

GFI FRANCE VALLEY
PATRIMOINE

BILAN CARBONE FORESTIER

MÉTHODOLOGIE
AVRIL 2020



GREENFIN LABEL
FRANCE FINANCE VERTE

Sommaire

1. Synthèse des compartiments carbone évalués par la méthodologie
2. Quantification du stock de carbone dans l'écosystème forestier
 - 2.1. Données
 - 2.1.1. Peuplements forestiers matures
 - 2.1.2. Peuplements forestiers en croissance
 - 2.2. Biomasse aérienne (BA)
 - 2.3. Biomasse racinaire (BR)
 - 2.4. Biomasse du sous étage (BSE)
 - 2.5. Sol (S)
 - 2.6. Litière (L)
 - 2.7. Bois mort
 - 2.8. Stock total en CO₂ dans l'écosystème forestier (Sef)
3. Quantification du stockage de carbone et de l'effet de substitution des produits récoltés
 - 3.1. Données
 - 3.2. Stockage de carbone dans les produits récoltés (SPB)
 - 3.3. Effet de substitution par l'emploi de produit bois (SU)
4. Quantification des émissions de carbone générées par l'exploitation forestière et l'activité du gestionnaire
 - 4.1. Exploitation forestière (EF)
 - 4.2. Activités de gestion (EG)
5. Evolution et bilan annuel
 - 5.1. Evolution du stock de carbone dans l'écosystème forestier
 - 5.2. Evolution du stock de carbone dans les produits bois
 - 5.3. Bilan annuel
 - 5.4. Rabais

Introduction

Ce document est fourni par France Valley dans le cadre de la certification du GFI France Valley Patrimoine au GREENFIN LABEL. Il fait état de données scientifiques au jour de sa production qui seront susceptibles d'évoluer selon de plus récentes publications scientifiques. Les données techniques propres à chacune des forêts sur lesquelles il se fonde sont produites par des Experts Forestiers qui admettent une certaine marge d'erreur. Elles pourront également être mises à jour selon nos connaissances des massifs forestiers en question, lors de la réalisation ou de l'actualisation d'un inventaire par exemple.

Les différents éléments de quantification du carbone proviennent principalement de la Méthodologie du Label Bas Carbone proposée par le CNPF qui a pour objectif d'évaluer le gain potentiel de carbone d'un itinéraire sylvicole alternatif face à un scénario dit de référence. L'évaluation du bilan carbone forestier du GFI étant annuelle et s'appuyant sur des données réelles, certains calculs et données ont dû être adaptés mais ils se fondent toujours sur des références scientifiques fiables.

Le présent document d'information est la propriété de France Valley. Il contient des informations privées et confidentielles. La copie, reproduction ou transmission de ce document à toute autre personne que son destinataire nécessite l'accord formel préalable de France Valley. En acceptant de recevoir le présent document, le destinataire reconnaît le caractère confidentiel de l'information contenue et s'engage à en limiter l'utilisation au cadre strict de la labélisation « GREENFIN LABEL ».

Par ailleurs, tout en considérant que le présent document est exhaustif et conforme à la réalité, France Valley n'accepte aucune responsabilité quant à des erreurs, omissions ou interprétations. France Valley confie aux destinataires de ce document la responsabilité d'exercer toutes vérifications qu'ils jugeraient utiles.

1. Synthèse des compartiments carbone évalués par la méthodologie

Type de compartiment	
Ecosystème forestier	Biomasse aérienne Biomasse racinaire Sol Litière Sous-étage
Produit Bois	Stockage dans les produits bois Effet de substitution des produits bois
Emissions	Exploitations forestières Activités de gestion forestière

2. Quantification du stock de carbone dans l'écosystème forestier

2.1 Données

Le GFI France Valley Patrimoine fait réaliser, avant chaque nouvelle acquisition, une évaluation qualitative et quantitative de l'actif, par un Expert Forestier membre du Conseil National de l'Expertise Foncière Agricole et Forestière (CNEFAF). Il adopte la méthodologie préconisée par la Compagnie Nationale des Ingénieurs et Experts Forestiers et des Experts Bois (CNIEFEB). Cette évaluation permet de déterminer : Les essences forestières composant les peuplements ;

- Les volumes par type de produits (Bois d'œuvre, de chauffage, de trituration...);
- La nature des terrains (forêt, lande, terre agricole, terrain nu) ;
- Une estimation de l'accroissement biologique des peuplements. Annuellement, l'expert référent du GFI réalise une réévaluation de la totalité des actifs du portefeuille en appliquant un accroissement au peuplement et en déduisant les prélèvements opérés au cours de l'année. Les données utilisées dans cette méthodologie seront issues de l'évaluation à l'entrée en portefeuille pour la première année et ensuite des réévaluations annuelles.

2.1.1. Peuplements forestiers matures

Les données caractérisant les peuplements matures peuvent être recueillies par un inventaire en plein (dénombrement et mesure de tous les arbres), de façon statistique par placettes représentatives, ou à vue pour les parcelles de faible valeur.

Les volumes indiqués en tonne et en stère seront convertis en mètre cube, unité de référence pour nos calculs, selon les normes de l'Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement (FCBA).

2.1.2 Peuplements forestiers en croissance

L'évaluation du volume de bois des peuplements en croissance repose sur l'estimation de leur accroissement biologique et de leur densité. L'élaboration, par l'Expert Forestier, d'un itinéraire sylvicole théorique permet de déterminer le volume selon l'âge apparent des peuplements.

2.2 Biomasse aérienne (B_A)

Selon la méthodologie du Label Bas Carbone, le volume de la biomasse aérienne, en tonne de matière sèche, doit être calculé comme suit :

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

Équation 11

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 3).

Toutefois, le volume bois fort étant peu utilisé par les experts forestiers, nous emploierons pour ce calcul le volume « commercial » indiqué au sein de l'évaluation de l'Expert. Cela permet d'intégrer, à cette étape, une marge d'incertitude, le volume commercial étant plus faible du fait d'un diamètre d'arrêt de mesure plus important. S'agissant des jeunes peuplements, le volume ne peut être qualifié de commercial car les bois ne sont pas toujours récoltables en raison de leur faible diamètre. Nous nous appuyerons alors sur les volumes commerciaux produits au cours de la vie du peuplement, présentés selon un itinéraire sylvicole théorique, pour déterminer un volume lissé, pouvant à l'avenir être commercialisé, selon l'âge apparent des peuplements. Un exemple est présenté en Annexe 1.

L'équation de calcul de la biomasse aérienne prendra donc cette forme :

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

$B_A(n)$ = Biomasse aérienne en tMS

V_c = Volume commercial en m^3

FEB = facteur d'expansion de "branches"

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

Les facteurs d'expansion de « branches » utilisés seront de 1,3 pour les conifères et de 1,56 pour les feuillus, comme indiqué au sein de la méthodologie du Label Bas Carbone (cf. annexe 2). Ils permettent de prendre en compte le stockage de carbone dans les plus petites sections de bois. Les infradensités des essences forestières par mètre cube sont présentées en annexe 3. Ces données sont issues d'une note non publiée de Dupouey et utilisées par l'Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN) lors de ses campagnes d'inventaire de la ressource forestière.

Remarque : à défaut de précision quant aux essences forestières composant les peuplements forestiers, nous utiliserons les valeurs moyennes des infradensités et des facteurs d'expansion de branches.

2.3 Biomasse racinaire (B_R)

La biomasse racinaire, en lien direct avec la biomasse aérienne, sera déterminée selon l'équation indiquée dans la méthodologie du Label Bas Carbone, à savoir :

$$B_R(n) = \exp(-1.0587 + 0.8836 \times \ln(B_A(n)) + 0.2840)$$

$B_A(n)$ = Biomasse aérienne en tMS

$B_R(n)$ = Biomasse racinaire en tMS

2.4 Biomasse du sous étage (B_{SE})

Afin de quantifier le carbone séquestré dans les strates arbustives, herbacées et le feuillage, nous nous référons aux constantes préconisées par L'ADEME de 2,4 tC/ha pour les peuplements feuillus et 6,5 tC/ha pour les résineux en employant une moyenne de 4,45 tC/ha de surface forestière, le GFI étant composé à part égal de forêts feuillues et résineuses. Nous ne ferons pas varier ce compartiment au cours du temps.

2.5 Sols (S)

Afin de quantifier le stockage de carbone dans les sols, nous emploierons les états d'équilibre préconisés par Arrouays et al. et présentés ci-après par nature de terrain :

Nature de terrain	Stockage de carbone (tC/ha)
Vignes et vergers	32
Cultures agricoles	45
Prairies permanentes	70
Forêts	70

L'état d'équilibre correspond au moment où les flux entrants et sortants de carbone sont égaux, de manière générale à 30 ans. L'écrasante majorité des parcelles du GFI étant en nature de forêt depuis beaucoup plus longtemps, nous considérons que l'état d'équilibre a été obtenu pour l'ensemble des terrains forestiers du portefeuille du GFI. A noter que de récentes études tendent à démontrer que le stockage de carbone dans les sols forestiers est très largement supérieur aux chiffres présentés ci-dessus.

Remarque : en l'absence de précision quant à la nature des terrains, aucun stock de carbone ne sera retenu.

2.6 Litière (L)

La valeur d'équilibre du carbone stocké dans la litière d'une forêt est fixée à 10 tC/ha selon les préconisations de Arrouays et al. (2002). A l'image du calcul du stock de carbone dans le sol, nous considérerons que l'état d'équilibre de litière a été atteint pour l'ensemble des terrains forestiers du portefeuille.

2.7. Bois mort

Le carbone contenu dans le bois mort en forêt sera négligé par manque d'étude scientifique à son sujet.

2.8. Stock total en CO2 dans l'écosystème forestier (Sef)

Après avoir calculé le stockage en carbone des différents compartiments, la quantification totale, en teqCO2, de l'écosystème forestier étudié sera évaluée comme suit :

$$Sef(n) = ((B_A(n) + B_R(n)) \times \tau C + B_{SE}(n) + S(n) + L(n)) \times \frac{44}{12}$$

Sef(n) = teneur en teqCo2 de l'écosystème forestier à l'année n

B_A(n) = Biomasse aérienne en tC

B_R(n) = Biomasse racinaire en tC

B_{SE}(n) = Biomasse du sous étage tC

S(n) = Teneur en carbone du sol en tC

L(n) = Teneur en carbone de la litière en TC

τC = Taux de carbone dans la matière sèche, constante égale à 0,475 tC/tMS

Le coefficient (44/12) permet la conversion des tonnes de carbone en teqCO2.

3. Quantification du stockage de carbone et de l'effet de substitution des produits récoltés

3.1 Données

Le stockage de carbone dans les produits bois et les effets de substitution étant intimement liés à l'utilisation finale des volumes exploités, nous nous appuyerons sur les factures et réceptions contradictoires, qui lors des ventes à l'unité de produit nous renseignent sur les grandes catégories de bois produits :

- Bois d'œuvre ou bois de sciage : utilisation en « massif », sans déchetât (charpente, merrain, plot d'ébénisterie, menuiserie...);
- Bois d'industrie : déchetât de bois utilisé pour la confection de panneaux de particules (aggloméré, OSB). Cette catégorie comprend également la transformation papetière. Nous distinguerons, quand cela sera possible, ces utilisations qui ne présentent pas la même durée de stockage de carbone ainsi que le même effet de substitution ;
- Bois Energie : utilisation en chauffage, sous forme de bûches, plaquettes ou pellets.

Lors des ventes dites en « bloc », nous ne disposons pas du volume par catégorie de produit. France Valley, le gestionnaire de la forêt ou l'expert forestier référent du GFI supposeront alors les utilisations selon l'acheteur du lot, des essences, les diamètres des bois et leur conformation.

3.2. Stockage de carbone dans les produits récoltés (S_{PB})

Le carbone contenu dans les produits forestiers au début de l'année n, correspondant à l'année de commercialisation sera évalué comme suit :

$$S_{PB}(n) = (V_v \times Rdt \times d_i \times \tau c) \times \frac{44}{12}$$

$S_{PB}(n)$ = Teneur en carbone des produits bois en TeqCo2

V_v = Volume commercialisé en m3

Rdt = Rendement matière selon l'utilisation

d_i = Infradensité de l'essence en tMS/m³

τc = Taux de carbone dans la matière sèche, constante égale à 0,475 tC/tMS

Le rendement matière moyen par type d'utilisation sera défini à l'aide des travaux de l'INRA, 2014 :

Type d'utilisation	Rendement
Bois d'Œuvre	50%
Bois d'Industrie	85%
Bois Energie	100%

La durée de vie du Bois Energie étant inférieure à 2 ans, nous ne prendrons pas en compte le stockage de carbone pour cette utilisation.

Remarque : si les essences commercialisées ne sont pas identifiées, nous retiendrons des valeurs moyennes d'infradensité. Les volumes indiqués avec d'autres unités (tonne, stère) seront convertis, selon les normes de l'Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement (FCBA), en m³.

3.3. Effet de substitution par l'emploi de produit bois (*SU*)

L'effet de substitution généré par la récolte de bois sera quantifié lors de la commercialisation. Il sera calculé à l'aide de l'équation ci-après :

$$SU(n) = V_v \times CS$$

$SU(n)$ = Substitution en tCo2 à la récolte

V_v = Volume commercialisé en m³

CS = Coefficient de substitution en teqCo2/m³

Le tableau ci-dessous présente les coefficients de substitution évalués par Valada et al., 2016, repris par le CNPF dans le cadre de la méthodologie du Label Bas Carbone.

Type d'utilisation	Coefficient de substitution
Bois d'Œuvre	1.52
Bois d'industrie papier	0
Bois d'industrie autre	0.77
Bois Energie	0.25

Nous ne quantifierons pas l'emploi en cascade des matériaux bois au cours de leur vie, ce qui permet d'introduire une marge d'incertitude tant pour le stockage dans les produits bois que pour la substitution.

4. Quantification des émissions de carbone générées par l'exploitation forestière et l'activité du gestionnaire

4.1. Exploitation forestière (*EF*)

Négligées au sein de la méthodologie du Label Bas Carbone, les émissions provenant de l'exploitation forestière seront quantifiées. Une étude de 2014 (González-García et al.) menée au sein de forêts gérées de façon dynamique et extensive a permis d'évaluer les émissions générées par les travaux forestiers (coupes, débardages, reboisements, entretiens de plantation et autres) à 10 kgCO₂e/m³ et 25 kgCO₂e/m³ de produit bois. Considérant que les forêts françaises sont exploitées de façon peu intensive nous retiendrons, conformément aux recommandations du rapport de l'Ademe de 2017 « Faire un diagnostic carbone des forêts et des produits bois à l'échelle d'un territoire », 0,01 teqCO₂/m³ sous écorce par produit bois. Nous n'opérerons de conversion entre les volumes sur et sous écorce, la différence étant négligeable.

Le calcul des émissions générées par les travaux forestiers prendra cette forme :

$$EF(n) = V_v \times Ec$$

EF_n = émissions générées par l'exploitaion foretière en teqCO₂

V_v = volume commercialisé en m³ au cours de l'année

EC = constante d'émission 0,01 tCO₂e/m³

4.2. Activités de gestion (*EG*)

Les activités de gestion technique (martelage, surveillance, suivi des coupes et travaux...) sont déléguées à des prestataires locaux (expert forestier, gestionnaire, coopérative, indépendant). Selon nos observations, un gestionnaire se rend en moyenne 6 fois par an visiter chacune des forêts. Afin d'estimer les émissions générées par leurs déplacements, nous définirons la distance entre leurs locaux et la forêt concernée. En 2017, l'ADEME estimait les émissions moyennes au kilomètre du parc automobile particulier à 111 geqCO₂/km soit, 0,000111 teqCO₂/km.

La quantification des émissions des activités de gestion prendra cette forme :

$$EF(n) = V_v \times Ec$$

EF_n = émissions générées par l'exploitaion forestière en $teqCO_2$

V_v = volume commercialisé en m^3 au cours de l'année

EC = constante d'émission $0,01 tCO_2e/m^3$

5. Evolution et bilan annuel

5.1. Evolution du stock de carbone dans l'écosystème forestier

Deux principaux facteurs influenceront l'évolution du stock de carbone dans l'écosystème :-

- L'accroissement biologique des peuplements
- Les prélèvements de bois

L'accroissement biologique du volume des peuplements sera évalué annuellement par l'expert référent du GFI et servira de base aux calculs de la biomasse aérienne et racinaire à n+1. Les prélèvements réalisés durant l'année seront préalablement déduits.

Le calcul de la Biomasse Aérienne à n+1 prendra donc cette forme :

$$B_A(n + 1) = (B_A(n) - (V_v \times FEB \times d_i)) \times (1 + t)$$

$B_A(n + 1)$ = Biomasse aérienne à n + 1 en tMS

V_v = Volume vendu au cours de l'année en m³

FEB = Facteur de l'expansion "branches"

d_i = Infradensité de l'essence en tMS/m³

t = Taux d'accroissement des peuplements en %

La littérature n'étant que très peu fournie s'agissant de la décomposition de la biomasse racinaire, nous considérerons qu'elle disparaît quand le prélèvement est réalisé.

Il est, toutefois, indéniable que le stockage se poursuit dans ce compartiment des années durant. N'ayant pu l'étayer scientifiquement, nous estimerons la biomasse aérienne à n+1 comme suit :

$$B_R(n + 1) = \exp(-1.0587 + 0.8836 \times \ln(B_A(n + 1)) + 0.2840)$$

Le stockage de carbone dans les autres compartiments de l'écosystème forestier n'évoluera qu'en cas de cession ou d'acquisition de parcelle. En conclusion, le stockage en teqCO₂ à n+1 dans l'écosystème forestier sera obtenu par cette équation :

$$Sef(n+1) = ((B_A(n+1) + B_R(n+1)) \times \tau C + B_{SE}(n+1) + S(n+1) + L(n+1)) \times \frac{44}{12}$$

$Sef(n+1)$ = teneur en teq Co2 de l'écosystème forestier à $n+1$

$B_A(n+1)$ = Biomasse aérienne en tC

$B_R(n+1)$ = Biomasse racinaire en tC

$B_{SE}(n+1)$ = Biomasse du sous étage tC

$S(n+1)$ = teneur en carbone du sol en tC

$L(n+1)$ = teneur en carbone de la litière en tC

5.2. Evolution du stock de carbone dans les produits bois

L'Evolution du carbone stocké dans les produits bois, par type d'utilisation sera évaluée conformément à la méthodologie du Label Bas Carbone, à savoir :

$$S_{PB}(n+1) = (e^{-k} \times S_{PB}(n) + \frac{1 - e^{-k}}{k} \times Flux(n)) \times \frac{44}{12}$$

$S_{pb}(n+1)$ = Stock en teqCo2 dans les produits bois à $n+1$

$k = \ln(2)/t_{1/2}$ Constante de décomposition de premier ordre

$t_{1/2}$ = Temps de demi vie par type d'utilisation

$Flux(n)$ = Flux de carbone entrant entre n et $n+1$,
correspond au stock de carbone des produits récoltés entre n et $n+1$

Les temps de demi-vie sont définis par la Commission Européenne :

Type d'utilisation	Temps de demi-vie
Bois d'Œuvre sciage	35
Bois d'industrie - panneaux de bois	25
Bois d'industrie - papier	2
Bois Energie	0

Le type d'utilisation sera déterminé suivant les factures et réceptions contradictoires. En l'absence d'information s'agissant du bois d'industrie, nous appliquerons la durée de demi-vie la moins élevée, à savoir le papier. Un exemple est visible en annexe 4.

5.3. Bilan annuel

L'évolution du Bilan carbone forestier prendra cette forme :

$$\mathbf{Bilan}(n + 1) = S_{PB}(n + 1) + Sef(n + 1) - EF(n) - EG(n) + SU(n)$$

$$S_{pb}(n + 1) = \text{Stock en teqCo2 dans les produits bois à } n + 1$$

$$Sef(n + 1) = \text{teneur en teq Co2 de l'écostystème forestier à } n + 1$$

$EF(n)$ = Emissions générées par l'exploitation forestières depuis la première année teqCO2

$EG(n)$ = Emissions générées par la gestion forestière depuis la première année en teqCO2

$$SU(n) = \text{Somme des effets de substitution depuis la première année en teqCO2}$$

5.4. Rabais

Cette méthodologie ne fait pas l'objet de rabais tels que présentés dans la méthodologie Bas Carbone permettant de se prémunir des risques de non-permanence de l'état boisé, d'incendies, de tempêtes ou phytosanitaires car la réévaluation du stock aura lieu annuellement. En cas de sinistre, les compartiments en seront impactés suivant l'état des lieux dressé par le gestionnaire de la forêt concernée. Par ailleurs, le GFI a souscrit pour toutes les forêts une assurance tempête et incendie, ce qui limite très fortement le risque que les peuplements ne soient pas reboisés, faute de financement, en cas de sinistre. Aucune décote de perte lors des exploitations ne sera calculée car la quantification des effets de substitution et de stockage se basent sur les volumes réellement vendus.

Annexes

Annexe 1 : Exemple de détermination du volume commercial lissé d'un peuplement immature

Scénario : Pin Taeda à 10,6 m³/ha/an

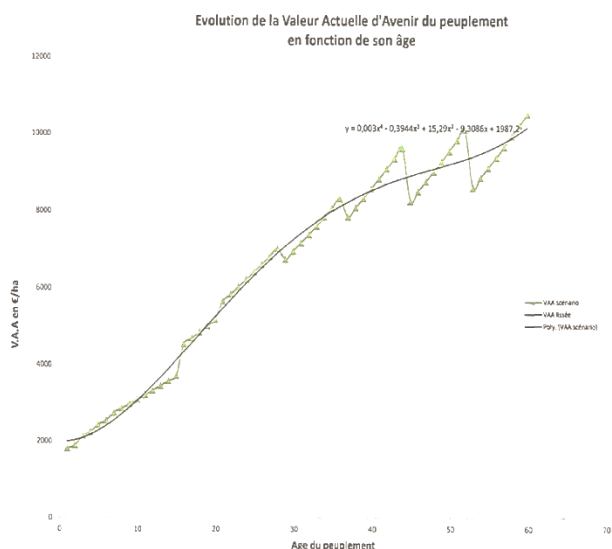
Dépenses et recettes variables (en €/ha)					Recettes ou frais fixes (annuels) en €/ha			
Années	Volume (en m ³)	Prix Unitaire	Recettes	Dépenses	Frais	Départ	Fin	Moquant
Debut	0			1 700		0	60	-15
	2			150				
	4			100				
	6			100				
	15			680				
	20	55	5 €	275				
	20			580				
	28	60	8 €	480				
	36	70	10 €	700				
	44	80	20 €	1600				
	52	70	25 €	1750				
Année fin	60	300	35 €	10500				

Frais	Départ	Fin	Moquant

Fonds	1 200
Volume	300
PU	35

BNA	0	TIR	2,43%
BASI	0	Age	2
I	2 854	Parcelle	
CA	617	Peuplt	
Do	4 054	Prix revient	3089 1889
Rn	19 358	Valeur d'avenir lissée	3227 2027

Age	VAA excoqmpc	Prix de revient	Valeur lissée
1	1 801 €	1 801 €	1 993 €
2	1 889 €	1 889 €	2 027 €
3	2 132 €	2 132 €	2 086 €
4	2 228 €	2 228 €	2 170 €
5	2 429 €	2 429 €	2 275 €
6	2 532 €	2 532 €	2 400 €
7	2 740 €	2 740 €	2 543 €
8	2 851 €	2 851 €	2 702 €
9	2 965 €	2 965 €	2 874 €
10	3 081 €	3 081 €	3 059 €
11	3 200 €	3 200 €	3 254 €
12	3 322 €	3 322 €	3 458 €
13	3 447 €	3 447 €	3 669 €
14	3 574 €	3 574 €	3 887 €
15	3 705 €	3 705 €	4 109 €
16	4 536 €	4 536 €	4 354 €
17	4 691 €	4 691 €	4 551 €
18	4 849 €	4 849 €	4 785 €
19	5 011 €	5 011 €	5 016 €
20	5 177 €	5 177 €	5 242 €
21	5 659 €	5 659 €	5 466 €
22	5 841 €	5 841 €	5 686 €
23	6 027 €	6 027 €	5 902 €
24	6 217 €	6 217 €	6 114 €
25	6 412 €	6 412 €	6 320 €
26	6 612 €	6 612 €	6 520 €
27	6 817 €	6 817 €	6 714 €
28	7 027 €	7 027 €	6 900 €
29	6 750 €	6 750 €	7 079 €
30	6 958 €	6 958 €	7 250 €
31	7 172 €	7 172 €	7 415 €
32	7 396 €	7 396 €	7 586 €
33	7 614 €	7 614 €	7 715 €
34	7 843 €	7 843 €	7 853 €
35	8 078 €	8 078 €	7 984 €
36	8 318 €	8 318 €	8 106 €
37	7 840 €	7 840 €	8 220 €
38	8 082 €	8 082 €	8 326 €
39	8 323 €	8 323 €	8 425 €
40	8 568 €	8 568 €	8 517 €
41	8 821 €	8 821 €	8 603 €
42	9 080 €	9 080 €	8 683 €
43	9 345 €	9 345 €	8 757 €
44	9 616 €	9 616 €	8 827 €
45	8 255 €	8 255 €	8 892 €
46	8 499 €	8 499 €	8 956 €
47	8 750 €	8 750 €	9 017 €
48	9 007 €	9 007 €	9 076 €
49	9 270 €	9 270 €	9 136 €
50	9 539 €	9 539 €	9 197 €
51	9 815 €	9 815 €	9 260 €
52	10 098 €	10 098 €	9 324 €
53	8 595 €	8 595 €	9 388 €
54	8 848 €	8 848 €	9 476 €
55	9 107 €	9 107 €	9 551 €
56	9 372 €	9 372 €	9 654 €
57	9 644 €	9 644 €	9 762 €
58	9 923 €	9 923 €	9 880 €
59	10 208 €	10 208 €	10 015 €
60	10 500 €	10 500 €	10 162 €



CONTROLE SCENARIO:	
Productivité moyenne du scénario :	10,58 m ³ /ha/an
Volume totale des éclaircies / volume coupe :	112%

$$Pr = (f+ca) (1,0t^m - 1) + c 1,0t^m - Ea 1,0t^{m-a} + Da 1,0t^{m-a}$$

$$Va = \frac{Ru + Eq 1,0t^{u-q} - (f+ca) (1,0t^{u-m} - 1) - Dq 1,0t^{u-q}}{1,0t^{u-m}}$$

Selon ce scénario sylvicole théorique, l'accroissement naturel de ces peuplements est estimé à 10,6 m³/ha/an. Ils produiront au cours de leur vie de 60 ans, un volume commercialisable total de 635 m³. En excluant les coupes présentées ci-contre, les bois produisent annuellement un accroissement annuel lissé de 10,58 m³/ha.

L'âge apparent de cette plantation de Pins Taeda étant de deux ans, le volume utilisé pour le calcul de la biomasse aérienne est de 21,16 m³/ha.

Annexe 2 : Facteurs d'expansion « branches »

Type d'utilisation	Temps de demi-vie
Feuillus	1,56
Résineux	1,30
Indifferencié	1,43

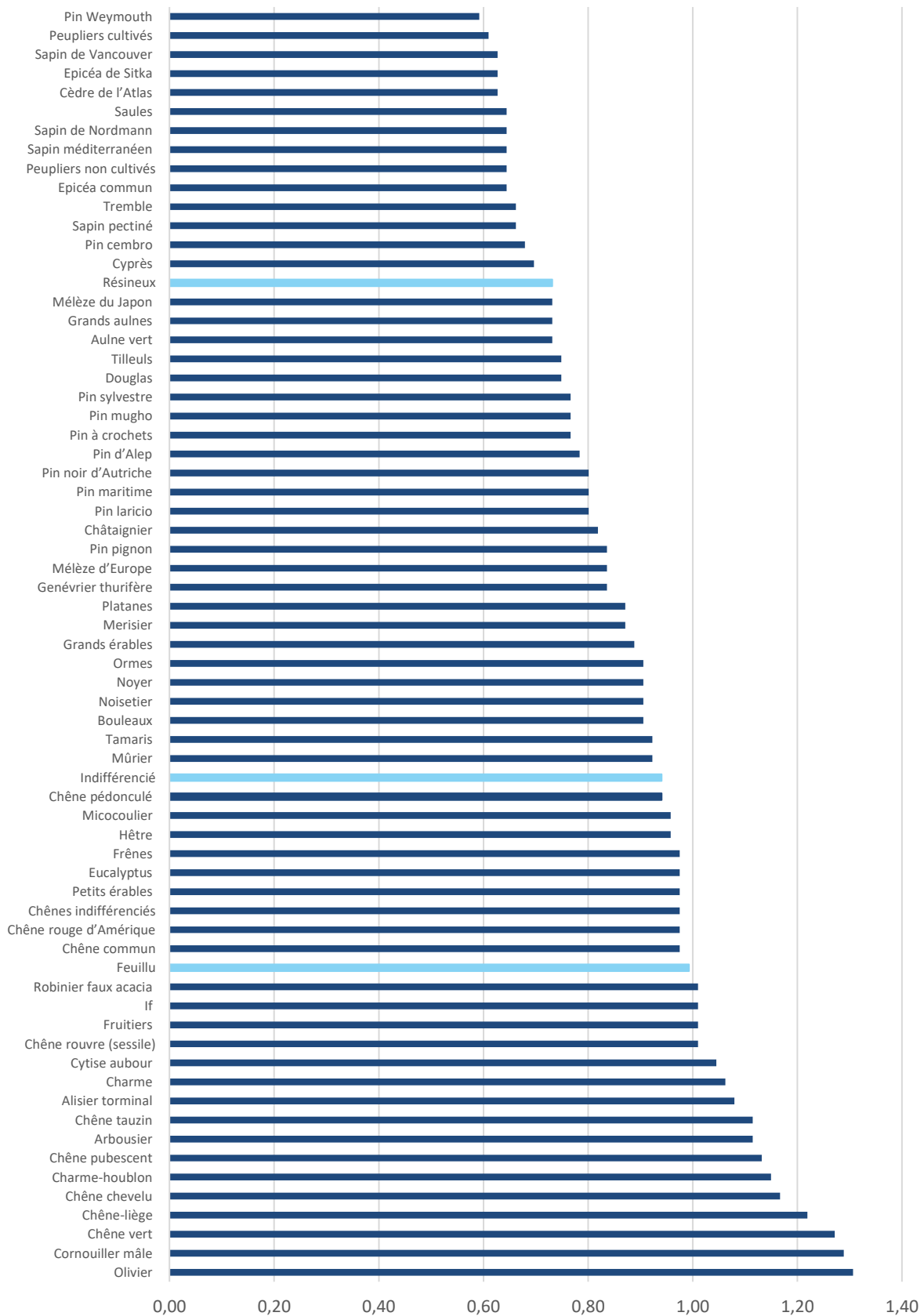
Annexe 3 : Infradensités des essences forestières en tMS, tC et TeqCO2

Essence	Infradensité en tMS par m ³	Teneur en tCarbone par m ³	Teneur en TeqCO2
Alisier torminal	0,62	0,29	1,08
Arbousier	0,64	0,30	1,11
Aulne vert	0,42	0,20	0,73
Grands aulnes	0,42	0,20	0,73
Bouleaux	0,52	0,25	0,91
Cèdre de l'Atlas	0,36	0,17	0,63
Charme	0,61	0,29	1,06
Charme-houblon	0,66	0,31	1,15
Châtaignier	0,47	0,22	0,82
Chêne chevelu	0,67	0,32	1,17
Chêne commun	0,56	0,27	0,98
Chêne-liège	0,7	0,33	1,22
Chêne pédonculé	0,54	0,26	0,94
Chêne pubescent	0,65	0,31	1,13
Chêne rouge d'Amérique	0,56	0,27	0,98
Chêne rouvre (sessile)	0,58	0,28	1,01
Chêne tauzin	0,64	0,30	1,11
Chêne vert	0,73	0,35	1,27
Chênes indifférenciés	0,56	0,27	0,98
Cornouiller mâle	0,74	0,35	1,29
Cyprès	0,4	0,19	0,70
Cytise aubour	0,6	0,29	1,05
Douglas	0,43	0,20	0,75
Epicéa commun	0,37	0,18	0,64
Epicéa de Sitka	0,36	0,17	0,63
Grands érables	0,51	0,24	0,89
Petits érables	0,56	0,27	0,98
Eucalyptus	0,56	0,27	0,98
Genévrier thurifère	0,48	0,23	0,84
Hêtre	0,55	0,26	0,96
Frênes	0,56	0,27	0,98
Fruitiers	0,58	0,28	1,01
If	0,58	0,28	1,01
Mélèze d'Europe	0,48	0,23	0,84
Mélèze du Japon	0,42	0,20	0,73
Merisier	0,5	0,24	0,87
Micocoulier	0,55	0,26	0,96
Mûrier	0,53	0,25	0,92
Noisetier	0,52	0,25	0,91
Noyer	0,52	0,25	0,91
Olivier	0,75	0,36	1,31
Ormes	0,52	0,25	0,91
Peupliers cultivés	0,35	0,17	0,61
Peupliers non cultivés	0,37	0,18	0,64
Pin d'Alep	0,45	0,21	0,78
Pin cembro	0,39	0,19	0,68
Pin à crochets	0,44	0,21	0,77
Pin laricio	0,46	0,22	0,80
Pin maritime	0,46	0,22	0,80
Pin mugho	0,44	0,21	0,77
Pin noir d'Autriche	0,46	0,22	0,80
Pin pignon	0,48	0,23	0,84
Pin sylvestre	0,44	0,21	0,77
Pin Weymouth	0,34	0,16	0,59
Platanes	0,5	0,24	0,87
Robinier faux acacia	0,58	0,28	1,01
Sapin méditerranéen	0,37	0,18	0,64
Sapin de Nordmann	0,37	0,18	0,64
Sapin pectiné	0,38	0,18	0,66
Sapin de Vancouver	0,36	0,17	0,63
Saules	0,37	0,18	0,64
Tamaris	0,53	0,25	0,92
Tilleuls	0,43	0,20	0,75
Tremble	0,38	0,18	0,66
Résineux	0,42	0,20	0,73
Feuillus	0,57	0,27	0,99
Indifférencié	0,54	0,26	0,94

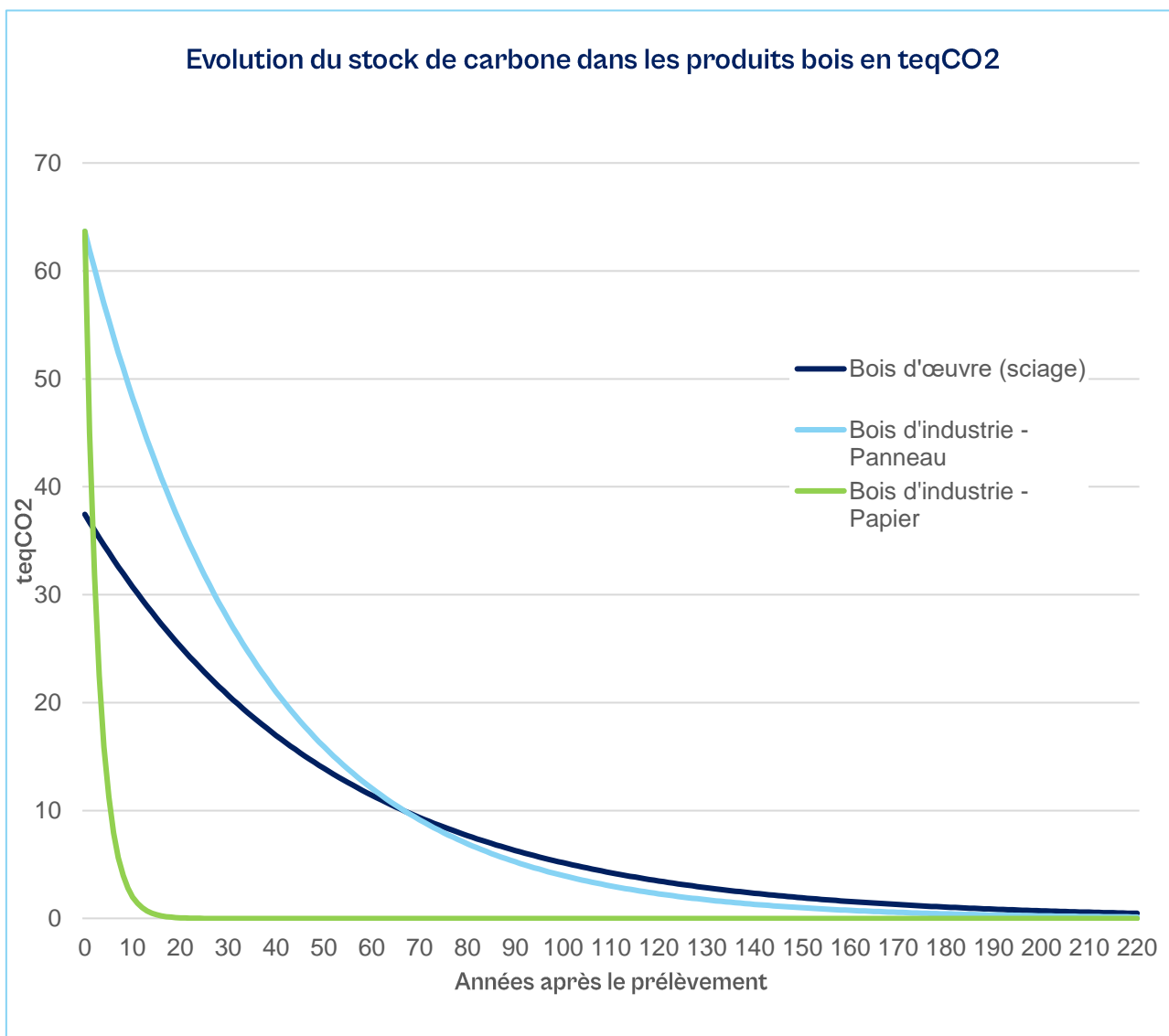
Noisetier	0,52	0,25	0,91
Noyer	0,52	0,25	0,91
Olivier	0,75	0,36	1,31
Ormes	0,52	0,25	0,91
Peupliers cultivés	0,35	0,17	0,61
Peupliers non cultivés	0,37	0,18	0,64
Pin d'Alep	0,45	0,21	0,78
Pin cembro	0,39	0,19	0,68
Pin à crochets	0,44	0,21	0,77
Pin laricio	0,46	0,22	0,80
Pin maritime	0,46	0,22	0,80
Pin mugho	0,44	0,21	0,77
Pin noir d'Autriche	0,46	0,22	0,80
Pin pignon	0,48	0,23	0,84
Pin sylvestre	0,44	0,21	0,77
Pin Weymouth	0,34	0,16	0,59
Platanes	0,5	0,24	0,87
Robinier faux acacia	0,58	0,28	1,01
Sapin méditerranéen	0,37	0,18	0,64
Sapin de Nordmann	0,37	0,18	0,64
Sapin pectiné	0,38	0,18	0,66
Sapin de Vancouver	0,36	0,17	0,63
Saules	0,37	0,18	0,64
Tamaris	0,53	0,25	0,92
Tilleuls	0,43	0,20	0,75
Tremble	0,38	0,18	0,66
Résineux	0,42	0,20	0,73
Feuillus	0,57	0,27	0,99
Indifférencié	0,54	0,26	0,94

L'infradensité du « chêne commun » a été obtenu par moyenne des infradensités du chêne sessile et pédonculé. Nous ne disposons que très rarement de la distinction entre ces deux espèces au sein des expertises.

Teneur en teqCO2 des essences forestières



Annexe 4 : Exemple de l'évolution du stockage de carbone en teqCO2 selon les types d'utilisation (100 m³ de bois rond de Douglas)



Remarque : la différence visible à l'année 0 provient des rendements au sciage (50% pour le Bois d'œuvre ; 85 % pour le bois d'industrie.

Annexe 5 : Exemple de modélisation de l'évolution des flux de carbone d'un scénario sylvicole théorique : reboisement d'un hectare de Douglas conduit en futaie régulière, possédant un accroissement de 16,18 m³/ha/an.

Itinéraire sylvicole :

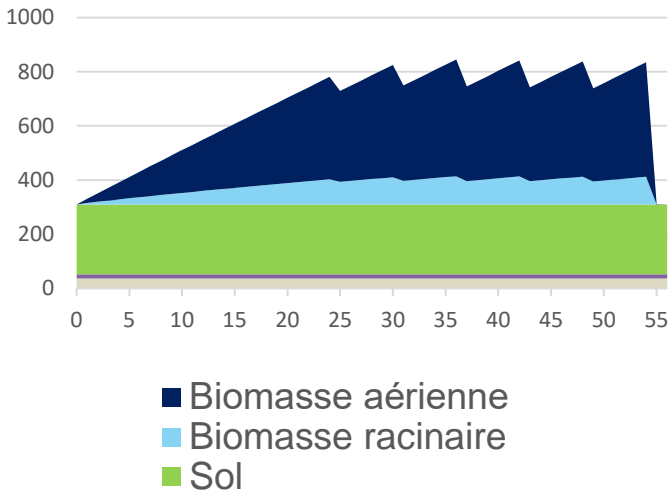
Compartiments	0 à 10 ans	0 à 20 ans	0 à 30 ans	0 à 40 ans	0 à 50 ans
Biomasse aérienne	158	315	414	396	359
Biomasse racinaire	43	79	101	97	89
Sol	-	-	-	-	-
Litière	-	-	-	-	-
Sous étage	-	-	-	-	-
Stockage produit bois	-	-	32	109	172
Effet de substitution	-	-	39	206	432
Evolution totale sur la période	+ 201	+ 394	+ 587	+ 809	+ 1052

Evolution du Bilan carbone forestier :

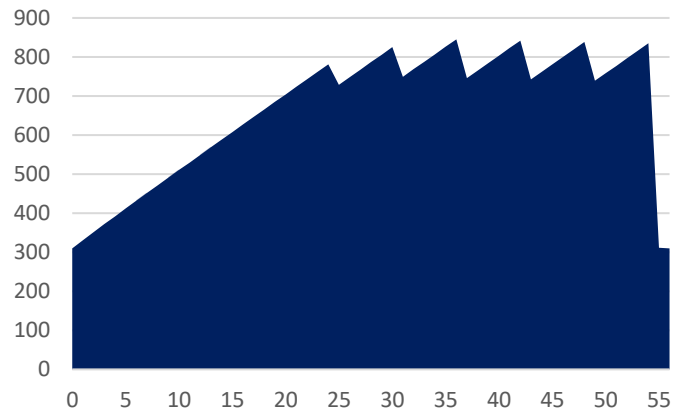
Années	25	31	37	43	49	55	Total
Type de coupe	1 ^{er} éclaircie	2 ^{ème} éclaircie	3 ^{ème} éclaircie	4 ^{ème} éclaircie	5 ^{ème} éclaircie	Coupe rase	-
Prélèvement total (m ³)	60	80	100	100	100	450	890
-Dont bois d'œuvre (sciage)	-	16	40	40	70	315	481
-Dont Bois d'industrie (panneau)	60	64	60	60	30	135	409

Remarque : cet exemple ne prend pas en compte les émissions générées par l'exploitation et la gestion forestière car elles sont négligeables pour un projet d'un hectare.

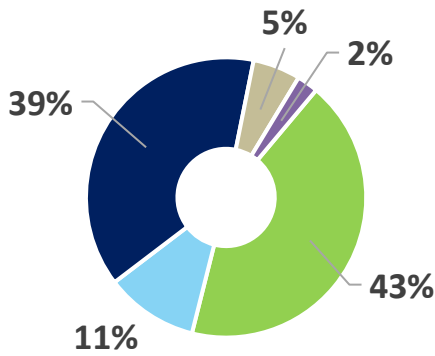
Evolution des compartiments en teqCO2 de l'écosystème forestier



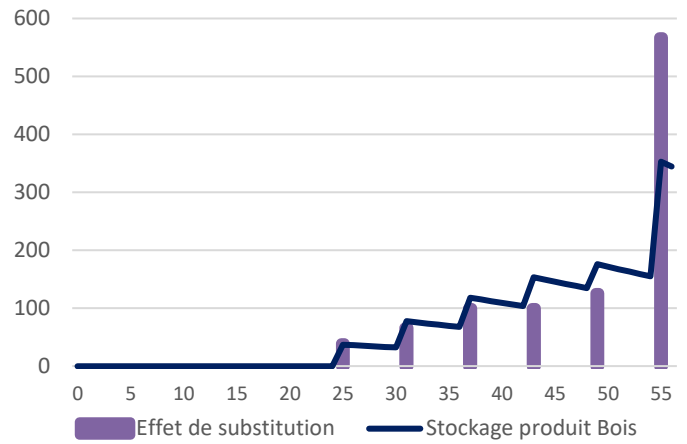
Evolution globale en teqCO2 du carbone dans l'écosystème forestier



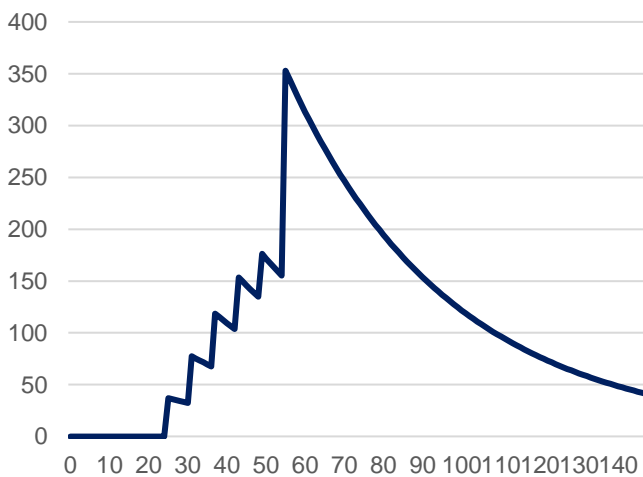
Part moyenne du stockage par compartiment dans l'écosystème forestier



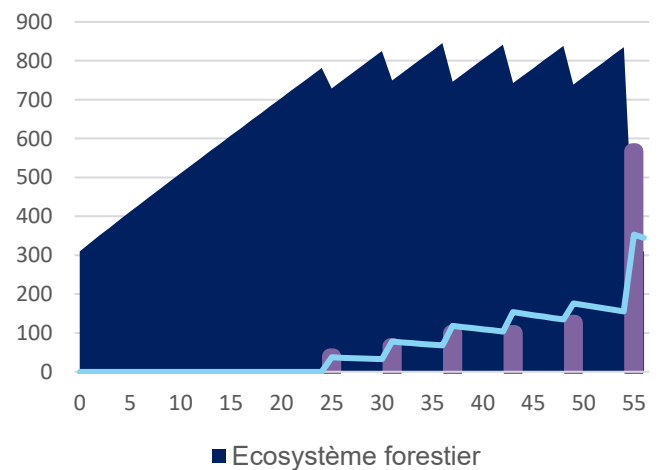
Evolution de la substitution et du stockage dans les produits bois durant l'itinéraire



Evolution du stockage en teqCO2 dans les produits bois (BO/BI)



Evolution de tous les compartiments en teqCO2



Evolution du gain en teqCO2

