METHODE LABEL LRTZC ARBRE

Version 3.4 du 11 juillet 2024

Ce document est une **Méthode** pour des projets volontaires de boisement et/ou de gestion améliorée d'espaces boisés ou d'alignements d'arbres (haies, agroforesterie) et/ou de valorisation des produits du bois visant l'atténuation des dérèglements climatiques *via* la séquestration du carbone dans la biomasse et les sols des écosystèmes et/ou la substitution du bois aux énergies fossiles ou à des matériaux plus énergivores, dans l'esprit du Label Bas Carbone français avec une adaptation au contexte local de la démarche **La Rochelle Territoire Zéro Carbone - LRTZC**.

Cette **Méthode** et le **Label LRTZC Arbre** associé sont développés en mode « AGILE » au fur et à mesure des projets soumis à l'équipe LRTZC et/ou à la Coopérative Carbone (cf. § Commissions d'évaluation). Elle sera mise à jour et enrichie progressivement.

Pour que les financeurs de crédits carbone aient accès en toute transparence aux critères de sélection et d'évaluation des projets, la dernière version de la Méthode est accessible via le lien : https://bit.ly/label-lrtzcarbre

Les propositions d'amélioration (et signalement coquilles) sont à adresser à la Coopérative Carbone de La Rochelle à l'adresse contact@cooperativecarbone.fr.

L'article du 18/11/2021 résume le Label LRTZC Arbre à son lancement :
https://larochelle.cooperativecarbone.fr/publication-de-la-methode-devaluation-du-label-lrtzc-arbre/

Tout comme la vidéo préparée pour la rencontre des Sociétaires Citoyens du 3/2/2022 :
https://bit.ly/V-LRTZC-Arbre

Liste d'essences locales (à titre indicatif) : https://bit.ly/essences-LRTZC-Arbre

Table des matières

Quelques ordres de grandeur en préambule 4
A) Combien de carbone stocké par arbre ? 4
a) Combien de carbone par m³ de bois ? 4
b) D'après les données des forestiers 4
c) D'après l'outil ArboClimat 5
d) Le stock de carbone par arbre dépend de la densité de plantation 6
B) Combien de carbone stocké par hectare ? 6
a) Combien de carbone stocké par hectare de forêt et par an 6
b) Combien de carbone par hectare de verger 6

I. Applicabilité et durée 7
A) Une méthode « Arbre » générique 7
B) Label et utilisation du logo LRTZC 8
C) Commission d'évaluation des projets et des demandes de dérogation 8
D) Périmètre géographique 8
E) Rétroactivité des mises à jour 9
F) Durée fonction du niveau de protection 10

II. Critères d'éligibilité 11
A) Porteur de projet & propriétaire de la parcelle 11
B) Taille minimum de projet 11
C) Antériorité de la parcelle 11
D) Ecosystèmes remarquables et espèces protégées 12
E) Contraintes spécifiques aux milieux urbains 12
F) Liste des essences 12
G) Date & période de plantation 13
H) Classement de la parcelle (protection des boisements) 13
I) Inscription sur le registre local 13
J) Audit - Suivi de la mortalité et la croissance des plantations 14
K) Géolocalisation, photographies aériennes et référencement SIG 15

III. Calculs des co-bénéfices 16

IV. Méthode(s) de calculs 17
A) Projets éligibles au Label Bas Carbone 17
B) Autres projets (non éligibles au Label Bas carbone) 17
a) Stocks de carbone dans les sols (et la litière) 17
b) Projets de type « plantations forestières » 18
C) Projets de type « arbre en ville » : parcs et alignements d'arbres 19
D) Arbres têtards 20
E) Valeurs par défaut pour des boisements de type « forêts » 21
F) Pour les projets de densité intermédiaires (entre 100 et 800 arbres/ha) 23
G) Adaptation du Label Bas Carbone Haies pour des plantations de haies 24
H) Valorisation des produits du bois 25

V. Rabais 25
A) Incertitudes 25
B) Risque(s) de non-permanence 25

VI. Evaluation économique et additionnalité 26
A) Additionnalité 26
B) Budget prévisionnel du projet 26

VII. Pièces justificatives 26
A) Projets soumis au Label Bas Carbone 26
B) Projets non éligibles au Label Bas carbone 27
A) Projets de type « arbre en ville » 30

Liste des Figures

Figure 1 - Typologie des projets « Arbre » 7
Figure 2 - Carte du Pôle Métropolitain Centre Atlantique 9
Figure 3 - Carte du Syndicat Mixte du Marais Poitevin 9
Figure 4 – Résumé des calculs de stockage de carbone dans la biomasse « arbre » forêt (aérien + racines) 19
Figure 5 – Volume de bois en fonction de l'âge du peuplement pour différentes essences et localisations 22
Figure 6 – Stock de carbone dans la biomasse aérienne et racinaire à 10, 30 et 50 ans pour quelques essences 23
Figure 7 – Stockage de carbone dans les arbres fruitiers – extrait Méthode LBC Vergers 32

Liste des Tableaux

Tableau 1 – Stock de carbone par m³ de bois en fonction de l'infradensité 4
Tableau 2 – Stockage de carbone dans trois plantations à 30 ans (selon données table de croissance – fertilité maximale) 5
Tableau 3 – Stockage de carbone dans trois plantations à la durée maximum donnée dans les tables de croissance 5
Tableau 4 - Exemples des stocks de carbone pour 4 espèces d'arbres, extrait de l'outil ArboClimat 6
Tableau 5 – Durée de calcul de la séquestration du carbone en fonction du niveau de protection des boisements 10
Tableau 6 – Taille de l'échantillon représentatif 15
Tableau 7 – Liste des co-bénéfices pris en compte et note attribuée 16
Tableau 8 – Stocks de carbone dans les sols en fonction du type d'occupation du sol 18
Tableau 9 – Extrait des données stockage carbone de l'outil Arbre-en-Ville v3 Nepsen (mai 2022) 20
Tableau 10 – Données ArboClimat pour les 6 essences plantées dans le Marais Poitevin 21
Tableau 11 – Stockage de carbone dans les arbres têtards du Marais Poitevin 21
Tableau 12 - Indice de correction en fonction de la productivité des grandes régions forestières (GRECO) 22
Tableau 13 – Stockage de carbone dans les haies pluristrates plantées dans le cadre du programme EVA 17 (ou équivalent) 25
Tableau 14 – Valeur du rabais « risque incendie » en fonction du classement de la parcelle dans le PDPFCI 25
Tableau 15 – Exemples de mesures terrain 31

Méthode de sélection et d'évaluation [stockage de carbone et co-bénéfices] des projets de plantation, de gestion et/ou de valorisation des arbres en vue de la labellisation LRTZC Arbre

Quelques ordres de grandeur en préambule

Afin de donner quelques ordres de grandeur aux porteurs de projets, aux décideurs et aux évaluateurs, nous avons rassemblés ici quelques ordres de grandeur du stockage de carbone dans les plantations d'arbres. Ces chiffres illustrent également la diversité des types de projets possibles.

A) Combien de carbone stocké par arbre ?

a) Combien de carbone par m³ de bois ?

Pour calculer la quantité de carbone stockée dans un m³ de bois, nous avons besoin de 3 paramètres :

1. L'infradensité qui dépend de l'essence en (tMS/m³)
2. Le taux de carbone de la matière sèche = 0,475 tC/tMS
3. Le facteur de conversion C → CO_2 = 44/12 = 3,7 tCO_2/tC

La Méthode Label Bas Carbone « Boisement » donne les infradensités moyennes suivantes :

- Toutes essences = 0,54 tMS/m³
- Moyenne feuillus = 0,57 tMS/m³
- Moyenne conifères = 0,42 tMS/m³

A partir de ces données, il est possible de calculer le stock de carbone par m³ de bois (cf. Tableau 1) et l'ordre de grandeur à retenir est **1 tCO_2e/m³ de bois de feuillus**.

Il suffit donc d'estimer le volume de bois d'un arbre pour connaitre le stock de carbone de sa biomasse aérienne.

	infradensité di *(tMS/m³)*	**Stock de carbone** *(tCO_2e/m³)*
Infradensité moyenne	0,54	**0,94**
Infradensité moyenne feuillus	0,57	**0,99**
Infradensité moyenne conifères	0,42	**0,73**

Tableau 1 – Stock de carbone par m³ de bois en fonction de l'infradensité

b) D'après les données des forestiers

D'après les formules de calculs de la Méthode Label Bas Carbone « Boisement » (adaptée à des essences forestières cultivées en densité élevée), **un hêtre de 30 ans**[1] de classe 10[2] (la classe la plus élevée du tableau), d'une hauteur de 17 m et d'un diamètre (DHP)[3] de 12 cm (soit une circonférence de 38 cm), représente un stock de carbone équivalent à **150 kgCO_2e** (biomasse aérienne et biomasse racinaire), soit une séquestration moyenne de **5 kgCO_2e/arbre.an sur 30 ans**.

[1] Données de croissance issues des tables de production pour les forêts françaises, ENGREF – 2e édition, 1984, p.80 Hêtre Nord-Ouest

[2] « Classe » = accroissement annuel maximum, atteint pour les hêtres du nord-ouest entre 80 et 120 ans de 10 m³/ha/an

[3] DHP = diamètre à hauteur de poitrine = à 130 cm de hauteur

A 150 ans, ce hêtre pourrait atteindre 36,1 m de hauteur et 82,7 cm de diamètre, le stock de carbone calculé est alors de **12,7 tCO_2e, soit une séquestration moyenne de 85 $kgCO_2e$/arbre.an sur 150 ans.** A l'échelle d'un arbre, ce sont les arbres les plus mâtures qui stockent le plus.

A l'échelle de la parcelle cultivée cependant, les tables de production[1] donnent une densité de 1840 tige/ha à 30 ans soit 277 tCO_2e/ha, soit **9 tCO_2e/ha.an en moyenne sur 30 ans** et 73 tige/ha pour les arbres de 150 ans, soit 928 tCO_2e/ha et **6 tCO_2e/ha.an sur 150 ans** (sans compter le bois exporté au fur et à mesure des éclaircies).

Nous avons réalisé les mêmes calculs pour l'épicéa commun[4] et le pin maritime[5] dont les résultats sont présentés dans les Tableau 2 et Tableau 3 suivants. Les trois classes de fertilité retenues correspondent à chaque fois à la fertilité maximale pour l'essence et la localisation choisies.

Essence, localisation et classe de fertilité	Durée *(ans)*	Ht *(m)*	DHP *(cm)*	Infradensité *(tMS/m³)*	Stock C *($kgCO_2e$/arbre)*	Stockage annuel moyen *($kgCO_2e$/arbre.an)*	Densité *(tige/ha)*	Stock *(tCO_2e/ha)*	Stockage annuel moyen *(tCO_2e/ha.an)*
Hêtre commun, Nord-Ouest, Classe 10	30	17,0	12	0,550	**151**	5	1840	277	9,2
Epicéa commun, Ouest Massif Central, Classe 1	30	19,4	19	0,370	**293**	10	1332	390	13,0
Pin Maritime, Dunes Sud Ouest, Classe 2	28	17,1	27	0,460	**619**	22	440	272	9,7

Tableau 2 – Stockage de carbone dans trois plantations à 30 ans (selon données table de croissance – fertilité maximale)

Pour les trois essences retenues, on constate que le stockage par arbre est très variable, entre 150 et 620 $kgCO_2$/arbre au bout de 30 ans, mais que rapporté à la surface boisée (et donc proportionnel à la densité de plantation), le stockage annuel moyen pour une forêt en pleine croissance (0-30 ans) est de l'ordre de 10 tCO_2/ha.an (biomasse aérienne et biomasse racinaire).

Essence, localisation et classe de fertilité	Durée *(ans)*	Ht *(m)*	DHP *(cm)*	Infradensité *(tMS/m³)*	Stock C *($kgCO_2e$/arbre)*	Stockage annuel moyen *($kgCO_2e$/arbre.an)*	Densité *(tige/ha)*	Stock *(tCO_2e/ha)*	Stockage annuel moyen *(tCO_2e/ha.an)*
Hêtre commun, Nord-Ouest, Classe 10	150	36,1	83	0,550	**13**	85	73	928	6,2
Epicéa commun, Ouest Massif Central, Classe 1	65	30,8	33	0,370	**1,2**	19	598	747	11,5
Pin Maritime, Dunes Sud Ouest, Classe 2	62	25,2	43	0,460	**2,1**	34	219	468	7,5

Tableau 3 – Stockage de carbone dans trois plantations à la durée maximum donnée dans les tables de croissance

Les données pour les forêts plus mâtures montrent que le stockage par arbre augmente avec le temps, mais comme la densité d'arbres à l'hectare diminue, le stockage de carbone à l'hectare de plantation a tendance à diminuer.

c) D'après l'outil ArboClimat

L'outil ArboClimat a été développé pour la Région Hauts de France[6] pour réaliser des simulations prospectives de plantations d'arbres en ville afin d'en évaluer les impacts sur le changement climatique.

L'outil distingue 3 stades de croissance, « stade jeune » pour les sujets autour de 5-10 ans, « stade adulte » pour les sujets de l'ordre de 25 ans et « stade mâture » qui correspond à l'âge moyen de maturité (en ville), variable selon les essences. Mais l'outil ne fournit pas de courbe de croissance en fonction de l'âge.

[4] Données de croissance issues des tables de production pour les forêts françaises, ENGREF – 2e édition, 1984, p.42 Epicéa Commun Ouest du Massif Central

[5] Données de croissance issues des tables de production pour les forêts françaises, ENGREF – 2e édition, 1984, p.60 Pin Maritime, Sud-Ouest-Dunes

[6] http://www.arbre-en-ville.fr/arboclimat/

Essence	Stock de C stade jeune (tCO_2e)	Stock de C stade adulte (tCO_2e)	Stock de C stade mâture (tCO_2e)	Age moyen de coupe (ans)	Longévité (ans)
Tilleul commun	0,58	1,21	4,20	50	600
Bouleau pubescent	1,83	3,43	4,90	50	65
Pommier sauvage	1,84	3,59	3,77	50	200
Noisetier	3,27	6,25	2,97	50	100
Chêne rouge d'Amérique	1,03	2,13	6,47	100	500
Platane commun	1,82	3,64	13,8	50	300

Tableau 4 - Exemples des stocks de carbone pour 4 espèces d'arbres, extrait de l'outil ArboClimat

Le Tableau 4 ci-dessus donne quelques exemples de stock de carbone dans les arbres en ville. Le stock au stade « mâture » correspond à l'âge auquel on coupe habituellement les arbres. La médiane pour les près de 300 espèces recensées dans l'outil, pour les arbres adultes est de **2,2 tCO_2e/arbre** et **4,5 tCO_2e/arbre** pour les arbres mâtures (50 ans), soit **90 kgCO2e/arbre.an sur 50 ans**[7].

d) Le stock de carbone par arbre dépend de la densité de plantation

Les deux approches ci-dessus illustrent bien que la croissance des arbres, liée à la photosynthèse, donc proportionnelle à la surface du houppier, dépend de la densité du peuplement : en forêt plantée dense la surface par arbre est beaucoup plus faible qu'en parc arboré où les arbres sont plus espacés.

Il conviendra de choisir l'outil de calcul du stockage de carbone le plus proche du résultat de peuplement attendu.

B) Combien de carbone stocké par hectare ?

a) Combien de carbone stocké par hectare de forêt et par an

La séquestration de carbone par hectare de forêt dépend des essences plantées, de la fertilité du lieu (sols et climat), de l'âge du peuplement et du mode de gestion : ainsi le stock sur pied en forêt méditerranéenne est de l'ordre de 130 tCO_2e/ha et grimpe à 400 tCO_2e/ha pour les plantations de conifères dans le Jura ou les Vosges.

En moyenne en France, la forêt stocke de l'ordre de **4 à 5 tCO_2e/ha.an**[8 & 9]. La fourchette par type de plantations (conifères, feuillus ou mixtes) et par régions GRECO (11 régions) va de **1,5 à 9,4 tCO_2e/ha.an**. Ces variations s'expliquent autant par les essences, les conditions pédoclimatiques que par l'âge des peuplements.

b) Combien de carbone par hectare de verger

La méthode Label Bas Carbone « Plantations de vergers » et le tableur *Excel* associé[10] donnent un stock de l'ordre de **55 à 60 tCO_2/ha**[11] pour des vergers âgés de 15 à 20 ans (les arbres sont plus petits, taillés et moins âgés qu'en forêt), soit entre **60 et 200 $kgCO_2e$/arbre fruitier** au bout 20 ans (selon la densité et la mise en forme des arbres).

[7] Du même ordre de grandeur que pour le hêtre de 150 ans en forêt mâture

[8] https://librairie.ademe.fr/produire-autrement/808-contribution-de-l-ign-a-l-etablissement-des-bilans-carbone-des-forets-des-territoires-pcaet.html

[9] La séquestration de carbone par les écosystèmes en France - EFESE, mars 2019 - http://reseau-cen-doc.org/dyn/portal/digidoc.seam?actionMethod=dyn%2Fportal%2Fdigidoc.xhtml%3AdownloadAttachment.openStateless&statelessToken=fMssCkRKA44jWzLK-9vYWIAgzWVAprBp7iw07vkipvY

[10] https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Tableur%20Plantation%20de%20vergers.xlsx

[11] D'après IFN/FCBA/Solagro pour ADEME, 2009 - https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/biomasse-forestiere-populicole-et-bocagere-2009.pdf

I. Applicabilité et durée

A) Une méthode « Arbre » générique

La Méthode s'applique à tout projet de plantation et/ou de gestion améliorée d'espaces boisés ou d'alignements d'arbres (haies, agroforesterie) et/ou de valorisation des produits du bois visant l'atténuation des dérèglements climatiques *via* la séquestration du carbone dans la biomasse et les sols des écosystèmes et/ou la substitution du bois aux énergies fossiles ou à des matériaux plus énergivores.

Les critères d'éligibilité sont génériques et s'appliquent à l'ensemble des types de projets.

Pour chaque critère, la Méthode décrit les conditions d'éligibilité prédéfinies. Si un projet remplit toutes les conditions prédéfinies, il sera labellisé LRTZC Arbre en fin d'instruction du dossier.

En dehors des conditions automatiques, le Porteur de projet peut demander une ou plusieurs dérogation(s) qui sera(seront) étudiée(s) par la Commission d'évaluation qui statuera sur la labellisation. Les dérogations accordées et les motivations seront disponibles sur la page « projet » du site https://larochelle.cooperativecarbone.fr/.

Le Label LRTZC Arbre sera formellement accordé au projet après transmission des pièces demandées et son examen par la Commission d'évaluation (cf. § I.C) ci-dessous) et délibération formelle. La liste des projets labellisés (qui remplissent tous les critères d'éligibilité ou bien qui auront demandé une dérogation à la Commission d'évaluation qui l'aura acceptée) sera soumise au moins une fois par an au Conseil Communautaire de la Communauté d'agglomération de La Rochelle.

La Méthode et/ou l'outil de calcul de la séquestration de carbone liée au projet sera fonction du type de projet (cf. Figure 1).

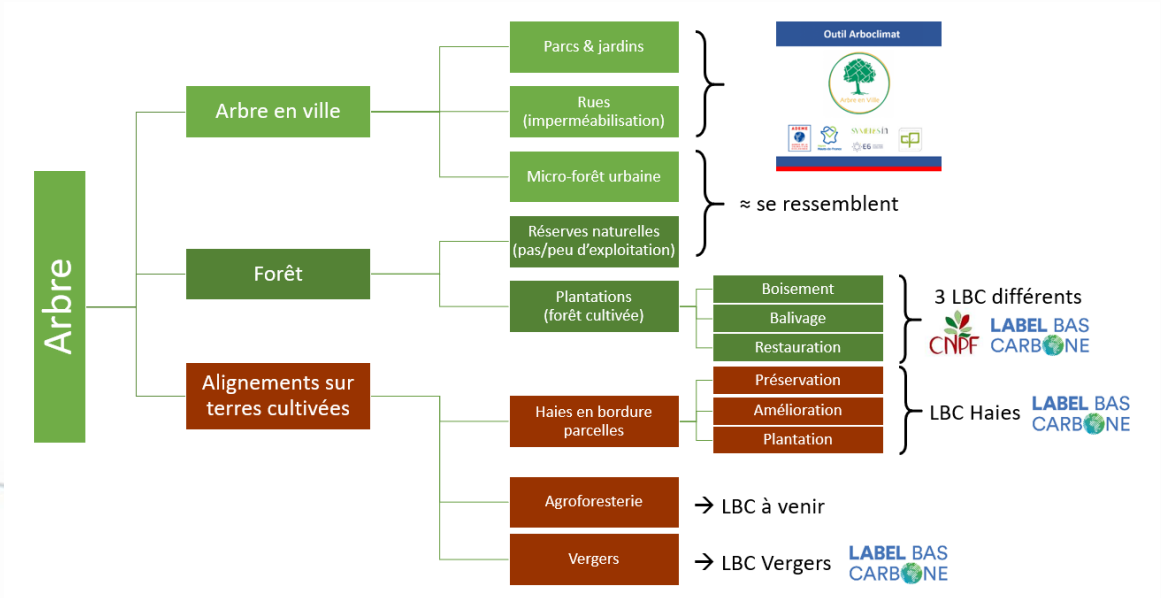


Figure 1 - Typologie des projets « Arbre »

B) Label et utilisation du logo LRTZC

L'obtention du « Label LRTZC Arbre » sera actée par la signature du **Mandat** entre le Porteur de projet et la Coopérative Carbone (ou de la convention avec le Porteur de projet et du **Mandat** avec le propriétaire, cf. § II.I) ci-dessous.

Les conditions d'utilisation de la mention « Label LRTZC Arbre » et du logo « LRTZC » seront formalisées dans le **Mandat** (et la convention le cas échéant).

C) Commission d'évaluation des projets et des demandes de dérogation

La **Commission d'évaluation** de la Méthode Label LRTZC Arbre compte 7 membres depuis le 5 octobre 2023 :

- Jordane ANCELIN, Parc Naturel Régional du Marais Poitevin
- Éric CIROU, Chambre d'Agriculture et programme EVA17
- Thierry DUTEUIL, Conseil général et programme EVA17
- Stéphane GILBERT, Agglomération de La Rochelle
- Alexandra BESTEL, Coopérative Carbone
- Joffrey PERRUSSEL, Agglomération de La Rochelle
- Hélène ROUQUETTE, Ville de La Rochelle

La **Commission d'évaluation** est chargée de l'amélioration continue de la présente Méthode, ainsi que de l'instruction des projets. Elle est en particulier saisie pour approuver et évaluer les projets soumis à demande de dérogation. La décision se fait par **consentement mutuel**[12].

Les demandes de dérogation doivent être motivées et adressées par mail au secrétariat de la Méthode : à l'attention de M-V Gauduchon, Demande dérogation Méthode LRTZC Arbre par le Porteur de projet à l'adresse contact@cooperativecarbone.fr.

La Coopérative Carbone se charge ensuite de consulter par mail et téléphone les membres de la Commission d'évaluation qui laisseront une trace par mail de leur avis (favorable, pas opposé, défavorable).

La Coopérative Carbone se charge ensuite d'informer le Porteur de projet de la décision de la Commission d'évaluation.

D) Périmètre géographique

La Méthode et le Label LRTZC Arbre s'appliquent à des projets développés sur les communes du département de Charente-Maritime, du **Pôle Métropolitain Centre Atlantique**[13] (cf. Figure 2) et/ou sur les communes du **Syndicat Mixte du Parc Naturel Régional du Marais Poitevin**[14] (cf. Figure 3).

[12] Une décision par consentement mutuel signifie que personne ne s'oppose à l'accord de la dérogation : l'ensemble des membres est alors soit « favorable », soit « non opposé » à la demande de dérogation. Si une seule personne est « défavorable » la demande de dérogation est refusée.
[13] Le Pôle métropolitain Centre-Atlantique est formé de 9 intercommunalités situées dans 3 départements (17, 79 et 85) et 2 régions :https://www.agglo-larochelle.fr/-/pole-centre-atlantique
[14] https://pnr.parc-marais-poitevin.fr/pnr-presentation

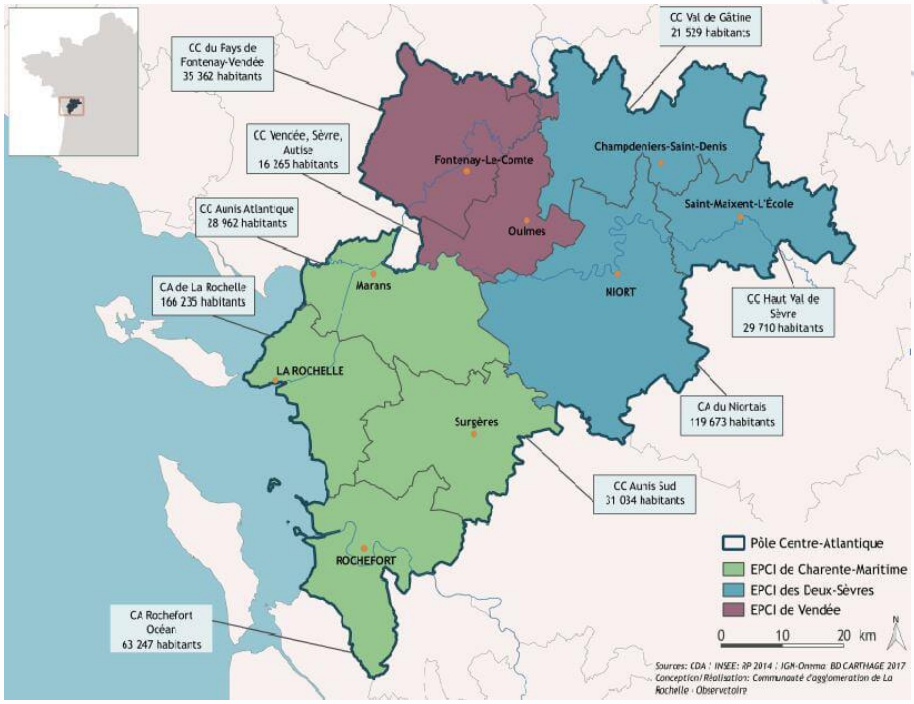


Figure 2 - Carte du Pôle Métropolitain Centre Atlantique

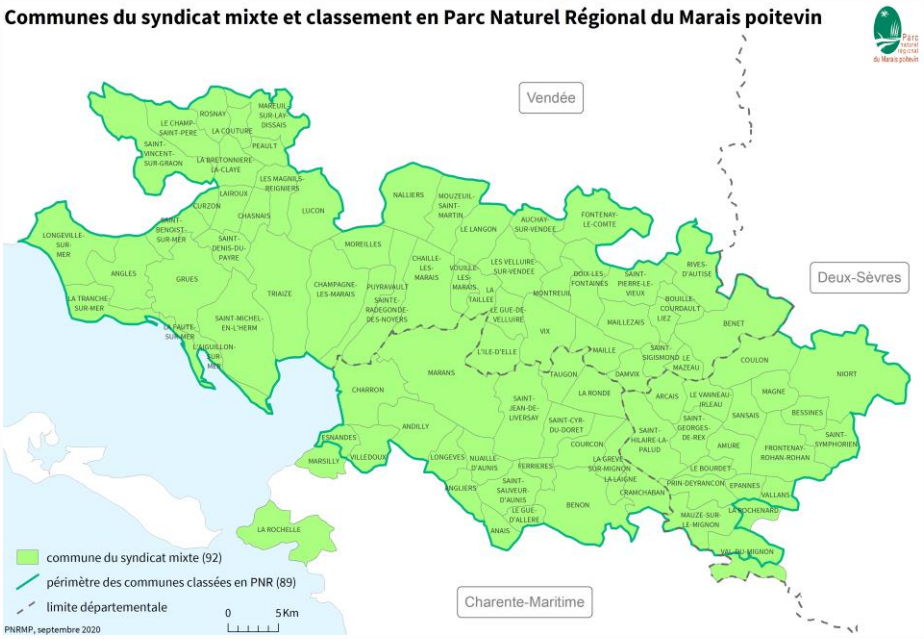


Figure 3 - Carte du Syndicat Mixte du Marais Poitevin

Tout projet situé en dehors de ce périmètre géographique devra demander une dérogation à la Commission d'évaluation.

E) Rétroactivité des mises à jour

Cette Méthode et le Label LRTZC Arbre associé sont développés en méthode « AGILE » au fur et à mesure des projets soumis à l'équipe LRTZC et/ou à la Coopérative Carbone. Elle est mise à jour et enrichie au fur et à mesure de l'examen de nouveau ou de l'enrichissement des connaissances des évaluateurs LRTZC et Coopérative Carbone.

Tout projet labellisé à partir de la Méthode en vigueur à la date de sélection et d'évaluation du projet conserve son Label et l'évaluation carbone et co-bénéfices calculée dans la Convention Projet, sauf si une nouvelle version de la Méthode de labellisation est plus intéressante : dans ce cas c'est au Porteur de projet de demander la mise à jour de son évaluation carbone ou et/co-bénéfices et de la Convention Projet.

F) Durée fonction du niveau de protection

La durée des projets, qui est également la durée sur laquelle est calculée la quantité de CO_2 séquestrée, dépend du niveau de protection de la parcelle.

Classement de la parcelle ou cadre règlementaire ou contractuel	**Durée du projet et des calculs de séquestration**	***Commentaires***
Contrat ORE – Obligation Réelle Environnementale[15] qui précise le maintien du boisement	Durée de l'ORE et au maximum 50 ans	
Site classé – loi 1930 (demande d'avis de l'inspecteur des sites de la DREAL)[16]	30 ans	
Parcelle classée au cadastre en nature de culture bois et forêts (16 GR/SSGR) et soumise au Code Forestier[17] : B Bois (BF Futaies feuillues, BM Futaies mixtes, BO Oseraies, BP Peupleraies, BR Futaies résineux, BS Taillis sous futaie, BT Taillis simples)	30 ans	*Les calculs carbone prennent en compte la durée des plantations en cas de coupes à blanc régulières et estime une valeur moyenne stockée (inférieure à la valeur maximale atteinte juste avant la coupe)*
Zones urbaines classées N dans le PLU / PLUi[18] : ND, NE, NL, NP (N = naturel)	30 ans	
Autres zones urbaines : EVP – Espaces verts protégés EBC – Espaces boisés classés	30 ans	
Zones urbaines classées A dans le PLU / PLUi[19] : AE, AECU, ACU, NA (A = agricole) + Contrat d'engagement	15 ans si haies (renouvelables) 30 ans si boisement et agriculteurs propriétaires	*Sans scénario de référence LBC Haies*
Projet LBC Haies (espaces agricoles)	15 ans (renouvelables)	*Scénario de référence ad hoc*
Toutes les autres zones	10 ans (renouvelables)	*Sauf dérogation motivée*

Tableau 5 – Durée de calcul de la séquestration du carbone en fonction du niveau de protection des boisements

[15] https://www.ecologie.gouv.fr/obligation-reelle-environnementale
[16] La loi dite de 1930 a été remplacée en 2000 par le Titre 4 du Livre 3 du code de l'environnement http://www.normandie.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/pour_memoire_numero_hors_serie_octobre_2011_-_la_loi_de_1930_a_l_epreuve_du_temps-2.pdf
[17] https://france-cadastre.fr/site/legende-et-abreviations-du-releve-de-propriete/
[18] https://plu-en-ligne.com/le-plan-local-urbanisme/zone-n-2/
[19] https://plu-en-ligne.com/le-plan-local-urbanisme/zone-a/

II. Critères d'éligibilité

Pour être éligible au Label LRTZC Arbre, un projet doit remplir tous les critères suivants :

A) Porteur de projet & propriétaire de la parcelle

Le Porteur de projet est la personne de droit privé ou public, personne physique ou morale qui va assurer la plantation des arbres et la gestion de la parcelle plantée **sur une durée au moins égale à la durée du projet**.

Si le Porteur de projet est le propriétaire de la parcelle, son engagement est formalisé *via* la signature du **Mandat** avec la Coopérative Carbone qui délègue à la Coopérative Carbone l'évaluation de la séquestration carbone du projet, des critères d'éligibilité au Label LRTZC Arbre et l'inscription du projet sur le registre local des projets (cf. § I) ci-dessous), et mentionne les engagements du Porteur de projet quant aux plantations sur une durée au moins égale à la durée du projet.

Si le Porteur de projet n'est pas le propriétaire du terrain, le propriétaire devra signer un **Mandat** tripartite avec la Coopérative Carbone pour l'évaluation de la séquestration carbone, des critères d'évaluation LRTZC et l'inscription du projet sur le registre local des projets, et avec le Porteur de projet pour la cession des crédits carbone. Le Porteur de projet devra signer une **Convention de partenariat** avec la Coopérative Carbone. Ces deux documents engagent le Porteur de projet et le propriétaire du terrain sur une durée au moins égale à la durée du projet.

B) Taille minimum de projet

La Méthode fixe un seuil minimum par projet de **10 tCO_2e séquestrées par projet**, équivalent aux émissions annuelles d'un français « moyen ».

En cas de peuplement forestier, la surface minimum dépend de l'essence, de la durée du projet (10, 30 ou 50 ans) et de la densité de peuplement. Pour l'exemple d'une plantation de hêtres présentée en préambule (277 tCO_2e/ha.an à 30 ans), la surface minimum est de 360 m^2 pour 66 arbres à 30 ans.

Pour une densité plus faible, alignement ou parc arboré, l'outil ArboClimat donne une moyenne de 1,3 tCO_2/arbre stade jeune (15-30 ans) et une médiane de 1,1 tCO_2/arbre stade jeune (15-30 ans), **soit une dizaine d'arbres.** Ce nombre est bien-sûr fonction des essences retenues (et de la durée du projet 10, 30 ou 50 ans).

C) Antériorité de la parcelle

Pour être éligible aux labels internationaux, un projet d'afforestation doit concerner des espaces qui n'ont pas été boisées pendant au moins 50 ans.

Pour être éligible au Label Bas Carbone français « boisement », un projet doit concerner des parcelles qui n'ont pas été boisées pendant au moins 10 ans (orthophotographies à l'appui) et qui ne sont pas soumises à l'obligation de reboisement selon le Code Forestier. Pour être éligible au Label Bas Carbone français « haies », un projet doit concerner des linéaires qui n'ont pas été boisés pendant au moins 5 ans (orthophotographies à l'appui).

Toute parcelle qui n'aura pas été boisée[20] pendant 5 ans (orthophotographies à l'appui) et qui n'est pas soumise à une obligation de boisement est éligible au Label LRTZC Arbre.

Dans les autres cas, le Porteur de projet devra demander une dérogation à la Commission d'évaluation.

D) Ecosystèmes remarquables et espèces protégées

La compensation carbone *via* les projets de boisement ne doit pas se faire au détriment d'espèces protégées de faune ou flore ou d'écosystèmes remarquables rares telles que les mares, les zones humides ou les pelouses sèches d'intérêt communautaire, par exemple.

Le Porteur de projet devra en particulier s'assurer que la parcelle n'est pas l'objet de mesures compensatoires suite à la destruction d'écosystèmes remarquables liée à des projets d'aménagement.

Pour chaque projet, en fonction de sa localisation et de ses caractéristiques, la Commission d'évaluation se réserve la possibilité de mandater un expert pour réaliser un pré-diagnostic écologique préalable sur base des données bibliographiques existantes, voire un diagnostic écologique sur site en cas de doutes majeurs (aux frais du Porteur de projet) pour valider que le boisement prévu n'est pas préjudiciable à la biodiversité.

E) Contraintes spécifiques aux milieux urbains

Pour les plantations en milieu urbain, le Porteur de projet devra s'assurer auprès de la Commune que le projet de plantation ne vient pas en conflit avec les fonctionnalités urbaines actuelles (loisirs, sport, stationnement…).

De plus, pour de tels projets en milieu urbain, il faut s'assurer que le site est dénué de réseaux souterrains (canalisation de gaz, d'eau, électrique, etc.). Le Porteur de projet doit interroger le téléservice « réseaux et canalisation »[21] qui recense les opérateurs de réseaux. Puis en cas de réseaux à proximité, le Porteur de projet doit déclarer les projets de plantation d'arbres exploitants de ces réseaux avec une Déclaration de Travaux (DT) puis une déclaration d'intention de commencement de travaux (DICT) à chaque exploitant de réseau concerné par l'emprise du futur chantier[22].

F) Liste des essences

Pour être éligible au Label LRTZC Arbre, le projet ne doit contenir aucune espèce considérée comme espèces exotiques envahissantes : *cf.* les listes EEE de l'Observatoire de la biodiversité végétale de Nouvelle-Aquitaine[23] ou de l'Observatoire Régional des plantes exotiques ENVahissantes des écosystèmes Aquatiques de Poitou-Charente [24] de ou tout autre liste équivalente.

La liste des essences retenues pour le projet sera soumise à la Commission d'évaluation AVANT les plantations. La Commission d'évaluation se réserve la possibilité d'amender cette liste en fonction des caractéristiques pédoclimatiques locales (sols calcaire, hydromorphe en hiver ou séchant l'été, *etc.*) et des connaissances acquises sur le terrain par ses membres, sans prétention d'expertise exhaustive.

[20] Dans le cadre du Label LRTZC, un espace boisé s'entend par la présence de plus de 600 tiges à l'hectare et d'un couvert arboré sur plus de 10 % de la surface de la zone étudiée

[21] https://www.reseaux-et-canalisations.ineris.fr/gu-presentation/construire-sans-detruire/teleservice-reseaux-et-canalisations.html

[22] https://www.service-public.fr/professionnels-entreprises/vosdroits/F23491

[23] https://obv-na.fr/ofsa/ressources/5_ref_eee/GuideEEE_DIRA_CBNSA_v2020.pdf

[24] http://www.orenva.org/IMG/pdf/cbnsa_2015_-_liste_eee_poitou-charentes-1.pdf

Le Porteur de projet peut s'appuyer sur la liste proposée dans le guide Végétalisation à vocation écologique et paysagère en Nouvelle-Aquitaine[25], élaboré par les Conservatoires Botaniques en 2018.

G) Date & période de plantation

Sont éligibles les plantations qui respectent la période de plantation pendant le repos végétatif **de novembre à février, voire exceptionnellement mars si les conditions l'imposent et le permettent**.

Sont éligibles toutes les plantations qui ont été réalisées à partir de novembre 2019[26].

Pour les plantations antérieures au 1/9/2021, le Porteur de projet devra s'engager à ce que les crédits carbone correspondants qui trouveront acheteurs soient réinvestis dans d'autres projets de plantations ou de séquestration de carbone dans les sols agricoles à travers l'augmentation de la photosynthèse – augmentation des couverts végétaux, augmentation de la diversité des espèces semées en couverts ou bien en cultures principales : méteil, semences population ; réduction du travail du sol.

H) Classement de la parcelle (protection des boisements)

Le Tableau 5 (cf. § I.F) Durée fonction du niveau de protection) résume la durée sur laquelle le stockage de carbone de la plantation va être calculé (10, 30 ou 50 ans) en fonction du niveau de protection de la parcelle. Plus le niveau de protection est fort, plus la durée est élevée et plus la quantité de carbone séquestrée et les crédits carbone sont importants.

Cette disposition n'interdit pas formellement les projets en zone urbaine classée U au PLUi, mais elle incite fortement le Porteur de projet à demander le classement des parcelles concernées en « Espace Boisé Classé » afin de faire passer la durée du projet de 10 à 30 ans.

De même pour les alignements d'arbres en zone agricole, la Méthode encourage la signature d'un contrat d'engagement par l'exploitant agricole spécifiant la durée des plantations, le type de taille, le renouvellement en cas de mortalité (sécheresse, gibier…) ou après la coupe afin de bénéficier d'une durée de 30 ans au lieu de 10 ans.

I) Inscription sur le registre local

Le projet devra être au minimum inscrit sur le registre local des projets de réduction des émissions de GES et de séquestration du carbone géré par la Coopérative Carbone.

Cette inscription est convenue *via* la signature du **Mandat** avec la Coopérative Carbone qui délègue a minima à la Coopérative Carbone l'évaluation de la séquestration carbone du projet, des critères d'éligibilité au Label LRTZC Arbre et l'inscription du projet sur le registre local des projets.

Le Porteur de projet pourra au choix soit chercher lui-même les financeurs de crédits carbone, soit mandater la Coopérative Carbone pour la recherche de financement.

Dans les deux cas le **Mandat** est payant. La rémunération de la Coopérative Carbone est soit forfaitaire, soit proportionnelle aux crédits carbone effectivement financés.

[25] https://www.biodiversite-nouvelle-aquitaine.fr/vegetalisation-a-vocation-ecologique-et-paysagere-en-nouvelle-aquitaine-parution-du-guide-pour-lutilisation-darbres-arbustes-et-herbacees-dorigine-locale/

[26] Date de lancement officiel de la démarche LRTZC

J) Audit - Suivi de la mortalité et la croissance des plantations

La vérification des plantations se fera d'après factures et/ou photos[27]. La Coopérative Carbone et l'équipe LRTZC pourront aussi réaliser des visites inopinées sur site.

Comme tout label, le Label LRTZC inclut une étape de vérification de la survie des arbres plantés au bout de 3 ans. Le paiement du solde des crédits carbone est conditionné à un taux de survie des arbres plantés supérieur ou égal à 75% au bout de ces 3 ans, charge au Porteur de projet de mettre en place les mesures garantissant le succès des plantations (protection gibier, paillage, arrosage, débroussaillage…).

La Coopérative Carbone va s'inspirer des systèmes participatifs de garanties (SPG[28]) mis en place par les organisations de circuits courts pour impliquer tous les acteurs de la filière dans le suivi des projets (Porteurs de projets, propriétaires, sociétaires Coopérative Carbone, financeurs de crédits carbone). Elle mandatera un référent « SPG » inscrit sur la plateforme pour réaliser les comptages de survie des arbres à 3 ans.

En outre, pour les projets dont les tables de croissance manquent pour les essences choisies, la région pédoclimatique ou le type de taille, et pour lesquels il existe donc une forte incertitude sur la séquestration du carbone, **le Porteur de projet s'engage à faire des mesures de croissance tous les 10 ans** à partir de la plantation et au moins jusqu'à la dernière année des calculs de stockage du carbone.

Les données à mesurer et transmettre à la Coopérative Carbone dans le cadre de l'audit des projets, ou du suivi décennal pour les projets dont les tables de croissance manquent pour les essences plantées sont, pour un échantillon représentatif :

- Diamètre hauteur de poitrine (DHP) ou circonférence (C130) – *par essence*
- Hauteur (Ht) – *par essence*
- Densité (tiges/ha ou écartement si alignement) ou taux de reprise des plants (nombre de plants encore en vie/nombre de plants plantés x 100) selon le type de plantation réalisée – *toute essence confondue*.

Un premier niveau de contrôle se fera selon les informations remontées par les porteurs de projets. Le nombre de points de contrôle sera déterminé par l'auditeur externe en regard de la taille de chaque projet, afin de déterminer un échantillon représentatif des plantations effectuées sur le projet. L'emplacement des points de contrôle sera également défini par l'auditeur externe, soit au hasard, soit afin de contrôler les parcelles présentant un plus gros risque de mortalité pour les plants.

Le Tableau 6 ci-dessous précise la taille de l'échantillon représentatif en fonction du nombre d'arbres plantés. Les arbres retenus ne seront pas nécessairement les mêmes à chaque campagne de mesure.

[27] En cas de production de végétaux hors filières commerciales

[28] Par exemple pour le label Nature & Progrès. Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_participatif_de_garantie et https://www.natureetprogres.org/le-spg/

Nombre d'arbres plantés par essence (= n)	Echantillon[29] pour les mesures de croissance (= max(10 ; 0,5.√(n)))	Taux d'échantillonnage
50	10	20%
100	10	10%
250	10	4%
500	11	2%
1 000	16	2%
5 000	35	1%
10 000	50	1%

Tableau 6 – Taille de l'échantillon représentatif

Ces mesures pourront faire l'objet de « sciences participatives » avec les partenaires du projet ou de la Coopérative Carbone, en particulier les financeurs de crédits carbone. La Coopérative Carbone mandatera alors un référent « SPG » inscrit sur la plateforme pour suivre les campagnes de mesure et valider les données pour chaque campagne.

La campagne d'audit consistera à enregistrer et remonter à la Coopérative Carbone les informations concernant la densité, le diamètre et la hauteur des plants vivants sur la surface et à l'emplacement définis comme point de contrôle. Des outils de collecte de ces données pourront être mis à disposition des auditeurs par la Coopérative Carbone.

La Coopérative Carbone étudiera la qualité et la conformité des remontées par les auditeurs dépêchés sur chaque point de contrôle, et réalisera ou fera réaliser une mesure plus précise si nécessaire.

K) Géolocalisation, photographies aériennes et référencement SIG

Le Porteur de projet s'engage à fournir la géolocalisation de chaque parcelle ainsi que tous les éléments facilitant l'audit du projet :

- lien googlemaps (ou équivalent) ainsi que la capture d'écran de la parcelle
- n° de la ou les parcelles au registre cadastrale
- lien vers le PLUi, extrait des fiches PLUi
- 4 captures d'écran de la parcelle tirées du site de l'IGN https://remonterletemps.ign.fr/comparer/basic correspondant aux 4 vues : photographies aériennes, plan IGN, photographies aériennes 2006-2010, photographies aériennes 2000-2005 (et facultatif photographies aériennes historiques 1950-1965 quand elles existent)

La Coopérative Carbone s'engage a minima à enregistrer la géolocalisation pour chaque projet dans le registre local.

Le Marais Poitevin a participé au développement d'un outil SIG de suivi des plantations d'arbres[30]. La Coopérative Carbone envisage de faire de même pour suivre les projets de plantations et agricoles.

Dès que l'outil SIG de la Coopérative Carbone sera mis en place, le Porteur de projet s'engage soit à participer au référencement SIG de ses plantations sur l'outil mis à disposition par la Coopérative

[29] Echantillon par essence
[30] Cf. https://plantations.parc-marais-poitevin.fr/

Carbone, soit à le faire sur son propre outil SIG, avec accès à la Coopérative Carbone et aux financeurs de crédits carbone.

III. Calculs des co-bénéfices

Le Tableau 7 liste les co-bénéfices pris en compte et la note attribuée qui permet de calculer une note co-bénéfices dont le maximum est de 50.

Les co-bénéfices permettent de mettre en valeur les bénéficies sociaux, environnementaux et patrimoniaux des projets, au-delà de la simple séquestration du carbone.

CO-BÉNÉFICES	Description	Points
Socio-économique	Labels PEFC / FSC / Haies	4
Socio-économique	Assurance forestière	2
Socio-économique	Mutualisation broyeur	2
Socio-économique	Chantier insertion	3
Préservation Sols	Travail réduit bandes / potets	2
Préservation Sols	Couverture du sol BRF / Mulch	3
Préservation Sols	Pas de coupes à blanc	2
Biodiversité	Essences autochtones > 25%	2
Biodiversité	Essences autochtones > 50%	5
Biodiversité	2-3 essences	2
Biodiversité	4 à 8 essences	4
Biodiversité	> 8 essences	6
Biodiversité	MFR ou Plants locaux (Label Végétal Local)	4
Environnement	Maintien (une partie) des arbres morts	2
Environnement	Insertion dans une trame TVB - Trame Verte & Bleue ou réseau Natura 2000	6
Eau-érosion	Bord de berge	2
Eau-érosion	Si Haies - Implantation perpendiculaire à la pente	2
Patrimoine / cadre de vie	Espace protégé (site classé loi 1930)	3
Patrimoine / cadre de vie	Usage traditionnel	2
	Note Maximum	**50**

Tableau 7 – Liste des co-bénéfices pris en compte et note attribuée

Ces co-bénéfices seront mentionnés sur la page du projet sur la plateforme de la Coopérative Carbone.

IV. Méthode(s) de calculs

Pour chacun des projets labellisés, la Coopérative Carbone formalisera un « document de projet » mentionnant la méthode de calcul retenue, la durée du projet, les données transmises par le Porteur de projet , les hypothèses supplémentaires nécessaires et le détail des calculs permettant d'estimer la quantité de carbone séquestrée et les réductions d'émissions associées à la valorisation du bois énergie ou à l'utilisation du bois comme matériau de construction (charpente, ossature bois) ou pour fabriquer des meubles de qualité (à longue durée de vie).

A) Projets éligibles au Label Bas Carbone

Les méthodes LBC compatibles avec le Label LRTZC Arbre sont les 3 méthodes « forêt » :

- Méthode LBC boisement
- Méthode LBC reconstitution de forêts dégradées
- Méthode LBC balivage

Ainsi que les méthodes agricoles suivantes :

- Méthode LBC plantation de vergers
- Méthode LBC haies

Pour les projets éligibles au Label Bas Carbone, la priorité est l'obtention du Label LBC qui facilitera la recherche de financeurs au niveau national.

Même si le Porteur de projet ne souhaite pas demander la labellisation pour éviter les coûts d'audit et de certification, les calculs de séquestration du carbone et d'émissions évitées seront conformes à la méthode LBC correspondant au projet.

Trois tableurs sont à ce jour disponibles sur le site du Label Bas Carbone :

- Tableur boisement[31]
- Tableur plantation de vergers[32]
- Tableur haies[33]

B) Autres projets (non éligibles au Label Bas carbone)

Dans cette première version de la Méthode (V1.4 du 4/11/2021) ne sont pris en compte que **la séquestration du carbone dans la biomasse (biomasse aérienne et racinaire) des arbres, dans les sols et la litière forestière.** Les émissions de gaz à effet de serre liées aux travaux de plantation, d'entretien, d'accompagnement et d'audit des projets sont négligées. Les réductions d'émissions liées à l'utilisation des produits du bois ne sont prises en compte que dans les projets éligibles au Label Bas Carbone, conformément à la méthode retenue.

a) Stocks de carbone dans les sols (et la litière)

Les données de stock de carbone dans les sols en fonction du type de couverture végétale varient d'une source à l'autre. Bien évidemment, la teneur en carbone des sols agricoles dépend des conditions pédoclimatiques, des pratiques culturales et de l'historique de la parcelle (ex. date de mise en culture

[31] https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Calculateur%20verrouill%C3%A9%20Vdef.xlsx
[32] https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Tableur%20Plantation%20de%20vergers.xlsx
[33] https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Tableur%20haies.xlsx

après retournement de prairies permanentes) (cf. Rapport 4/1000 de l'INRAe[34]). Les valeurs rassemblées dans le Tableau 8 ci-dessous qui compare les données de la méthode LBC Boisement et de l'outil ALDO sont des moyennes nationales. Dans un souci de conformité avec la méthode Boisement, la Méthode LRTZC Arbre s'en rapproche autant que possible, tout en rajoutant les données ALDO corrigées à la baisse par souci de cohérence d'ensemble.

Stock de carbone dans les sols (tC/ha)	LBC Boisement Stock à l'équilibre (durée ≥ 30 ans)	Outil ALDO (France)	LRTZC Arbre Stock à l'équilibre (durée ≥ 30 ans)
Sols artificiels sans végétation	-	30	**30**
Friches enherbées	-	74,4	**70**
Vignes	32	39	**32**
Vergers	32	46	**45**
Cultures	45	48,6	**45**
Praires permanentes	70	74,4	**70**
Forêts (hors litière)	70	72,2	**70**
Litière forestière seule	10	9	**10**
Zones humides	-	125	**125**

Tableau 8 – Stocks de carbone dans les sols en fonction du type d'occupation du sol

A noter que l'outil ALDO donne accès à des données plus locales par EPCI pour les cultures, les prairies, les forêts et les sols artificialisés sans végétation. La Méthode LRTZC Arbre autorise le recours à ces valeurs plus locales.

Soit C_0 le stock de carbone dans le sol avant plantation selon le type d'occupation précédente (à sélectionner dans le Tableau 8), la séquestration de carbone après plantation (sol + litière) $\Delta S(n)$ sera :

Projet d'une durée n ≥ 30 ans : $\Delta S(n \geq 30 \text{ ans}) = (70 - C_0).(1 - e^{-0,\,0175.n}) + 10$ (tC/ha)

Projet d'une durée n < 30 ans : $\Delta S(n < 30 \text{ ans}) = (70 - C_0).(1 - e^{-0,\,0175.n}) + n.10/30$ (tC/ha)

Les 10 tC/ha correspondant à la litière ne seront prises en compte que pour les « plantations forestières ». La litière sera considérée comme négligeable ou exportée pour les alignements en ville ou agricoles, pour les parcs arborés en ville et pour les vergers.

Pour les alignements d'arbres (en ville ou en zone agricole), la surface de sol considérée sera celle correspondant à la banque « toujours » en herbe au pied des arbres, à condition qu'elle ne soit pas interrompue entre les arbres et qu'elle fasse une largeur d'au moins 3 m. Dans le cas contraire (interruption entre les arbres ou largeur < 3 m), le stockage de carbone dans les sols n'est pas pris en compte.

Le delta stock obtenu est à convertir en tCO_2/ha avec le facteur 3,6 = 44/12.

b) Projets de type « plantations forestières »

Pour les projets LRTZC Arbre de type plantations forestières (densité de plantation > 900 tiges/ha), la méthode de calcul retenue sera fortement inspirée de la méthode LBC Boisement[35].

[34] Stocker 4 pour 1000 de carbone dans les sols : le potentiel de la France https://www.inrae.fr/actualites/stocker-4-1000-carbone-sols-potentiel-france

[35] https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2019-10/M%C3%A9thode%20boisement.pdf

Le stockage de carbone retenu est celui de la biomasse des arbres (biomasse aérienne B_A et biomasse des racines B_R), ainsi que le stockage de carbone dans la litière et les sols (cf. § *IV.B)a)* ci-dessus).

Les données nécessaires aux calculs sont la liste des essences plantées, la densité de plantation et pour les principales essences plantées, la table de croissance associée correspondant au climat et à la classe de fertilité de la parcelle. Les formules et les autres données sont fournies par la méthode LBC et résumées dans la Figure 4 et l'Annexe 1.

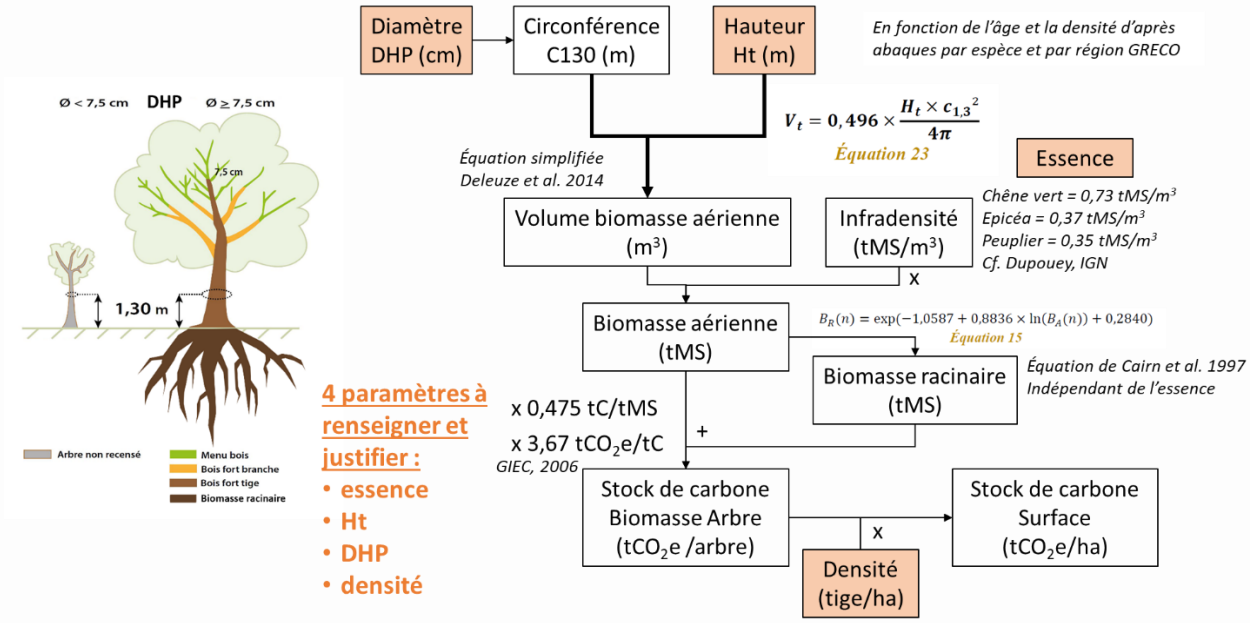


Figure 4 – Résumé des calculs de stockage de carbone dans la biomasse « arbre » forêt (aérien + racines)

C) Projets de type « arbre en ville » : parcs et alignements d'arbres

Ce paragraphe s'applique aux projets de faible densité de plantation (au moins 10 m entre chaque arbre de haut jet et 5 m entre chaque arbre fruitier/petit arbre, soit une surface respective de 100 et 25 m² par arbre, soit une densité de plantation respective de 100 arbres de haut jet/ha et 400 arbres fruitiers/petits arbres/ha). Ces projets doivent inclure un entretien poussé des plantations permettant un taux de survie proche des 100 % : protection renforcée des plantations, débroussaillage et arrosage si besoin pendant les 3 à 5 premières années. En cas de doute, le taux de survie pourra être paramétrable et les calculs porteront sur les arbres vivants à 30 ans (et non pas sur les arbres plantés).

Les deux premières versions de la Méthode recommandaient l'utilisation de l'outil ArboClimat.

Une première utilisation en « conditions réelles » sur le projet de boisement du captage de FRAISE a mis en évidence que les données proposées dans l'outil n'étaient pas adaptées pour des arbres jeunes (30 ans). En effet, il donnait un stockage de l'ordre de 2 tCO_2e/arbre au bout de 30 ans alors que quelques mesures réelles sur des arbres plantés il y a 25 ans dans la Sarthe (chênes, dont chêne rouge d'Amérique à croissance rapide pour un chêne) donnaient des valeurs de l'ordre de 300 à 600 $kgCO_2e$/arbre à 25 ans pour les arbres les plus remarquables, que l'on pourrait extrapoler à 400 à 800 $kgCO_2e$/arbre à 30 ans pour les plus beaux spécimens (cf. Annexe 3). Les calculs ont été fait à la fois avec les formules de la Méthode LBC Boisement et avec les formules rassemblées dans l'Urban Tree Database de l'US Departement of Agriculture[36]. Les deux séries de formules s'appuient sur des mesures dendrométriques

[36] UTD – USDA : https://data.nal.usda.gov/dataset/urban-tree-database

(DHP et Ht) et donnent des résultats relativement proches (contrairement à ArboClimat). Cependant aucune de ces deux sources ne permet de relier les mesures dendrométriques à l'âge.

Nous retenons donc la valeur prudente pour les arbres de haut jet[37] de 500 kgCO_2e/arbre au bout de 30 ans (densité <100 arbres/ha) et pour les petits arbres/arbres fruitiers[38] la valeur de 150 kgCO_2e/arbre au bout de 30 ans issue de la Méthode LBC Vergers (densité <400 arbres/fruitiers/ha) (cf. Annexe 4), avec un total ne pouvant pas dépasser 75 tCO_2e/ha au bout de 30 ans (cf. § IV.E) et IV.F)).

Ces valeurs sont cohérentes avec la Méthode LBC Ville Arborée dans sa version de novembre 2023 proposée par la Société Forestière de la Caisse des dépôts. Cette méthode fait référence à l'outil Arbre-en-ville qui n'est autre que la 3ème version de l'outil ArboClimat mis à jour par le cabinet de conseil Nepsen[39].

L'outil Arbre-en-ville V3.xlsx prévoit 6 classes d'arbres : 2 familles - conifères / feuillus et 3 classes de croissance : lente – moyenne – rapide (cf. Tableau 9).

Essences	Stockage carbone cumulé à 10 ans (kgCO_2e/arbre)	Stockage carbone cumulé à 30 ans (kgCO_2e/arbre)
Conifère Croissance lente	30	274
Conifère Croissance moyenne	59	611
Conifère croissance rapide	101	1 116
Feuillu Croissance lente	51	405
Feuillu Croissance moyenne	97	855
Feuillu Croissance rapide	159	1 502

Tableau 9 – Extrait des données stockage carbone de l'outil Arbre-en-Ville v3 Nepsen (mai 2022)

Ces valeurs sont encore élevées comparé aux quelques relevés terrains réalisés par la Coopérative Carbone (mais plus basses que celles de ArboClimat V1). Il est surprenant que les feuillus aient une croissance plus rapide que les conifères. N'ayant pas (encore) eu accès aux sources bibliographiques utilisées par Nepsen et dans l'attente d'une revue par les pairs de l'outil envisagée par la Société Forestière CDC dans le cadre de la rédaction de la Méthode LBC Ville Arborée, nous n'avons pas souhaité retenir ces valeurs pour l'instant.

Le corollaire de ces valeurs par défaut est le nombre d'arbres minimum pour atteindre la taille minimum par projet de 10 tCO2e (cf. § II.B) : 20 arbres de haut jet ou 67 arbres fruitiers/petits arbres pour une parcelle en zone protégée N ou A avec engagement propriétaire (calcul sur 30 ans).

D) Arbres têtards

Le projet de plantation des arbres têtards du Marais Poitevin est un premier exemple de projet qui ne correspond ni aux « plantations forestières », ni à l'outil ArboClimat car les arbres sont taillés en trogne, ni au LBC haies car il s'agit uniquement d'alignement d'arbres sans arbustes, ni taillis entre les arbres.

Concernant la séquestration de carbone dans les sols et la litière, elle est considérée comme nulle car il n'y a pas de changement d'état des sols (cf. § *IV.B)a) Stocks de carbone dans les sols (et la litière)*).

[37] Arbres de haut jet : chêne, châtaigner, noyer, tilleul, pin maritime, cèdre, hêtre, merisier
[38] Petits arbres/arbres fruitiers : érable champêtre, cormier, pommier, prunier, poirier
[39] https://nepsen.fr/

Concernant le stockage de carbone dans la biomasse, nous avons extrait, pour les 6 essences plantées, toutes les données disponibles dans la base de données ArboClimat (cf. Tableau 10)

Essences	Age max *(ans)*	Ht max *(m)*	DHP max *(cm)*	Classe croissance	DHP 15 ans *(cm)*	DHP 25 ans *(cm)*	Infradensité *(tMS/m³)*	Stock jeune *(tCO_2/arbre)*	Stock adulte *(tCO_2/arbre)*	Stock max *(tCO_2/arbre)*
Erable champêtre	75	10	65	II	20	39	0,410	1,7	3,2	5,4
Peuplier noir	50	25	70	I	22	42	0,246	1,0	2,0	3,3
Orme champêtre résistant	50	12	86	V	15	30	0,355	0,9	1,8	5,0
Chêne pédonculé	100	20	85	VII	12	24	0,382	0,8	1,5	5,4
Saule blanc	50	15	100	I	22	42	0,218	0,5	1,1	3,1
Aulne glutineux	50	25	100	I	22	42	0,246	0,8	1,5	3,6

Tableau 10 – Données ArboClimat pour les 6 essences plantées dans le Marais Poitevin

A partir de ces données, nous avons extrapolé la hauteur (Ht) sans taille et le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) à 10 et 30 ans en utilisant la fonction TENDANCE sous *Excel*.

Nous avons considéré que les arbres étaient taillés en « têtard » ou en « trogne » à une hauteur de 2 m en moyenne quand le diamètre atteignait environ 10 cm, soit tous les 7 ans pour l'érable, le peuplier, le saule et l'aulne, tous les 9 ans pour l'orme et tous les 10 ans pour le chêne.

La décision a été ensuite d'estimer le volume de bois à partir de la formule du cylindre : $V = \pi.DHP^2/4.Hm$ avec Hm une hauteur moyenne supérieure à celle de la coupe à 2 m et tenant compte de la hauteur de pousse moyenne des branches entre chaque coupe (et divisée par deux).

Le stockage de carbone est ensuite calculé comme dans la Figure 4 à partir de l'infradensité de chaque essence (cf. Tableau 11).

Essences	DPH (10 ans) *(cm)*	DPH (30 ans) *(cm)*	Hm (10 ans) *(m)*	Hm (30 ans) *(m)*	V (10 ans) *(m³)*	V (30 ans) *(m³)*	Infradensité *(tMS/m³)*	Stock 10 ans *(tCO_2/arbre)*	Stock 30 ans *(tCO_2/arbre)*
Erable champêtre	15	45	2,2	2,8	0,037	0,446	0,410	0,026	0,318
Peuplier noir	16	49	3,9	3,9	0,077	0,742	0,246	0,033	0,318
Orme champêtre résistant	11	35	1,5	2,7	0,015	0,255	0,355	0,009	0,157
Chêne pédonculé	9	28	2,1	3,0	0,013	0,184	0,382	0,009	0,123
Saule blanc	16	49	2,4	2,8	0,046	0,531	0,218	0,018	0,202
Aulne glutineux	16	49	3,4	3,4	0,066	0,633	0,246	0,028	0,271

Tableau 11 – Stockage de carbone dans les arbres têtards du Marais Poitevin

Les premières observations réalisées à l'automne 2021 sur des plantations « test » âgées de 2 à 3 ans montrent une mortalité pouvant atteindre 20%.

Avec 3 000 arbres plantés pour chaque essence et un taux de mortalité de 20%, le stockage de carbone associé aux plantations du Marais Poitevin atteint 300 tCO_2e au bout de 10 ans et 3 300 tCO_2e au bout de 30 ans, soit une moyenne de 232 $kgCO_2e$/arbre vivant au bout de 30 ans et par 185 $kgCO_2e$/arbre planté.

Ces calculs sont certes approximatifs mais ils nous semblent conservateurs car ni la biomasse racinaire, ni les réductions d'émissions associées à l'utilisation des produits du bois issus des tailles régulières ne sont pris en compte dans le calcul.

E) Valeurs par défaut pour des boisements de type « forêts »

Pour pouvoir instruire les petits projets de boisement par des organisations non spécialisées dans l'exploitation forestière (donc ne disposant pas de tables de production spécifiques aux essences et à la localisation retenues) et sans vocation productive (bois énergie et/ou matériaux), il est proposé des valeurs par défaut et un tableur associé qui tient compte du niveau de protection de la parcelle et donc de la durée du projet qui en découle :

- Calcul_stock_CO2_par_défaut_boisement_LRTZC_Arbre.xlsx V1.0 du 9/11/2021

Ces valeurs par défaut sont valables, faute de mieux, **pour des projets de boisement d'une densité d'arbres vivants à 3 ans d'au moins 800 tiges par ha** (soit des plantations de 1000 à 1200 tiges/ha pour une mortalité de 20-25%).

Sur les 800 tiges par ha vivantes au bout de 3 ans, au moins 50% du peuplement (au moins 400 tiges/ha) doit être constitué d'essences éligibles aux aides au boisement (arrêtés MFR pour la Région Nouvelle-Aquitaine[40]). Le peuplement doit être constitué d'au moins 5 essences différentes dont au moins deux feuillus, les feuillus représentant au moins 60% des plants.

A la date de clôture de la première version (V1.4 du 4/10/2021), les seules tables de production rassemblées sont celles de l'ouvrage Tables de production pour les forêts françaises de N. Decourt (1973) et B. Vannière (1984) publié par ENGREF. Pour chaque essence et localisation, nous avons utilisé les données de la classe la moins productive (et des deux classes les moins productives pour le hêtre Nord-Est). La Figure 5 ci-dessous montre une grande diversité de vitesse de croissance des boisements en fonction des essences plantées et de la localisation. Elle montre également que le volume à 10, 30 ou 50 ans (dates retenues dans cette Méthode pour compter le stock de carbone en fonction du niveau de protection de la parcelle et du boisement cf. § I.F)) est encore relativement faible (sauf pour le douglas).

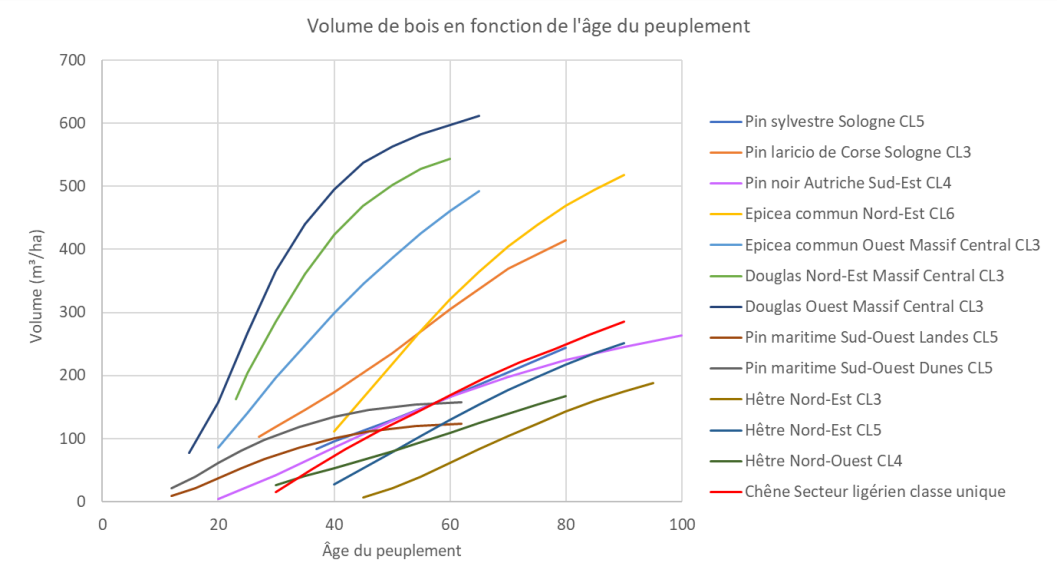


Figure 5 – Volume de bois en fonction de l'âge du peuplement pour différentes essences et localisations

Pour chacune de ses courbes, nous avons estimé le volume de biomasse aérienne à 10, 30 et 50 (m^3/ha) corrigé du ratio de production des grandes régions GRECO (cf. Tableau 12).

Nous avons calculé la quantité de biomasse aérienne B_A (tMS/ha) en fonction de l'infradensité par essence (cf. Annexe 1).

	Production (m^3/ha/an)	Indice de correction
Sud-Ouest océanique (F)	4,54	1
Grand ouest cristallin et océanique (A)	5,71	0,80
Centre Nord semi-océanique (B)	5,81	0,78
Grand Est semi-continentale (C)	5,56	0,82
Massif Central (G)	4,89	0,93
Alpes (H)	3,66	1,24

Tableau 12 - Indice de correction en fonction de la productivité des grandes régions forestières (GRECO)

[40] Tableau arrete_mfr_-_annexes_31_et_32_cle813729.xlsx pour l'Arrêté du 8 février 2021 – Région Nouvelle-Aquitaine téléchargeable sur https://agriculture.gouv.fr/materiels-forestiers-de-reproduction-arretes-regionaux-relatifs-aux-aides-de-letat-linvestissement

Nous avons estimé la biomasse racinaire B_R à partir de la formule simplifiée $B_R = 25\%.B_A$ puis nous avons suivi le processus indiqué sur la Figure 4 pour calculer le stock de carbone dans la biomasse aérienne et racinaire à 10, 30 et 50 ans.

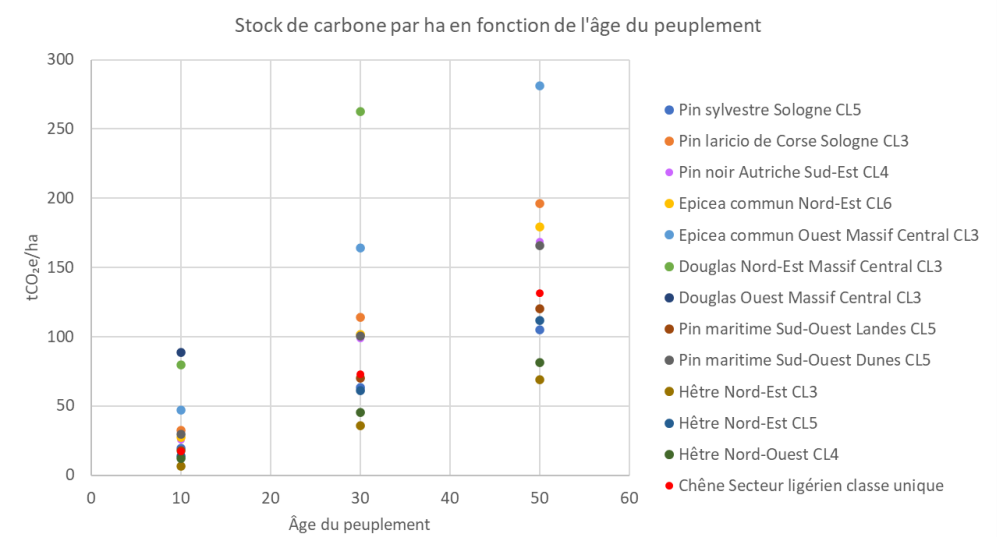


Figure 6 – Stock de carbone dans la biomasse aérienne et racinaire à 10, 30 et 50 ans pour quelques essences

La Figure 6 ci-dessus montre l'ordre de grandeur et la dispersion des valeurs obtenues.

De ces calculs, nous retiendrons les valeurs par défaut pour le stock de carbone dans la biomasse aérienne et racinaire des arbres pour les projets de plantations de type « forêt » en l'absence de données plus précises sur la croissance des essence plantés de :

- **20 tCO_2e/ha au bout de 10 ans**
- **75 tCO_2e/ha au bout de 30 ans**
- **140 tCO_2e/ha au bout de 50 ans**

Stock de carbone dans les arbres auquel pourra éventuellement se rajouter l'évolution du stock de carbone dans les sols et la litière (cf. § IV.B)a)).

Le corollaire de ces valeurs par défaut est le calcul de la surface minimum de boisement pour atteindre la taille minimum par projet de 10 tCO_2e (cf. § II.B) :

- 5 000 m² si parcelle non protégée (calcul sur 10 ans)
- 1 333 m² si parcelle en zone protégée N ou A avec engagement propriétaire (calcul sur 30 ans)
- 714 m² si protection renforcée de type ORE (calcul sur 50 ans)

F) Pour les projets de densité intermédiaires (entre 100 et 800 arbres/ha)

Le paragraphe précédent s'applique aux boisements denses (800 tiges/ha après 3 ans) et le § IV.C) au boisement de type parc (distance entre arbre de haut jet >10 m soit une densité de 100 arbres/ha).

D'après le § IV.C) un projet de plantation de 100 arbres de haut jet par ha (un arbre tous les 10 m) permettrait de stocker 50 tCO_2e/ha sur 30 ans, là où un projet de boisement (800 tiges à 3 ans, soit un arbre tous les 3,5 m) permettrait de stocker 75 tCO_2e/ha sur 30 ans d'après le § IV.E)

Pour les boisements de densité intermédiaire, nous retiendrons la valeur minimum calculée pour chacun des deux modes de calculs.

G) Adaptation du Label Bas Carbone Haies pour des plantations de haies

Dès les années 2000, le Département de la Charente-Maritime a lancé en partenariat avec la Chambre d'agriculture un dispositif d'aide à la plantation d'arbres : le programme EVA 17 (Programme d'Entretien et de Valorisation de l'Arbre). En novembre 2021, près de 540 km de haies et 34 hectares de bosquets avaient été plantés en 20 ans[41]. Le budget (qui comprend à la fois la plantation et les dépenses associées, mais également l'animation du dispositif) est passé de 150 000 €/an dans les années 2010 à 300 000 €/an en 2021.

La Charente-Maritime reste néanmoins le département le moins boisé de la Nouvelle-Aquitaine[42] et l'agglomération de La Rochelle se retrouve être la 3ème agglomération la moins boisée de France[43] : la reconnaissance, voire valorisation du stockage de carbone par les agriculteurs et les communes engagées dans la démarche EVA 17 pourra être un argument complémentaire pour le passage à l'action.

Pour la majorité des exploitations agricoles du territoire, le linéaire de haies est inférieur à celui des régions bocagères du Nord-Ouest où l'enjeu est avant tout la sauvegarde et la réhabilitation du patrimoine existant d'où les règles de calcul de la Méthode LBC Haies[44] : mise en place obligatoire d'un PGDH – Plan de gestion durable des haies (coût estimé autour de 1500 €/exploitation) et un gain carbone de +32% sur le linéaire existant entre le scénario de référence (tendance nationale) et le scénario LBC Haies avec gestion durable (PGDH).

En ce qui concerne notre territoire, la priorité est aux plantations (avec un objectif évident de durabilité et de bonne gestion à termes). La Méthode Label LRTZC Arbre propose de s'appuyer sur les données de la Méthode LBC Haies avec les correspondances suivantes :

- Haies « hautes » EVA = haies pluristrates LBC Haies
- Haies « intermédiaires » EVA = haies taillis LBC Haies
- Haies « basses » EVA = haies arbustives LBC Haies

Puis d'appliquer les rabais liés à la région GRECO (-20% entre Nouvelle-Aquitaine et Grand-Ouest) et au risque de non-permanence (-10%) (cf. Tableau XIV p.45-46 du LBC Haies)[45].

La durée des projets est de 15 ans renouvelables, au lieu de 30 ans en raison essentiellement du fait que les agriculteurs sont souvent fermiers et non propriétaires des terrains qu'ils exploitent et plantent.

Compartiment	**Stockage de carbone** *(tCO_2e/kml.an)*	***Source LBC Haies***	**Après Rabais[45] GRECO (20%) et risque non permanence (10%)** *(tCO_2e/kml.an)*
Biomasse totale (aérienne et racinaire) gestion durable - Haies pluristrates (Ctotp-Hpl)	5,90	*Tableau IX p.33*	4,24
Biomasse totale (aérienne et racinaire) gestion durable - Haies taillis (Ctotp-Ht)	8,90	*Tableau IX p.33*	6,41
Biomasse totale (aérienne et racinaire) gestion durable - Haies arbustives (Ctotp-Hb)	1,80	*Tableau IX p.33*	1,30

[41] https://la.charente-maritime.fr/sites/charente_maritime/files/2021-12/CP-PROGRAMME-EVA-2021.pdf
[42] https://observatoire-nafu.fr/outils-et-services/publications-thematiques/chiffres-cles/
[43] https://www.lelynx.fr/energie/comparateur-electricite/fournisseur-electricite-verte/espaces-verts-villes-vertes-france-2021/
[44] https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/M%C3%A9thode%20haies%20LBC%20VF.pdf
[45] Reste à clarifier si les rabais s'additionnent (cf. outil calcul Haies AOCA) ou se multiplient (Equation 10 – méthode LBC Haies)

Biomasse du sol (0-15 ans)	3,21	*Tableau XI p.39*	2,31
Biomasse du sol (15-30 ans)	1,62	*Tableau XI p.39*	1,17
Total Haies hautes (0-15 ans)	9,11		**6,56**
Total Haies intermédiaires (taillis) (0-15 ans)	12,11		**8,72**
Total Haies basses (0-15 ans)	5,01		**3,61**

Tableau 13 – Stockage de carbone dans les haies pluristrates plantées dans le cadre du programme EVA 17 (ou équivalent)

Pour les communes et les exploitations agricoles engagées dans le programme EVA 17 dont le linéaire total de haies ne permettrait pas de couvrir les frais du PGDH, nous utiliserons par exemple les valeurs suivantes pour des plantations de haies « hautes » ou pluristrates : 6,56 tCO_2e/kml.an pour les 15 premières années (0-15 ans) et 5,41 tCO_2e/km.an pour les 15 années suivantes (15-30 ans). Nous considérons en effet que la sélection des bénéficiaires et l'animation par le programme EVA 17 garantissent la gestion durable des haies. Le bénéficiaire, agriculteur ou commune, devra en outre s'engager dans le mandat tripartite avec la Chambre d'agriculture (agriculteurs, particuliers) ou le Conseil Départemental (communes) et la Coopérative Carbone à consacrer la totalité de la vente des crédits carbone à la gestion durable des haies ou à la mise en place de pratiques agricoles permettant un stockage accru de carbone dans les sols.

H) Valorisation des produits du bois

Au moins trois types de valorisation des produits du bois des projets de plantation sont envisageables : bois énergie en substitution d'énergie fossile, bois d'œuvre ou de construction et même valorisation agronomique sous forme de BRF contribuant à la séquestration de carbone dans les sols.

A date, aucun des projets soumis à la Commission d'évaluation ne prévoit cette valorisation : la Méthode sera enrichie ultérieurement en cas de besoin à partir de la Méthode LRTZC Arbre.

V. Rabais

A) Incertitudes

La Commission d'évaluation a considéré que les incertitudes sur les calculs de séquestration du carbone étaient aussi bien à la baisse qu'à la hausse et n'a pas souhaité appliquer de rabais supplémentaire d'autant que les valeurs par défaut proposées sont très conservatrices.

B) Risque(s) de non-permanence

Le seul risque de non-permanence pris en compte est le risque « incendie » pour les départements concernés par l'obligation d'un plan départemental de protection des forêts contre l'incendie (PDPFCI).

Pour chacun des départements concernés, il conviendra de consulter le PDPFCI approuvé par le préfet et d'en déduire le rabais associé en fonction du classement de la parcelle (cf. Tableau 14)

Niveau de risque	**Rabais**
Pas de PDPFCI ou risque négligeable	Aucun
Risque faible ou très faible	5%
Risque moyen	10%
Risque fort ou très fort	15%

Tableau 14 – Valeur du rabais « risque incendie » en fonction du classement de la parcelle dans le PDPFCI

En effet, l'objectif du Label LRTZC Arbre est de créer une dynamique de plantations d'arbres sur le territoire. La Commission d'évaluation est bien consciente des incertitudes sur des calculs basés sur des abaques correspondant à des années passées avec une concentration de CO_2 plus faible dans l'atmosphère (donc moins de photosynthèse) mais également des aléas climatiques moins fréquents.

La Commission d'évaluation considère que le risque « incendie » pris en compte est corrélé et inclus le risque de non-croissance par manque d'eau et les aléas climatiques.

L''esprit de la Méthode ne s'inscrit pas dans une comptabilité stricte de « compensation » mais plutôt dans une mobilisation collective en faveur d'une « contribution » de chacun à l'effort climatique, que ce soit en montant et en réalisant les projets de réduction et de séquestration ou bien en les accompagnant et en les finançant.

VI. Evaluation économique et additionnalité

A) Additionnalité

Seules sont prises en compte les réductions d'émissions et la séquestration du carbone qui ont lieu EN PLUS de celles qui auraient eu lieu en l'absence de projet. Il faut donc calculer les réductions d'émissions et la séquestration de carbone obtenues en plus grâce au projet par rapport à une situation de référence qui doit être clairement exposée dans le dossier de présentation du projet et justifiée.

Pour obtenir le Label LRTZC Arbre, le Porteur de projet doit démontrer à travers une analyse économique globale incluant le projet (*cf.* Budget prévisionnel ci-dessous) que les crédits carbone seront utilisés pour le programme de plantations et/ou l'entretien des plantations réalisées.

En aucun cas les crédits carbone ne peuvent être une source de « profit », ils doivent être dans leur totalité fléchés vers des actions de réduction d'émissions ou de séquestration de carbone.

B) Budget prévisionnel du projet

Le Porteur de projet devra fournir à la Coopérative Carbone un budget prévisionnel, incluant l'ensemble des dépenses et les éventuelles recettes liées au projet sur la durée retenue pour les calculs carbone, auquel se rajouteront les frais d'instruction par la Coopérative Carbone et en cas de dépôt LBC, les frais de mandataire et d'audit externe. Ce budget sera tenu à disposition des candidats à l'achat de crédits carbone.

VII. Pièces justificatives

A) Projets soumis au Label Bas Carbone

Se référer à la méthode LBC correspondante.

B) Projets non éligibles au Label Bas carbone

Thème	Pièce	Commentaire
Identité du Porteur de projet et bénéficiaire des crédits carbone	Nom, prénom, tél, mail du contact Entreprise : SIRET Association : inscription RNA Collectivité : SIREN RIB	
Localisation exacte de la parcelle / des parcelles	Nom du Propriétaire, Code postal, commune, n° parcelle(s) cadastre(s), géolocalisation : latitude (S -90, 90 N) et longitude (O -180, 180 E) adresse postale (le cas échéant)	A fournir pour chacune des parcelles si plusieurs parcelles concernées Lien googlemaps (ou équivalent)
Droit de propriété	« Extrait de matrice cadastrale nominatif » ou acte notarié	Dérogation uniquement pour projet collectif (> 10 propriétaires) et si le **Porteur de projet** s'engage à faire la vérification lui-même avant la signature des Mandats
Accord du propriétaire	Mandat signé par le propriétaire du terrain	
Convention de partenariat	Convention de partenariat signée	Si le Porteur de projet n'est pas le propriétaire du terrain, celui-ci s'engage à faire signer le Mandat à qui de droit
Justificatif du niveau de protection et/ou de classement de la parcelle	Extrait de PLUi ou tout autre registre de protection	Pour les changements de PLUi et classement EBC en attente, un engagement écrit du Conseil Municipal en attente du classement définitif
Pré-diagnostic ou diagnostic écologique (sur demande Commission d'évaluation)	Pré-diagnostic ou diagnostic écologique ou étude d'incidence Natura 2000 ou autre étude équivalente	En fonction de la sensibilité de la parcelle et de l'analyse des risques « espèces protégées » / « habitat remarquable » par la Commission d'évaluation
Vérifications « réseaux et canalisations »	Résultat consultation téléservice « réseaux et canalisations » Si besoin : DT - déclaration travaux Si besoin : DICT - déclaration d'intention de commencement de travaux	En milieu urbain essentiellement (ou si oléoduc, gazoduc…)
Si plantations antérieures au 1/9/2021	Engagement écrit du Porteur de projet à réinvestir les crédits carbone dans des projets de séquestration du carbone	
Liste des essences plantées	Liste des essences plantées avec le nombre de plants par essence et la densité totale de plantation	
Données pour les calculs carbone	Pour chaque essence, densité plantation (tige/ha) et prévisionnelle à 30 ans, hauteur Ht et diamètre (DHP) à 30 ans, type de projet : forêts, alignements, vergers…	La Coopérative carbone fournira la liste en fonction du type de projet
Budget prévisionnel	Dépenses & recettes	Dont conseils, entretien et audit éventuel sur la durée du projet
Calcul des co-bénéfices et pièces justificatives	Pour chaque co-bénéfice revendiqué, l'argumentaire et les pièces justificatives correspondantes	

Thème	Pièce	Commentaire
Photos	Vues aériennes actuelles (ex. Googlemaps ou équivalent) et passées via la plateforme « Remonter le temps » de l'IGN Matrice cadastrale Vue de la parcelle avant plantation, après plantation et au fur et à mesure du projet (tous les 10 ans)	Cf. § II.K) : aux 4 vues IGN :photographies aériennes, plan IGN, photographies aériennes 2006-2010, photographies aériennes 2000-2005
Preuves des plantations	Factures ou photos pour les plants Factures ou photos pour la plantation	La Coopérative Carbone et l'équipe LRTZC pourront aussi réaliser des visites inopinées sur site.

Annexe 1 – Infradensité des principales essences forestières

Source : Méthode LBC Boisement d'après IGN, d'après Dupouey, 2002

Essence Infradensité	(tMS/m^3)
Alisier torminal	0,62
Arbousier	0,64
Aulne vert	0,42
Grands aulnes	0,42
Bouleaux	0,52
Cèdre de l'Atlas	0,36
Charme	0,61
Charme-houblon	0,66
Châtaignier	0,47
Chêne chevelu	0,67
Chêne-liège	0,7
Chêne pédonculé	0,54
Chêne pubescent	0,65
Chêne rouge d'Amérique	0,56
Chêne rouvre (sessile)	0,58
Chêne tauzin	0,64
Chêne vert	0,73
Chênes indifférenciés	0,56
Cornouiller mâle	0,74
Cyprès	0,4
Cytise aubour	0,6
Douglas	0,43
Epicéa commun	0,37
Epicéa de Sitka	0,36
Grands érables	0,51
Petits érables	0,56
Eucalyptus	0,56
Genévrier thurifère	0,48
Hêtre	0,55
Frênes	0,56
Fruitiers	0,58
If	0,58
Mélèze d'Europe	0,48
Mélèze du Japon	0,42
Merisier	0,5
Micocoulier	0,55
Mûrier	0,53
Noisetier	0,52
Noyer	0,52
Olivier	0,75
Ormes	0,52
Peupliers cultivés	0,35
Peupliers non cultivés	0,37

Annexe 2 – Paragraphe obsolète (V1 et V2) sur ArboClimat

Ce paragraphe est obsolète. Il est laissé provisoirement « pour mémoire » en attendant une solution satisfaisante.

A) Projets de type « arbre en ville »

L'outil ArboClimat[46] fournit pour chaque essence un diamètre (m) et une surface maximale du houppier en (m^2) qui permettent de calculer un écartement minimum entre les arbres alignés ou bien une densité de plantation maximale à respecter pour que les arbres puissent s'épanouir conformément aux données de l'outil.

Pour les projets LRTZC dont la densité de plantation est compatible avec l'outil ArboClimat, la quantité de carbone stockée sera calculée à partir de l'outil ArboClimat, sans décote, même si celui-ci a été conçu pour les Hauts de France dont les conditions pédoclimatiques sont différentes.

Pour les projets d'une durée de 10 ans, le stock de carbone à 10 ans retenu sera le stock au stade « stade jeune ».

Pour les projets d'une durée de 30 ans, le stock de carbone à 30 ans retenu sera le maximum des deux valeurs : max(stock au stade « stade jeune » ; stock au stade « mature » x 30 / longévité).

Pour les projets d'une durée de 50 ans, le stock de carbone à 50 ans retenu sera le maximum des deux valeurs : max(stock au stade « adulte » ; stock au stade « mature » x 50 / longévité).

A noter que la biomasse racinaire n'est pas prise en compte dans l'outil ArboClimat car le développement racinaire en ville est très peu documenté et il y a une divergence des avis scientifiques.

[46] http://www.arbre-en-ville.fr/arboclimat/

Annexe 3 – Mesures dendrométriques et calculs stocks CO_2e

Mesures terrain et calculs du stockage de carbone selon la Méthode LBC Boisement et les équations allométriques de l'Urban Tree Database USDA, pour 5 arbres remarquables (les plus beaux spécimens) issus de plantations de 25 ans dans la Sarthe.

	Mesures terrain			LBC Boisement		UTD USDA
Essence	**Âge**	**H (m)**	**DHP (m)**	**BR/BA**	**Arbre = BA+BR ($kgCO_2e$/arbre)**	**DW ($kgCO_2e$/arbre)**
Chêne rouge d'Amérique	25	13,2	0,24	57%	**453**	**355**
Chêne pédonculé (ou sessile)	25	12,4	0,21	59%	**310**	**371**
Chêne rouvre = chêne sessile (ou pédonculé)	environ 30	13,9	0,33	52%	**907**	**1152**
Merisier (= Cerisier des oiseaux)	environ 20	10,1	0,19	63%	**194**	**287**
Chêne rouge d'Amérique	25	14,5	0,25	56%	**528**	**396**

Tableau 15 – Exemples de mesures terrain

Annexe 4 – Extrait Méthode LBC Vergers

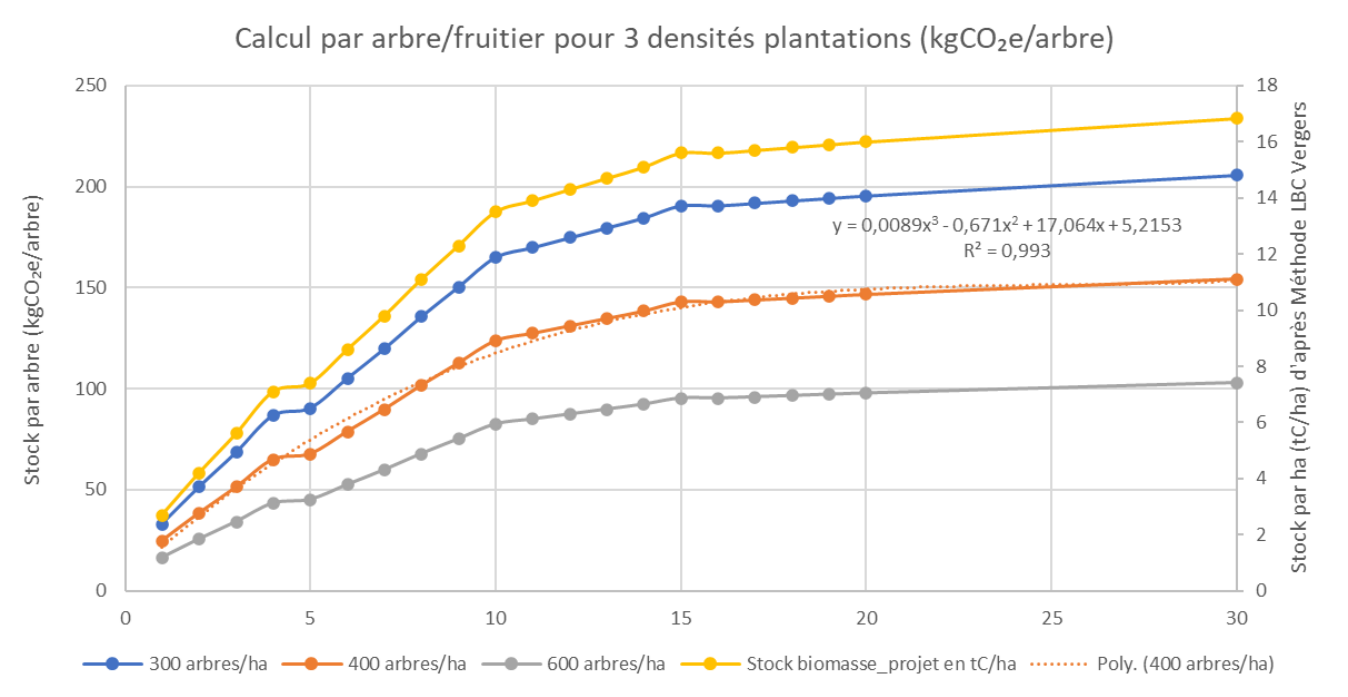


Figure 7 – Stockage de carbone dans les arbres fruitiers – extrait Méthode LBC Vergers