

LABEL BAS CARBONE

Méthode boisement

Version 3 du 22/03/2024

Ce document est une méthode pour des projets volontaires de boisement compatibles avec le label Bas-Carbone français, issu du programme *Vocal*. La méthode a été approuvée par le ministère de la Transition écologique et solidaire le 19 avril 2019 sous une version 1 puis le 8 octobre 2020 dans sa version 2 révisée. Cette méthode a été rédigée et révisée par le Centre national de la propriété forestière (CNPf) grâce à un financement du fonds européen de développement régional en Massif central de 2015 à 2018 (programme *Vocal*) et de France Bois Forêt de 2019 à 2022.

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.

Rédacteur : Olivier Gleizes



Tables des matières

1. APPLICABILITE, DEFINITIONS, DUREE	4
1.1. BOISEMENT	4
1.2. DUREE DE PROJET	5
1.3. LE PORTEUR DE PROJET	5
1.4. SELECTION DES SOURCES/PUITS ET COMPARTIMENTS A PRENDRE EN COMPTE	6
2. CRITERES D'ELIGIBILITE	7
2.1. PIECES ELEMENTAIRES A FOURNIR SYSTEMATIQUEMENT	7
2.2. ÉLIGIBILITE DES BOISEMENTS	8
2.2.1. <i>L'étude au cas par cas préalable par l'autorité environnementale</i>	9
2.2.2. <i>L'articulation avec les arrêtés MFR</i>	9
2.2.3. <i>Le diagnostic stationnel et climatique</i>	10
2.2.4. <i>L'éligibilité du semis forestier</i>	11
2.2.5. <i>Les plantations par placeaux</i>	11
2.2.6. <i>Le cas de travaux déjà prévus dans le cadre d'un document de gestion durable</i>	11
2.2.7. <i>La préparation du sol</i>	12
2.2.8. <i>Le mélange d'essences</i>	13
2.2.9. <i>La préservation des éléments de biodiversité préexistants</i>	13
2.2.10. <i>Le cas des projets collectifs</i>	14
3. CHOIX DU SCENARIO DE REFERENCE ET DEMONSTRATION DE L'ADDITIONNALITE	15
3.1. CHOIX DU SCENARIO DE REFERENCE	15
3.2. DEMONSTRATION DE L'ADDITIONNALITE	16
3.2.1. <i>Analyse légale et des aides publiques existantes</i>	17
3.2.2. <i>Analyse économique</i>	18
4. INTEGRITE ENVIRONNEMENTALE ET CO-BENEFICES	20
4.1. <i>L'ETUDE AU CAS PAR CAS</i>	20
4.2. <i>LE MELANGE D'ESSENCES</i>	20
4.3. <i>LA GRILLE D'ÉVALUATION DES CO-BENEFICES</i>	21
5. INTEGRATION DU RISQUE DE NON-PERMANENCE	25
5.1. <i>RISQUE DE NON PERENNITE DU PROJET SUR LA DUREE DU FAIT DU PORTEUR DE PROJET</i>	25
5.2. <i>RISQUE DE DEPERISSEMENT/INADEQUATION A LA STATION</i>	26
5.3. <i>RISQUES NATURELS DIFFICILEMENT MAITRISABLES</i>	26
5.4. <i>RISQUE D'INCENDIE</i>	26
5.5. <i>RISQUE DU AU GIBIER</i>	28
5.6. <i>RISQUE DE DEBOISEMENT A MAYOTTE</i>	28
6. CALCUL DES REDUCTIONS D'EMISSIONS GENERABLES	29
6.1. <i>CALCUL DES REDUCTIONS D'EMISSIONS ANTICIPEES GENERABLES</i>	29
6.1.1. <i>REA générables du fait de la séquestration du carbone par l'écosystème forestier</i>	29
6.1.2. <i>REA générables du fait du stockage du carbone dans les produits bois récoltés</i>	30
6.1.3. <i>Calcul des réductions d'émissions indirectes générables</i>	32
6.1.4. <i>Calcul des réductions d'émissions indirectes générables dans le scénario de boisement</i>	32
6.1.5. <i>Calcul des réductions d'émissions indirectes générables dans le scénario de référence</i>	33
6.2. <i>CALCUL DES REDUCTIONS D'EMISSIONS DE L'EMPREINTE GENERABLES</i>	34
7. QUANTIFICATION CARBONE DES ITINERAIRES	34
7.1. <i>QUANTIFICATION GENERALE DU CARBONE</i>	34
7.1.1. <i>Estimation de la biomasse aérienne (B_A)</i>	34
7.1.2. <i>Estimation de la biomasse racinaire (B_R)</i>	35
7.1.3. <i>Taux de carbone dans la matière sèche</i>	35
7.1.4. <i>Estimation du stock de carbone dans les sols (S)</i>	36

7.1.5.	<i>Estimation du stock de carbone dans la litière (L)</i>	38
7.1.6.	<i>Estimation du stock de carbone dans le bois mort (M)</i>	39
7.2.	MODELISATION DE L'EVOLUTION DU CARBONE DANS LE SCENARIO DE REFERENCE	39
7.2.1.	<i>Cas de la poursuite de l'agriculture</i>	39
7.2.2.	<i>Cas de la colonisation naturelle/enfrichement</i>	39
7.3.	MODELISATION DE L'EVOLUTION DU CARBONE DANS L'ITINERAIRE DE BOISEMENT	40
8.	VERIFICATION	43
8.1.	OBJECTIFS ET PERIMETRE DE LA VERIFICATION	43
8.2.	RAPPORT DE SUIVI	43
8.3.	LISTE DES AUDITEURS.....	43
8.4.	VERIFICATION DOCUMENTAIRE PAR UN AUDITEUR	44
8.4.1.	<i>Vérification des conditions d'éligibilité et de l'additionnalité</i>	45
8.4.2.	<i>Vérification des co-bénéfices</i>	45
8.5.	VERIFICATION ADDITIONNELLE DE TERRAIN PAR UN AUDITEUR POUR UN BOISEMENT ISSU DE PLANTATION	45
8.5.1.	<i>Éléments à auditer sur le terrain</i>	46
8.5.2.	<i>Calculs à effectuer par l'auditeur</i>	48
8.6.	VERIFICATION ADDITIONNELLE DE TERRAIN PAR UN AUDITEUR POUR UN BOISEMENT ISSU DE SEMIS	52
8.7.	VERIFICATION ADDITIONNELLE DE TERRAIN PAR UN AUDITEUR POUR UN BOISEMENT PAR PLACEAUX	53
8.8.	VERIFICATION DE LA STATION	54
8.9.	LIVRABLES DE L'AUDITEUR	55
9.	REDUCTIONS D'EMISSIONS ANTICIPEES « FORET » GENERABLES ET GENEREES APRES APPLICATION DES RABAIS	56
10.	BILAN DES ELEMENTS A FOURNIR	57
	ANNEXE 1 : EXEMPLES DE MELANGES INTRAPARCELLAIRES	60
	ANNEXE 2 : EFFICACITE DE CERTAINES ESSENCES DANS L'ELIMINATION DE L'OZONE TROPOSPHERIQUE	62
	ANNEXE 3 : SOURCE POUR IDENTIFIER L'INDIGENAT D'UNE ESSENCE	68
	ANNEXE 4 : LISTE DES PDPFCI, PRDFCI, ATLAS FEUX DE FORET ET AUTRES DOCUMENTS EN VIGUEUR EN OCTOBRE 2023	74
	ANNEXE 5 : EXPLICATION DE LA FORMULE DE CALCUL DU GAIN EN CARBONE	77
	ANNEXE 6 : CALCUL DES COEFFICIENTS DE SUBSTITUTION RELATIFS AU PEUPLIER ET AU PIN MARITIME	79
	ANNEXE 7 : INFRADENSITES RECOMMANDEES POUR LES PRINCIPALES ESSENCES FRANÇAISES	82
	ANNEXE 8 : METHODE DE QUANTIFICATION D'UN VOLUME TOTAL	89
	ANNEXE 9 : ÉQUATIONS POUR L'ESTIMATION DE LA BIOMASSE RACINAIRE	91
	ANNEXE 10 : ÉQUIVALENCE D'ESSENCES SUR LESQUELLES REALISER UNE QUANTIFICATION CARBONE	92
	ANNEXE 11 : VALEURS PAR DEFAUT POUR DES PROJETS DANS LES DOM	95
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	103

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 aujourd'hui (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 2.2.1.

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. Dans ce cas, le porteur de projet fournira une estimation du volume, établie par un professionnel forestier, justifiant que celui-ci est négligeable, photographie aérienne à l'appui.

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 si possible 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).

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.

Situation : une parcelle actuellement nue en 2024 mais qui était forestière en 2017 ne sera donc pas éligible.

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 ou autres productions à finalités agricoles ou des TCR/TTCR¹.

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 2.2.3).

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

1.2. Durée de projet

Par dérogation à la partie II.B.3 du référentiel 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.

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 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 demarches-simplifiees.fr.

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)

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.

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 tandis que celui du bois mort sera négligé. 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)	Anticipées
Séquestration de carbone dans la litière	CO ₂	Oui		Anticipées
Séquestration de carbone dans le sol	CO ₂	Oui		Anticipées
Séquestration dans les produits bois	CO ₂	Facultatif		Anticipées
Combustion de combustibles fossiles	CO ₂ CH ₄	Non	Source mineure (González-García <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	Facultatif		Indirectes

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

2. Critères d'éligibilité

Cette partie détermine les éléments à fournir pour être éligible.

Si les critères mentionnés ci-après sont manquants ou non respectés lors du dépôt de dossier, **celui-ci sera systématiquement rejeté par l'autorité compétente**. Toutefois, le porteur de projet pourra corriger les éléments manquants de son dossier en le complétant sous Démarches simplifiées.

2.1. Pièces élémentaires à fournir systématiquement

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 (ONF, CNPF, gestionnaires...).

Dans le cas d'une structure de regroupement de propriétaires (type ASL) ou de la gérance d'une société (GF, SCI...), une **délibération** ou le **Kbis** attestant de l'habilitation du représentant ou du gérant doit être jointe.

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 (un mandat).

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, PSG, RTG) ou des présomptions de garantie de gestion durable (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 demande de labellisation et 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 groupement, 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 engagement de l'ONF ou du gestionnaire à réaliser avant la vérification du projet un avenant au document de gestion durable.

- 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 DNAG⁵-ONAG⁶ 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.

- 2) 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 produit un justificatif permettant d'attester la rédaction d'un document de gestion durable concernant les parcelles objet du projet carbone pour pouvoir être éligible à la méthode.

2.2. Éligibilité des boisements

⁵ DNAG = directive nationale d'aménagement et de gestion

⁶ ONAG = orientation nationale d'aménagement et de gestion

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

Conformément aux articles R 122-2 et suivants du Code de l'environnement⁷, 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 ha.

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, une **copie de l'arrêté préfectoral** portant décision d'examen au cas par cas en application de l'article R 122-3 du Code de l'environnement. Si une étude d'impact est exigée, le porteur de projet fournira la décision d'autorisation de l'administration concernant son projet de boisement.

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 RDUE⁸, à partir du 1^{er} janvier 2031, les projets qui se feront sur des parcelles (à vocation forestière ou agricole, y compris les parcelles initialement forestières ayant subi un défrichage après le 31 décembre 2020) ayant subi un défrichage après le 31 décembre 2020 pourront se faire à condition de ne pas se situer dans un cas de "dégradation" au sens du RDUE (entre la forêt pré-2020 et la nouvelle plantée). Dans le cas contraire, 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.

2.2.2. L'articulation avec les arrêtés MFR

Les projets doivent en outre respecter la réglementation applicable mais aussi suivre les bonnes pratiques recommandées par les politiques publiques, notamment le **respect des essences des arrêtés régionaux MFR** (matériels forestiers de reproduction) consultables sur le site internet du **ministère chargé de la forêt**⁹. Toutefois, le recours à des essences ne figurant pas dans les arrêtés MFR sera autorisé dès lors que le porteur de projet est à même de justifier l'un des deux cas suivants : constitution d'*arboreta* ou étude d'essences hors liste MFR présentant un intérêt vis-à-vis du changement climatique (dans le cadre expérimental défini au point 6. de l'instruction technique DGPE/SDFCB/2020-656 relative aux MFR¹⁰). 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, CNPF-IDF, AgroParisTech, Cirad) indiquant comment il va suivre ces essences (protocole scientifique, protocole allégé, suivi de mortalité/vitalité, suivi de croissance...). Ces dispositifs de suivi devront être suivis *a minima* sur les cinq premières années.

⁷ [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>

⁸ 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

⁹ <https://agriculture.gouv.fr/materiels-forestiers-de-reproduction-arretes-regionaux-relatifs-aux-aides-de-letat-linvestissement>

¹⁰ <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

Si le projet se situe dans un périmètre environnemental (Natura 2000, zone cœur de parc national...) qui proscriit 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 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 8.4.2.2..

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

Pour le contexte des départements d'outre-mer, les MFR n'existant pas en 2023, 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 Guadeloupe¹¹, arrêté du 1^{er} avril 2019 pour la Réunion¹², arrêté du 9 août 2019 pour la Martinique¹³, arrêté du 17 septembre 2020 pour la Guyane¹⁴ et arrêté du 10 juin 2021 pour Mayotte¹⁵). Le porteur de projet devra fournir un document 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.

2.2.3. Le diagnostic stationnel et climatique

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

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

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. A défaut, d'autres outils de diagnostic ou des bases de données pertinentes pourront être proposés, sous réserve de demande préalable à la DGEC qui validera ou non leur utilisation.

¹¹ <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000036610607>

¹² <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000038358649/>

¹³ <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000039126771/>

¹⁴ <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000042459334>

¹⁵ <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043935164>

Les analyses climatiques devront prendre en compte dans la mesure du possible la TRACC (Trajectoire de Référence d'Adaptation au Changement Climatique). 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°, et +3° lorsque ce dernier sera disponible. Le recours à ClimEssences devra se faire via une analyse croisée de différents scénarios, en privilégiant ceux intermédiaires et pessimistes à 2050, voire en ajoutant ceux intermédiaires et pessimistes à 2070 pour les feuillus.

Il est fortement conseillé d'effectuer une analyse croisée d'au moins deux différents outils d'aide à la décision.

2.2.4. 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.

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^{16,17,18} ; à savoir les chênes (sessile, pédonculé, pubescent, rouge, chevelu et des marais). Il conviendra de réaliser un semis avec un minimum de 75 L/ha de glands. Les semis de chêne 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 8.5.

2.2.5. Les plantations par placeaux

Les plantations par placeaux sont autorisées. Elles devront respecter les densités minimales de plantation des arrêtés MFR (cf. partie 2.2.2.).

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.

2.2.6. 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

¹⁶ CEMAGREF, 1982. *Techniques de reboisement*. Note technique n° 47. 71 p.

¹⁷ COURAUD R., 1990. *Les semis artificiels de chênes*. Forêt entreprise n° 71

¹⁸ 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.

compétente (cf. partie II.C.1. de l'arrêté du 11 février 2022 modifiant l'arrêté du 28 novembre 2018 définissant le référentiel du label « Bas-Carbone ») et qu'ils respectent les conditions prévues par la méthode, notamment en ce qui concerne la démonstration de l'additionnalité.

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

2.2.7. 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). 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 pour la réussite du développement racinaire des plants, pour limiter la concurrence par les graminées et pour 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 disquage sont autorisés à la condition qu'ils travaillent une surface inférieure à 50 % de la surface totale. Aucun rabais ne sera appliqué en l'état actuel des connaissances.

En revanche, il est rappelé qu'un travail préparatoire du sol dans de mauvaises conditions, principalement d'humidité, peut avoir des conséquences néfastes et contraires aux améliorations attendues (Collet *et al.*, 2020). Afin de réaliser ce travail préparatoire dans de bonnes conditions, un diagnostic du sol est recommandé (critères Prosol¹⁹ repris dans le guide Practisol²⁰). L'implantation de cloisonnements doit être recherchée avec l'ambition que seul 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 : labour en plein (interdit sur prairie mais autorisé sur cultures, vergers ou vignes), labour en bandes, disquage, sous-solage, potets travaillés...

Préparation du sol	Tout sol cultivé (grandes cultures, verger, vigne)	Prairie ou friche
Absence de préparation du sol	Autorisé	Autorisé

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

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

Potets travaillés	Autorisé	Autorisé
Labour en bandes	Autorisé	Autorisé
Labour en plein	Autorisé	Interdit
Disquage en bandes	Autorisé	Autorisé
Disquage en plein	Autorisé	Autorisé
Sous-solage	Autorisé	Autorisé

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

L'usage des produits agropharmaceutiques herbicides est interdit. Concernant les fongicides et insecticides, une autorisation expressément écrite peut être délivrée par le DSF, 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.

2.2.8. Le mélange d'essences

Afin de limiter au maximum de futurs dépérissements pouvant atteindre des surfaces conséquentes, **toute zone de boisement d'un seul tenant comprise entre 4 et 25 ha** devra associer un mélange d'**au moins deux essences**, avec un **minimum de 20 % (en surface) de la deuxième essence** (ou de l'ensemble des autres essences), sans quoi il ne pourra pas être éligible au label Bas-Carbone. Toute zone de boisement **d'un seul tenant supérieure à 25 ha** devra associer un mélange d'**au moins trois essences**, avec un **minimum de 20 % (en surface) des deux autres essences** (ou de l'ensemble des autres essences), sans quoi il ne pourra pas être éligible au label Bas-Carbone.

Exemple : Un tènement²¹ d'un seul tenant de 8 ha constitué de 80 % de pin maritime et de 20 % de bouleau est éligible. Un tènement d'un seul tenant de 5 ha constitué de 80 % de chêne, de 10 % de charme et de 10 % de cormier est éligible.

NB : ce critère est formulé au niveau d'une zone de boisement d'un seul tenant dépassant 4 ha et non à l'échelle d'un projet de plus de 4 ha. Par exemple, un projet de 5 ha constitué d'une zone A de 3 ha et d'une zone B (non contiguë à la zone A) de 2 ha n'est pas soumis à ce critère d'éligibilité. En revanche, un projet de 5 ha constitué d'une seule zone d'un seul tenant de 5 ha devra respecter ce critère d'éligibilité.

Pour les peupleraies et noyeraies plantées à densité définitive, les critères de surface précédents (4 à 10 ha et au-delà de 10 ha) ne s'appliquent pas en espèces différentes mais en cultivars différents.

2.2.9. La préservation des éléments de biodiversité préexistants

²¹ Un tènement est une zone de boisement d'un seul tenant. Un projet peut être constitué de plusieurs tènements non contigus.

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...

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.

2.2.10. 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. 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 est limité à une échelle départementale. Toutefois, lorsque cela est pertinent, un projet collectif 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.

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

3.1. Choix du scénario de référence

Le référentiel du label Bas-Carbone définit le scénario de référence (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 : jachères, terres de déprise agricole, friches agricoles ou industrielles...). L'accroissement moyen décrivant cette colonisation naturelle est fixé à 1 m³/ha/an (sauf en Méditerranée²² où il est fixé par défaut à 0,5 m³/ha/an et pour l'Outre-Mer selon les valeurs de l'annexe 11) ;
- La poursuite de la culture du terrain (grandes cultures, 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, le scénario à l'échelle nationale

Le scénario de référence à l'échelle nationale est un embroussaillage/colonisation lente de la parcelle à boiser. 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

²² GRECO J et K de l'IGN

(tableau 3). Toujours d'après cette enquête, 18 % des terrains qualifié 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 %

TABLEAU 3. — Selon l'enquête Agreste sur l'utilisation du territoire en 2014, 70 % des nouvelles forêts proviennent de sols qui n'avaient pas de vocation agricole huit ans plus tôt, la moitié provenant de landes qui se sont boisées.

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. Le cas échéant, elle devra être justifiée par la fourniture de 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. Il conviendra également de fournir une photographie aérienne avec superposition du fond cadastral ; pour ce faire, il est recommandé de s'appuyer sur les photographies fournies par l'IGN sur Géoportail²³.

3.2. Démonstration de l'additionnalité

Le référentiel 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.

²³ L'IGN fournit les dates de prises de vue des photographies aériennes actuellement en visualisation sur le Géoportail : https://www.geoportail.gouv.fr/depot/fiches/photographies-aeriennes-RVB/geoportail_dates_des_prises_de_vues_aeriennes-RVB.pdf

3.2.1. Analyse légale et des aides publiques existantes

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 L126-1²⁴ du Code rural et de la pêche maritime), le Porteur de projet devra s'assurer que la 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). Les documents ou autorisations inhérentes à de telles réglementations devront être conservés par le porteur de projet mais ne seront pas à fournir pour l'instruction de son projet par l'autorité. Ils pourront être demandés par l'auditeur.

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, 2017²⁵). On retiendra donc ce seuil comme limite à l'investissement pour le propriétaire ;
- il existe une aide mais le propriétaire s'engage à la refuser.

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

Exemple 1 : si le coût du boisement du Porteur de projet est estimé à **6 000 €/ha** et qu'il existe 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 existante est estimée **suffisante** pour la réalisation du projet.

²⁴ [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. [...]

²⁵ <https://www.cnpf.fr/sites/socle/files/cnpf-old/lesforestiersmassifcentral.pdf>

Exemple 2 : s'il existe une aide publique à hauteur de 40 % pour réaliser des boisements estimés à 12 000 €/ha (soit 4 800 € financés) alors l'aide existante sera jugée insuffisante pour la réalisation du projet de boisement et l'additionnalité pourra être démontrée.

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.

Le coût total d'un projet 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, les tailles de formation, le premier élagage (peuplier)... L'ingénierie de conception du projet bas-carbone et la vérification ne pourront en revanche pas être intégrés dans le coût du projet²⁶.

Le porteur de projet pourra mobiliser des aides publiques existantes insuffisantes (inférieures à 50 % du coût total du projet) 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 du coût total du projet, du coût d'ingénierie de conception du projet et de vérification. Ce seuil de 100 % pourra toutefois être dépassé si aucune aide publique n'est sollicitée (cas où le financement du projet se fait uniquement *via* le label Bas-Carbone).

L'analyse légale et des aides publiques existantes est obligatoire.

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 tenements bien distincts (quoique présent sur une même référence cadastrale). Pour le démontrer, le porteur de projet devra fournir une cartographie des deux zones donnant lieu à deux financements différents.

3.2.2. Analyse économique

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

Option 1 : le porteur de projet ne fait pas d'analyse économique

Le porteur de projet ne fait pas d'autre analyse que celle des aides existantes pré-exposée (3.1.). Un rabais de 40 % est alors appliqué.

Option 2 : un calcul des valeurs actualisées nettes (VAN)

Le porteur de projet peut opter pour un scénario de référence à l'échelle du projet. Le cas échéant, il réalisera un bilan financier des différentes alternatives possibles (exemples : accru naturel, boisement,

²⁶ L'ingénierie de conception du projet comprend la complétude des documents 0 à 9 (diagnostic stationnel et climatique, choix des essences, calcul du carbone et suivi du projet). La vérification comprend le coût de l'audit.

poursuite d'une activité agricole, urbanisation...) pour déterminer la plus rentable. L'alternative la plus rentable sera alors le scénario de référence.

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 :

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

Équation 1

Avec :

VAN = valeur actualisée nette (en €) ;

R_A = recettes nettes de 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 qui a la plus courte révolution dans le boisement).

Bilan financier d'un boisement :

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

Équation 2

Avec :

VAN = valeur actualisée nette (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 :

$$VAN_{culture} = B \times \frac{1}{r}$$

Équation 3

Avec :

VAN = valeur actualisée nette (en €) ;

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

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

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 VAN.

L'additionnalité économique sera démontrée si $\Delta VAN < 0$. Avec :

$$\Delta_{VAN} = VAN_{boisement} - VAN_{culture} \quad \text{ou} \quad \Delta_{VAN} = VAN_{boisement} - VAN_{accru}$$

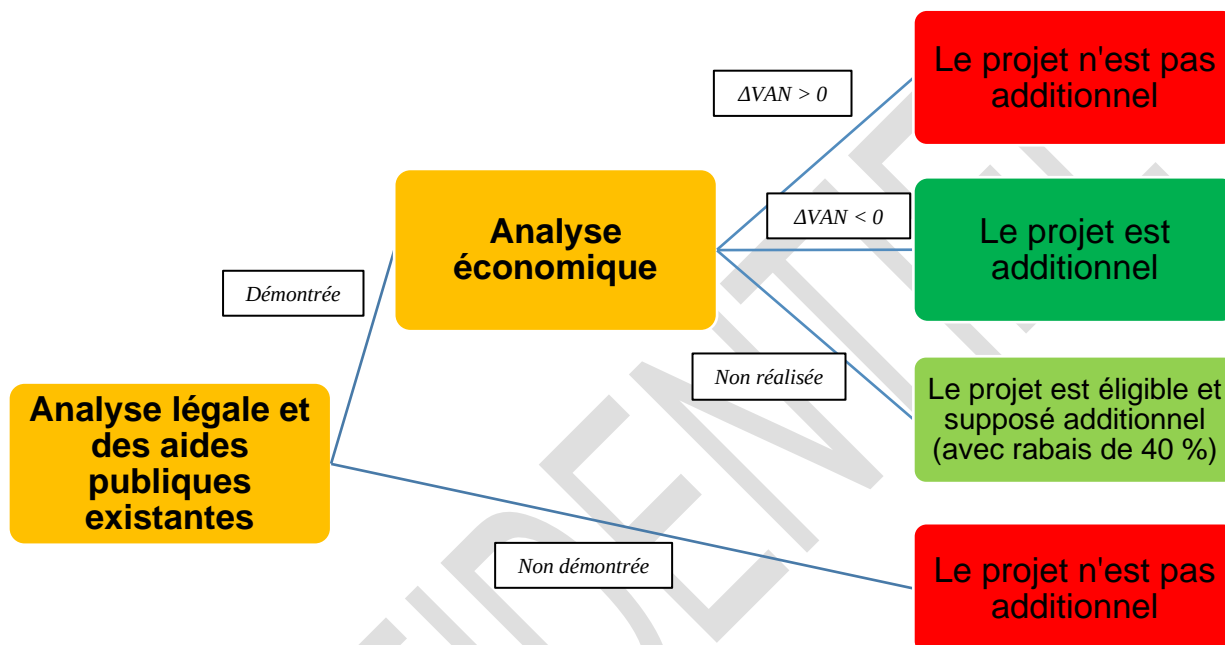


FIGURE 1. — Bilan des étapes de démonstration de l'additionnalité d'un projet carbone.

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. 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 (DREAL²⁷, DRIEAT²⁸, DEAL²⁹, DGTM³⁰) 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

²⁷ DREAL = direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement

²⁸ DRIEAT = direction régionale et interdépartementale de l'environnement, de l'aménagement et des transports

²⁹ DEAL = direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement (Guadeloupe, Martinique, Mayotte et Réunion)

³⁰ DGTM = direction générale des territoires et de la mer (Guyane)

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 deux critères de diversification, qui sont des critères d'éligibilité (voir 2.2.8) :

- Un mélange d'au moins deux essences ou plus dont l'essence minoritaire (ou l'ensemble des essences minoritaires) représente plus de 20 % pour toute zone de boisement d'un seul tenant comprise entre 4 et 25 ha ;
- Un mélange d'au moins trois essences ou plus dont les deux minoritaires (ou plus) représentent plus de 20 % pour toute zone de boisement d'un seul tenant de plus de 25 ha.

4.3. La grille d'évaluation des co-bénéfices

Conformément au référentiel 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. Pour chaque catégorie de co-bénéfice, le porteur de projet pourra proposer des co-bénéfices supplémentaires inhérents à son projet ; chaque co-bénéfice ajouté ne pourra rapporter qu'un seul point. Un maximum de **deux co-bénéfices** pour chacune des cinq catégories pourra être ajouté.

Lorsque le porteur de projet fera le sous-total potentiel au niveau de chaque co-bénéfice, il conviendra d'additionner les valeurs maximales potentiellement atteignables. La performance du projet pour chaque co-bénéfice pourra ainsi être évaluée par rapport à ce potentiel maximal. Attention : certains co-bénéfices ont deux notes possibles : par exemple + 3 ou + 2, qui sont exclusives. Il conviendra ainsi de ne pas les sommer.

Exemple : pour le co-bénéfice « socio-économique » dans le tableau ci-après, le total réalisable est 23 (hors ajout de co-bénéfice supplémentaire) et non pas 27 puisqu'il y a deux co-bénéfices à bonus variable (dépendant de deux modalités).

Ces co-bénéfices seront suivis et vérifiés, tel qu'indiqué par la partie II.C.4 du référentiel : « *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), au risque d'engendrer un surcoût qu'il devra supporter financièrement au moment de la vérification.

N°	Type de co-bénéfice	Intitulé	Critère d'évaluation	Valeur du bonus
1	Socio-économique	Création de plus-value économique territoriale	La majorité des entreprises de travaux forestiers (ETF) retenues sont situées dans un rayon de 50 km par la route autour du chantier de 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	+ 5
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...)	+ 5
6	Socio-économique	Assurance forestière	Le propriétaire a souscrit une assurance forestière, en particulier en cas d'incendie et tempête qui couvre une partie des frais de reboisement	+ 1
7	Préservation des sols	Diagnostic de l'humidité des sols	Diagnostic d'humidité du sol avant travail du sol	+ 3
8	Préservation des sols	Préparation du sol	Préparation du sol par potets travaillés	+ 3
			Absence de travail du sol	+ 5

9	Biodiversité	Mélange et autochtonie	Boisement en mélange avec 5 essences ou plus, avec au moins 80 % de plants d'essences autochtones adaptées au climat futur	+ 5
			Boisement de moins de 25 ha en mélange de 3 essences ou plus, avec au moins 50 % de plants d'essences autochtones adaptées au climat futur	+ 3
			Boisement de moins de 4 ha en mélange de 2 essences ou plus, avec au moins 20 % des plants d'essences autochtones adaptées au climat futur	+ 1
10	Biodiversité	Mélange intraparcellaire ³¹ (cf. annexe 1)	Mélange intraparcellaire pied à pied	+ 5
			Mélange intraparcellaire 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 (2/2)	Création de bordures feuillues linéaires (routes, chemins, limites de parcelles)	+ 1
12	Changement climatique	Suivi scientifique	Le projet présente une composante qui sera suivie à titre scientifique pour mieux comprendre le changement climatique (arboretum, réseau ESPERENSE, îlot d'avenir, dispositifs d'expérimentation de diversification en gestion...)	+ 5
13	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
14	Eau	Prise en compte de milieux aquatiques ou humides (2/2)	Le boisement résineux est effectué à plus de 10 m de la bordure d'un cours d'eau	+ 1
15	Eau	Amélioration de la qualité de l'eau	Boisement en périmètre de protection rapproché (PPR) ou éloigné (PPE) de captage d'eau	+ 5

³¹ 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.

16	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 ripisylve feuillue	+ 5
----	-----	--	--	-----

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

Co-bénéfice	Total
Socio-économique	24 points
Préservation des sols	8 points
Biodiversité	11 points
Changement climatique	10 points
Eau	11 points

TABLEAU 5. — Maximum total de bonus valorisables par co-bénéfice (hors ajout de co-bénéfice supplémentaire).

Pour savoir si une essence est autochtone ou allochtone, on consultera les cartes de distribution Euforgen³² et du *Chorological data* (Caudullo *et al.*, 2021)³³. L'annexe 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)³⁴. Les conservatoires botaniques locaux seront consultés pour l'actualisation des classements d'espèces ;
- Guyane : la publication suivante sera consultée : Funk *et al.*, 1997 ;
- Mayotte : *Flore illustrée de Mayotte*³⁵ (Fabien Barthelat, 2019) ;
- Réunion : *Flore des Mascareignes*³⁶ (Autrey *et al.*, 2008).

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

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

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

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

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

5. Intégration du risque de non-permanence

Conformément au référentiel 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...

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 des parcelles privées

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 désengagement du nouveau propriétaire 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 10 % sur les réductions d'émissions générables sera systématiquement appliqué**, sauf si le Porteur de projet contractualise une obligation réelle environnementale³⁷ (ORE) sur une durée de 30 ans avec la DREAL dont dépend son projet. Cette ORE prendra la forme d'un acte authentique administratif.

Pour des parcelles publiques bénéficiant du régime forestier

Les forêts publiques soumises au régime forestier n'auront pas besoin de souscrire à une ORE. En effet, en application du code forestier et des politiques environnementales nationales et européennes, le régime forestier énonce un ensemble de principes visant à assurer la conservation, la protection et la mise en valeur du patrimoine forestier des collectivités territoriales, des établissements publics et de l'État. La mise en œuvre de ce régime forestier est confiée par la loi à l'ONF, chargé de garantir une gestion durable des espaces forestiers tout en préservant l'intérêt du propriétaire.

La conservation et la mise en valeur des forêts relevant du régime forestier revêtent un caractère d'intérêt général, ce qui contribue à faire du régime forestier un régime d'ordre public.

En conséquence, à partir du moment où le régime forestier est mis en œuvre sur des terrains forestiers, il ne peut pas y être mis fin à la libre initiative des collectivités et personnes morales propriétaires. D'après le principe de parallélisme des formes selon lequel l'auteur de la décision a compétence pour la modifier ou l'abroger, **l'application du régime forestier ne peut être levée que par le Préfet ou, en cas de désaccord entre le propriétaire et l'ONF, par le Ministre en charge de la forêt après avis des ministres intéressés**. Ainsi, le régime forestier préserve, à long terme, le patrimoine forestier et les intérêts des générations futures dans le cadre d'une gestion durable garantie par l'ONF. *A fortiori*, les mesures compensatoires accueillies en forêt relevant du régime forestier bénéficient de cette protection pérenne sans qu'une sécurisation foncière supplémentaire ne soit nécessaire.

Pour des parcelles publiques ne bénéficiant pas du régime forestier

Pour les forêts appartenant à des établissements publics ou à des collectivités, distraites du régime forestier par arrêté préfectoral ou entrant dans le cas d'un régime dérogatoire prévu par l'article L122-5 du Code forestier, leur propriétaire devra souscrire une ORE avec la DREAL dont dépend son projet pour ne pas se voir appliquer un rabais de 10 % sur les réductions d'émissions générables.

³⁷ <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Guide-methodologique-obligation-reelle-environnementale.pdf>

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 la ou les essences du boisement et la station sur des critères pédologiques et climatiques. Les précisions de cette analyse sont apportés au paragraphe 2.2.3.

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 difficilement maîtrisables

Un certain nombre de risques de non-permanence sont généraux et difficilement quantifiables ou maîtrisables. Ils comprennent notamment les risques sanitaires (scolytes, ravageurs, maladies...), les tempêtes, et une décision de déboisement anticipée liée ou non à ce type de catastrophe naturelle. Toutefois, **l'encadrement légal et technique de la gestion forestière en France limite plus fortement qu'ailleurs les impacts carbone de tels risques.** Conformément à la partie II.C.6 du référentiel du label Bas-Carbone, un rabais forfaitaire de **10 %**, correspondant à la fourchette basse de la gamme de 10 à 40 % observée dans les labels internationaux, est systématiquement appliqué pour prendre en compte ces risques 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 l'article L133-1 ou L 132-1 du Code forestier³⁸
- ou dans une commune considérée à risque par un PDPFCI, PRDFCI, atlas incendie ou tout autre document classant le risque d'incendie par commune.

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

- Alpes-de-Haute-Provence ;
- Hautes-Alpes ;
- Alpes-Maritimes ;
- Ardèche ;
- Ariège ;
- Aude ;
- Aveyron ;

³⁸ 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. »

- Bouches-du-Rhône ;
- Corse-du-Sud ;
- Haute-Corse ;
- Dordogne ;
- Drôme ;
- Gard ;
- Gironde ;
- Hérault ;
- Landes ;
- Lot ;
- Lot-et-Garonne ;
- Lozère ;
- Pyrénées-Atlantiques ;
- Hautes-Pyrénées ;
- Pyrénées-Orientales ;
- Tarn ;
- Var ;
- Vaucluse.

Certains massifs forestiers au sein de ces départements sont considérés à moindre risque incendie. Il conviendra de vérifier au sein de l'annexe 2 de l'arrêté du 6 février 2024³⁹ 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 L.132-1 du code forestier comme comportant un risque 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 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.

³⁹ <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000049111873>

Attention, cet arrêté (au titre de l'article L.132-1 du code forestier comme du L. 133-1) est susceptible d'évolution afin de prendre en compte l'extension du risque 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 (ou PRDFCI ou atlas incendie ou tout autre document classant le risque d'incendie par commune) approuvé par le préfet. Le porteur de projet consultera les cartes départementales ou les atlas :

- Le risque est considéré comme négligeable ; aucun rabais ne sera appliqué sur les réductions d'émissions potentiellement générables ;
- Le risque est considéré comme très faible ou faible ; un rabais de 5 % sera appliqué sur les réductions d'émissions potentiellement générables ;
- Le risque est considéré comme moyen ; un rabais de 10 % sera appliqué sur les réductions d'émissions potentiellement générables ;
- Le risque est considéré comme fort ou très fort ; un rabais de 15 % sera appliqué sur les réductions d'émissions potentiellement générables.

D'autres départements non listés au titre des articles L.132-1 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 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.

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 (vérification). En situation de risque dû au gibier avéré, il sera nécessaire de protéger les plants (protections individuelles, pose de grillage, répulsif sur les plants...), ces opérations devront être incluses dans le budget estimatif du projet pour en garantir sa réussite.

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, 2020⁴⁰). 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 %**.

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.

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 du référentiel).

6.1. Calcul des réductions d'émissions anticipées générables

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

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

Équation 4

Avec :

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

$REA_{produits}$ = réductions d'émissions anticipées par le projet dans les produits bois (voir 6.1.2.).

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

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

Les REA générées ne sauraient logiquement excéder la différence de stockage de carbone par rapport à une situation sans boisement, soit à l'issue de la durée du projet (c'est-à-dire au bout de 30 ans), soit sur la durée de vie moyenne des essences plantées. Afin d'être conservateur, la plus courte de ces deux durées doit être considérée, en tenant compte qu'un stock élevé juste avant une coupe n'est pas représentatif. L'annexe 5 explique l'équation 5. Pour le calcul des REA potentiellement générables, le calcul s'effectuera donc selon la « méthode du stock moyen de long terme » (Verra, 2011)⁴¹. Il s'agira d'estimer pour chaque année du projet une différence de séquestration nette selon les équations 5 et 6.

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

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

Équation 5

⁴⁰ Analyse de l'évolution de l'occupation du sol à Mayotte entre 2011 et 2016 – DEAL Mayotte, 2020.

⁴¹ http://verra.org/wp-content/uploads/2018/03/VCS-Guidance-Harvesting-Examples_0.pdf

Avec :

$\Delta S(30)$ = différence de stock de carbone à l'année 30 entre le scénario de projet et le scénario de référence ;

S_{projet} = le stock de carbone dans les compartiments forestiers du scénario de projet ;

$S_{réf}$ = le stock de carbone dans les compartiments forestiers du scénario de référence ;

R = la durée de révolution de l'essence de projet (dans la plupart des cas, $R > 30$ ans) ;

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 25 ans), l'équation 6 sera utilisée :

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

Équation 6

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 7 :

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

Équation 7

Avec :

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

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

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

S = Stock de carbone organique du sol (en tC) (voir 7.1.4.) ;

L = Stock de la litière, constante égale à 10 tC/ha (voir 7.1.5.) ;

M = Stock de bois mort, 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 7 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

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

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

Équation 8

Avec :

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

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

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

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

Équation 9

Avec :

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

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

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

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

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

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

Équation 10

Avec :

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

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

$k = \ln(2)/t_{1/2}$ = constante de décomposition pour une décomposition du premier ordre (unité : an⁻¹) ;

$t_{1/2}$ = temps de demi-vie des produits bois en années. Le temps de demi-vie étant le nombre d'années nécessaires pour perdre la moitié du carbone actuellement dans les produits bois ;

$Flux(n)$ = 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 européenne⁴² préconise d'utiliser les valeurs par défaut pour les temps de demi-vie ($t_{1/2}$) présentes dans le tableau 7.

TABLEAU 7. —
demi-vie préconisées

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

Valeurs des temps de
par la Commission

européenne.

⁴² Règlement (UE) 2018/841 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 relatif à la prise en compte des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre résultant de l'utilisation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie dans le cadre d'action en matière de climat et d'énergie à l'horizon 2030, et modifiant le règlement (UE) n° 525/2013 et la décision (UE) n° 529/2013 : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0841&from=EN>

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). Les autres essences se voient affecter un rendement sciage par assimilation à des essences susmentionnées pour lesquelles des rendements sciage ont déjà été publiés.

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

6.1.3. 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 CO_2 , l'utilisation du bois peut induire un effet de substitution énergétique.

L'équation 11 indique comment calculer ces réductions d'émissions indirectes.

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

Équation 11

Avec :

CS = la substitution moyenne générée par un mètre cube de bois récolté en France (en tCO_2/m^3). Les valeurs à utiliser sont données dans le tableau 8 ;

$Flux_{projet}(n)$ = flux entrant issu des produits bois récoltés au cours de l'année n (sur la période entre l'année n et l'année n+1) dans le scénario de projet (en m^3) ;

$Flux_{ref}(n)$ = flux entrant issu des produits bois récoltés au cours de l'année n (sur la période entre l'année n et l'année n+1) dans le scénario de référence (en m^3).

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

Ne pouvant pas utiliser un coefficient de substitution moyen national qui serait surestimé dans la mesure où un boisement produit peu ou pas de bois d'œuvre durant les 30 premières années, la méthode propose par conséquent des coefficients de substitution selon quatre boisements très différents du point de vue des produits bois escomptés (cf. annexe 5 pour le détail des calculs) :

- Cas des feuillus : il est assez rare qu'une première éclaircie soit effectuée dans les 30 premières années pour les feuillus, sauf pour les plus productifs mais il n'y a pas de commercialisation de bois d'œuvre à cet âge-là. La destination est supposée être de 100 % pour le bois de chauffage (bois énergie) ;

- Cas du peuplier : la sylviculture du peuplier se fait par des révolutions inférieures à 30 ans. On connaît généralement bien la répartition BO/BI de la récolte d'une peupleraie (d'autant qu'il n'y a pas d'éclaircies) (cf. annexe 5) ;
- Cas des résineux : généralement une seule éclaircie est réalisée dans les résineux avant 30 ans (sauf cas particuliers). On fait ici l'hypothèse que l'éclaircie d'entrée en sylviculture produit 100 % de BI. On utilisera également le coefficient de substitution inhérent à cette destination de produit pour le pin maritime faisant l'objet de gestion non dynamique ;
- Cas du pin maritime en gestion dynamique (ou intensive) : cette essence est généralement gérée de manière intensive avec une sylviculture très normée qui induit trois éclaircies durant les 30 premières années (cf. annexe 5) ; un coefficient de substitution spécifique peut donc être calculé.

Le tableau 8 propose des coefficients de substitution pour chacun des quatre cas susmentionnés qu'il conviendra d'utiliser dans l'équation 11.

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

TABLEAU 8. — Coefficients de substitution moyens calculés pour quatre situations de boisements durant les 30 premières années, à appliquer au volume bois fort récolté durant les 30 premières années.

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

Si le scénario de référence est un enrichissement de la parcelle, on distinguera deux cas :

- Enrichissement par des feuillus : on admettra qu'au vu de la relative lenteur en moyenne de ce type de processus naturel, aucune éclaircie n'est envisageable dans des accrus feuillus sur les 30 premières années. Par conséquent, il n'y aura pas d'autre effet de substitution joué par le bois dans le scénario de référence ;
- Enrichissement par des résineux pionniers (pin maritime, pin d'Alep, pin sylvestre...) : on fera l'hypothèse qu'une éclaircie sera envisageable dans cette situation et que l'intégralité de l'éclaircie aura pour destination le bois d'industrie. On appliquera alors le coefficient de substitution de 0,43 (cf. tableau 8).

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

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

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

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

Équation 12

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

7. Quantification carbone des itinéraires

7.1. Quantification générale du carbone

7.1.1. Estimation de la biomasse aérienne (B_A)

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

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

Équation 13

Avec :

B_A = biomasse aérienne (en tMS) ;

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

FEB = facteur d'expansion « branches » ;

d_i = infradensité de l'essence i (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 conifères⁴³ 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

⁴³ 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)

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

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

Équation 14

Avec :

V_t = volume total (en m³) ;

d_i = infradensité de l'essence i (en tMS/m³).

L'établissement de volumes totaux pourra nécessiter d'avoir recours à des équations allométriques. On se référera alors aux équations fournies par le projet EMERGE (Deleuze *et al.*, 2014) en annexe 7.

Pour la biomasse des arbres des territoires d'outre-mer, il faudra utiliser l'équation allométrique 15 de Chave *et al.* (2014) :

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

Équation 15

7.1.2. Estimation de la biomasse racinaire (B_R)

Pour déterminer la biomasse représentée par le système racinaire de l'arbre, on utilisera les équations de Cairns (Cairns *et al.*, 1997) (voir annexe 9) qui sont des fonctions dépendant de la biomasse aérienne. Pour la forêt métropolitaine, on utilisera la cinquième équation adaptée au contexte de forêt tempérée, avec une constante latitudinale.

L'équation 16 ci-dessous est l'équation de Cairns adaptée à la forêt tempérée que l'on utilisera pour les projets en forêt métropolitaine :

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

Équation 16

Avec B_R = biomasse racinaire (en tMS).

Pour les forêts d'outre-mer, on utilisera l'équation 17 donnée par Mokany *et al.* (2006) :

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

Équation 17

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 9). 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).

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

TABLEAU 9. — Valeurs par défaut pour le carbone des sols de différentes natures (Inrae, 2020)

Pour les anciennes vignes, vergers ou grandes cultures dont l'usage agricole a été abandonné il y a moins de cinq ans et qui sont aujourd'hui en état de prairies ou de friches, on se référera à leur ancienne nature pour le stock de carbone dans le sol, considérant que les sols de ces anciennes cultures n'ont pas pu emmagasiner le stock de carbone moyen d'une prairie ou d'une forêt en si peu de temps.

Pour le boisement de terrains qui furent boisés il y a plus de 10 ans mais qui sont aujourd'hui en landes ou en friches non boisées, on considérera leur ancienne nature pour le stock de carbone du sol (soit le stock de carbone d'une forêt) ; par conséquent il n'y aura pas de gain en carbone au niveau du sol.

Pour le boisement de prairies, du fait de valeurs très proches des sols sous prairies (84,6 tC/ha) et des sols forestiers (81 tC/ha hors litière), on considérera qu'il n'y a pas de perte en carbone au niveau du sol.

Dans le cas d'un boisement sur une culture, le rapport 4 pour 1000 indique comment calculer l'augmentation de carbone dans le sol du boisement nouvellement constitué sur l'ancienne terre agricole :

$$S(n) - S(0) = 0,8 \times n$$

Équation 18

Avec :

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

0,8 = le stockage moyen (en tC/ha/an) dans le sol lors d'une transition d'une culture vers une forêt (Pellerin *et al.*, 2020, p. 105).

Dans le cas d'un boisement sur une friche en phase d'embroussaillage, sur une prairie ou sur une pâture, 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.

7.1.4.2. 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 10), la Martinique (tableau 11) et la Guadeloupe (tableau 12).

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
Ferrallitols [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
Podzosols [0 ; 30 cm]	25,3 tC/ha	-	25,9 tC/ha

TABLEAU 10. — Stocks de carbone sur les 30 premiers cm **hors litière** par type de sol forestier en Guyane (Brossard *et al.*, 2018).

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 11. — Stocks de carbone sur les 30 premiers cm par type d'occupation du sol en Martinique (Demenois et al., 2022)⁴⁴.

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 12. — Stocks de carbone sur les 25 premiers cm par type d'occupation du sol en Guadeloupe (Demenois et al., 2022)⁴⁵.

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 19 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 19

⁴⁴ 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

⁴⁵ 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

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.

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 une valeur faible fixée par défaut (constante) à **1 m³/ha/an de volume bois fort** sera ici utilisée pour « modéliser » linéairement l'accumulation de biomasse dans ce scénario. Selon le type d'accrus pressenti ou déjà présent sur la parcelle au début du projet, le porteur de projet convertira en carbone en utilisant une infradensité moyenne feuillus ou résineux (voir annexe 7) et les équations de Cairns pour estimer le carbone racinaire (voir 7.1.2.).

Pour les projets situés dans les GRECO de l'IGN « Méditerranée » et « Corse », pour tenir compte de conditions de production plus faibles et être plus réaliste, cette valeur par défaut sera fixée à **0,5 m³/ha/an en volume bois fort**. Pour les projets situés en outre-mer, les valeurs retenues sont celles présentées en Annexe 11 (colonnes "Stock de CO₂ si colonisation accrue" des tableaux spécifiques à chaque territoire).

Si le porteur de projet a accès à des données historiques décrivant l'évolution des volumes sur des parcelles en cours d'embroussaillage voisines de la sienne, il pourra privilégier l'utilisation de ces données-là (mais ce cas devrait être très rare).

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

Pour toutes les essences listées dans le tableau 13, 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 et antérieure à cette publication ne pourra être utilisée pour ces essences.

Concernant ces essences, le porteur de projet aura toute liberté d'utiliser une autre table de production lorsque le projet se situe en dehors de l'aire de validité de ces tables. Par exemple, pour un boisement de hêtre en Normandie, le porteur de projet ne sera pas tenu d'utiliser la table de production de l'ONF du hêtre valide pour les Pyrénées, il pourra par exemple utiliser les tables de production britanniques du hêtre. En revanche, la table de production du douglas ayant été construite sur toute la France, aucune autre table de production ne pourra être utilisée pour cette essence.

Par défaut de données plus précises, les tables de production de l'ONF pourront être utilisées pour des projets situés en dehors des aires géographiques de validité des tables. Il est donc possible d'utiliser les tables de production de l'ONF du chêne sessile pour un projet situé dans le Sud-Ouest par exemple.

Essence	Aire géographique de validité telle que définie par l'ONF	Aire supposée de validité par extension aux GRECO de l'IGN	Guide ONF	Modèle de croissance
Cèdre de l'Atlas	France	France	Sardin <i>et al.</i> , 2022	CA1 - Sydy
Chêne sessile	Nord-Est de la France	Grand Est semi-continental (GRECO C) et Vosges (GRECO D)	Sardin, 2008 révisé par Sardin, 2018	Fagacées
	Bassin ligérien	Centre Nord semi-atlantique (GRECO B)	Jarret, 2004 révisé par Delord et Mandret, 2018	Fagacées
Chêne pédonculé	Nord-Est de la France	Grand Est semi-continental (GRECO C) et Vosges (GRECO D)	Sardin, 2008	Fagacées
Douglas	France	France	Angelier, 2007 révisé par Sardin, 2012	FCBA <i>Pseudotsuga menziesii</i> Gymnos
Epicéa commun	Jura	Jura (GRECO E)	Abt, 2014	FCBA <i>Picea abies</i>
	Massif central*	Massif central (GRECO G)	[Référence 2024 à venir]	

	Vosges*	Vosges (GRECO D)	Sardin, 2012	
Hêtre	Nord-Atlantique*	Grand Ouest cristallin et océanique (GRECO A) et Centre Nord semi-atlantique (GRECO B)	Pilard-Landeau, 2008	Fagacées
	Nord-Est de la France*	Grand Est semi-continental (GRECO C) et Vosges (GRECO D)	Sardin <i>et al.</i> , 2011	
	Pyrénées	Pyrénées (GRECO I)	Sardin, 2013	
Pin d'Alep	Méditerranée	Méditerranée (GRECO J) Corse (GRECO K)	Tresmontant et Quesney, 2015	NRG - Sydy
Pin laricio de Corse Pin laricio de Calabre	Plaines centrales et du Nord de la France	Centre Nord semi-océanique (GRECO B)	Chabaud et Nicolas, 2009	Laricio
Pin maritime	Forêts littorales atlantiques dunaires*	-	[Référence 2024 à venir]	Lemoine
	Landes de Gascogne	Sud-Ouest océanique (GRECO F)	ONF, 2003	PP3
	Plaines centrales et du Nord de la France	Centre Nord semi-océanique (GRECO B)	Chabaud et Nicolas, 2009	
Pin noir d'Autriche	Alpes du Sud	Alpes (GRECO H)	Ladier <i>et al.</i> , 2012	Sydy
Pin sylvestre	Plaines centrales et du Nord de la France	Centre Nord semi-océanique (GRECO B)	Chabaud et Nicolas, 2009	Silvestris
	Alpes du Sud	Alpes (GRECO H)	Ladier <i>et al.</i> , 2012	Sydy
Sapin pectiné	Jura	Jura (GRECO E)	Abt, 2014	Abial
	Vosges*	Vosges (GRECO D)	Sardin, 2012	
	Alpes du Sud	Alpes (GRECO H)	Ladier <i>et al.</i> , 2012	Sydy

TABLEAU 13. — Liste des essences pour lequel l'utilisation des modèles ONF pour la quantification carbone est obligatoire à tout le moins pour les aires géographiques précisées (*guides disponibles en 2024).

Pour les projets utilisant les tables ONF susmentionnées, il conviendra de prendre les volumes totaux et de les diviser par le facteur d'expansion branches correct (1,3 pour les résineux et 1,56 pour les feuillus) dans le calculateur carbone.

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 en quantifier certaines en utilisant le tableau 25 (annexe 10) d'équivalence qui indique sur quelle autre essence il est envisageable de réaliser la quantification carbone, notamment par analogie de croissance entre deux essences.

Pour les essences ne figurant pas dans le tableau 13, le porteur de projet devra utiliser des tables de productions ou des modèles de croissance issus :

- De guides de sylviculture de l'ONF ;
- De livres de sylviculture du CNPF-IDF ;
- De tout autre ouvrage de sylviculture ;
- De toute publication scientifique internationale (*Scientific Reports, Forest Ecology and Management, Journal of Cleaner production, Science of the Total environment, Nature, Research Journal of Forestry, Journal of sustainable forestry...*) ;
- De modèles de croissance (CAPSIS...) ;
- De toute publication issue d'une revue forestière (*Forêt-entreprise, Rendez-vous techniques, Forêt méditerranéenne, Revue forestière française, Forêt wallonne...*) ;
- De mémoires de thèse ou de stage de fin d'études ENGREF (base Infodoc d'AgroParisTech...) ;
- Pour le contexte des départements d'outre-mer où il n'existe pas forcément de tables de production, la méthodologie de Poorter *et al.* (2016) peut être utilisée afin de baser l'évaluation locale en fonction de la valeur de référence en forêt naturelle du cortège d'espèces retenu. Les valeurs à utiliser dans ce cas sont indiquées à l'Annexe 11.
- De toute autre source pertinente.

Dans tous les cas, la référence bibliographique utilisée sera clairement énoncée dans le document de projet. En cas d'utilisation d'un modèle CAPSIS, le porteur de projet devra indiquer les critères utilisés (description du peuplement initial, durée de révolution, régime de coupes...) pour s'assurer de la bonne utilisation du modèle.

Le porteur de projet devra alors renseigner les volumes de la table de production retenue dans le calculateur en ligne afin de simuler la croissance du peuplement sur la révolution, en se basant **sur les accroissements courants**. L'utilisation d'un accroissement moyen constant pour modéliser le carbone du scénario de projet au cours du temps est proscrite.

S'il n'existe pas de table de production pour l'essence concernée, le porteur de projet ne pourra pas quantifier le carbone précisément. Toutefois, il pourra se référer à une table de production d'une essence ayant une productivité semblable à celle de l'essence sans table. Dans tous les cas, il devra justifier ce choix avec la démonstration de la classe de fertilité. Cette démonstration peut se faire à l'unité stationnelle et non pas à l'échelle de l'essence. Par exemple si un guide de stations indique que la potentialité de production est « moyenne », le porteur de projet pourra indiquer qu'il quantifie toutes les essences dans des fertilités intermédiaires (moyennes) et il détaillera ainsi les fertilités retenues essence par essence.

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

- Justifier de la classe de fertilité choisie en fournissant une attestation signée par un professionnel forestier incluant le jugement de ce tiers et les raisons sur lesquelles se base ce jugement. Il n'y aura pas de rabais dans cette option ;
- Opter pour la plus mauvaise classe 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. Il n'y aura alors pas de rabais.

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 au moment de la labellisation du projet ;
- 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.

Les règles décrites dans cette partie 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.

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 ;
- Auditeur accrédité par la CCNUCC pour les inventaires nationaux de GES sur le secteur des terres (CITEPA...) ;
- Agent spécialisé forêt en cabinet d'audit (notamment les cabinets accrédités sur un standard existant) ;
- Conseiller forestier de l'ONF ;
- Conseiller forestier du CNPF ;
- Conseiller forestier de coopératives forestières ;
- Expert forestier ;
- Cabinet ou entreprise de gestion forestière ou bureau d'études réalisant des expertises forestières ;
- Gestionnaire forestier professionnel (GFP) ;
- Conseiller forestier de syndicats départementaux ou régionaux Fransylva ;
- Conseiller forestier de chambre d'agriculture.

Pour pouvoir respecter la condition d'**indépendance** vis-à-vis du porteur de projet, les intermédiaires ou mandataires des porteurs de projet ou gestionnaires ne peuvent pas auditer les projets qu'ils ont conçus ou fait labelliser ou dont ils ont eu la maîtrise d'œuvre des travaux (même partielle). Conformément aux conditions d'indépendance mentionnées dans la partie IV.A.2 du référentiel « *Un auditeur ne peut pas intervenir sur un projet en cas de relations contractuelles avec le porteur du projet ou avec le mandataire ne résultant pas du contrat conclu en vue de la vérification ou de contrats organisant d'autres vérifications indépendantes du label Bas-Carbone* ». Par conséquent, un auditeur de PEFC ou de FSC peut auditer un projet labellisé dont la forêt serait par ailleurs certifiée par son label.

Aucun agent ONF ne pourra auditer un projet en forêt publique, y compris pour des projets situés dans des régions sur lesquelles il n'exerce pas d'activité. De la même façon, un agent du CNPF ne pourra pas faire appel à un de ses collègues d'une autre délégation régionale pour auditer son projet. Même fonctionnement pour des gestionnaires présents sur plusieurs régions. Enfin, pour un maximum de transparence, les contrôles entre coopératives forestières ou entre experts forestiers ou entre gestionnaires forestiers sont proscrits. Un expert ou un GFP pourront toutefois auditer un projet réalisé par une coopérative et vice-versa.

L'ONF ne pourra auditer que des projets en forêt privée. Un projet en forêt publique pourra être audité indifféremment par un auditeur de PEFC ou de FSC, un conseiller forestier de coopérative, du CNPF, de chambre d'agriculture, de syndicat forestier, un expert forestier, un GFP, ou tout autre cabinet ou entreprise de gestion forestière ou d'audit forestier.

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

8.4. Vérification documentaire par un auditeur

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

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

Conformément au référentiel 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, à savoir : la plantation a eu lieu après la date de notification (sur la base d'une attestation de fin de chantier), aucun labour en plein n'a été fait sur des prairies et friches (sur la base de la facture des travaux), le labour en bandes porte sur moins de 50 % de la parcelle (sur la base de la facture des travaux)... 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 ;
- toute autre facture ou document jugé pertinent ;
- toute autre facture ou document jugé pertinent ;
- la preuve d'une ORE signée en cas de non-application du rabais associé.

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.

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 ;
- **Changement climatique < suivi scientifique** : sur la base d'un document justifiant le suivi scientifique
- **Eau < Amélioration de la qualité de l'eau** : sur la base d'une cartographie

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. Vérification additionnelle de terrain par un auditeur pour un boisement issu de plantation

Conformément à la partie IV.A.3 du référentiel, « 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 2024, une vérification peut être réalisée en septembre 2028). 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 au-delà de la cinquième saison de végétation : entre mai et octobre (sur la saison de végétation).

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

Tout projet pourra faire l'objet d'un regarni aux années n+1, n+2 ou n+3. En revanche, les regarnis aux années n+4 et n+5 seront proscrits (sauf s'ils concernent un nombre de plants supérieur à 50 % de la densité initiale de plantation).

8.5.1. Éléments à auditer sur le terrain

8.5.1.1. Conditions d'éligibilité du projet

L'auditeur vérifiera que les éléments pré-existants (arbres isolés, haies, mare...) sur les parcelles avant le projet ont été conservés, ainsi que les seuils de diversification d'essences nécessaires pour valider l'éligibilité du projet.

8.5.1.2. 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 les pourcentages de diversification et l'autochtonie des essences sont respectées, que la façon dont le mélange est planté est conforme au co-bénéfices, et que des bordures feuillues ont bien été créées
- **Changement climatique < lutte contre l'ozone** : par passage dans les peuplements, l'auditeur vérifiera que les pourcentages d'essences efficaces dans l'élimination de l'ozone sont bien respectés
- **Eau** : par passage dans les peuplements, l'auditeur appréciera la distance des résineux au cours d'eau, et la restauration ou création de milieux

8.5.1.3. 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 8.3.1.2).

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 que 20 % des plants initialement plantés sont 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.

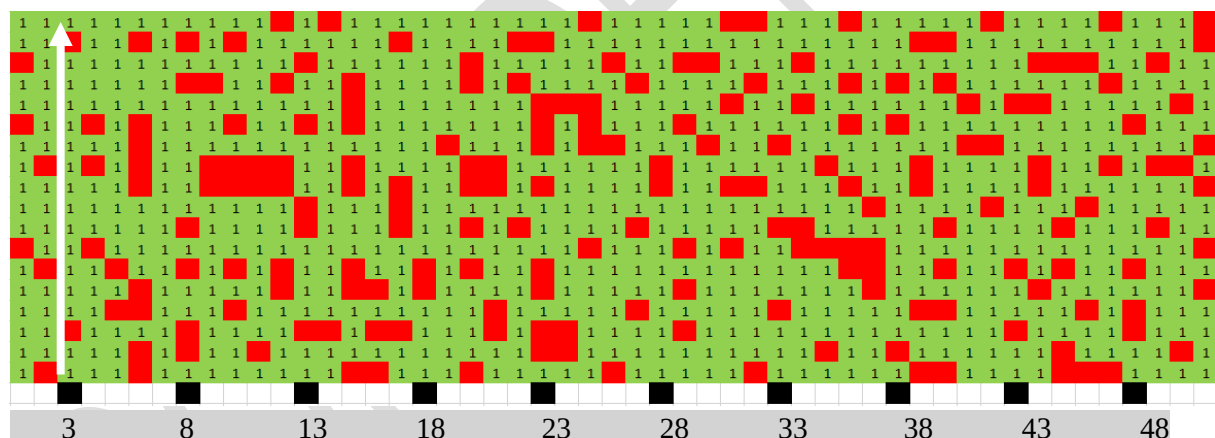


FIGURE 2. — Dispositif de vérification pour des tènements d'un seul tenant de moins de 4 ha. Les cases vertes représentent les plants vivants et les cases rouges les plants morts ou absents.

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...

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. Il y aura une tolérance et le porteur de projet pourra mettre une autre essence pour remplacer l'essence manquante, **dans la mesure où cela concerne moins de 20 % des plants du projet**. Le porteur devra veiller à ce que cette modification permette toujours

que le projet respecte les conditions d'éligibilité, notamment sur le respect des arrêtés MFR et la diversification.

Dans ce cas, le porteur de projet devra faire une nouvelle quantification des réductions d'émissions générées, intégrant la modification des essences, et la présenter à l'auditeur au moment de la vérification. Cette quantification sera faite selon la version du calculateur v15/10/2021 associée à la version 2 de la méthode, mais en suivant les préconisations de choix de tables de production précisées dans cette version 3 de la méthode. Les rabais éventuels appliqués seront conservés sur leur valeur indiquée dans le dossier de labellisation.

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).

8.5.1.4. *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 8.3.1.1. et la partie en peuplier ou noyer sera auditée en plein.

8.5.2. Calculs à effectuer par l'auditeur

8.5.2.1. *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 appliquant la formule suivante :

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

Équation 20

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 21

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 22

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 (ou tènements) non contiguës ; 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 contiguës suivantes :

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

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

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

8.5.2.2. Rabais éventuel à appliquer au projet

Conformément à l'instruction technique DGPE/SDFCB/2016-851⁴⁶ 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 14), 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 14 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
-----------------------	---------------------	--------------------------------------	-------------------------

⁴⁶ <https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-2016-851>

Île-de-France	-	-	15 juillet 2019
Bourgogne-Franche-Comté	Futaies de peupliers et noyers installés à densité définitive	150 plants/ha	24 juillet 2023
Pays-de-La-Loire	-	-	27 novembre 2020
Grand Est	-	-	15 janvier 2021
Nouvelle Aquitaine	-	-	27 octobre 2023
Centre-Val de Loire	-	-	22 février 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	
Auvergne-Rhône-Alpes	-	-	2 janvier 2024
Normandie	Hêtre, chêne sessile, chêne pédonculé, chêne pubescent, tous les résineux	900 plants/ha	10 mai 2021
	Autres feuillus	800 plants/ha	
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)	
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)	30 décembre 2020

		Pente > 50 % : 700 plants/ha (675 en GRECO J)	
	Feuillus précieux	Pente < 30 % : 800 plants/ha (675 en GRECO J) Pente entre 30 et 50 % : 600 plants/ha (550 en GRECO J) Pente > 50 % : 500 plants/ha (450 en GRECO J)	
	Noyers, peupliers, clones de merisier installés à densité définitive	Pente < 30 % : 130 plants/ha (110 en GRECO J) Pente entre 30 et 50 % : 110 plants/ha (100 en GRECO J) Pente > 50 % : 100 plants/ha (90 en GRECO J)	
Bretagne	Hêtre, chêne sessile, chêne pédonculé	1 100 plants/ha	6 décembre 2021
	Peupliers cultivars	120 plants/ha	
	Autres feuillus, résineux	700 plants/ha	
Corse			Aucun arrêté

TABLEAU 14. — 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 100 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.

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 23 :

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

Équation 23

Avec :

d_5 : densité minimale à atteindre au bout de cinq ans pour considérer le boisement comme réussi ;

d_r : densité réelle observée par le vérificateur au bout de 5 ans.

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

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

8.6. Vérification additionnelle de terrain par un auditeur pour un boisement issu de semis

Pour les boisements réalisés par semis, la densité de glands (chênes) 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 chênes vivants sur une longueur de 20 m puis il se décalera sur la ligne suivante pour auditer une longueur de 20 m... De façon à ce que les bandes de 20 m ne soient pas toutes localisées au même endroit, l'auditeur démarrera chaque sondage en décalage de 20 m par rapport au départ de la ligne précédente, comme sur la figure 3.

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

8.7. Vérification additionnelle 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 8.5.2.2.

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.

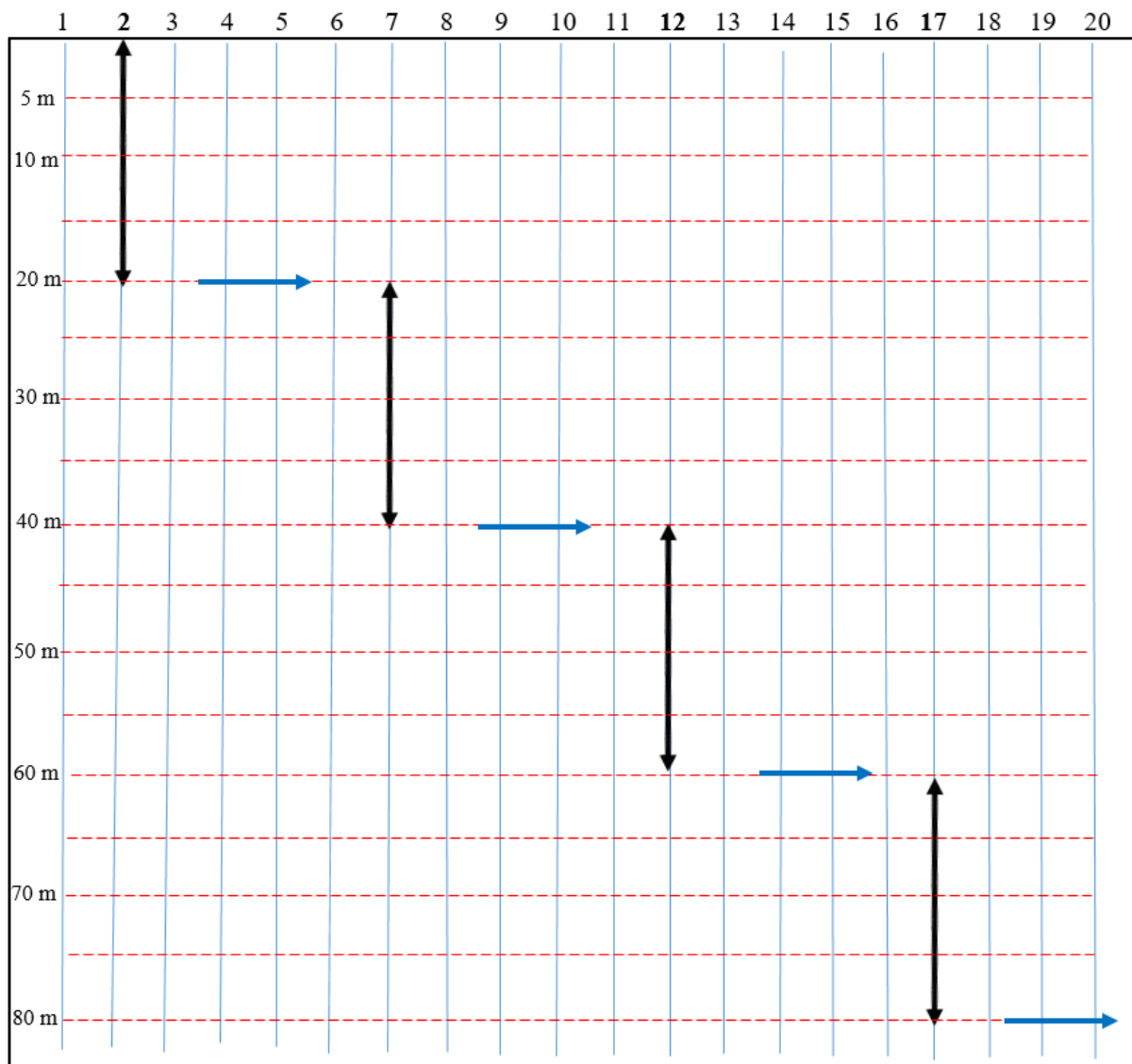


FIGURE 3. — *Modèle d'échantillonnage pour la vérification d'un boisement en chênes réalisé par semis. Le déplacement se fait en « escalier » avec un comptage sur des échantillons de 20 m de long (traits en noir)*

8.8. Vérification de la station

L'auditeur procèdera à un ou plusieurs sondages à la tarière pour déterminer la station et s'assurer que la station identifiée correspond bien à celle qui avait été décrite par le porteur de projet. Il vérifiera notamment la correspondance entre la station et la fertilité justifiée dans le document de diagnostic stationnel et de justification des classes de fertilité.

En cas d'incohérence notable et facilement démontrable, l'auditeur procèdera à un **rabais automatique de 40 % sur le tonnage de CO₂ potentiellement générable par le projet**. Il détaillera dans son rapport de vérification l'écart éventuel constaté entre la station et la fertilité. Par exemple, ce rabais sera appliqué si le porteur de projet a fait une quantification carbone en utilisant les meilleures classes de fertilité alors que l'auditeur constate que la station est médiocre, qu'il y a une dalle calcaire à 20 cm de profondeur, que la plantation a échoué pour des raisons d'inadéquation à la station...

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.

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) et l'enverra ensuite au porteur de projet ou à son mandataire. 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 ;
- Les résultats par tènement (zone d'un seul tenant de reboisement) audité ;
- La source des écarts observés ;
- La valeur du rabais éventuel à appliquer après constatation d'une densité inférieure au minimum requis ;
- 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...

Le porteur de projet ou son mandataire sera chargé de transmettre le rapport de vérification à l'autorité compétente accompagné de son rapport de suivi afin de permettre la vérification des réductions d'émissions.

Le porteur de projet demande lors de la vérification ou dans une procédure ultérieure, la reconnaissance des réductions d'émissions au profit du ou des financeurs du projet. Conformément à la partie IV.5.B.1 du référentiel, si le porteur de projet bénéficie d'un financement, il sera chargé d'indiquer à l'autorité compétente « *les noms des bénéficiaires des réductions et la quantité de réductions d'émissions à attribuer à chacun d'eux* » et « *un document prouvant la relation contractuelle avec les bénéficiaires*

des réductions ». Dans ce cas, la décision de vérification sera également une décision de reconnaissance des réductions d'émissions vérifiées.

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

Le tableau 15 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
Rabais ₁	Analyse économique de l'additionnalité	Uniquement si non démonstration	- 40 %
Rabais ₂	Risque de non pérennité du projet sur la durée	Obligatoire , sauf si contractualisation d'une ORE avec la DREAL	- 10 %
Rabais ₃	Risques généraux difficilement maîtrisables	Obligatoire	- 10 % en France métropolitaine et Guyane - 20 % en Guadeloupe, en Martinique, à Mayotte et à la Réunion
Rabais ₄	Risque d'incendie	Uniquement dans les départements concernés	De 0 à - 15 %
Rabais ₅	Risque de déboisement	Uniquement à Mayotte	- 10 %
Rabais ₆	Vérification additionnelle de terrain (à n+5) : densité à n+5	Uniquement si densité inférieure aux seuils prévus	À calculer, non fixé
Rabais ₇	Incohérence flagrante constatée sur la fertilité de la station lors de la vérification	Uniquement si avéré	- 40 %

TABLEAU 15. — 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 ou forêt + produits bois) ou sur les REE générables (si le porteur de projet fait le choix de valoriser également des REI substitution), calculables par les équations 24 après application de tous les rabais :

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

Équation 24a

$$REA_{produits\ g\acute{e}n\acute{e}rables} = REA_{produits} \times \prod_{n=1}^5 (1 - Rabais_n)$$

Équation 24b

$$REI_{substitution\ g\acute{e}n\acute{e}rables} = REI_{substitution} \times \prod_{n=1}^5 (1 - Rabais_n)$$

Équation 24c

La somme des RE des équations 24a, 24b et 24c donne des réductions d'émissions de l'empreinte REE (cf. équation 12).

Par voie de conséquence, après la vérification additionnelle de terrain, lors de la remise du rapport de suivi, le nombre de **réductions d'émissions générées** se calcule avec l'équation 25 après application du rabais de la vérification (Rabais₆, à calculer selon l'équation 23) :

$$REA_{g\acute{e}n\acute{e}r\acute{e}es\ ou\ REE_{g\acute{e}n\acute{e}r\acute{e}es} = REA_{g\acute{e}n\acute{e}rables} (ou\ REE_{g\acute{e}n\acute{e}r\acute{e}es}) \times (1 - Rabais_6) \times (1 - Rabais_7)$$

Équation 25

10. Bilan des éléments à fournir

Le tableau 16 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, 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 signataires des documents 0 et 9 agit bien comme gérant de la société et est donc bien habilitée à porter le projet.

Propriétaire	Forêts privées	Forêts des collectivités	Forêts de l'État
Si mandat [LE CAS ÉCHÉANT] [document 0]	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]	Matrice cadastrale ou acte notarié ou extrait de logiciel de cadastre	Matrice cadastrale ou acte notarié ou extrait de logiciel de cadastre	Matrice cadastrale ou acte notarié ou extrait de logiciel de cadastre

<i>[document 1]</i>			
État passé [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	Photographies actuelles datées de moins d'un an et localisées montrant l'état actuel des parcelles	Photographies actuelles datées de moins d'un an et localisées montrant l'état actuel des parcelles
Diagnostic stationnel et climatique et justification des classes de fertilité [OBLIGATOIRE] <i>[document 3]</i>	Attestation signée par un professionnel justifiant l'adaptation des essences à la station et au climat futur et le choix des classes de fertilité	Attestation signée par l'ONF justifiant l'adaptation des essences à la station et au climat futur et le choix des classes de fertilité	Attestation signée par l'ONF justifiant l'adaptation des essences à la station et au climat futur et le choix des classes de fertilité
Tables de production [OBLIGATOIRE] <i>[document 4]</i>	Copie des tables de production retenues	Copie des tables de production retenues	Copie des tables de production retenues
Approbation au cas par cas de l'autorité environnementale [OBLIGATOIRE] <i>[document 5]</i>	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] <i>[document 6]</i>	Tableur des co-bénéfices	Tableur des co-bénéfices	Tableur des co-bénéfices
Risque d'incendie [LE CAS ÉCHÉANT] <i>[document 7]</i>	Copie des pages du PDPFCI ou PRDFCI (ou autres documents) si existant	Copie des pages du PDPFCI ou PRDFCI (ou autres documents) si existant	Copie des pages du PDPFCI ou PRDFCI (ou autres documents) si existant

Calcul des REE [OBLIGATOIRE] & Analyse économique [FACULTATIF] <i>[document 8]</i>	Calculateur	Calculateur	Calculateur
Engagements signés [OBLIGATOIRE] <i>[document 9]</i>	Formulaire daté et signé	Formulaire daté et signé	Formulaire daté et signé
Habilitation à signer [LE CAS ÉCHÉANT] <i>[document 10]</i>	Pour une indivision, pouvoir signé de tous les indivisaires Pour une société civile, Kbis	-	-
Coût des travaux à l'hectare [FACULTATIF] <i>[document 11]</i>	Devis	Devis	Devis
Justificatif de document de gestion durable [LE CAS ÉCHÉANT] <i>[document 12]</i>	PSG ou CBPS+ : copie de la décision d'agrément du document de gestion par le conseil de centre de la délégation régionale du CNPF. CBPS : courrier de la délégation régionale du CNPF notifiant l'adhésion du propriétaire au CBPS. RTG : décision d'agrément du RTG par le conseil de centre de la délégation régionale du CNPF + adhésion du propriétaire au RTG (signée par le propriétaire et le rédacteur) ou, en son absence, copie du RTG	Copie de l'arrêté d'aménagement portant approbation du document d'aménagement de la forêt de la collectivité par le préfet de Région	Copie de l'arrêté d'aménagement portant approbation du document d'aménagement de la forêt domaniale par le ministre en charge des forêts
Engagement à établir une ORE [FACULTATIF] <i>[document 13]</i>	Engagement à établir une ORE administrative	-	-

TABLEAU 16. — 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-bénéfiques 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

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

Quelles espèces végétales pour réduire les niveaux d'ozone ?

Pour chaque espèce végétale, l'absorption nette d'O₃ (g/arbre/ jour) est estimée de la façon suivante :

Absorption nette d'O₃ = élimination d'O₃ au travers des stomates (valeur négative) – potentiel de formation d'ozone à partir des COV (valeur positive).

Il faut sélectionner les espèces végétales dont la capacité d'élimination est supérieure au potentiel de formation d'ozone, c'est-à-dire avec une absorption nette < 0 (figure 4, les essences les plus à gauche du graphique).

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

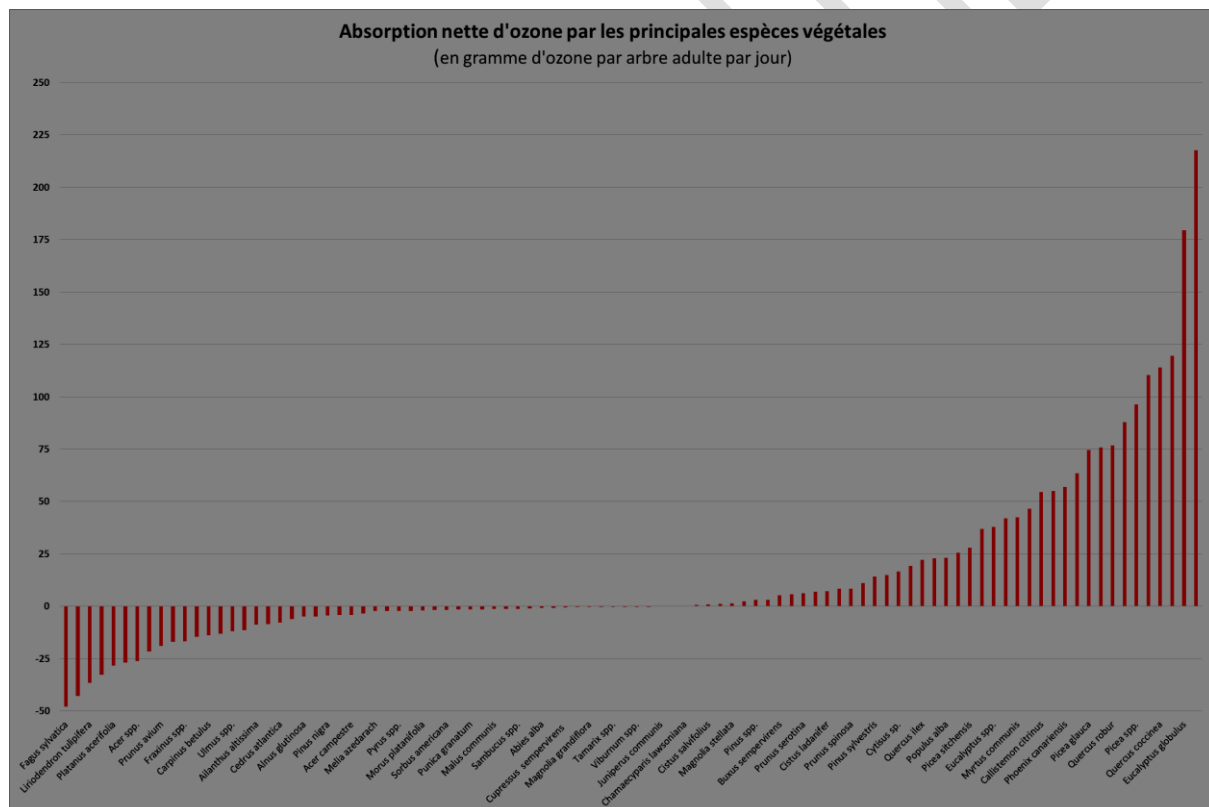


FIGURE 4. — Absorption nette d'ozone (g/arbre/jour) pour quelques espèces végétales. Les essences avec une absorption nette > 0 forment plus d'ozone qu'elles n'en éliminent (essences non recommandées), et à l'inverse, les essences avec une absorption nette < 0 éliminent plus d'ozone qu'elles n'en forment (essences recommandées).

Le tableau 17 ci-dessous répertorie l'efficacité de plusieurs essences dans l'élimination de plusieurs gaz à effet de serre ou polluants : l'ozone (O₃), le dioxyde d'azote (NO₂) et les particules (PM₁₀). Les essences efficaces dans l'élimination de ces gaz à effet de serre ou polluants apparaissent en vert, tandis que les essences moyennement efficaces apparaissent en orange et les essences pas ou peu efficaces en rouge. La dernière colonne du tableau précise la tolérance de l'essence à la pollution à l'ozone : pas ou

peu tolérante (rouge), modérément tolérante (orange) et tolérante (vert). Attention, certaines essences citées ne font pas partie des arrêtés préfectoraux régionaux MFR.

Nom scientifique	Essence	O ₃	NO ₂	PM ₁₀	Sensibilité à l'ozone
<i>Abies alba</i>	Sapin blanc				
<i>Acer campestre</i>	Érable champêtre				
<i>Acer monspessulanum</i>	Érable de Montpellier				
<i>Acer platanoides</i>	Érable plane				
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Érable sycomore				
<i>Alnus cordata</i>	Aulne à petites feuilles				
<i>Alnus glutinosa</i>	Aulne glutineux				
<i>Arbutus unedo</i>	Arbousier				
<i>Betula pendula</i>	Bouleau verruqueux				
<i>Calocedrus decurrens</i>	Calocèdre				
<i>Carpinus betulus</i>	Charme				
<i>Castanea sativa</i>	Châtaignier				
<i>Cedrus atlantica</i>	Cèdre de l'Atlas				
<i>Cedrus libani</i>	Cèdre du Liban				
<i>Celtis australis</i>	Micocoulier				
<i>Ceratonia siliqua</i>	Caroubier				
<i>Cercis siliquastrum</i>	Arbre de Judée				
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	Cyprès de Lawson				
<i>Cryptomeria spp.</i>	Cryptomère				
<i>Cupressus sempervirens</i>	Cyprès de Provence				
<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalyptus commun				
<i>Fagus sylvatica</i>	Hêtre				
<i>Fraxinus excelsior</i>	Frêne commun				

<i>Prunus avium</i>	Merisier	Green	Green	Yellow	Green
<i>Prunus dulcis</i>	Amandier	Green	Yellow	Yellow	Green
<i>Prunus spp.</i>	Pruniers	Yellow	Yellow	Yellow	Red
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Douglas	Yellow	Green	Green	Yellow
<i>Pyrus communis</i>	Poirier commun	Yellow	Yellow	Yellow	Green
<i>Pyrus malus</i>	Pommier sauvage	Yellow	Yellow	Yellow	Green
<i>Quercus cerris</i>	Chêne chevelu	Green	Green	Green	Yellow
<i>Quercus frainetto</i>	Chêne de Hongrie	Red	Green	Yellow	Yellow
<i>Quercus ilex</i>	Chêne vert	Red	Green	Green	Green
<i>Quercus palustris</i>	Chêne des marais	Green	Green	Green	Yellow
<i>Quercus petraea</i>	Chêne sessile	Red	Green	Green	Green
<i>Quercus pubescens</i>	Chêne pubescent	Red	Yellow	Yellow	Yellow
<i>Quercus robur</i>	Chêne pédonculé	Red	Green	Green	Yellow
<i>Quercus rubra</i>	Chêne rouge d'Amérique	Red	Green	Green	Green
<i>Quercus suber</i>	Chêne-liège	Red	Green	Green	Green
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Robinier faux-acacia	Green	Green	Yellow	Yellow
<i>Salix sp.</i>	Saules	Red	Yellow	Yellow	Red
<i>Sequoia sp.</i>	Séquoias	Green	Yellow	Yellow	Red
<i>Sorbus aria</i>	Alisier blanc	Yellow	Yellow	Yellow	Red
<i>Sorbus aucuparia</i>	Sorbier des oiseleurs	Yellow	Yellow	Yellow	Red
<i>Sorbus domestica</i>	Cormier	Yellow	Yellow	Yellow	Red
<i>Taxus baccata</i>	If	Green	Yellow	Green	Green
<i>Thuja spp.</i>	Thuyas	Yellow	Yellow	Green	Green
<i>Tilia cordata</i>	Tilleul à petites feuilles	Green	Green	Green	Green
<i>Tilia platyphyllos</i>	Tilleul à grandes feuilles	Green	Green	Green	Yellow

<i>Ulmus minor</i>	Orme champêtre				
--------------------	----------------	--	--	--	--

TABLEAU 17. — 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.

CONFIDENTIEL

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

Le tableau 18 ci-après liste des essences susceptibles 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 pyraister</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 18. — 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 18

*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)⁴⁷. Elle indique en p. 8 une définition pour les essences « 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 cyprés 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 anciennes⁴⁸. Par conséquent, nous considérerons le cyprés de Provence comme archéophyte — et donc comme « autochtone » — sur toute son aire de répartition actuelle, matérialisée en orange sur la figure 5.

⁴⁷ <https://www.foretpriveefrancaise.com/publications/voir/632/dix-facteurs-cles-pour-la-diversite-des-especes-en-foret/n:541>

⁴⁸ https://ies-ows.jrc.ec.europa.eu/efdac/download/Atlas/pdf/Cupressus_sempervirens.pdf

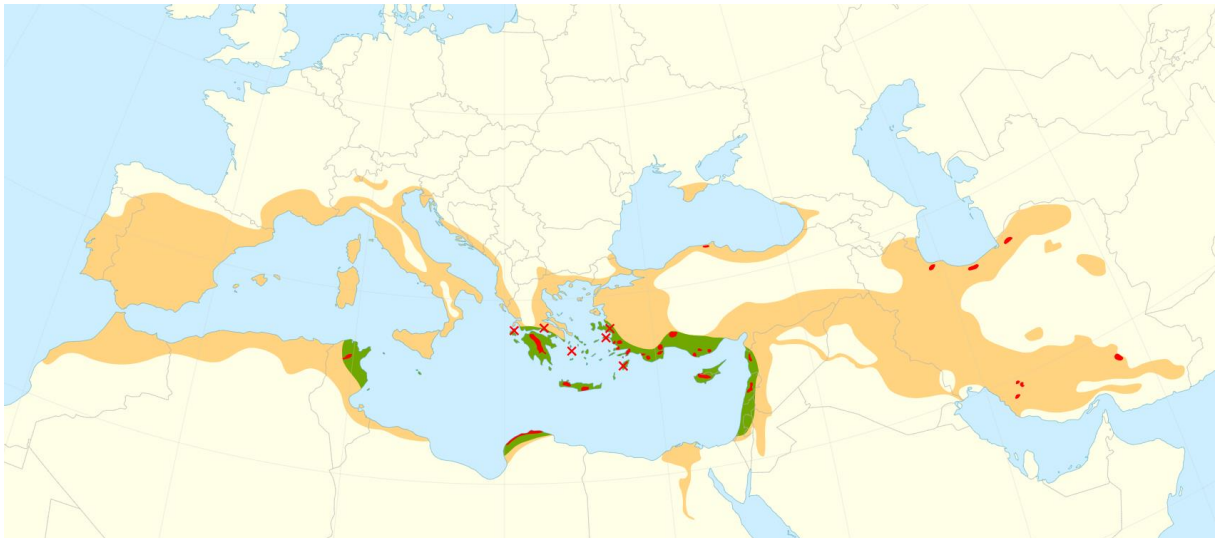


FIGURE 5. — Aire d'indigénat (en vert) et de répartition actuelle (en orange) pour le cyprès de Provence (source : Euforgen)

***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 comestibles⁴⁹ ; 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.



FIGURE 6. — Aire d'indigénat (en vert) et d'introduction (en orange) du pin parasol (source : Euforgen)

⁴⁹ https://ies-ows.jrc.ec.europa.eu/efdac/download/Atlas/pdf/Pinus_pinea.pdf

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* (Cyprés 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* (cyprés de l'Atlas ou thuya de Barbarie).

Annexe 4 : Liste des PDPFCI, PRDFCI, atlas feux de forêt et autres documents en vigueur en octobre 2023

N°	Département	État et durée du PDPFCI en vigueur
04	Alpes-de-Haute-Provence	Échu, PDPFCI 2006-2012
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	Échu, PDPFCI 2009-2016, prorogé jusqu'en 2019
16	Charente	PDPFCI 2017-2026
17	Charente-Maritime	PDPFCI 2018-2027
2A	Corse-du-Sud	PPFENI 2013-2022
2B	Haute-Corse	PPFENI 2013-2022
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	PRDFCI Bretagne approuvé en 2010
24	Dordogne	PidPFCI 2019-2029
26	Drôme	PDPEFCI 2027-2026
28	Eure-et-Loir	Atlas du risque de feux de forêt en Centre-Val de Loire 2021
29	Finistère	PRDFCI Bretagne approuvé en 2010
30	Gard	Échu, PDPFCI 2012-2018 , sortie prévue en 2024

		Se référer aux cartes communales sur l'aléa feu de forêt
31	Haute-Garonne	Échu, consulter la carte de l'aléa p. 9
32	Gers	Absence de PDPFCI, rabais de - 5 % à appliquer partout ⁵⁰
33	Gironde	PidPFCI 2019-2029
34	Hérault	Échu, PDPFCI 2013-2019 , sortie prévue 2024
35	Ille-et-Vilaine	À défaut de PDPFCI, la carte p. 158 du DDRM d'Ille-et-Vilaine listant les communes exposées au risque feux de forêts sera consultée
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
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	PDPFCI 2014-2023
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	PRDFCI Bretagne approuvé en 2010

⁵⁰ 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 »

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

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 PDPFCI 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.

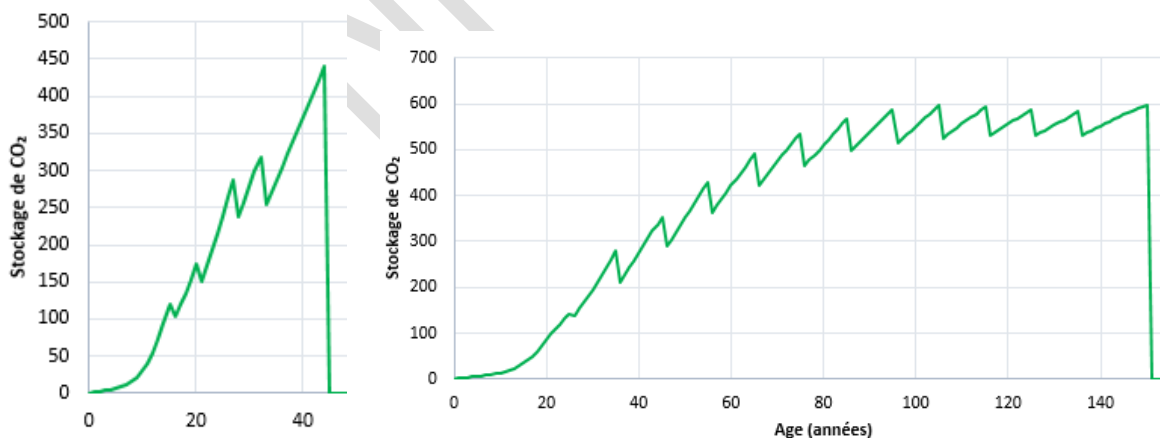
Annexe 5 : Explication de la formule de calcul du gain en carbone

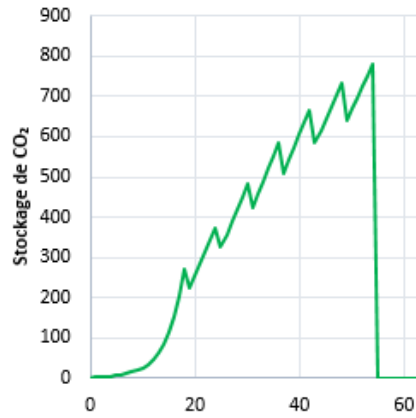
La formule de l'équation 7 vise à prendre la plus petite valeur entre la différence de stock à 30 ans et la différence des stocks moyens de long terme entre le scénario de projet et le scénario de référence. Cette formule va la plupart du temps sélectionner la différence de stock à 30 ans, sauf pour 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 (en fertilité 1) séquestre environ trois fois plus de carbone qu'un chêne à 30 ans ; or en prenant la différence de stock moyen de long terme pour le douglas, cette avantage sur le chêne n'est de l'ordre que du double et non plus du triple. Autre exemple : le pin maritime a un gain en carbone de plus de 100 tCO₂ par rapport au 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 sensiblement du même ordre de grandeur que celui du chêne.

Essence	Δ Stock CO ₂ à 30 ans (tCO ₂ /ha)	Stock moyen de long terme (tCO ₂ /ha)
Douglas (F1)	448	335
Pin maritime	253	162
Chêne	157	305





En haut à droite le chêne, en haut à gauche le pin maritime, en bas le douglas.

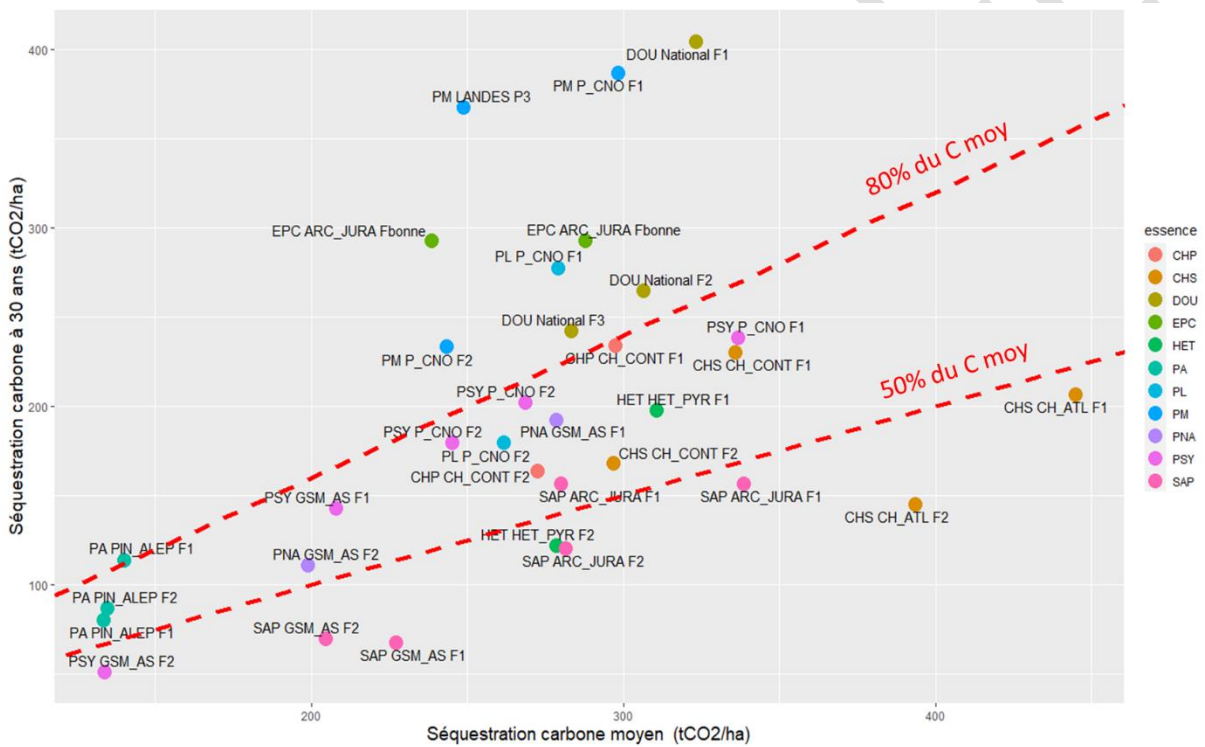


FIGURE 6. — Disposition des essences du data paper de l'ONF (Fournier et al., 2022) sur les axes gain en carbone à 30 ans (ordonnées) et stock moyen de long terme (abscisses). Ce graphique permet de distinguer les essences à croissance rapide dans le jeune âge (en haut du graphe et plutôt à gauche) de 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 relatifs au peuplier et au pin maritime

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

Les connexes issus du sciage ne sont pas destinés à être intégralement brûlés et ont été ventilés selon la proposition faite dans le tableau 19 ci-après (basé sur l'étude GESFOR concernant le chêne et le douglas ; Vial *et al.*, 2018).

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

TABLEAU 19. — Répartition théorique à appliquer pour le recyclage des connexes issus d'une transformation (sciage de bois d'œuvre) (d'après GESFOR, Vial *et al.*, 2018)

Le tableau 20 cite des coefficients de substitutions provenant de la littérature scientifique.

Catégorie de produits bois	Durée de vie	Coefficient de substitution (tCO ₂ /m ³ de bois utilisé)
BO	Formit (Valada <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	Dire d'expert (à partir de la valeur de l'Ademe en 2015)	0,25

TABLEAU 20. — Les coefficients de substitution selon la catégorie de produits bois récoltés.

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

des boisements ; c'est-à-dire environ 20 ans (pour les peuplements les plus productifs) après la date de plantation (sauf cas particuliers). On sera donc plus proche de 2050 que de 2019 (année de validation de la présente méthode) ; il est donc proposé de diviser par deux la valeur couramment rencontrée dans la littérature scientifique afin de tenir compte de la décarbonation du mix énergétique de la France.

En outre, les valeurs du tableau 14 pourront être révisées afin de tenir compte de la décarbonation croissante des autres secteurs économiques ; il suffira de citer les références scientifiques dont elles sont issues.

Coefficient de substitution pour le peuplier

Une récolte finale de peuplier produit 77 % de BO et 21 % de trituration façonnée (BI) et 2 % de trituration abandonnée sur la parcelle (Cuchet, 1998).

Dans les 77 % de BO, du fait de la transformation en scierie, 60 % du volume donnera des produits bois sciés tandis que 40 % ira dans des produits connexes (bois énergie). Ce qui porte donc le pourcentage de bois d'œuvre « sorti usine » à 46,2 % et le total de bois énergie à 30,8 %.

	BO	BI	BE	Total
Répartition de 100 m ³ de peuplier après transformation	46,2	21+13,9	16,9	98
Coefficient de substitution (cf. tableau 11)	1,52	0,77	0,25	-
tCO ₂ évitées	70	27	4	101
			Coefficient de substitution	1,03

TABLEAU 21. — *Le coefficient de substitution pour le peuplier est estimé à 1,03 tCO₂ évitées par m³ de peuplier récolté.*

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

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

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

Le rendement matière utilisé est de 45 %, correspondant à la fourchette de 42 à 48 % (FCBA, 2020).

	1 ^{ère} éclaircie	2 ^{ème} éclaircie	3 ^{ème} éclaircie	Total
Âge	15 ans	20 ans	27 ans	-

Volume bois fort éclairci (m ³ /ha)	23	34	54	111
% BO	0 %	11 %	27 %	-
% BI	100 %	80 %	51 %	-
% BE	0 %	9 %	22 %	-
tCO ₂ évitées	9,9	18,2	37	65,1
			Coefficient de substitution	0,59

TABLEAU 22. — *Le coefficient de substitution pour le pin maritime est estimé à 0,59 tCO₂ évitées par m³ de pin maritime récolté.*

CONFIDENTIEL

Annexe 7 : Infradensités recommandées pour les principales essences françaises

Le porteur de projet se référera aux infradensités du tableau 23 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 noircissant	464,25	4
<i>Salix pentandra</i>	Saule-laurier	428,46	1
<i>Salix triandra</i>	Saule-amandier ou Osier brun	405,35	1
<i>Salix x rubens</i>	Osier jaune	565,85	1
<i>Sambucus nigra</i>	Sureau noir	521,61	198
<i>Sambucus racemosa</i>	Sureau de montagne	468,80	3
<i>Sorbus aria</i>	Alisier blanc	645,62	707
<i>Sorbus aucuparia</i> subsp. <i>aucuparia</i>	Sorbier des oiseleurs	543,69	208
<i>Sorbus domestica</i>	Cormier	684,83	80

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

TABLEAU 23. — 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 : 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 26 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 26

Pour la simplification des calculs, l'équation 27 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 27

	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 24. — Paramètres à utiliser dans l'équation 26 issue des travaux du projet EMERGE.

Annexe 9 : 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)	$B_R = \exp(-1,085 + 0,9256 \times \ln \ln(B_A))$	151	0,83
Toutes les forêts, B _R = f(B _a , Âge)	$B_R = \exp(-1,3267 + 0,8877 \times \ln \ln(B_A) + 0,1045 \times \ln(\hat{A}ge))$	109	0,84
Forêts tempérées, B _R = f(B _A)	$B_R = \exp(-1,0587 + 0,8836 \times \ln \ln(B_A) + 0,2840)$	151	0,84
Forêts boréales B _R = f(B _A)	$B_R = \exp(-1,0587 + 0,8836 \times \ln \ln(B_A) + 0,1874)$	151	0,84

TABLEAU 25. — 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 10 : Équivalence d'essences sur lesquelles réaliser une quantification carbone

Essence à quantifier	Essence correspondante pour laquelle une table de production peut être utilisée	Source à utiliser
Alisier blanc	Aucune équivalence, non quantifiable	-
Alisier torminal	Chêne sessile ou chêne pédonculé	Table ONF
Aulne glutineux	Aucune équivalence avec une autre essence	Tables allemandes de l'aulne glutineux de Mitscherlich, 1945 ⁵¹ consultables dans les tables recommandées aux Pays-Bas pp. 112-115
Bouleau verruqueux	Aucune équivalence avec une autre essence	Tables norvégiennes du bouleau verruqueux et du bouleau pubescent de Braastad, 1967 ⁵² consultables dans les tables recommandées aux Pays-Bas pp. 105-107
Cèdre du Liban	Cèdre de l'Atlas	Table ONF
Charme	Chêne sessile ou chêne pédonculé	Table ONF
Châtaignier	Érable sycomore	Tables britanniques de la Forestry Commission
Chêne chevelu	Chêne rouge d'Amérique	Tables hollandaises
Chêne des marais	Chêne rouge d'Amérique sur sol riche Chêne sessile pour les autres fertilités	Tables hollandaises Tables ONF
Chêne-liège	Pas d'équivalence possible avec une essence autre que le chêne vert	
Chêne pubescent	Chêne sessile (moitié nord de la France) Chêne sessile (fertilité 3 pour les GRECO J et K)	Table ONF
Chêne rouge d'Amérique	Aucune équivalence avec une autre essence	Tables hollandaises du chêne rouge de Faber, 1996 consultables dans les

⁵¹ MITSCHERLICH G., 1945. *Schwarzerlen-Ertragstafel*. In: Schober, R., 1975. *Ertragstafeln wichtiger Baumarten. Zweite Auflage*, J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main

⁵² BRAASTAD H., 1967. *Produksjonstabeller for bjørk*. *Meddelelser fra Det Norske Skogforsøksveren*. 22 (84), pp. 265-365.

		tables recommandées aux Pays-Bas pp. 91-98
Chêne tauzin	Chêne sessile sur la plus mauvaise classe de fertilité	Table ONF
Chêne vert	France (sauf GRECO J et K) : équivalence avec la plus mauvaise classe de fertilité des tables de production du chêne GRECO J et K : Pas d'équivalence possible avec une autre essence autre que le chêne-liège	Table ONF ou Blondel, 2018 ⁵³
Cormier	Chêne sessile ou chêne pédonculé	Table ONF
Épicéa de Sitka	Épicéa commun	Table ONF
Érable plane	Érable sycomore	Tables britanniques de la Forestry Commission
Érable champêtre	Érable sycomore, sur une fertilité mauvaise ou moyenne selon la table	Tables britanniques de la Forestry Commission
Érable sycomore	Aucune équivalence avec une autre essence	Tables britanniques de la Forestry Commission
Houx	Aucune équivalence, non quantifiable	-
If	Aucune équivalence, non quantifiable	-
Mélèze d'Europe	Aucune équivalence avec une autre essence	Riou-Nivert, 2001 ⁵⁴
Mélèze du Japon	Aucune équivalence avec une autre essence	Riou-Nivert, 2001
Mélèze hybride	Aucune équivalence avec une autre essence	Riou-Nivert, 2001
Néflier	Aucune équivalence, non quantifiable	-
Noyers noirs et communs (non plantés à densité définitive)	Merisier Érable sycomore	Duyck, 1997 Tables britanniques de la Forestry Commission
Pin de Salzman	Pin noir d'Autriche en fertilité 2/2	Table ONF

⁵³ BLONDEL Paul, 2018. *Mise en place des bases méthodologiques et scientifiques de l'évaluation du bilan carbone de la subériculture dans le Massif des Maures*. Mémoire de fin d'études AgroParisTech, 96 p.

⁵⁴ RIOU-NIVERT Philippe (coord.), 2001. *Le mélèze*. Institut pour le développement forestier, 144 p.

Pin parasol	Aucune équivalence avec une autre essence	Piqué-Nicolau et al., 2011 ⁵⁵
Poirier	Aucune équivalence, non quantifiable	-
Pommier	Aucune équivalence, non quantifiable	-
Robinier	Aucune équivalence avec une autre essence	Tables hongroises du robinier Rédei et al., 2014 ⁵⁶
Sapin de Céphalonie	Sapin pectiné Alpes du Sud en fertilité 2/2	Table ONF
Sapin de Bornmüller (sapin de Turquie)	Sapin pectiné Alpes du Sud en fertilité 2/2	Table ONF
Sapin de Nordmann	Sapin pectiné Alpes du Sud en fertilité 2/2	Table ONF
Séquoias	Douglas	Table ONF
Sorbier des oiseleurs	Aucune équivalence, non quantifiable	-
Tilleuls	Chêne sessile ou chêne pédonculé	Table ONF

TABLEAU 26. — *Essences pouvant être quantifiées en utilisant les tables de production d'autres essences.*

NB : Si le porteur de projet a des tables de production relatives aux essences de la première colonne du tableau, il peut bien évidemment les utiliser au lieu de celles des essences dites « équivalentes ».

⁵⁵ PIQUÉ-NICOLAU Miriam, DEL RIO Miren, CALAMA Rafael, MONTERO Gregorio, 2011. *Modelling silviculture alternatives for managing Pinus pinea L. forest in North-East Spain*. Forest Systems, 20 (1), pp. 3-20

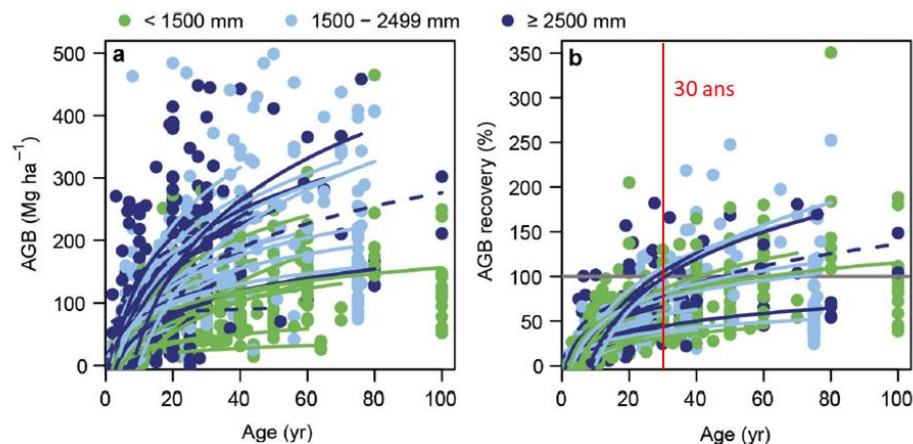
⁵⁶ RÉDEI Károly, CSIHA Imre, KESERŰ Zsolt, RÁSÓ János, VÉGH Ágnes Kamandiné, ANTAL Borbála, 2014. *Growth and Yield of Black Locust (Robinia pseudoacacia L.) Stands in Nyírség Growing Region (North-East Hungary)*. SEEFOR 5, pp. 13–22.

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

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**⁵⁷ ;
- 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 7. — 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

⁵⁷ <https://www.fao.org/forest-resources-assessment/fra-2020/country-reports/fr/>

droite), selon trois classes de pluviométrie. On remarque qu'au bout de 30 ans, le volume de la forêt plantée atteint 50 à 100 % du volume d'une vieille forêt tropicale.

- de la croissance du **scénario de référence** consistant 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.

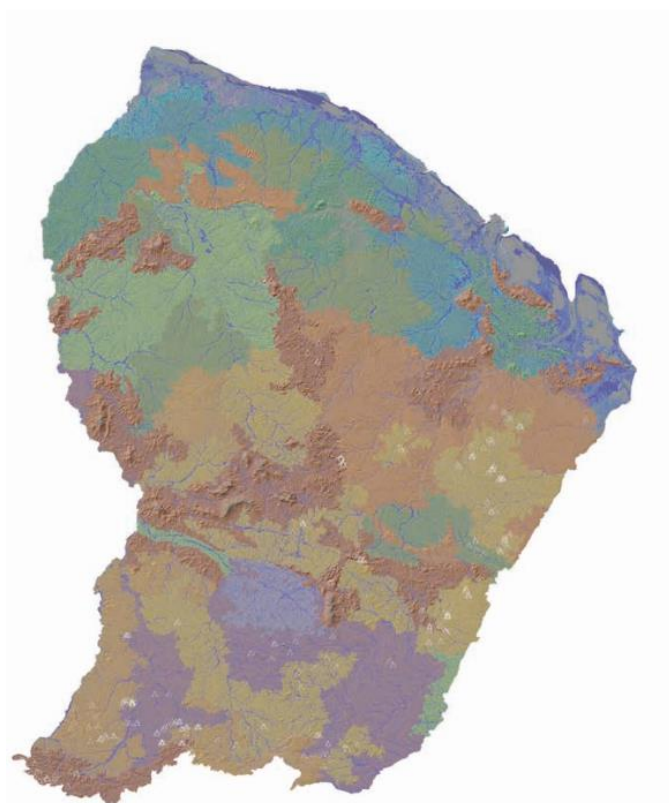
Un choix systématique de valeurs minimales a été fait par prudence sur la production de carbone annoncée. Sur ces zones où les données restent très rarement disponibles, des projets spécifiques permettront dans un second temps de renseigner des référentiels plus précis.

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 FAO⁵⁸. 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.

⁵⁸ <https://www.fao.org/3/cb0134fr/cb0134fr.pdf112>

Carte des habitats forestiers guyanais



Légende

	Hors forêt
Forêt des plaines et dépressions	
	Forêts côtières des terres basses
	Forêts sur cordons sableux
	Forêts côtières des terres hautes
	Forêts littorales sur rochers
	Forêts sur sables blancs
	Forêts de la péninsule intérieure
	Forêts sur djougoung-pété
Forêts des collines	
	Forêts des basses vallées
	Forêts des collines irrégulières
	Forêts des collines régulières
	Forêts des collines peu élevées
Forêts des plateaux et haut-reliefs	
	Forêt des plateaux réguliers
	Forêts sur inselberg (inventaire 2001)
	Forêts des plateaux irréguliers
	Forêts des plateaux élevés
	Forêts des moyennes montagnes
	Forêts sub-montagnardes
Forêts marécageuses	
	Forêts ripicoles, de bas-fonds, de talwegs humides
	Forêt de transition (écotones - faciès humide)
	Mangroves

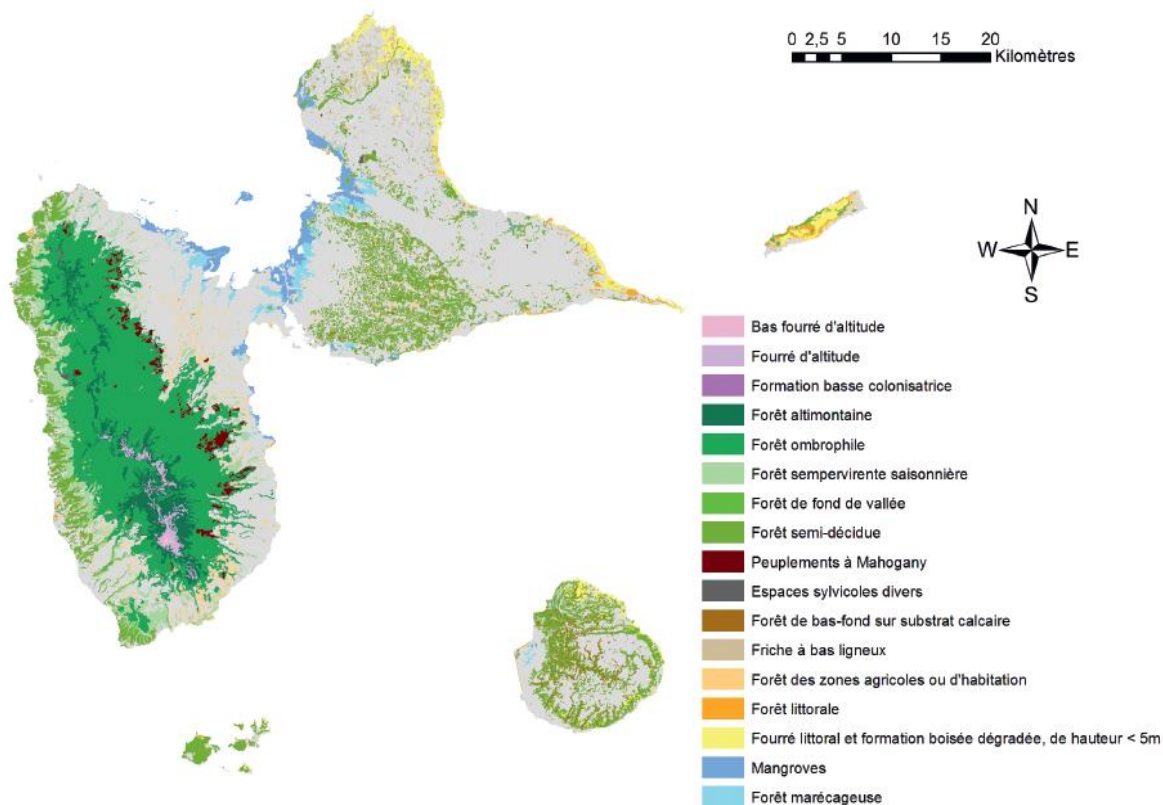
FIGURE 8. — *Types de forêts en Guyane (Guitet et al., 2015)*

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 accrus (tCO ₂ /ha)	Gain de CO ₂ plantation/ poursuite agriculture (tCO ₂ /ha)	Gain de CO ₂ plantation/ colonisation accrus (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 27. — *Estimation du gain en CO₂ dans la biomasse aérienne et racinaire par hectare selon le type de forêt en Guyane.*

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.



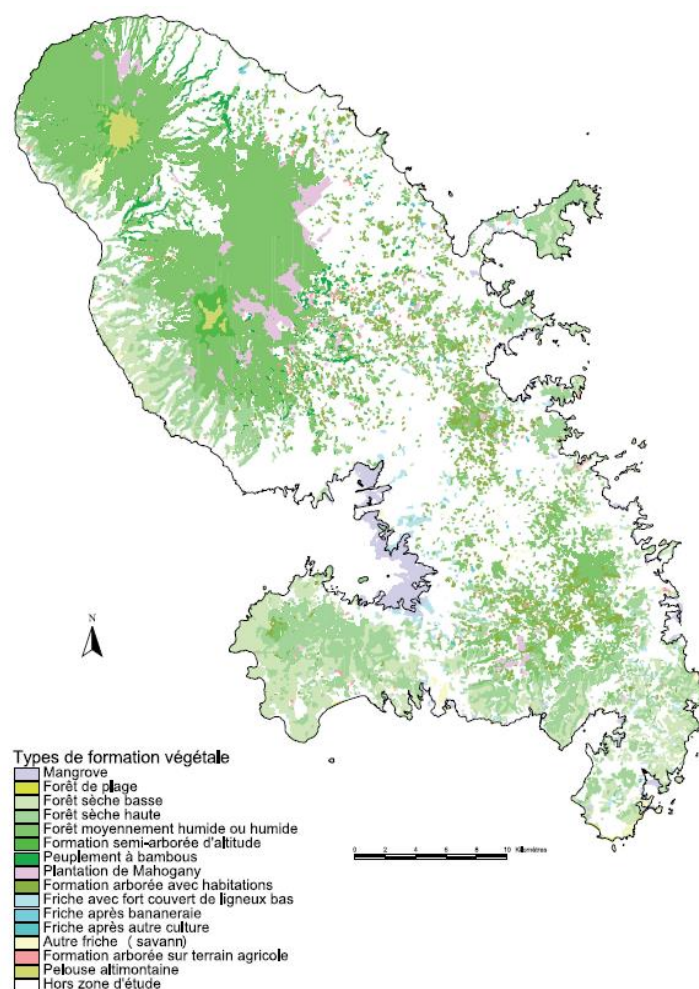
Source : d'après Conseil départemental de la Guadeloupe 2015.

FIGURE 9. — *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 28. — *Estimation du gain en CO₂ dans la biomasse aérienne et racinaire par hectare selon le type de forêt en Guadeloupe.*

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.



Carte réalisée d'après la BD Ortho© 2004 de l'Institut Géographique National

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

FIGURE 10. — 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 accrue (tCO ₂ /ha)	Gain de CO ₂ plantation/poursuite agriculture (tCO ₂ /ha)	Gain de CO ₂ plantation/colonisation accrue (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 29. — 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 FAO⁵⁹. Les forêts d'altitude et les forêts sèches n'ont pas été considérées car peu concernées par des potentiels projets LBC.

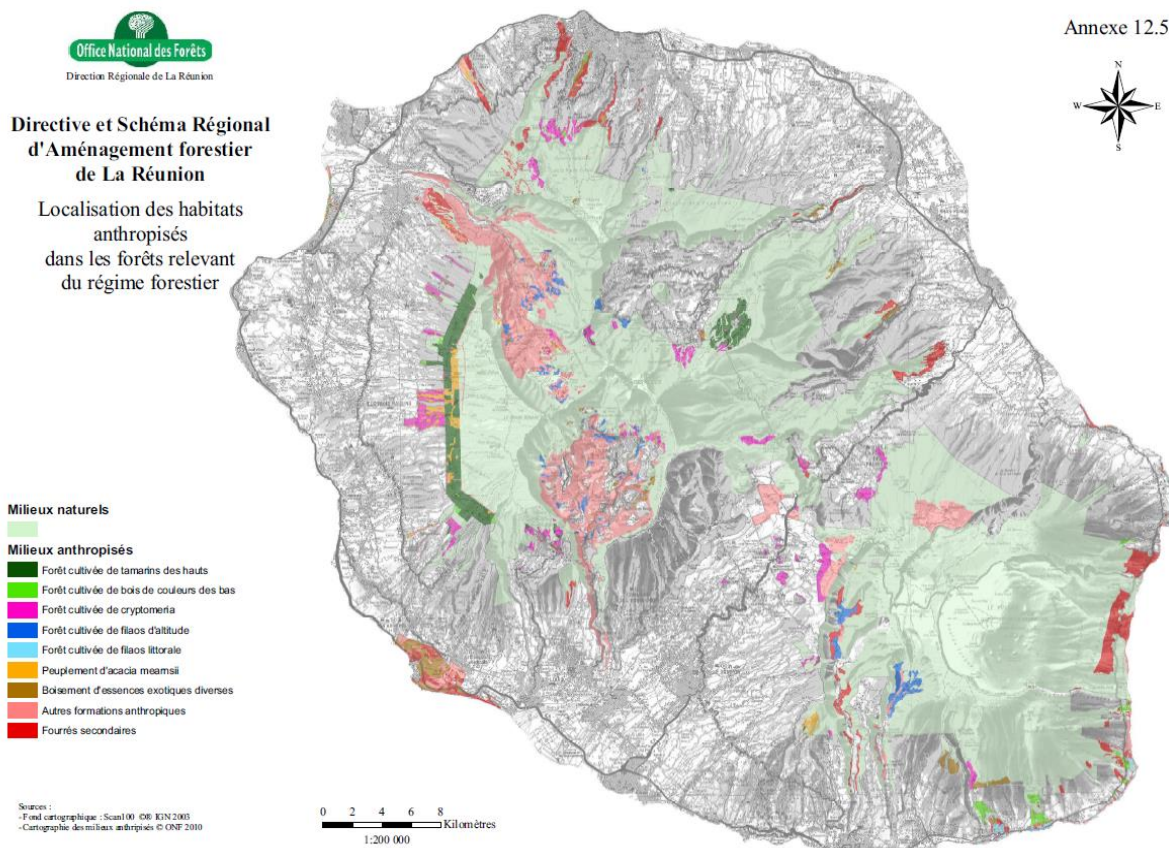


FIGURE 11. — Types de formations végétales à la Réunion.

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 accrue (tCO ₂ /ha)	Gain de CO ₂ plantation/ poursuite agriculture (tCO ₂ /ha)	Gain de CO ₂ plantation/ colonisation accrue (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 30. — Estimation du gain en CO₂ dans la biomasse aérienne et racinaire par hectare selon le type de forêt à la Réunion.

⁵⁹ <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.

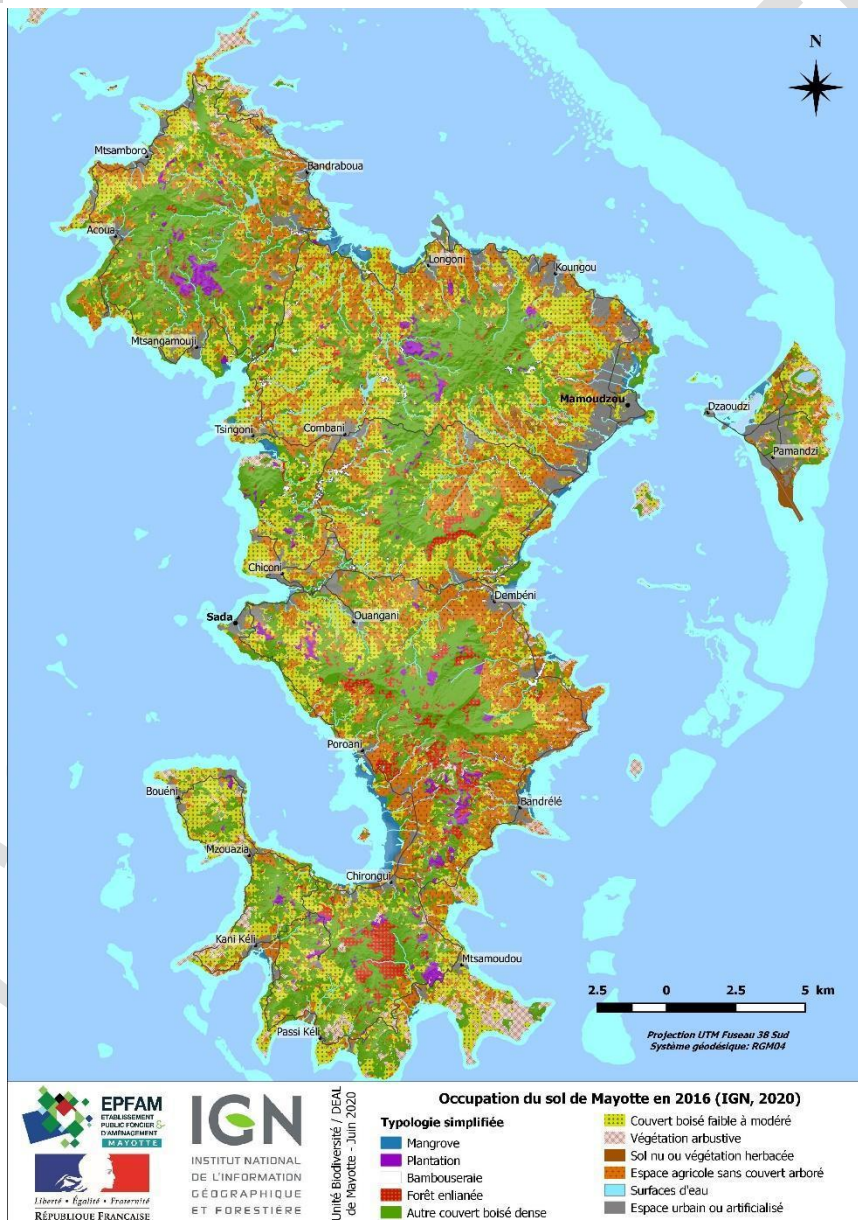


FIGURE 12. — Carte simplifiée d'occupation du sol à Mayotte, projet LESELAM 2016.

TABLEAU 31. — Estimation du gain en CO₂ dans la biomasse aérienne et racinaire par hectare selon le type de forêt.

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

CONFIDENTIEL

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.

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

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

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.

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, VAYSSIERES 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.

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.

FOURNET Jacques, 2002. *Flore illustrée des phanéogrames 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, BRÈTEAU-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.

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

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

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

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.

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.

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.

PELLERIN Sylvain et BAMIÈRE Laure (pilotes scientifiques), LAUNAY Camille, MARTIN Raphaël, SCHIAVO Michele, ANGERS Denis, AUGUSTO Laurent, BALESSENT Jérôme, BASILE-DOELSCH Isabelle, BELLASSEN Valentin, CARDINAELE 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.

PIQUE 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.

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>.

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

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

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

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

VALLET Patrick, DHÔTE Jean-François, LE MOGUEDEC Gilles, RAVART Michel, PIGNARD Gérôme, 2006. *Development of total aboveground volume equations for seven important forest species in France*. Forest Ecology and Management, vol. 229, n° 1-3, pp. 98-110.

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

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

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