes de distribution Euforgen³⁸ et du *Chorological data* (Caudullo *et al.*, 2021)³⁹. L'annexe 3 indique pour chaque essence quelle source consulter pour déterminer l'autochtonie ou l'allochtonie d'une essence en forêt métropolitaine, suite à une étude ayant comparé et actualisé les deux sources d'information pour chaque essence.

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)⁴⁰. 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*⁴¹ (Fabien Barthelat, 2019) ;

³⁸ 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/>

³⁹ 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>

⁴⁰ <https://agritrop.cirad.fr/490202/>

⁴¹ <https://leclub-biotope.com/fr/librairie-naturaliste/1297-la-flore-de-mayotte>

- Réunion : *Flore des Mascareignes*⁴² (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 non pérennité du projet sur la durée du fait du porteur de projet

Pour les parcelles privées et les parcelles publiques appartenant aux collectivités ou aux établissements publics ne bénéficiant pas du régime forestier

La durée de 30 ans fait intervenir potentiellement plusieurs générations de propriétaires, que ce soit par succession ou vente. Par conséquent, il y a un risque de déboisement de la plantation labellisée bas-carbone du fait du propriétaire actuel de façon délibérée (enfrenant volontairement ses engagements initiaux de maintien de l'état boisé pendant 30 ans) ou du fait d'un nouveau propriétaire de façon involontaire qui ne reprendrait pas l'engagement de maintien de l'état boisé sur le reste des années ou n'en serait pas tenu informé au moment de la vente ou succession. **Un rabais de 5 % sur les réductions d'émissions générables sera systématiquement appliqué.**

Ce rabais permet d'intégrer le risque qu'un projet sur vingt n'atteindra pas les 30 ans du fait d'un déboisement anticipé, qu'il soit volontaire ou pas.

Seuls les terrains domaniaux et ceux des collectivités bénéficiant du régime forestier qui seraient à boiser sont exemptés de l'application de ce rabais de non pérennité du projet sur la durée.

5.2. Risque de dépérissement/inadéquation à la station

Un des principaux risques concernant le boisement 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 boisement et la station sur des critères pédologiques et climatiques dans le [document 3](#). 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.

5.3. Risques naturels et sanitaires difficilement maîtrisables

⁴² https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/ed-06-08/010047723.pdf

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.

5.4. 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 forestier⁴³
- 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 ;

⁴³ 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. »

- 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 2024⁴⁴ 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 ;
- 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 L132-1 du code forestier comme du L133-1) 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.

⁴⁴ <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000049111873>

D'autres départements non listés au titre des articles L132-1 et 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 4 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 4 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 18.

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

5.5. Risque dû au gibier

Le risque que les plants d'un boisement soient détruits par le gibier dépend de différents 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 de la parcelle boisée à proximité d'un massif forestier...

Toutefois, aucun rabais ne sera appliqué sur ce risque dans la mesure où il y aura un contrôle que le boisement est réussi à l'audit. 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.

5.6. 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, 2020⁴⁵)). 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 %**.

⁴⁵ 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 boisement 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 5 fournit les réductions d'émissions anticipées (REA) pour lesquelles il sera possible de demander une certification :

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

Équation 5

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 5 explique l'équation 6. 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)⁴⁶.

- 1) Pour tout projet de boisement dont la révolution R de l'essence plantée est supérieure ou égale à 30 ans, l'équation 6 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 6

Avec :

⁴⁶ http://verra.org/wp-content/uploads/2018/03/VCS-Guidance-Harvesting-Examples_0.pdf

$\Delta S(30)$ = 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) ;

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 boisement.

- 2) Pour tout projet de boisement dont la révolution R de l'essence plantée est inférieure à 30 ans (exemple : peuplier récolté à 20 ans), l'équation 7 sera utilisée :

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

Équation 7

- 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 8 sera utilisée :

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

Équation 8

Dans tous les cas, le stock de carbone annuel présent dans les différents compartiments pour le boisement objet du projet se calcule grâce à l'équation 9 :

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

Équation 9

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, constante = 0 (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 calculé soit avec l'équation 8 si la situation de référence est un embroussaillage, soit conformément au paragraphe 7.2 si la situation de référence est une exploitation agricole.

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

- 1) Pour tout projet de boisement dont la révolution R de l'essence plantée est supérieure ou égale à 30 ans, l'équation 10 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 10

Avec :

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

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

- 2) Pour tout projet de boisement dont la révolution R de l'essence plantée est inférieure à 30 ans (exemple : peuplier récolté à 20 ans), l'équation 11 sera utilisée :

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

Équation 11

Il convient de déterminer le stock de carbone dans chaque catégorie de produits bois selon l'équation 12 :

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

Équation 12

Avec :

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

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

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

$C_{PAP}(n)$ = 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 13 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 13

Avec :

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

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

$k = \ln(2)/t_{1/2}$ = 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 6 ;

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 européenne⁴⁷ préconise d'utiliser les valeurs par défaut pour les temps de demi-vie ($t_{1/2}$) présentes dans le tableau 6.

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

TABLEAU 6. — 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 ;

⁴⁷ 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/TEXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0841&from=EN>

- ✓ 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)⁴⁸** : cette essence est généralement gérée de manière intensive avec une sylviculture très normée qui induit trois éclaircies durant 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 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 boisement 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 boisement dont la révolution R de l'essence plantée est supérieure ou égale à 30 ans, on utilisera l'équation 14 pour calculer ces réductions d'émissions indirectes.

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

Équation 14

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 19 ;

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 boisement dont la révolution R de l'essence plantée est inférieure à 30 ans (exemple : peuplier récolté à 20 ans), l'équation 15 sera utilisée :

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

Équation 15

⁴⁸ A minima, tout le massif des Landes de Gascogne sera par défaut concerné par une gestion dynamique du pin maritime.

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

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-carbone prévoit que le secteur de l'industrie (qui fabrique les produits utilisés en construction tels que le béton, l'acier, le PVC...) diminue ses émissions de GES en 2050. Par conséquent, le bois utilisé dans la construction aura un effet de substitution matériau inférieur à celui qu'il a aujourd'hui. On fait cependant l'hypothèse que le bois utilisé à des fins de sciages conservera un réel intérêt de substitution, supérieur à celui du bois utilisé sous forme de panneaux.

La valeur des coefficients de substitution sciages et panneaux chutera donc linéairement, mais différemment, pour passer de 1,52 en 2024 à 1 en 2050 pour les sciages et en restant à 1 par la suite, et de 0,77 en 2024 à 0 en 2050 pour les panneaux. Le tableau 19 en annexe 6 donne la valeur de chaque coefficient de substitution utilisé par le calculateur en fonction des années auxquelles se feront les éclaircies.

Le tableau 7 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 7. — 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

Si le scénario de référence est 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 16 permet de calculer les réductions d'émissions anticipées (REA) :

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

Équation 16

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

7. Quantification carbone des itinéraires

7.1. Quantification générale du carbone

7.1.1. Estimation de la biomasse 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 17 permet de calculer la biomasse aérienne.

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

Équation 17

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 7).

Pour convertir les volumes bois fort tige en volumes totaux, on utilisera un **facteur d'expansion « branches » de 1,3 pour les conifères⁴⁹ 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 7 (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 17 susmentionnée devient l'équation 18 :

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

Équation 18

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 8) qui sont des fonctions dépendant de la biomasse aérienne.

⁴⁹ 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)

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

L'équation 19 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 19

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

Pour les forêts d'outre-mer, on utilisera l'équation 20 donnée par Mokany *et al.* (2006) :

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

Équation 20

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)

7.1.4.1. Cas des sols en Métropole

Bien que de nombreuses études récentes aient démontré la présence de différences entre les stocks de carbone dans les sols forestiers selon que le peuplement en place est feuillu ou résineux (Inra, 2016), il est considéré ici qu'il n'est pas possible de proposer des valeurs par défaut qui fassent consensus que ce soit par essence forestière ou par type de peuplement (feuillu ou résineux).

Par conséquent, des valeurs par défaut seront utilisées pour intégrer le carbone organique du sol (cf. tableau 8). Elles correspondent à celles indiquées par l'Inra dans leur méta-analyse réalisée en 2020 pour l'Ademe et le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (Pellerin et Bamière, coord. *et al.*, 2020) et reprises par l'Ademe (2021) : 81 tC/ha sur les 30 premiers cm de sol (hors litière).

Nature du sol	Stocks de carbone dans le sol sur les 30 premiers cm selon le type de nature (en tC/ha)	Valeur retenue (en tC/ha)
Vignes	34,3	34,3
Vergers	46,5	46,5
Grandes cultures	51,6	51,6
Prairies permanentes	84,6	81
Forêt tempérée (hors litière)	81	81
Forêt tempérée (avec litière)	91	91

TABLEAU 8. — Valeurs par défaut pour le carbone des sols de différentes natures (Pellerin et Bamière, coord. *et al.*, 2020)

Par souci de simplification pour les calculs, du fait de valeurs très proches des sols sous prairies (84,6 tC/ha) et des sols forestiers (81 tC/ha hors litière), on affectera le même stock de carbone au sol

de prairie et au sol de forêt, en prenant la plus petite valeur : 81 tC/ha. Ainsi, on considèrera qu'il n'a pas de perte en carbone au niveau du sol, dans le scénario de projet, sauf s'il y a préparation mécanisée du sol (voir 7.1.4.2.).

Dans le cas d'un boisement sur une friche en phase d'embroussaillage, on considèrera qu'il n'y a **pas d'évolution dans le stock de carbone du sol** du scénario de projet par rapport au scénario de référence. On considère que le sol de la friche a déjà le stock de carbone d'un sol forestier ; ce qui est extrêmement conservateur.

Dans le cas d'un boisement sur terrain agricole, Arrouays *et al.* (2002) indiquent comment calculer l'augmentation de carbone dans le sol du boisement nouvellement constitué sur l'ancienne terre agricole : il s'agit de la différence entre le scénario de projet et le scénario de référence (poursuite de la culture agricole), calculée par l'équation 21 :

$$S(n) - S(0) = (C_f - C_a) \times (1 - e^{-0,0175 \times n})$$

Équation 21

Avec :

$S(n) - S(0)$ = le stockage du carbone dans le sol entre l'année n et l'année 0 (avant boisement) ;

C_f = la teneur en carbone d'un sol forestier à l'équilibre, estimée à 81 tC/ha (hors litière) ;

C_a = la teneur en carbone d'un sol agricole à l'équilibre : voir valeurs du tableau 8. Par simplification, on estimera que les sols agricoles sont à l'équilibre et que $S(0) = C_a$.

7.1.4.2. Cas particulier de la préparation du sol sur prairies et friches

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 ([0 ; 30 cm]), une valeur par défaut est fixée à – 12 % pour un sol travaillé en plein. L'équation 22 donne la perte de carbone pour un sol travaillé.

$$P = S_p \times \tau_p \times 81 \times \frac{44}{12}$$

Équation 22

Avec :

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

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

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

Cas où le sol de la prairie ou de la friche est préparé avec un labour partiel en bandes avec moins de 50 % de surface travaillée ou avec un sous-solage

Pour les boisements de prairie ou de friche faisant appel à une préparation du sol en labour partiel en bandes (ou en sous-solage), on fera l'hypothèse que 50 % de la surface du sol sera perturbée. Les projets présenteront une perte de carbone dans le compartiment du sol et de la litière de – 4,9 tC/ha.

$$P = 50 \% \times (-12 \%) \times 81 = -4,9 \text{ tC/ha}$$

Autrement dit, le sol de la prairie ou de la friche ainsi labouré ou sous-solé se verra affecter un stock de carbone de 76,1 tC/ha.

Cas où le sol de la prairie ou de la friche est préparé par potets mécanisés

Pour les boisements de prairie ou de friche 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 le compartiment du sol de -1,2 tC/ha.

$$P = 12,5 \% \times (-12 \%) \times 81 \times \frac{44}{12} = -1,2 \text{ tC/ha}$$

Autrement dit, le sol de la prairie ou de la friche ainsi préparé par potets mécanisés se verra affecter un stock de carbone de 79,8 tC/ha au lieu de 81 tC/ha.

Quel que soit le type de la préparation de sol, la perte de carbone sera considérée immédiate et définitive dans le sol de la prairie ou de la friche sur la révolution de l'essence ; ce qui est extrêmement conservateur.

7.1.4.3. Cas des sols dans les départements d'outre-mer

Les tableaux suivants nous donnent les stocks de carbone pour trois départements d'outre-mer : la Guyane (tableau 9), la Martinique (tableau 10) et la Guadeloupe (tableau 11).

Stocks de carbone dans les sols de Guyane

Type de sol	Inventaire CarSGuy	Inventaire RMQS	Inventaires CarSGuy & RMQS
Moyenne [0 ; 30 cm]	60 tC/ha	65,8 tC/ha	62,7 tC/ha
Ferrallitisols [0 ; 30 cm]	71,3 tC/ha	64,6 tC/ha	67,9 tC/ha
Réductisols [0 ; 30 cm]	54,2 tC/ha	88,2 tC/ha	73,3 tC/ha
Fluvisols & Rédoxisols [0 ; 30 cm]	61,6 tC/ha	19,2 tC/ha	49 tC/ha
Podzolsols [0 ; 30 cm]	25,3 tC/ha	-	25,9 tC/ha

TABLEAU 9. — Stocks de carbone sur les 30 premiers cm *hors litière* par type de sol forestier en Guyane (Brossard et al., 2018).

Stocks de carbone dans les sols de Martinique

Nature du sol	Stock de carbone	Ecart-type
Forêt	72,2 tC/ha	± 30,5 tC/ha
Prairie	62,3 tC/ha	± 21,7 tC/ha
Ananas	62,0 tC/ha	± 20,8 tC/ha
Canne	56,4 tC/ha	± 23,7 tC/ha
Jachère	55,3 tC/ha	± 26,3 tC/ha
Bananeraies	55,0 tC/ha	± 21,9 tC/ha
Verger	47,1 tC/ha	± 21,7 tC/ha
Maraîchage	44,1 tC/ha	± 13,4 tC/ha

TABLEAU 10. — Stocks de carbone sur les 30 premiers cm par type d'occupation du sol en Martinique (Demenois et al., 2022)⁵⁰.

⁵⁰ https://www.etude-4p1000-outre-mer.fr/content/download/4148/31276/version/1/file/Rapport_avancement%231-4p1000_OutreMer_2021-12-22-VF%2Bannexes.pdf

Stocks de carbone dans les sols de Guadeloupe

Nature du sol	Stock de carbone	Ecart-type
Andosols < 350 m	82,1 tC/ha	± 25,4 tC/ha
Andosols > 350 m	120,7 tC/ha	± 34,8 tC/ha
Ferralsols	54,9 tC/ha	± 10,8 tC/ha
Nitisols	44,7 tC/ha	± 11,8 tC/ha
Sols alluvionnaires	45,9 tC/ha	± 8,0 tC/ha
Sols bruns andiques	70,9 tC/ha	± 26,0 tC/ha
Sols calcimorphes	78,5 tC/ha	± 18,8 tC/ha
Vertisols	70,0 tC/ha	± 15,5 tC/ha

TABLEAU 11. — Stocks de carbone sur les 25 premiers cm par type d'occupation du sol en Guadeloupe (Demenois *et al.*, 2022)⁵¹.

Pour la Réunion et Mayotte, il n'y a pas de données disponibles sur le compartiment du sol.

Au vu de la grande diversité de types de sol et des écart-types importants, du manque de données sur l'accumulation de carbone dans les sols cultivés en contexte d'outre-mer, voire d'études montrant un déstockage (Blanchart *et al.*, 2014) sur des bananeraies converties en forêt en Guadeloupe, **nous ferons l'hypothèse qu'il n'y a pas de gain en carbone au niveau du compartiment du sol par la conversion d'une terre cultivée en une forêt, ceci afin de rester conservateur.**

Si, après la date d'agrément de la méthode, des travaux scientifiques publiés détaillant un gain en carbone dans le compartiment du sol voient le jour, ils pourront être utilisés en les référençant.

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

Pour le compartiment constitué par la litière, on suppose qu'il atteint sa valeur d'équilibre au bout de la durée de projet, soit au bout de 30 ans. L'équation 23 sera utilisée pour calculer l'accumulation du carbone dans le compartiment de la litière :

$$L(n) = n \times \frac{L_{eq} - L_0}{30}$$

Équation 23

Avec :

L_{eq} = valeur d'équilibre du compartiment litière = 10 tC/ha telle que préconisée par Arrouays *et al.* (2002) ;

L_0 = carbone de la litière avant le projet de boisement, elle sera considérée comme nulle quelle que soit la nature du terrain avant boisement (terre agricole ou friche embroussaillée).

La litière est évaluée en Guyane à 4,6 tC/ha (Bréchet, 2009), qui sera arrondie à 5 tC/ha. En l'absence d'autres données plus précises, nous utiliserons cette valeur par défaut pour les autres départements d'outre-mer ; on admettra que $L_{eq} = 5$ tC/ha.

⁵¹ https://www.etude-4p1000-outre-mer.fr/content/download/4148/31276/version/1/file/Rapport_avancement%231-4p1000_OutreMer_2021-12-22-VF%2Bannexes.pdf

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

La durée d'un projet de boisement 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. Cas de la poursuite de l'agriculture

Pour le scénario de référence de la poursuite de la culture agricole, la quantification carbone sera une constante égale à 5 tC/ha, telle que déterminée par le Giec (2006).

Si le scénario de référence est la poursuite d'une nature de prairie ou de pâture, la biomasse aérienne sera négligée et égale à 0 tC/ha.

7.2.2. Cas de la colonisation naturelle/enfrichement

Du fait de l'inexistence d'équations permettant de modéliser l'embroussaillage d'une parcelle selon les stations, les régions et les climats, de nombreuses méthodes ne donnent aucune consigne pour la quantification du carbone dans ce type de scénario, parfois même le carbone de ce scénario est négligé. Considérant qu'en France, au bout de 30 ans, il est assez probable qu'il y ait accumulation de biomasse lors d'un itinéraire de colonisation naturelle — d'autant plus élevée que la parcelle en friche se situe à proximité d'une forêt (donc de semenciers potentiels) — **le carbone de ce scénario de référence ne pourra pas être négligé** et des valeurs ont été déterminées après analyse de l'Observatoire des peuplements dévastés et mités après tempête (Figueres, 2025)⁵².

Cette étude montre que la vitesse de colonisation naturelle observée à l'âge de 19 ans (les mesures ayant été effectuées 19 ans après la tempête Lothar et Martin) est de :

- **2,23 m³/ha/an** en volume bois fort soit **2,9 m³/ha/an** en volume total pour les accrus majoritairement constitués de résineux ;
- **1,15 m³/ha/an** en volume bois fort soit **1,8 m³/ha/an** en volume total pour les accrus majoritairement constitués de feuillus.

Pour les projets situés en Méditerranée (exclusivement dans les GRECO J et K de l'IGN), l'analyse de Figueres (2025) préconise une valeur de colonisation naturelle (mixte feuillus/résineux) de **0,5 m³/ha/an** en volume total sur les 19 premières années, soit 0,32 m³/ha/an en volume bois fort pour les feuillus et 0,38 m³/ha/an en volume bois fort pour les résineux.

Ces valeurs extrapolées sur les 30 premières années sont de :

- **2,69 m³/ha/an** en volume bois fort (3,5 m³/ha/an en volume total) pour les accrus résineux ;
- **1,39 m³/ha/an** en volume bois fort (2,17 m³/ha/an en volume total) pour les accrus feuillus ;
- **0,46 m³/ha/an** en volume bois fort (0,6 m³/ha/an en volume total) pour les accrus résineux en Méditerranée ;
- **0,38 m³/ha/an** en volume bois fort (0,6 m³/ha/an en volume total) pour les accrus feuillus en Méditerranée.

Par souci de simplification, une seule valeur de vitesse de colonisation par des accrus sera retenue pour la Méditerranée ; elle est fixée à **0,5 m³/ha/an** en volume bois fort.

Les valeurs ne peuvent être retenues en l'état puisque les placettes concernées sont des parcelles forestières, sur lesquelles on peut s'attendre à une colonisation plus rapide que sur des parcelles non

⁵² Les valeurs de vitesse de colonisation retenues pourront être amenées à évoluer après publication de l'étude.

forestières mais agricoles. Ainsi, pour tenir compte d'une colonisation plus lente, les valeurs d'accroissement retenues seront inférieures aux valeurs retenues dans la méthode Reconstitution de peuplements forestiers dégradés. Ce qui donne, pour les projets situés en France métropolitaine :

- Pour les accrus majoritairement constitués de résineux hors zone méditerranéenne (GRECO J et K de l'IGN), le scénario de référence aura une vitesse d'accroissement de **2 m³/ha/an** en volume bois fort soit 2,6 m³/ha/an en volume total ;
- Pour les accrus majoritairement constitués de feuillus hors zone méditerranéenne (GRECO J et K de l'IGN), le scénario de référence aura une vitesse d'accroissement de **1 m³/ha/an** en volume bois fort soit 1,56 m³/ha/an en volume total ;
- Pour les projets situés en Méditerranée (exclusivement dans les GRECO J et K de l'IGN), le scénario de référence aura une vitesse d'accroissement (mixte feuillus/résineux) de **0,5 m³/ha/an** en volume bois fort soit 0,65 m³/ha/an en volume total pour des accrus résineux ou 0,78 m³/ha/an en volume total pour des accrus feuillus. En effet, vu la faible valeur d'accroissement en zone méditerranéenne, celle-ci est conservée à l'identique.

Le porteur de projet devra sélectionner « résineux » ou « feuillus » ou une essence spécifique comme essence de colonisation ; il devra alors justifier son choix dans le [document 3](#) (essence de colonisation déjà présente sur la friche, semenciers de telle essence à proximité de la parcelle, situation de parcelle déjà colonisée avec telle essence dans une parcelle à proximité...).

Pour les projets situés en outre-mer, les valeurs retenues sont celles présentées à l'annexe 9 (colonnes « Stock de CO₂ si colonisation accrus » des tableaux spécifiques à chaque territoire).

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

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

Pour toutes les essences listées dans le tableau 12, 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 12 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 10. 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 10.

Essence	Aire géographique de validité telle que définie par l'ONF	Applicabilité
Cèdre de l'Atlas	France	France entière

Chêne sessile ⁵³	Nord-Est de la France	Nord-Est ⁵⁴
	Bassin ligérien ⁵⁵	Bassin de la Loire ⁵⁶
Chêne pédonculé ⁵⁷	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 ⁵⁸
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 ⁵⁹
	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 ⁶⁰
Sapin pectiné	Jura	France entière (hors Alpes du Sud)
	Alpes du Sud	Alpes du Sud

TABLEAU 12. — Liste des essences pour lesquelles l'utilisation des tables de production ONF⁶¹ 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 10

Le tableau 12 ne répertoriant 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

⁵³ Pour le chêne sessile hors Bassin de la Loire et hors Nord Est, se référer à l'annexe 10.

⁵⁴ 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).

⁵⁵ 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.

⁵⁶ Le Bassin de la Loire correspond ici aux départements suivants : Cher (18), Eure-et-Loir (28), Ile-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).

⁵⁷ Pour le chêne pédonculé (hors Nord Est), se référer à l'annexe 10. 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.

⁵⁸ 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 10.

⁵⁹ Les Landes de Gascogne correspondent à ce qui est communément appelé « triangle landais ».

⁶⁰ Les Alpes du Sud correspondent ici aux départements suivants : Alpes-de-Haute-Provence (04), Hautes-Alpes (05), Alpes-Maritimes (06) et Vaucluse (84).

⁶¹ <https://annforsi.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13595-022-01171-7>

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 10 et présentés sous la forme d'un tableau d'équivalence.

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 10 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 10

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 10.

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 4** 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 9 ;
- De toute autre source pertinente.

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

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 11.

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 9 seront mises à jour selon des travaux en cours conduits par l'ONF, dont les résultats seront publiés sur la page 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 9.

Pour les projets en outre-mer, si le porteur de projet a des données plus précises que celles en annexe 9, il pourra utiliser l'équation allométrique 24 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 24

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 3** « 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 3**.

7.3.5. Le calculateur

Le porteur de projet utilisera le calculateur disponible dans le formulaire Démarches Simplifiées de dépôt de projet (**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 25 suivante visant à donner une forme « exponentielle » à la courbe des volumes en fonction de l'âge (visible dans l'onglet REE du calculateur) :

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

Équation 25

Avec :

V_i (en m³/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 ;

Âge_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 12, 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 10) : 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 : $V(15 \text{ ans}) = 40 \text{ m}^3/\text{ha}$ avec une éclaircie prévue dans la table de $10 \text{ m}^3/\text{ha}$ et $V(20 \text{ ans}) = 60 \text{ m}^3/\text{ha}$. Si le porteur de projet juge irréaliste une éclaircie à 15 ans et souhaite la décaler à 20 ans alors $V(20 \text{ ans}) = 60 + 10 = 70 \text{ m}^3/\text{ha}$.

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 labellisables.

8. Vérification

8.1. Objectifs et périmètre de la vérification

La vérification indépendante des projets de boisement 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 précisée 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 12 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.

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

- 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 8.3), 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 12.

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 boisement 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 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 dans le cas d'un boisement sur prairies (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 boisement 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 boisement 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. Si l'information est publique, vérification que le boisement se situe dans un périmètre de protection de captage d'eau potable.

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 boisement

Les éléments à auditer lors de la vérification de terrain sont listés dans l'annexe 12.

8.5.1. Vérification des conditions d'éligibilité du projet

L'auditeur vérifiera que les éléments préexistants (arbres isolés, haies, mare...) sur les parcelles avant le projet ont été conservés.

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 :

- **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 boisement 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 boisement afin de déterminer si les réductions d'émissions calculées *a priori* paraissent cohérentes.

À partir de la date de la fin du chantier de boisement, 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 février 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 vérifier 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 boisements « classiques »

Cette partie traite de la vérification des boisements classiques, hors cas particuliers des peupleraies et des noyeraies (traités 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 de 20 % des plants. 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 2) : 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 boisement 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.

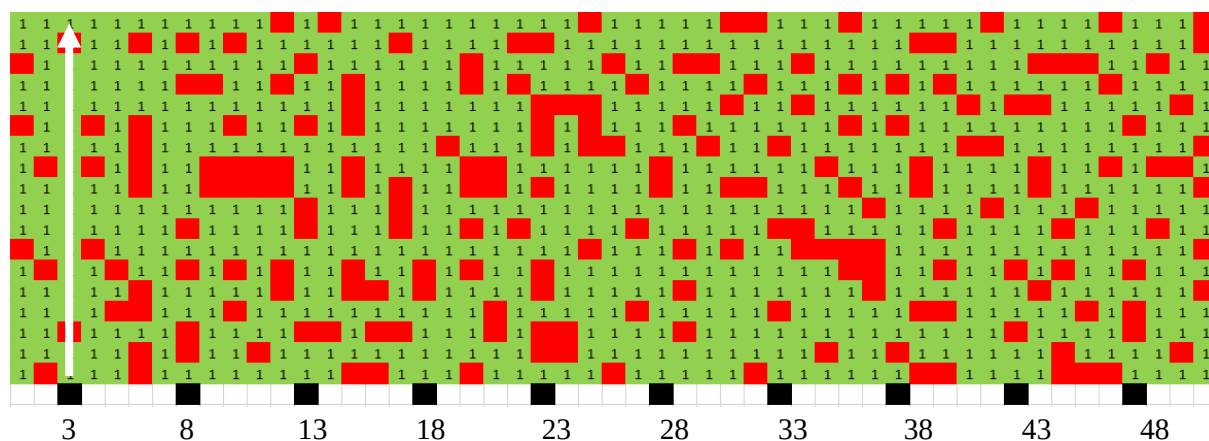


FIGURE 2. — Dispositif de vérification pour des tènements d'un seul tenant de moins de 4 ha. Les cases vertes représentent les plants vivants et les cases rouges les plants morts ou absents.

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 auditée 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 boisement 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 26

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 27

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 28

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 boisements non contigües (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 boisements non contigües 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 aux REA générables

Conformément à l'instruction technique DGPE/SDFCB/2016-851⁶² 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 13), un projet de boisement 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 13 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	-	-	Aucun arrêté
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

⁶² <https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-2016-851>

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) Pente > 50 % : 700 plants/ha (675 en GRECO J)	3 novembre 2023 modifiant l'arrêté du 30 décembre 2020
	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 13. — Différences prises par arrêtés préfectoraux par rapport à l'instruction technique DGPE/SDFCB/2016-851 du ministère concernant les densités minimales à atteindre pour des projets de boisement.

Au vu d'une disponibilité en eau plus faible en Méditerranée qu'ailleurs en France et de pratiques de boisement 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 boisement 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 boisement 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 29 :

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 29

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 boisement 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 boisement 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 boisement 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 ;

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

$S_{hors MFR}$: 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 boisement issu de semis

Pour les boisements réalisés par semis, la densité de graines 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.

On optera pour un comptage statistique à 20 %. L'auditeur se positionnera en début du boisement 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 3) : 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 feuillus 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 démarrera chaque sondage en décalage de 20 mètres par rapport au départ de la ligne précédente, comme sur la figure 3.

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

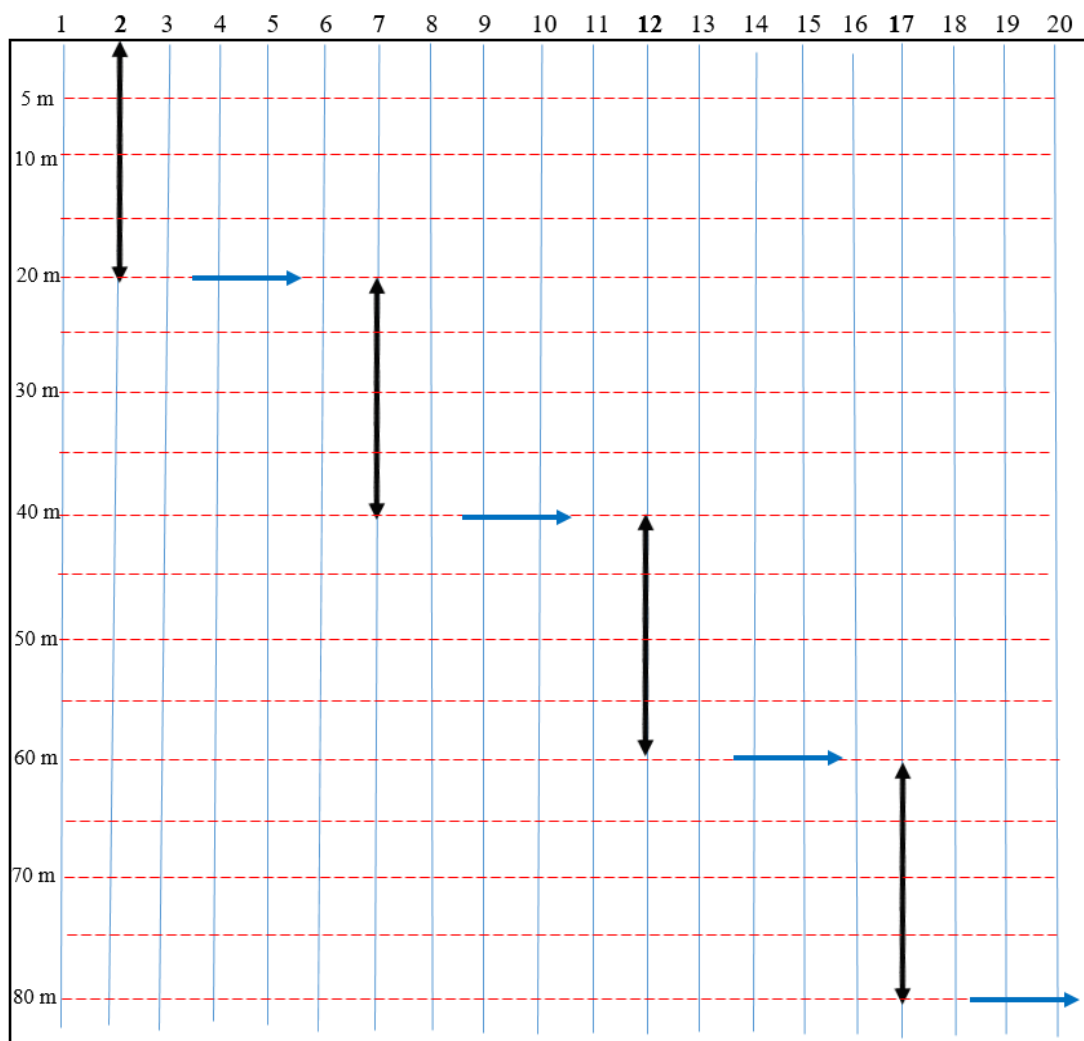


FIGURE 3. — *Modèle d'échantillonnage pour la vérification d'un boisement en feuillus réalisé par semis. Le déplacement se fait en « escalier » avec un comptage sur des échantillons de 20 mètres de long (traits en noir)*

8.8. Vérification supplémentaire de terrain par un auditeur pour un boisement 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 boisement) 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 un audit supplémentaire pour convertir ses précédentes REA ex-ante en crédits ex-post, sous réserve que les REA ex-ante n'aient pas été cédées à un bénéficiaire et annulées par celui-ci.

Cet audit de conversion peut être uniquement effectué après la fin du projet, à l'issue de la trentième saison de végétation et avant le début de la trente-et-unième saison de végétation.

Il doit 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 14 ci-après récapitule les rabais applicables dans la méthode boisement, 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	Risque de non pérennité du projet sur la durée	Obligatoire en forêt privée et en forêt publique ne bénéficiant pas du régime forestier	- 5 %
Rabais₃	Risques naturels et sanitaires difficilement maîtrisables	Obligatoire	- 10 % en France métropolitaine et Guyane - 20 % en Guadeloupe, en Martinique, à Mayotte et à la Réunion
Rabais₄	Risque d'incendie	Uniquement dans les départements concernés	De 0 à - 15 %
Rabais₅	Risque de déboisement	Uniquement à Mayotte	- 10 %
Rabais₆	Vérification additionnelle de terrain (à n+5) : densité à n+5	Uniquement si densité inférieure aux seuils prévus	À calculer, non fixé
Rabais₇	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 14. — Liste des rabais applicables.

Les cinq 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 30 après application de tous les rabais :

$$REA_{\text{forêt générables}} = REA_{\text{forêt}} \times \prod_{n=1}^5 (1 - \text{Rabais}_n)$$

Équation 30a

$$REA_{\text{produits générables}} = REA_{\text{produits}} \times \prod_{n=1}^5 (1 - \text{Rabais}_n)$$

Équation 30b

$$REI_{\text{substitution générables}} = REI_{\text{substitution}} \times \prod_{n=1}^5 (1 - \text{Rabais}_n)$$

Équation 30c

La somme des RE des équations 30a, 30b et 30c donne des réductions d'émissions anticipées REA (cf. équation 16).

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 31 après application du rabais de la vérification ($Rabais_6$, à calculer selon l'équation 29) :

$$REA_{g\acute{e}n\acute{e}r\acute{e}es} = REA_{g\acute{e}n\acute{e}r\acute{a}bles} \times (1 - Rabais_6) \times (1 - Rabais_7)$$

Équation 31

10. Bilan des éléments à fournir

Le tableau 15 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 (nus-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 passé des parcelles [OBLIGATOIRE] <i>[document 2A]</i>	Photographies aériennes ou satellitaires démontrant que les parcelles n'étaient pas boisées au cours des 10 dernières années au moins	Photographies aériennes ou satellitaires démontrant que les parcelles n'étaient pas boisées au cours des 10 dernières années au moins	Photographies aériennes ou satellitaires démontrant que les parcelles n'étaient pas boisées au cours des 10 dernières années au moins
État actuel des parcelles [OBLIGATOIRE] <i>[document 2B]</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 2C]</i>	Photographies actuelles datées de moins d'un an et localisées montrant l'état actuel des parcelles (4 a minima)	Photographies actuelles datées de moins d'un an et localisées montrant l'état actuel des parcelles (4 a minima)	Photographies actuelles datées de moins d'un an et localisées montrant l'état actuel des parcelles (4 a minima)
Volume à l'hectare pour une friche en cours de colonisation naturelle [LE CAS ÉCHÉANT] <i>[document 2D]</i>	Démonstration par un professionnel forestier que le volume à l'hectare est négligeable	Démonstration par l'ONF que le volume à l'hectare est négligeable	Démonstration par l'ONF que le volume à l'hectare est négligeable
Éléments préservés lors du boisement [LE CAS ÉCHÉANT] <i>[document 2E]</i>	Cartographie et photographies des différents éléments préservés ou valorisés lors du boisement (arbres bocagers, haies, bordures boisées, mare, ripisylve...)	Cartographie et photographies des différents éléments préservés ou valorisés lors du boisement (arbres bocagers, haies, bordures boisées, mare, ripisylve...)	Cartographie et photographies des différents éléments préservés ou valorisés lors du boisement (arbres bocagers, haies, bordures boisées, mare, ripisylve...)

Justification du scénario de référence sur la poursuite de l'agriculture [LE CAS ÉCHÉANT] [document 2F]	Factures, baux ou déclaration PAC justifiant d'une récolte passée au cours des 5 dernières années	Factures, baux ou déclaration PAC justifiant d'une récolte passée au cours des 5 dernières années	Factures, baux ou déclaration PAC justifiant d'une récolte passée au cours des 5 dernières années
Facture de l'arrachage et devis définitif des travaux [LE CAS ÉCHÉANT] [document 2G]	Pour tout projet de boisement de vigne ayant perçu une prime à l'arrachage	<i>Non concerné</i>	<i>Non concerné</i>
Diagnostic stationnel et climatique et justification des classes de fertilité [OBLIGATOIRE] [document 3]	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] [document 4]	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)
Approbation au cas par cas de l'autorité environnementale [OBLIGATOIRE] [document 5]	Arrêté préfectoral portant décision de dispense ou de soumission à étude d'impact environnemental après examen au cas par cas en application de l'article R. 122-3 du Code de l'environnement	Arrêté préfectoral portant décision de dispense ou de soumission à étude d'impact environnemental après examen au cas par cas en application de l'article R. 122-3 du Code de l'environnement	Arrêté préfectoral portant décision de dispense ou de soumission à étude d'impact environnemental après examen au cas par cas en application de l'article R. 122-3 du Code de l'environnement
Co-bénéfices [OBLIGATOIRE] [document 6]	Tableur des co-bénéfices	Tableur des co-bénéfices	Tableur des co-bénéfices
Risque d'incendie [LE CAS ÉCHÉANT] [document 7]	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 [OBLIGATOIRE] & Analyse économique [FACULTATIF] [document 8]	Calculateur	Calculateur	Calculateur
Engagements signés [OBLIGATOIRE] [document 9]	Formulaire daté et signé	Formulaire daté et signé	Formulaire daté et signé
Habilitation à signer [LE CAS ÉCHÉANT] [document 10]	Pour une indivision, pouvoir signé de tous les indivisaires Pour une société civile, Kbis	-	-
Coût des travaux à l'hectare [FACULTATIF] [document 11]	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 ECHEANT] <i>[document 13]</i>	Autorisation du DSF le cas échéant	Autorisation du DSF le cas échéant	Autorisation du DSF le cas échéant

TABLERAU 15. — *Éléments obligatoires à fournir pour être éligible, quel que soit le projet de boisement.*

Annexe 1 : Exemples de mélanges intraparcellaires

Les trois illustrations qui suivent représentent des types de mélange valorisables en co-bénéfices et ne représentent en aucun cas une préconisation de modèles de mélange.

MEL = mélèze d'Europe, *ERS* = érable sycomore, *CHÂ* = châtaignier, *TIL* = tilleul, *CHS* = chêne sessile, *CHP* = chêne pédonculé, *CORM* = cormier, *MER* = merisier, *ALT* = alisier torminal

Exemple de mélange intraparcellaire mixte résineux/feuillus par bandes :

MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL
MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL
MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL
MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL
MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL
MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL
MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL
MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL
MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL
MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL
MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL
MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL
MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL
MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL
MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL
MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL
MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL
MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL
MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL
MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL
MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL
MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL	CHÂ	MEL	MEL	ERS	MEL	MEL

Exemple de mélange intraparcellaire mixte résineux/feuillus par bouquets :

MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL
MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	CHÂ	CHÂ	ERS	ERS	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	CHÂ	CHÂ	ERS	ERS
MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	CHÂ	ERS	ERS	TIL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	CHÂ	ERS	ERS	TIL
MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	ERS	ERS	TIL	TIL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	ERS	ERS	TIL	TIL
MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL
MEL	ERS	ERS	ERS	ERS	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	ERS	ERS	ERS	ERS	MEL	MEL	MEL	MEL
MEL	ERS	CHÂ	TIL	ERS	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	ERS	CHÂ	TIL	ERS	MEL	MEL	MEL	MEL
MEL	ERS	CHÂ	TIL	ERS	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	ERS	CHÂ	TIL	ERS	MEL	MEL	MEL	MEL
MEL	ERS	CHÂ	TIL	ERS	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	ERS	CHÂ	TIL	ERS	MEL	MEL	MEL	MEL
MEL	ERS	ERS	ERS	ERS	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	ERS	ERS	ERS	ERS	MEL	MEL	MEL	MEL
MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL
MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	CHÂ	ERS	ERS	ERS	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	CHÂ	ERS	ERS	ERS
MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	CHÂ	ERS	ERS	TIL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	CHÂ	ERS	ERS	TIL
MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	ERS	ERS	ERS	TIL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	ERS	ERS	ERS	TIL
MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL	MEL

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 2 : 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

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 oiseaux				
<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				

TABEAU 16. — Liste non exhaustive de quelques essences en termes d'élimination des principaux polluants de l'air et gaz à effet de serre et leur tolérance à l'ozone.

Annexe 3 : Source pour identifier l'indigénat d'une essence

Le tableau 17 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</i> / <i>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>	Bourdaie	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>	Pinus 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 17. — 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 17

*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)⁶³. Elle indique en p. 8 une définition pour les essences

⁶³ <https://bibliothèque.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 anciennes⁶⁴. 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 5.

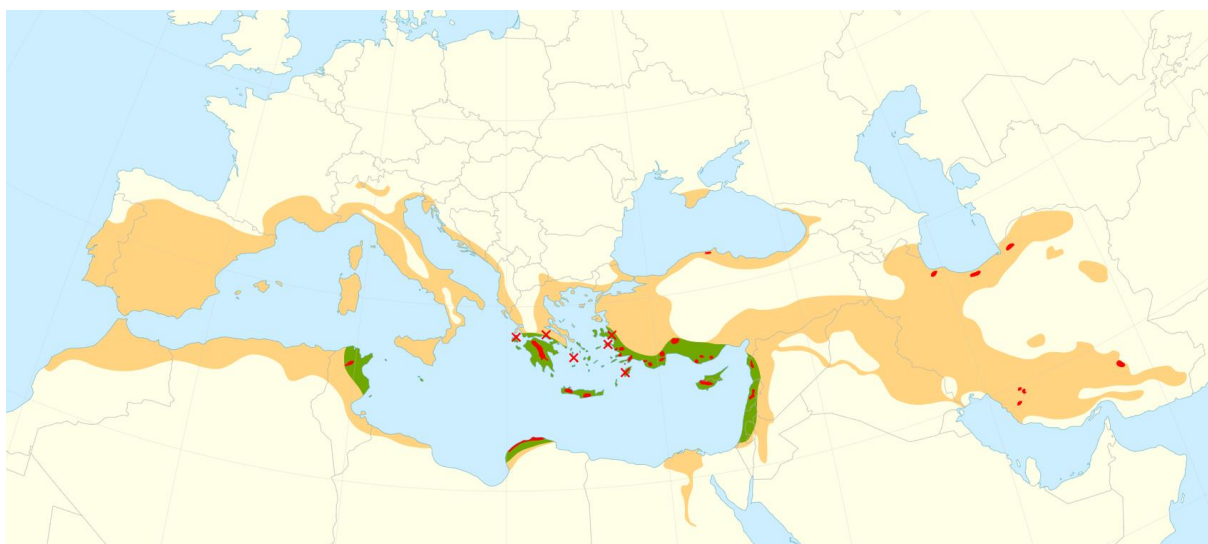


FIGURE 5. — Aire d'indigénat (en vert) et de répartition actuelle (en orange) pour le cyprès de Provence (source : Euforgen)

*****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 comestibles⁶⁵ ; 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 6.

⁶⁴ https://ies-ows.jrc.ec.europa.eu/efdac/download/Atlas/pdf/Cupressus_sempervirens.pdf

⁶⁵ https://ies-ows.jrc.ec.europa.eu/efdac/download/Atlas/pdf/Pinus_pinea.pdf



FIGURE 6. — 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 4 : 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 ⁶⁶
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

⁶⁶ 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

TABEAU 18. — *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. Par ailleurs, l'article L. 132-1 prévoit qu'un PDPFCI doit être approuvé sous deux ans après classement de massifs à risque dans un département. Les départements historiquement classés au L. 133-1 (Aquitaine, Corse, Languedoc-Roussillon, Midi- Pyrénées, Poitou-Charentes, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Ardèche et Drôme sont censés en être déjà dotés. Il conviendra donc de procéder à ces vérifications en permanence afin de consulter la version du PDPFCI la plus récente en vigueur.

Annexe 5 : 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

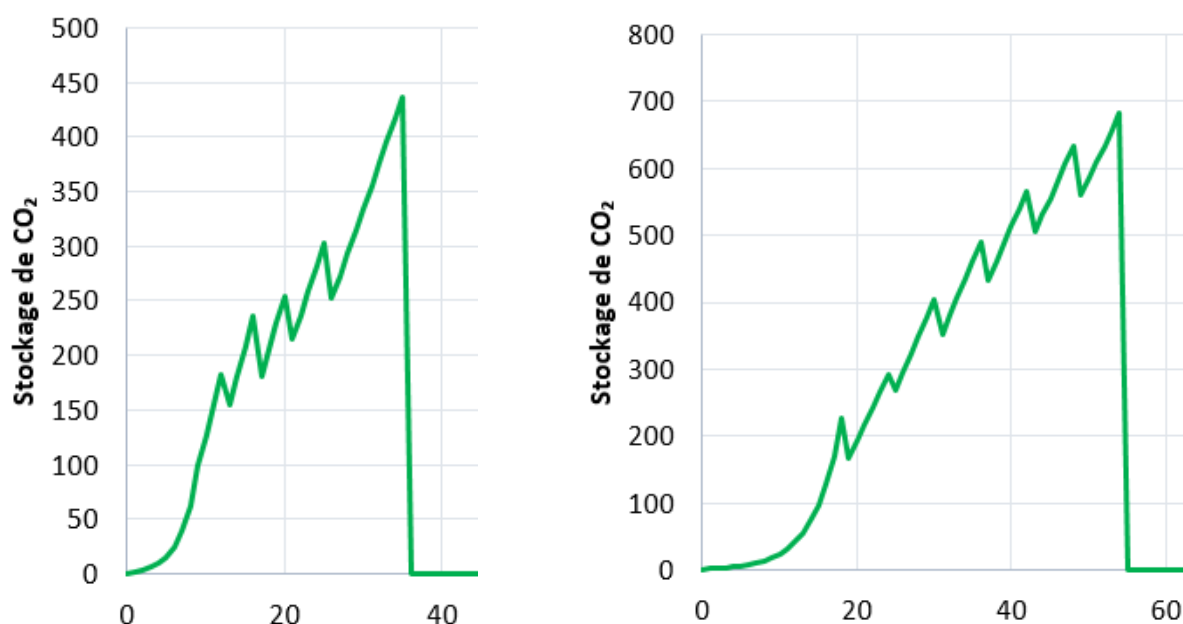


FIGURE 7. — Itinéraires sylvicoles du pin maritime (à gauche) et du douglas (à droite).

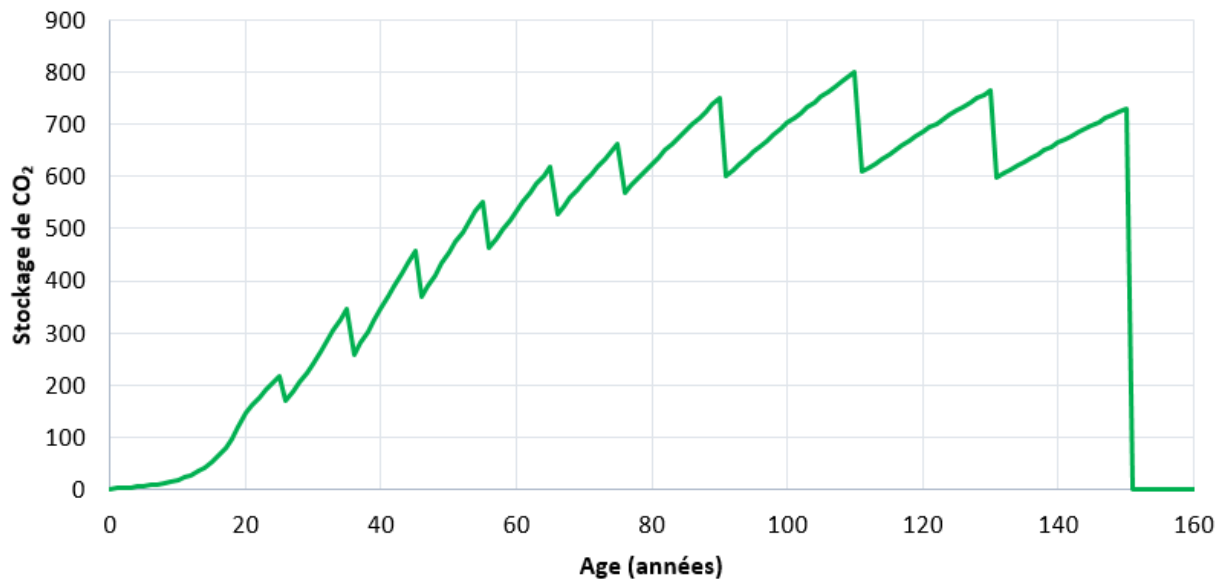


FIGURE 8. — Itinéraire sylvicole du chêne.

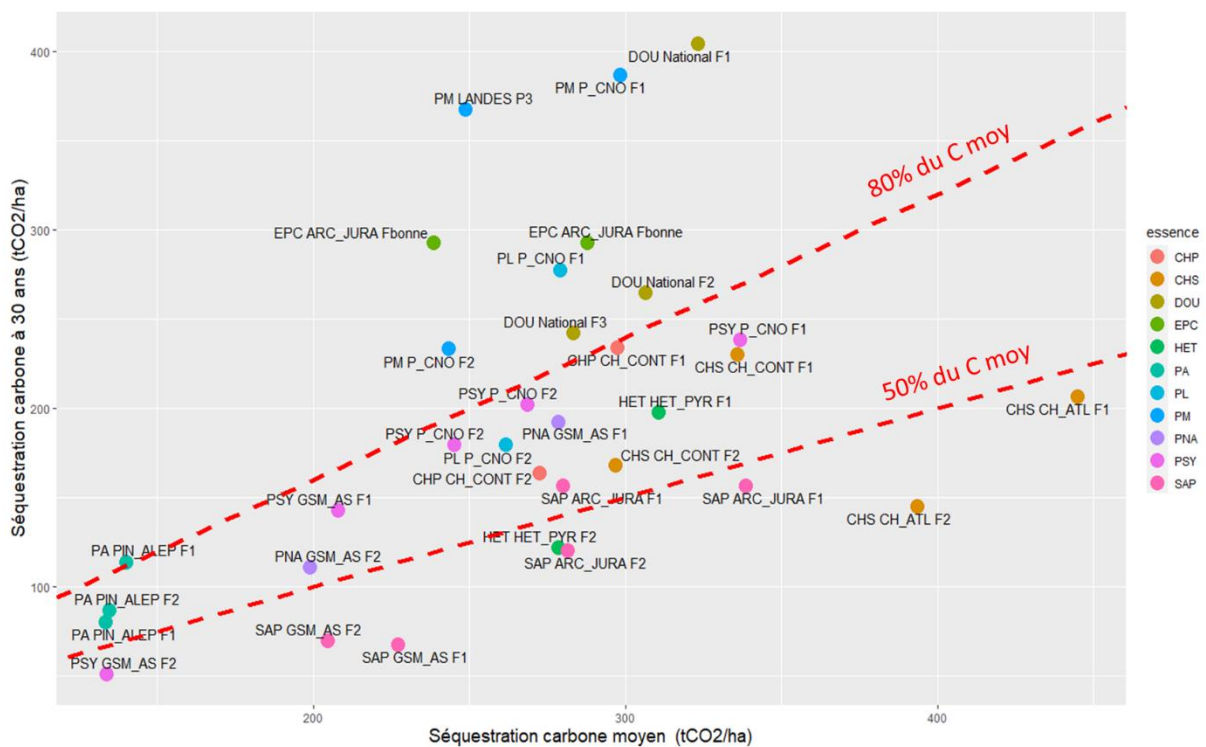


FIGURE 9. — Disposition des essences du data paper de l'ONF (Fournier et al., 2022) sur les axes gain en carbone à 30 ans (ordonnées) et stock moyen de long terme (abscisses). Ce graphique permet de distinguer les essences à croissance rapide dans le jeune âge (en haut du graphe et plutôt à gauche) de 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 6 : 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	1,50	0,74
2026	0,462	1,48	0,711
2027	0,442	1,46	0,681
2028	0,423	1,44	0,652
2029	0,404	1,42	0,622
2030	0,385	1,40	0,592
2031	0,365	1,38	0,563
2032	0,346	1,36	0,533
2033	0,327	1,34	0,503
2034	0,308	1,32	0,474
2035	0,288	1,30	0,444
2036	0,269	1,28	0,415
2037	0,25	1,26	0,385
2038	0,231	1,24	0,355
2039	0,212	1,22	0,326
2040	0,192	1,20	0,296
2041	0,173	1,18	0,267
2042	0,154	1,16	0,237
2043	0,135	1,14	0,207
2044	0,115	1,12	0,178
2045	0,096	1,10	0,148
2046	0,077	1,08	0,118
2047	0,058	1,06	0,089
2048	0,038	1,04	0,059
2049	0,019	1,02	0,03
2050	0	1,00	0
Après 2050	0	1,00	0

TABEAU 19. — *Évolution des coefficients de substitution pour les produits sciages, panneaux et bois énergie sur la période 2024-2050.*

Annexe 7 : Infradensités recommandées pour les principales essences françaises

Le porteur de projet se référera aux infradensités du tableau 20 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>	Peuplier 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 noirissant	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 20. — 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 8 : 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)	$B_R = \exp (-1,3267 + 0,8877 \times \ln (B_A) + 0,1045 \times \ln (\hat{A}ge))$	109	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 21. — Équations allométriques pour l'estimation de la biomasse souterraine ou racinaire.

Avec :

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

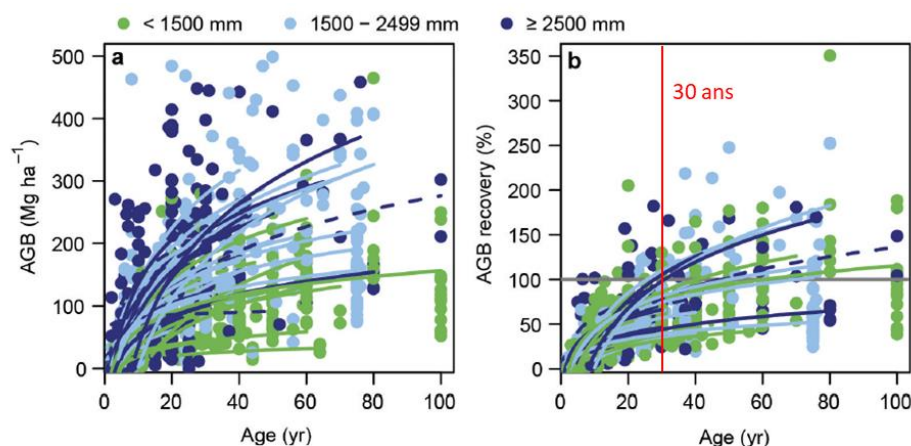
B_A = la biomasse aérienne en tonnes de matière sèche (tMS).

Annexe 9 : 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**⁶⁷ ;
- 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 10. — 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.

⁶⁷ <https://www.fao.org/forest-resources-assessment/fra-2020/country-reports/fr/>

- de la croissance du **scénario de référence** consistant soit en la poursuite de la culture agricole soit en une colonisation naturelle par des accrus entre 2 et 3 m³/ha selon le contexte sec ou humide (à dire d'expert ONF pour une végétation spontanée). 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 FAO⁶⁸. 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

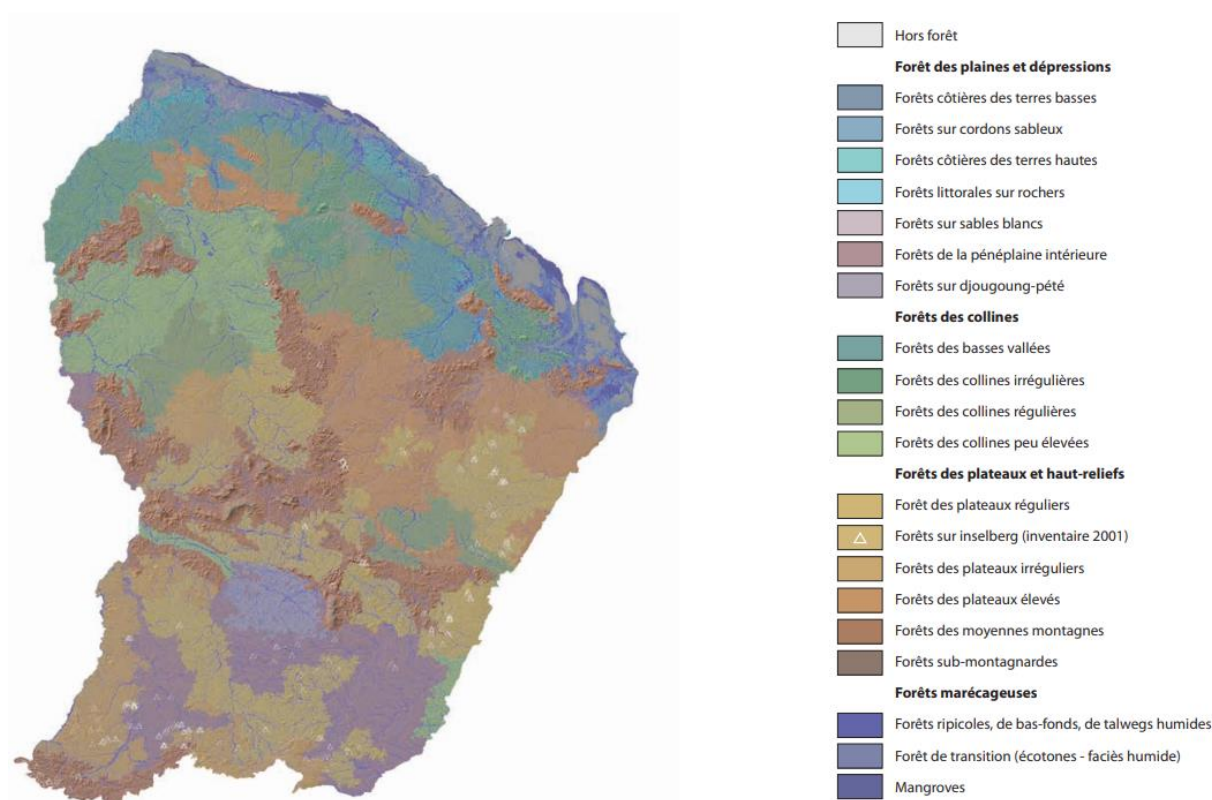


FIGURE 11. — *Types de forêts en Guyane (Guitet et al., 2015)*

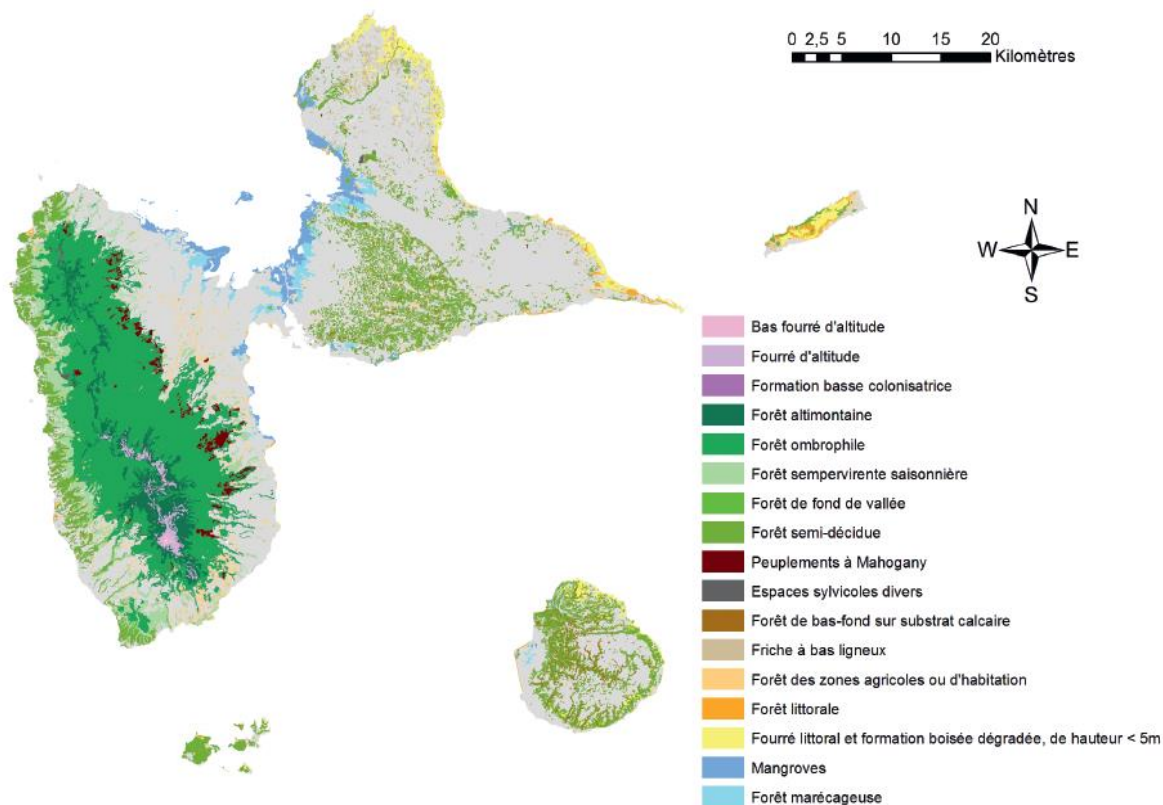
Type de forêt en Guyane	Stock de carbone initial (tC/ha)	Stock de carbone reconstitué sur hypothèse à 50 % max (tC/ha)	Stock de CO ₂ reconstitué (tCO ₂ /ha)	Stock de CO ₂ si poursuite agriculture (tCO ₂ /ha)	Stock de CO ₂ si colonisation accrue (tCO ₂ /ha)	Gain de CO ₂ plantation/poursuite agriculture (tCO ₂ /ha)	Gain de CO ₂ plantation/colonisation accrue (tCO ₂ /ha)
Forêts de reliefs multiconcaves et plaines côtières	180	90	330	18	112	312	218
Forêts de reliefs multiconvexes et vallées jointives	200	100	367	18	112	349	255
Forêts de plateaux ou montagnes	220	110	403	18	112	385	291

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

⁶⁸ <https://www.fao.org/3/cb0134fr/cb0134fr.pdf112>

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.

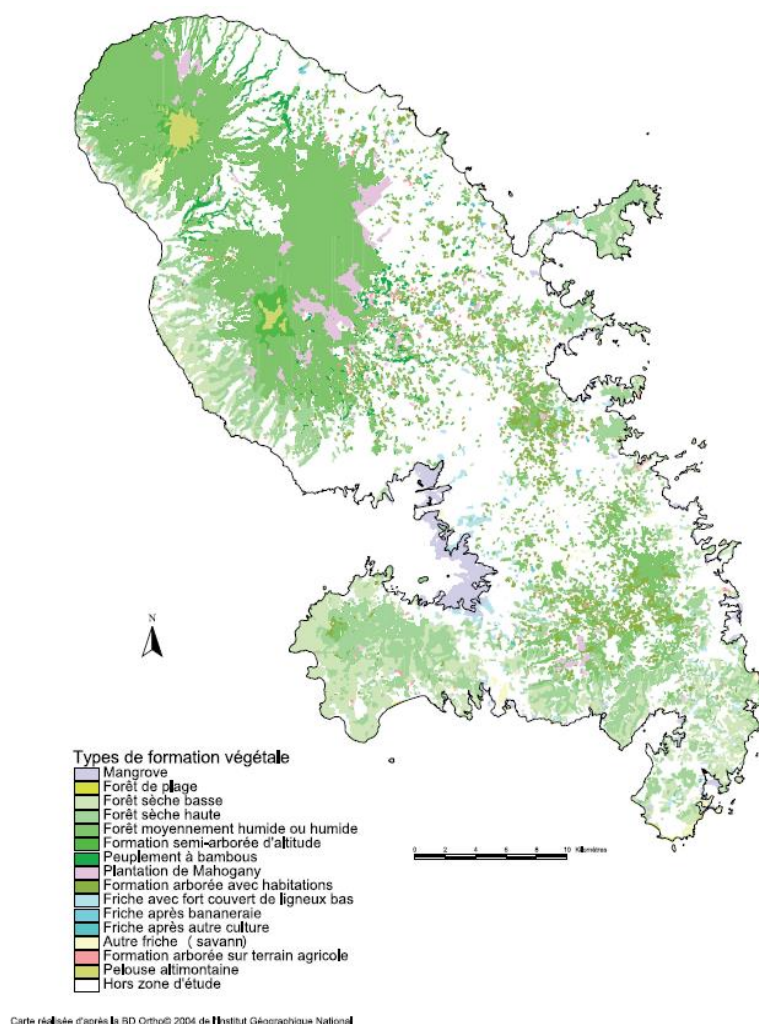
FIGURE 12. — Types de forêts en Guadeloupe.

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 si poursuite agriculture (tCO ₂ /ha)	Stock de CO ₂ si colonisation accrus (tCO ₂ /ha)	Gain de CO ₂ plantation/poursuite agriculture (tCO ₂ /ha)	Gain de CO ₂ plantation/colonisation accrus (tCO ₂ /ha)
Forêt littorale sèche et semi-décidue	50	25	92	18	73	74	19
Forêt de fond de vallée et Mahogany	120	60	220	18	110	202	110
Forêt sempervirente saisonnière (mésophile)	250	125	458	18	110	440	348
Forêt ombrophile	320	160	587	18	110	569	477

TABLEAU 23. — 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 13. — *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 si poursuite agriculture (tCO ₂ /ha)	Stock de CO ₂ si colonisation accrus (tCO ₂ /ha)	Gain de CO ₂ plantation/poursuite agriculture (tCO ₂ /ha)	Gain de CO ₂ plantation/colonisation accrus (tCO ₂ /ha)
Plantations de Mahogany	80	40	147	18	112	129	35
Forêt sempervirente saisonnière (mésophile)	210	105	385	18	112	367	273
Forêt ombrophile montagnarde ou humide	300	150	550	18	112	532	438

TABLEAU 24. — *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 FAO⁶⁹. Les forêts d'altitude et les forêts sèches n'ont pas été considérées car peu concernées par des potentiels projets LBC.

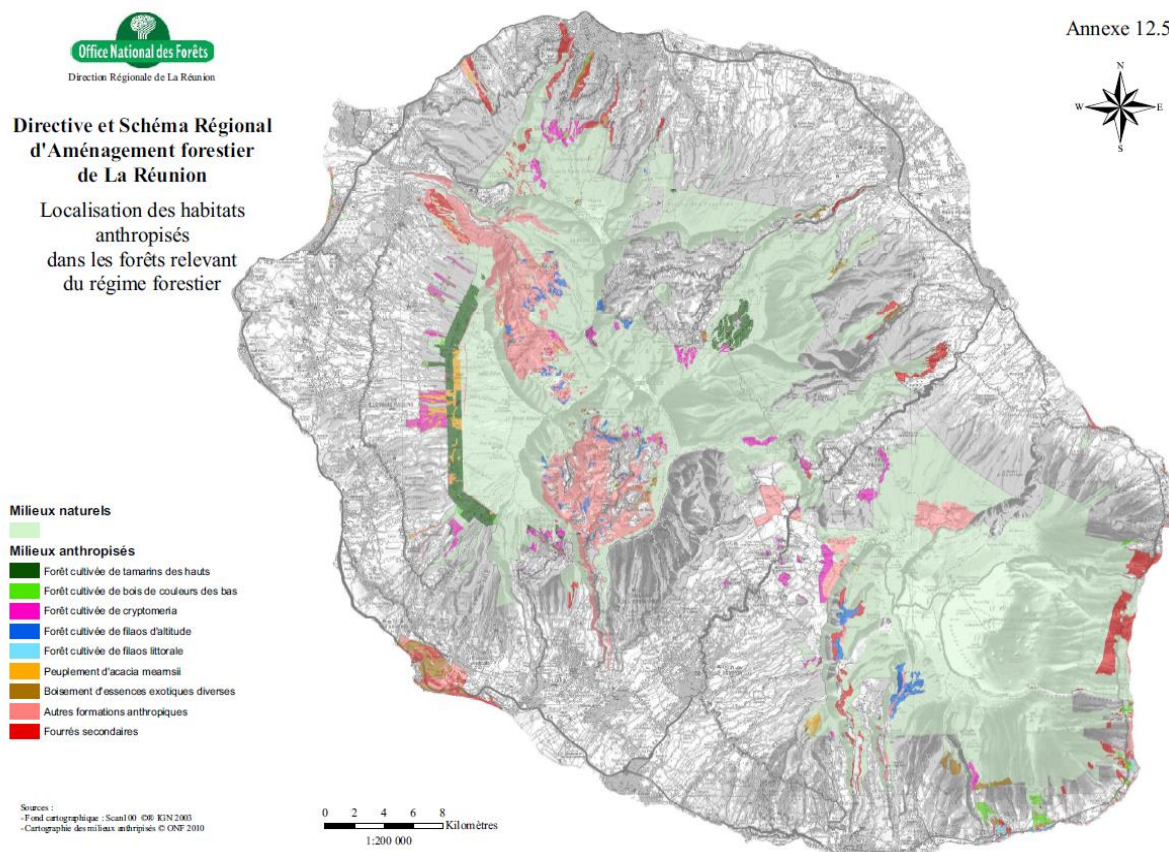


FIGURE 14. — Types de formations végétales à la Réunion.

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 si poursuite agriculture (tCO ₂ /ha)	Stock de CO ₂ si colonisation accrus (tCO ₂ /ha)	Gain de CO ₂ plantation/poursuite agriculture (tCO ₂ /ha)	Gain de CO ₂ plantation/colonisation accrus (tCO ₂ /ha)
Forêt de cryptomeria	117	58	214	18	108	196	106
Tamarinaie	62	31	114	18	36	96	78
Forêt cultivée des bois de couleur des bas	310	155	568	18	108	550	460

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

⁶⁹ <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.

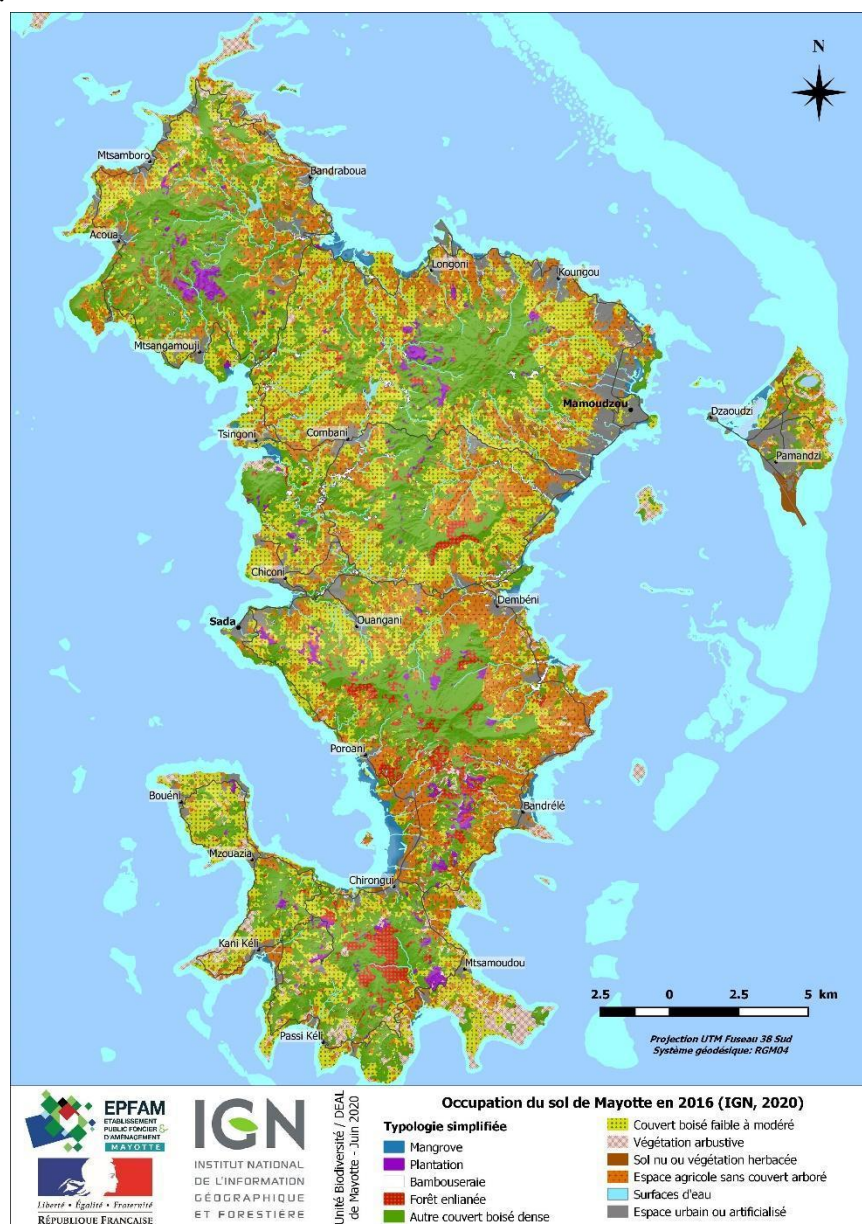


FIGURE 15. — Carte simplifiée d'occupation du sol à Mayotte, projet LESELAM 2016.

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 si poursuite agriculture (tCO ₂ /ha)	Stock de CO ₂ si colonisation accrue (tCO ₂ /ha)	Gain de CO ₂ plantation/poursuite agriculture (tCO ₂ /ha)	Gain de CO ₂ plantation/colonisation accrue (tCO ₂ /ha)
Forêts à couvert dense (ombrophiles, mésophiles, secondaires à manguier dominant)	162	81	297	18	108	279	189

Forêts à couvert moyen (dégradées mixtes et recrûs à avocat marron)	81	41	149	18	72	131	77
Forêt sèche	36	18	66	18	36	48	30

TABLEAU 26. — *Estimation du gain en CO₂ dans la biomasse aérienne et racinaire par hectare selon le type de forêt.*

Annexe 10 : 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)	Erable sycomore	Royaume-Uni	Hamilton & Christie, 1971, consultable dans les tables du Royaume-Uni, pp. 186-189	Toutes les classes de fertilité
Pin de Salzmann	Pin de Salzmann	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 28. — Tables de production à utiliser pour quantifier les principales essences françaises non présentes dans le tableau 12.

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 11 : Méthode de quantification d'un volume total

Selon l'essence de boisement, 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 boisement, le porteur de projet pourra se référer à l'équation allométrique 32 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 32

Pour la simplification des calculs, l'équation 33 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 33

	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 32 issue des travaux du projet EMERGE.

Annexe 12 : 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 sur prairies
	Ventilation essences [OBLIGATOIRE]	- Analyse des factures - Vérification que le changement d'essences ne dépasse pas 20 % de l'ensemble des plants du projet	- 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	- 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 [OBLIGATOIRE]	Fourniture du courrier d'agrément du DGD par la délégation régionale du CNPF ou de l'aménagement	Fourniture du courrier d'agrément du DGD par la délégation régionale du CNPF ou de l'aménagement
	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]	- 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 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

	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 d'un boisement en périmètre de protection rapproché ou éloigné de captage d'eau (<i>uniquement si l'information est publique</i>) - Vérification de la création de mare ou de ripisylve sur facture	- Vérification d'un boisement en périmètre de protection rapproché ou éloigné de captage d'eau (<i>uniquement si l'information est publique</i>) - Vérification de la création de mare ou de ripisylve sur facture
AUDIT DE TERRAIN	Arbres isolés, haies, bordures boisées préexistants au projet [LE CAS ÉCHÉANT]		Vérification de leur présence et de l'absence d'éléments (souches...) qui prouveraient une coupe de ces éléments, en s'appuyant sur le document 2E
	Diversification en essences [OBLIGATOIRE]		Vérification que les critères de diversification ont été appliqués (par passage dans les différents tènements)
	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 3	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 3
	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 « biodiversité » [LE CAS ÉCHÉANT]	- Vérification que des bordures feuillues ont bien été créées - Vérification que des haies ou des arbres isolés ou bocagers ont bien été maintenus	- 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]	- 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	- 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 29. — Liste des éléments à auditer pour un projet de boisement lors de l'audit documentaire et l'audit de terrain selon la version de la méthode.

Références bibliographiques

- ADEME, 2015. *Forêt et atténuation du changement climatique*. Les avis de l'Ademe, 12 p.
- ADEME, 2021. *Forêts et usages du bois dans l'atténuation du changement climatique*. 40 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.
- AGRESTE Chiffres et Données Agriculture, 2015. *L'utilisation du territoire en 2014*. Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, bureau des statistiques structurelles environnementales et forestières, n° 229, 105 p.
- ARROUAYS Dominique, BALESDENT Jérôme, GERMON Jean-Claude, JAYET Pierre-Alain, SOUSSANA Jean-François, STENGEL Pierre, 2002. *Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ?* (Expertise scientifique collective). INRA, 334 p.
- 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.
- BLANCHART Éric, CABIDOCHÉ 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 subéiculture 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.

DEMENOIS Julien, ALBRECHT Alain, BLANFORT Vincent, BLAZY Jean-Marc, FUJISAKI Kenji, TESTE Adrien, AVADI Angel, BRECHET Laëtizia, BROSSARD Michel, BURBAN Benoît, CHEVALLIER Tiphaine, CHOTTE Jean-Luc, DERROIRE Géraldine, DOREL Marc, FEDER Frédéric, FERNANDES Paula, FREYCON Vincent, RICHARD Antoine, ROGGY Jean-Christophe, SIERRA Jorge, STAHL Clément, TILLARD Emmanuel, THURIES Laurent, TODOROFF Pierre, VAYSSIÈRES Jonathan, VERSINI Antoine, VIGNE Mathieu, 2022. *Rapport d'avancement #1 – « 4 pour 1000 » Outremer : Stocker du carbone dans les sols agricoles et forestiers ultra-marins : état des connaissances et synergies avec la Trajectoire 5.0 à la Guadeloupe, la Martinique, en Guyane, à la Réunion, à Mayotte, à Saint-Martin et à Saint-Barthélemy*. ADEME, Cirad, INRAE, IRD, 24 p. + annexes.

DIDOLOT François, 2017. *Les forestiers du Massif central vers les services écosystémiques*. CNPF, 44 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 [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/QARRES>, Recherche Data Gouv, V1

FUNK Vicki, HOLLOWELL Thomas, KELOFF Carol, BERRY P, 1997. *Checklist of the plants of the Guiana Shield (Venezuela: Amazonas, Bolivar, Delta Amacuro; Guyana, Surinam, French Guiana)*. Contributions from the United States National Herbarium, 584 p.

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

GIEC, 2006. *IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. Volume 4: agriculture, forestry and other land use, chapter 5: cropland*, 66 p.

GIEC, 2013. *2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories: wetlands*. 354 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, BRUNAU 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, BRUNAU 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.

LANDMANN Guy, DELAY Morgane, MARQUET Garance (Coordinateurs), BERGÈS Laurent, COLLET Catherine, DEUFFIC Philippe, GOSSELIN 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, DOMECH Jean-Christophe, DUMAS Yann, DUPREZ Marianne, FRAPPART Frédéric, GARCIA Serge, GARDINER Barry, GIRARD Sabine, GOSSELIN 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, RICHOU Elsa, RIGOLOT Éric, RIOU-NIVERT Philippe, SAÏD Sonia, SAINTONGE François-Xavier, SERRA DIAZ Josep Maria, STEMMELLEN 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.

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 Gouv.

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.

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.

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

PELLERIN Sylvain et BAMIÈRE Laure (pilotes scientifiques), LAUNAY Camille, MARTIN Raphaël, SCHIAVO Michele, ANGERS Denis, AUGUSTO Laurent, BALESDENT Jérôme, BASILE-DOELSCH Isabelle, BELLASSEN Valentin, CARDINAEL Rémi, CÉCILLON Lauric, CESCHIA Éric, CHENU Claire, CONSTANTIN Julie, DARROUSSIN Joël, DELACOTE Philippe, DELAME Nathalie, GASTAL François, GILBERT Daniel, GRAUX Anne-Isabelle, GUENET Bertrand, HOUOT Sabine, KLUMPP Katja, LETORT Élodie, LITRICO Isabelle, MARTIN Manuel, MENASSERI Safya, MÉZIÈRE Delphine, MORVAN Thierry, MOSNIER Claire, ROGER-ESTRADE Jean, SAINT-ANDRÉ Laurent, SIERRA Jorge, THÉROND Olivier, VIAUD Valérie, GRATEAU Régis, LE PERCHEC Sophie, RÉCHAUDÈRE Olivier, 2020. *Stocker du carbone dans les sols français, Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ?* Rapport scientifique de l'étude, INRA (France), 540 p.

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

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.

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.

POFFENBARGER Hanna, NEEDELMAN Brian, MEGONIGAL Patrick, 2011. *Salinity influence on methane emissions from tidal marshes*. Wetlands, Society of wetland scientists, volume 31, pp. 831-841.

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. *Ertragstabeln 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 G  r  me, 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-  -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.