

Bilan carbone induit par le défrichage

PROJET DE PARC PHOTOVOLTAÏQUE DE BADAROUX (48)

STOCK ET FLUX DE CARBONE



Votre contact :
Marianne Samoyeau, Alcina Forêts
06 08 92 16 68 - marianne.samoyeau@alcina.fr

Clauses générales de l'expertise

Cette expertise réalisée par des experts et ingénieurs forestiers est réalisée en toute indépendance.

Aucun des intervenants n'a de conflit d'intérêt dans l'expertise.

Toute utilisation partielle du présent rapport, de ces cartes et autres annexes ainsi que tout usage de ce dernier pour un usage autre que celui défini ci-dessus sont interdits sans l'accord et citation de l'expert signataire.

L'expertise produite est basée sur les éléments portés à connaissance de l'expert ou identifiables par une prospection de terrain. L'expert ne peut être tenu responsable d'éventuelles erreurs contenues dans les documents externes utilisés.

Pour déterminer les stocks et flux de carbone en forêt, Alcina utilise l'outil **A●CO2**, propriété exclusive enregistrée à l'INPI sous le n° DSO2022007132. Les éléments méthodologiques détaillés dans ce rapport sont la propriété d'Alcina.

Coordination et relecture : Olivier Chandieux, Expert forestier membre du CNEFAF et EFF, Alcina Rédaction : Mariette Samoyeau, Alcina	Validation par : Étienne RAISON, EDF Renouvelables Version : v2 Date : 19/07/2024
--	--



Table des matières

CLAUSES GENERALES DE L'EXPERTISE	2
I. CONTEXTE	4
II. PEUPELEMENTS FORESTIERS	6
A. TYPOLOGIE DE PEUPLEMENT	6
B. MODELES SYLVICOLES	11
III. EVALUATION DES STOCKS ET FLUX DE CO2	12
A. FIXATION DE CARBONE	12
B. ESTIMATION DU FLUX DE CARBONE	15
C. SYNTHESE	19



I. Contexte

EDF Renouvelables assure le développement d'un projet de parc de production d'énergie solaire sur la commune de Badaroux (48). L'ensemble des parcelles concernées sont situées sur la forêt sectionale de Badaroux et bénéficie du Régime Forestier.

EDF Renouvelables a déjà produit l'expertise forestière des terrains susceptibles d'être défrichés et l'étude d'impact / mesures de la surface à défricher au regard de la forêt et souhaite compléter ces précédentes expertises par une étude relative à l'impact du défrichement en termes de flux de carbone.

Alcina, bureau d'étude forestier spécialisé dans la valorisation des forêts méditerranéennes a procédé suivant la méthodologie suivante :

- Étude de l'expertise forestière caractérisant les peuplements forestiers ;
- évaluation des productions biologiques par type de peuplement forestier (via l'accroissement moyen) ;
- simulation sylvicole sur la base des itinéraires présentés à l'aménagement ;
- évaluation des quantités de CO₂ stockées dans le sol et en biomasse aérienne à partir de données issues de la bibliographie (sur les biomasses stockées dans des milieux comparables ; sur la relation accroissement moyen / stockage de CO₂ ; ainsi que sur les effets de déstockage liés aux activités sylvicoles) ;
- les peuplements étant destinés à produire du bois de chauffage et du bois d'industrie, les effets de substitution énergétique – dont la pertinence est débattue par la communauté scientifique – ont été négligés.

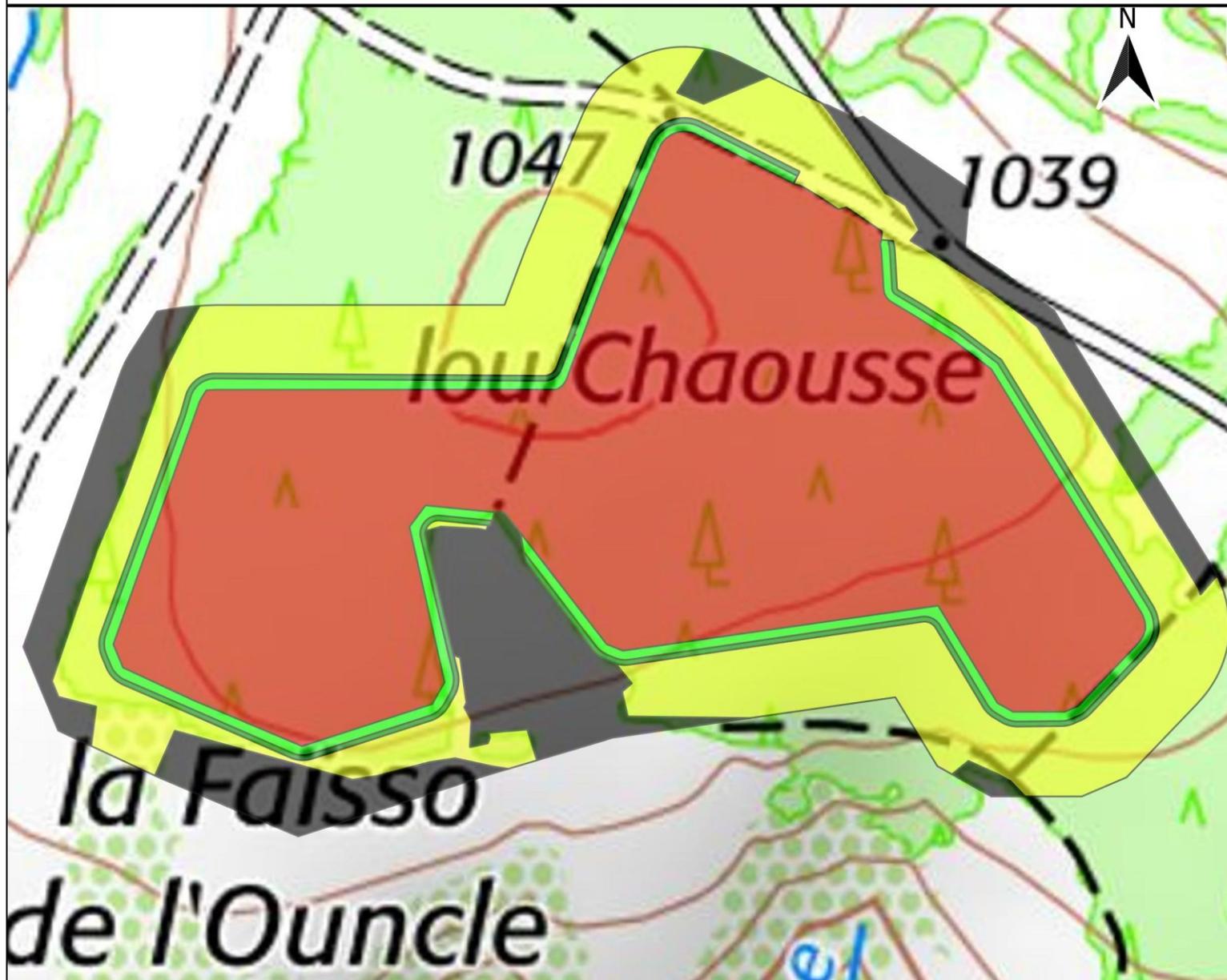
La zone d'implantation clôturée s'étend sur 10,89 hectares de futaies de pin noir d'Autriche et de zones ouvertes et génère une obligation légale de débroussaillage de 50 mètres autour de la clôture. Dans cette bande de 50 mètres de large, une piste de 4 mètres de large pour permettre la circulation du SDIS induit un défrichement sur une surface de 0,97 hectares, une partie en coupe rase aux abords de la piste induit un défrichement de 0,54 hectares et 5,76 hectares sont concernés par la réalisation d'OLD alvéolaires. La zone concernée par les OLD est constituée de peuplements de pin noir d'Autriche et de zones ouvertes.

Les parties non forestières ne sont pas prises en compte dans cette étude.



Carte des principales zones du projet

0 75 150 m



Légende

Zones du projet

-  Zone cloturée (10,89 ha)
-  Piste SDIS (0,97 ha)
-  Coupe rase (0,54 ha)
-  Obligations légales de débroussaillage alvéolaires (5,76 ha)
-  Espaces non forestiers

II. Peuplements forestiers

A. Typologie de peuplement

Les peuplements couverts par la zone d'étude (implantation du parc + Obligation légale de débroussaillage) ont été parcourus par le bureau d'étude AEF pour permettre leur cartographie et leur caractérisation par des relevés dendrométriques.

La zone est en majoritairement couverte par des futaies de pin noir d'Autriche dans lesquelles 5 types ont été différenciés, en fonction notamment de leur volume sur pied et de leur productivité.

Les différents types de peuplements se répartissent comme suit au sein des deux zones d'études du projet.

Type de peuplement	Surface impactée par le projet (ha)	Part de la surface défrichée du type sur l'emprise	Surface impactée par les OLD (ha)
Futaie régulière de pin noir d'Autriche à faible densité	0,42	0,20	0,22
Futaie régulière de pin noir d'Autriche sur stations à fertilité moyenne	2,07	0,76	1,31
Futaie régulière de pin noir d'Autriche sur stations de bonne fertilité	14,34	10,89	3,45
Futaie régulière de pin noir d'Autriche sur stations de fertilité médiocre	0,47	0	0,47
Gaulis et perchis de pin noir d'Autriche	0,09	0	0,09
Zones ouvertes	0,77	0,55	0,22
Total général	18,16	12,40	5,76

Les zones de piste SDIS et de coupe rase comprises dans les OLD ont ici été intégrées à la catégorie « surface défrichée » car dans le cadre de cette étude de flux de carbone, le devenir de ces surfaces est similaire à celui de la surface clôturée.

Les données présentées ci-dessous proviennent du rapport d'expertise produit par le bureau d'étude AEF.

	Surface	Hauteur (m)	Nombre Tiges /ha	Diamètre	Volume	Acct Vol.
Futaie régulière de pin noir d'Autriche à faible densité – 65 ans						
<p>Futaie régulière composée essentiellement de pins noirs d'Autriche plantés à une densité initiale de 2 500 tiges/ha il y a 65 ans. Ce peuplement est très peu vigoureux du fait des faibles potentialités de la station. La qualité et la profondeur des sols ainsi que les aléas climatiques (sécheresse) offrent des conditions très limitées pour le développement des arbres présents. Malgré ces conditions, l'état sanitaire actuel est correct.</p> <p>Ce peuplement a été dégradé lors de la canicule de 2003. On retrouve aujourd'hui beaucoup de bois mort au sol. À ce jour le peuplement est clair et on remarque une régénération naturelle vigoureuse en sous-étage. Les semis mesurent 5 à 6 mètres de hauteur. L'ensemble de ce peuplement est équipé de layons d'exploitation de 5 mètres parallèles aux lignes de plantation (1 ligne sur 3). Les bois sont de moyennes qualités, les tiges sont tordues et branchues. Les types de produit escomptés sont la palette et le bois d'industrie.</p>	0,42 ha	14,6 m	375 /ha	27 cm	156 m ³ /ha	3,5 m ³ /ha/an
 <p>© AEF – Jérôme Louvet</p>						
Futaie régulière de pin noir d'Autriche sur station de fertilité moyenne – 65 ans						
<p>Le peuplement se présente sous la forme d'une futaie régulière composée essentiellement de pins noirs d'Autriche. Planté à une densité initiale de 2500 tiges/ha, ce peuplement est peu vigoureux du fait des potentialités de la station. La qualité et la profondeur des sols ainsi que les aléas climatiques (sécheresse) offrent des conditions très limitées pour le développement des arbres présents. Malgré ces conditions, l'état sanitaire actuel est correct.</p> <p>À ce jour, le peuplement est moyennement dense et on remarque une régénération naturelle par tâche en sous étage ; les semis mesurent de 50 cm à 2 mètres de hauteur.</p> <p>L'ensemble de ce peuplement est équipé de layons d'exploitation de 5 mètres parallèles aux lignes de plantation (1 ligne sur 3). Les bois sont de moyennes qualités, les tiges sont tordues, branchues, parfois fourchues. Les types de produit escomptés sont la palette et le bois d'industrie.</p>	2,07 ha	14,5 m	500 /ha	27 cm	210 m ³ /ha	3,5 m ³ /ha/an
 <p>© AEF – Jérôme Louvet</p>						

	Surface	Hauteur (m)	Nombre Tiges /ha	Diamètre	Volume	Acct Vol.
Futaie régulière de pin noir d'Autriche sur stations de bonne fertilité – 65 ans						
<p>Le peuplement se présente sous la forme d'une futaie régulière composée essentiellement de pins noirs d'Autriche. Planté à une densité initiale de 2500 tiges/hectares, ce peuplement est moyennement vigoureux du fait des potentialités de la station. La qualité et la profondeur des sols ainsi que les aléas climatiques (sécheresse) offrent des conditions assez limitées pour le développement des arbres présents. Malgré ces conditions, l'état sanitaire actuel est correct.</p> <p>On remarque une régénération irrégulière suivant les secteurs. Elle est présente ponctuellement par tâche en sous étage avec des semis qui mesurent de 30 cm à 2 mètres de hauteur.</p> <p>L'ensemble de ce peuplement est équipé de layons d'exploitation de 5 mètres parallèles aux lignes de plantation (1 ligne sur 3). Les bois sont de moyennes qualités, les tiges sont tordues, branchues, parfois fourchues. Les types de produit escomptés sont la palette et le bois d'industrie.</p>	14,34 ha	15,6 m	675/ha	25 cm	235 m ³ /ha	5,5 m ³ /ha/an
 <p>© AEF – Jérôme Louvet</p>						
Futaie régulière de pin noir d'Autriche sur stations de fertilité médiocre – 65 ans						
<p>Le peuplement se présente sous la forme d'une futaie régulière composée essentiellement de pins noirs d'Autriche. De nombreuses tiges de 5 et 10 cm occupent ce peuplement. Planté à une densité initiale de 2500 tiges/hectares, ce peuplement est très peu vigoureux du fait des potentialités de la station. La qualité et la profondeur des sols ainsi que les aléas climatiques (sécheresse) offrent des conditions très limitées pour le développement des arbres présents. Malgré ces conditions, l'état sanitaire actuel est correct. La roche est affleurante par endroit, le système racinaire des arbres est très superficiel.</p> <p>On remarque une régénération irrégulière suivant les secteurs. Elle est présente ponctuellement par tâche en sous étage avec des semis qui mesurent de 30 cm à 2 mètres de hauteur.</p> <p>L'ensemble de ce peuplement est équipé de layons d'exploitation de 5 mètres parallèles aux lignes de plantation (1 ligne sur 3). Les bois sont de moyennes qualités, les tiges sont tordues, branchues, parfois fourchues. Les types de produit escomptés sont la palette et le bois d'industrie.</p>	0,47 ha	11,1 m	690 /ha	19 cm	118 m ³ /ha	2,5 m ³ /ha/an
 <p>© AEF – Jérôme Louvet</p>						



	Surface	Hauteur (m)	Nombre Tiges /ha	Diamètre	Volume	Acct Vol.
Gaulis et perchis de pin noir d'Autriche						
<p>Ce type de peuplement est issu de régénération naturelle sur des zones où la totalité du peuplement planté en 1959 est mort à cause de la sécheresse et des sols pauvres et peu profonds. Presque aucun arbre adulte n'est présent sur ces zones. Les tiges mesurent en moyenne 2 mètres et certains sujets dominant à 4 mètres. Les diamètres sont tous inférieurs à 5 cm et la densité est très importante.</p>	0,09 ha	2 m	/	< 5 cm	/	2,5 m ³ /ha/an
	 <p style="text-align: center;">© AEF – Jérôme Louvet</p>					
Zones ouvertes						
<p>Il s'agit de zone en bordure des peuplements forestiers qui ne sont pas boisées (clairières, chemins, trouées...). Ces zones sont principalement végétalisées par un cortège herbacé varié. Aucun arbre n'y est présent.</p>	0,77 ha		/			
	 <p style="text-align: center;">© AEF – Jérôme Louvet</p>					

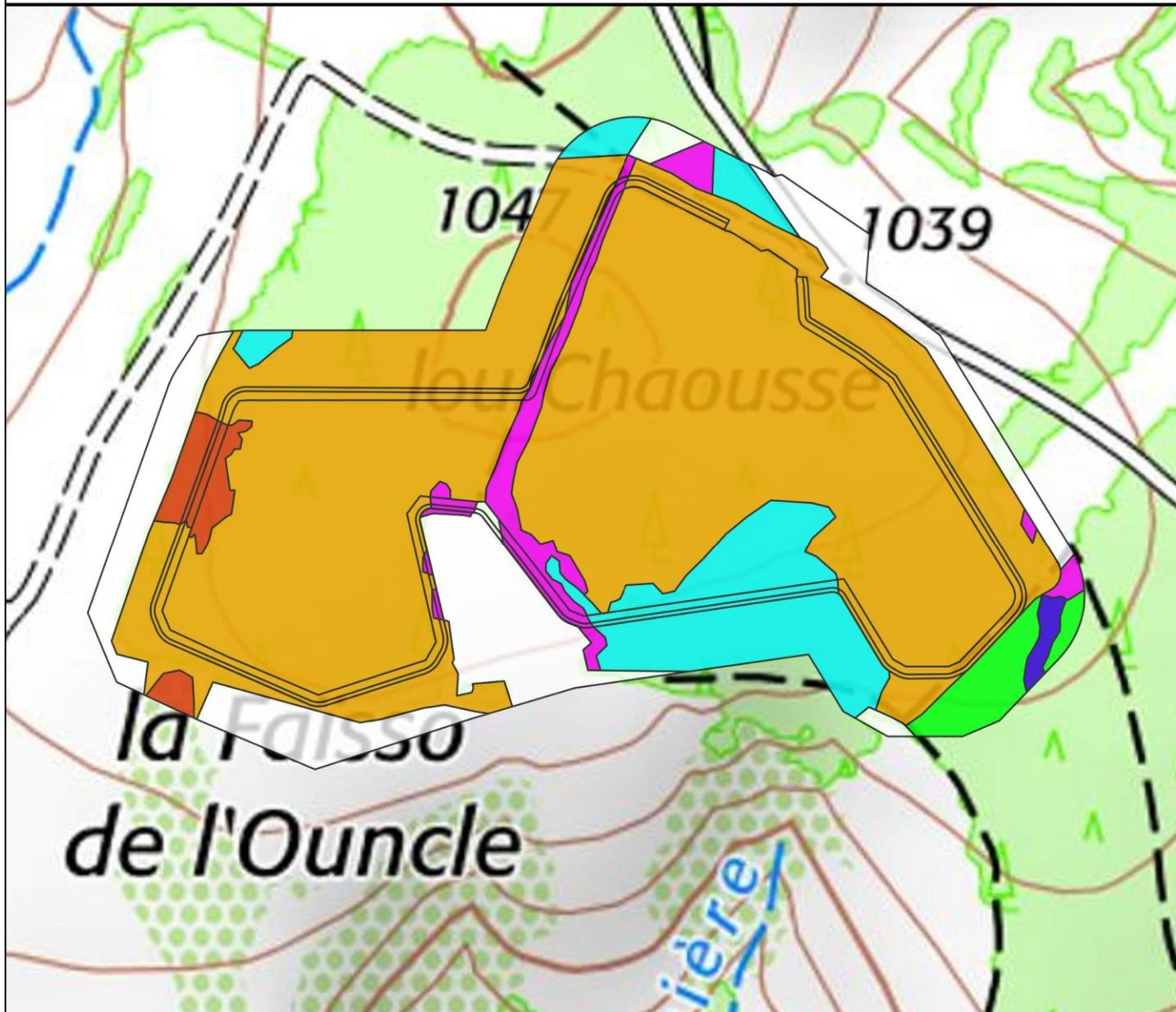




Légende

Types de peuplements

-  FR PNA à faible densité
-  FR PNA sur station de bonne fertilité
-  FR PNA sur station de fertilité moyenne
-  FR PNA sur stations de fertilité médiocre
-  Gaulis et perchis de PNA
-  Zone ouverte
-  Non forestier



B. Modèles sylvicoles

Les modèles sylvicoles utilisés dans la suite de l'étude, pour évaluer les quantités de biomasse susceptibles d'être produites sur la zone d'étude sont issus du plan d'aménagement forestier des forêts sectionales de Badaroux et Nojaret.

Deux scénarios sont ainsi comparés :

- Défrichement,
- Application d'une gestion durable, selon l'Aménagement de la forêt sectionale. Conformément au schéma régional d'aménagement, l'âge d'exploitabilité est fixé à 120 ans et des coupes d'amélioration sont conduites tous les 19 ans. Les trois dernières coupes sont la coupe d'ensemencement qui prélève 30% du volume sur pied, puis la coupe secondaire 5 ans après qui prélève 50 % du volume sur pied et la coupe définitive 6 ans après qui prélève le reste des arbres.

Les effets des changements climatiques, totalement incertains, ne sont pas pris en compte dans cette approche. Ils ne conduiraient qu'à réduire l'écart entre les 2 autres scénarios comparés.

III. Evaluation des stocks et flux de CO2

A. Fixation de carbone

Sources

- *Forêt et carbone, comprendre, agir, valoriser* – S. Martel, L. Casset, O. Gleizes, FRANSYLVA – CNPF 2015
- *Carbone et forêts – Réflexions et propositions sur la diversité des filières carbonées forestières, Forêts sauvages, FRAPNA, LPO – 2015*
- *Stock et flux de carbone dans les forêts françaises* – J.L. Dupouey – *Revue Forestière Française* LII – *Projet CARBOFOR*
- *Séquestration de carbone dans les grands écosystèmes forestiers en France* – D. Lousteau INRA - 2004
- *Comparison of the several methods to estimate of the sampling variance from a systematic random sampling : application to the French soil monitoring network data* – N. Saby et al. - *GeoEnv* 2014
- Manuel Martin, 2019, « La carte nationale des stocks de carbone des sols intégrée dans la carte mondiale de la FAO », *Portail Data Inra, V1*

1. Principes

Nous distinguons dans cette étude, 2 notions :

- le stock de carbone correspondant à une photographie à l'instant t. de la quantité de carbone présente dans l'écosystème (dans la biomasse aérienne et dans le sol) ;
- les flux de carbone correspondants aux mouvements d'entrée (liés à l'accroissement en volume de la forêt et aux processus de maturation des sols) et de sorties (liés aux coupes de bois et aux processus de stockage dans les produits bois).

Le stock de carbone est constitué de :

- la biomasse des branches et feuillages,
- la biomasse ligneuse aérienne,
- la biomasse de la strate arbustive,
- la biomasse de la litière et du bois mort,
- la biomasse racinaire,
- la biomasse du sol.

2. Estimation du stock de carbone

La biomasse ligneuse aérienne est calculée à partir du volume bois fort calculé pour chaque type de peuplement.

$$C_{\text{biomasse ligneuse}} = \text{Volume bois fort} \times \text{Infradensité} \times \text{Taux de carbone}$$

$$\text{Taux de carbone} = 0,475 \text{ (Carbofor 2004)}$$

La biomasse branches et feuilles est calculée à partir d'un facteur d'expansion :

$$C_{\text{biomasse aérienne}} = C_{\text{biomasse ligneuse}} \times \text{Facteur d'expansion}$$



La biomasse racinaire est déterminée à partir de la biomasse aérienne selon la formule suivante :

$$C_{\text{biomasse racines}} = \exp[-1,0587 + 0,8836 \times \ln (C_{\text{biomasse aérienne}}) + 0,1874]$$

La biomasse des arbustes est calculée à partir des recouvrements et hauteurs moyennes des arbustes

$$C_{\text{biomasse arbustive}} = \text{Biomasse} \times \text{Infradensité} \times \text{Taux de carbone}$$

La strate arbustive présente sur site est principalement composée de buis avec couverture importante mais non continue – autour de 70%. Un taux correctif de 0,7 sera appliqué aux valeurs de biomasses indiquées ci-dessous qui correspondent à des valeurs de strate continue.

	Pin noir d’Autriche
<i>Infradensités</i>	0,46
<i>Facteur d’expansion branches</i>	1,3
<i>Facteur d’expansion racines</i>	1,3
<i>Taux de carbone</i>	0,475

Valeurs retenues pour les essences et formations végétales de Badaroux, d’après bibliographie citée en tête de chapitre

La quantité de carbone fixée dans le sol est approchée à partir d’éléments bibliographiques intégrant :

- La biomasse de litière (un facteur de 0,55 appliqué à l’épaisseur de litière est considéré comme indicatif de la masse de carbone). Ici on a considéré 1 cm de litière pour tous les peuplements.
- Les valeurs de carbone du sol sont issues de la carte nationale des stocks de carbone (GIS Sol 2017). Cette carte indique des valeurs comprises entre 75 et 100 t/ha sur le secteur d’étude. Le taux de carbone moyen contenu dans le sol par type de peuplement a été obtenu par moyenne pondérée du taux de carbone par les surfaces concernées pour chaque type de peuplement. Nous retiendrons 75 t/ha pour les sols les plus superficiels et 90 t/ha pour les sols un peu plus profonds.

Les valeurs calculées de masse de carbone, pour chaque type de peuplement, sont présentées dans le tableau page suivante. Le stock total de carbone varie de **80 à 179 tonnes C /ha**. Le **stock total de carbone est en moyenne de 173,8 t/ha**, pondérés par les surfaces respectivement impactées par le défrichement et de **171,2 t/ha si l’on prend en compte les OLD**.

On considère que la biomasse du sol forestier (litière + sol) correspond en moyenne, en France, à 57 % de la biomasse totale. Ici, cette proportion est comparable : 56 % en moyenne.



Le **stock moyen de carbone aérien** (bois, branches, feuillages, arbustes) est de **63,0 tonne/ha sur la surface défrichée, 61,4 tC/ha en considérant également les OLD**, à comparer au stock de carbone moyen de 59 tonnes de carbone/ha, évalués par l'IGN pour les forêts françaises en 2004. Ce niveau de stock est légèrement plus haut en raison d'une productivité moyenne pour une essence résineuse productive, de la majorité des peuplements impactés.

Le stock total de carbone est de 3 110,2 tonnes de carbone (2 154,8 t sur l'emprise du projet et 955,4 t dans les OLD) dont 1 115 tonnes de carbone stocké dans la biomasse aérienne.

	<i>Quantité de carbone (tonnes par hectare)</i>						Carbone total	Carbone aérien	Part sol / total
	C ligneux	C branches	C racine	C arbust	C litière	C sol			
Futaie régulière de pin noir d'Autriche à faible densité	34,1	10,2	11,9	0,0	5,5	75,0	136,7	44,3	59%
Futaie régulière de pin noir d'Autriche sur station de bonne fertilité	51,3	15,4	17,1	0,0	5,5	90,0	179,4	66,8	53%
Futaie régulière de pin noir d'Autriche sur station de fertilité moyenne	45,9	13,8	15,5	0,0	5,5	90,0	170,7	59,7	56%
Futaie régulière de pin noir d'Autriche sur station de fertilité médiocre	25,8	7,7	9,3	0,0	5,5	75,0	123,3	33,5	65%
Gaulis et perchis de pin noir d'Autriche	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	75,0	80,5	0,0	100%
Zone ouverte	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	75,0	80,5	0,0	100%
Moyenne défrichement	48,5	14,5	16,2	0,0	5,5	89,1	173,8	63,0	56%



B. Estimation du flux de carbone

Sources :

Valade A., Luyssaert S., Bellassen V., Vallet P., Njakou Djomo S., 2017, Bilan carbone de la ressource forestière française. Projections du puits de carbone de la filière forêt-bois française et incertitude sur ses déterminants. Rapport final. Mars 2017, Paris. ADEME/1260C0056

Jonard M., 2017, Forest soil in France are sequestering substantial amounts of carbon, Science of the total environment 574

Beillon D et al; 2023, A global meta-analysis of soil organic carbon in the Anthropocène, Nature Communications 14

1. Estimation du flux lié à la modification de l'état boisé

Le défrichement induit :

- un déstockage total du carbone de la biomasse ligneuse, des branches et feuilles, arbustive (par coupe, évacuation),
- un déstockage partiel du carbone du sol, sous forme d'une exportation rapide lié à la minéralisation de la matière organique suite au défrichement puis à une importation dans le cadre de la mise en place d'une prairie permanente dans le parc photovoltaïque.

Ce déstockage est estimé à 25 % de la valeur initiale en 30 ans (d'après Beillouin et al, 2023).

Le défrichement induit un déstockage de carbone estimé à 1 326,2 tonnes de carbone.

L'ouverture des OLD alvéolaires induit un déstockage partiel du carbone :

- de la biomasse ligneuse (coupe partielle et export), des branches et des feuilles et de la végétation arbustive (broyage régulier), estimé à 75% du stock ;
- de la biomasse racinaire (réduction et dégradation du système racinaire suite à la réduction drastique la biomasse aérienne), estimé à 50% du stock ;
- de la litière et du sol par les mécanismes de minéralisation suite à la mise en lumière, estimé à 50% du carbone de la litière et 10% de celui du sol.

L'ouverture de l'OLD induit un déstockage de carbone estimé à 359,8 tonnes de carbone.

L'implantation du projet implique donc un destockage de carbone évalué à 1 686,0 tonnes de carbone soit 54% du stock actuel.



	STOCK TOTAL (tonnes de carbone)							Déstockage défrichement	Déstockage OLD	
	C ligneux	C branches	C racine	C arbust	C litière	C sol	Carbone total			
Futaie régulière de pin noir d'Autriche à faible densité	14,3	4,3	5,0	-	2,3	31,5	57,4	16,1	10,9	
Futaie régulière de pin noir d'Autriche sur station de bonne fertilité	736,3	220,9	245,6	-	78,9	290,6	572,3	1 218,4	242,8	
Futaie régulière de pin noir d'Autriche sur station de fertilité moyenne	95,0	28,5	32,1	-	11,4	186,3	353,3	78,4	84,2	
Futaie régulière de pin noir d'Autriche sur station de fertilité médiocre	12,1	3,6	4,4	-	2,6	35,3	58,0	-	18,8	
Gaulis et perchis de pin noir d'Autriche	-	-	-	-	0,5	6,8	7,2	-	0,9	
Zone ouverte	-	-	-	-	4,2	57,8	62,0	13,3	2,3	
							SOMME	3 110,2	1 326,2	359,8

2. Estimation de l'impact long terme sur le stockage

Sources :

MARTEL Simon, 2010. *Carbone et gestion forestière en forêt privée française (mémoire de fin d'études d'ingénieur forestier)*. AgroParisTech-ENGREF, 108 p.

Jonard M., 2017, *Forest soil in France are sequestering substantial amounts of carbon*, *Science of the total environment* 574

L'estimation du stockage de carbone attendu en **l'absence de défrichement** est basée sur les hypothèses générales suivantes :

- le stock de carbone bénéficie d'un accroissement proportionnel à l'accroissement en volume du peuplement forestier, les formules de calcul du stock de carbone permettent donc de calculer l'accroissement annuel du stock de carbone,
- les variations du stock de carbone du sol, liée à un stockage lent en profondeur au cours du vieillissement de la forêt et à des déstockages rapides lors des coupes de bois, sont négligées, nous considérerons ici que le stock du sol ne peut que bénéficier d'un apport de carbone,
- la part de carbone non ligneux séquestrable (mortalité des racines, chute des feuilles, renouvellement du houppier) est évaluée sur la base d'un rapport entre l'âge du



peuplement, sa structure et la capacité de séquestration du carbone dans le sol (Jonard 2017),

- les variations du stock de carbone de la biomasse arbustive liées au vieillissement des arbustes et à la destruction de la strate arbustive lors des coupes de bois et aux phases de régénération sont négligées, nous considérerons ici que le stock de la strate arbustive est stable,
- les dépenses de carbone liées aux opérations sylvicoles (engins et transport des bois) sont également négligées.

Certaines hypothèses s'appliquent au scénario de gestion forestière :

- l'application d'une gestion forestière (assurant la régénération de la forêt) induit des déstockages du carbone, plus ou moins rapide en fonction des produits valorisés mais permet de récolter les arbres avant qu'ils ne meurent,
- le bois énergie (bois de chauffage) a une durée de cycle carbone de 2 ans après exploitation,
- le bois d'œuvre qualité palette a une durée de cycle carbone de 5 ans après exploitation
- le bois d'œuvre qualité construction a une durée de cycle carbone de 32 ans après exploitation,
- la part de volume de bois d'œuvre effectivement transformée en sciage assurant un rôle de stockage du carbone est fixée à 50 % (rendement courant en scierie).
- dans les zones soumises à Obligations Légales de Débroussaillage, le stock de carbone est considéré comme stable (réduit très fortement à la création, la gestion du débroussaillage permettant de maintenir un faible couvert boisé et renouvelant à un court pas de temps la strate basse).

Le scénario de gestion forestière considéré est celui décrit plus haut dans le paragraphe dédié au modèle sylvicole. Ce scénario de gestion permettant le renouvellement du peuplement induirait cependant une perte nette de stockage **de 7,5 tonnes de C/an, soit 300 t de C sur la durée d'exploitation du parc**. Ce niveau de stockage supplémentaire modeste (accroissement de 1,1% du stock actuel) est lié au stade de développement des peuplements et leur renouvellement prévu dans la période considérée.



Flux de carbone (en tonnes)	Stockage C ligneux/an	Stockage C aérien non ligneux/an	Stockage total sur 40 ans	Part séquestrable dans l'écosystème	Gestion conservatoire		Gestion préconisée par les SRA/SRGS		
					Mortalité	Flux de carbone dans le cadre d'une gestion conservatoire	Déstockage gestion années 2021-2040	Déstockage gestion années 2041-2060	Flux Carbone : Stockage – Déstockage par coupes de bois (sur 40 ans)
Futaie régulière de pin noir d'Autriche à faible densité	0,2	0,2	9,2	1,9	0,0	7,9	2,0	2,2	3,7
Futaie régulière de pin noir d'Autriche sur station de bonne fertilité	13,1	17,8	710,8	101,9	3,8	621,7	166,0	186,6	272,8
Futaie régulière de pin noir d'Autriche sur station de fertilité moyenne	0,6	0,8	31,6	7,1	0,2	30,2	9,9	10,2	10,3
Moyennes annuelles :	13,8 t C/an	18,8 t C/an			4,0 t C/an	16,8 t C/an	9,4 t C/an		7,5 t C/an
					Total	673 t C			300 t C

3. Effet de substitution

Sources :

Leturcq, Philippe, 2011, *La neutralité carbone du bois énergie : un concept trompeur ?* Revue Forestière Française, Vol. 63, N° 6, p. 723-734

DuBus de Warnaffe G., Angerand S., 2020, *Gestion forestière et changement climatique, une nouvelle approche de la stratégie nationale d'atténuation*

GLEIZES Olivier. 2017. *Faire un diagnostic carbone des forêts et des produits bois à l'échelle d'un territoire (étude de faisabilité Climafor) – Rapport final.* ADEME. 118 p.

Les produits ligneux issus des coupes de bois sont valorisés dans différentes filières et peuvent permettre d'éviter des émissions de carbone par effet de substitution vis-à-vis d'autres matériaux conventionnels. Aussi une comparaison des effets de substitution entre les deux itinéraires (défrichement et gestion durable) aurait pu être envisagée.

Bien que des méthodes soient proposées pour prendre en compte une potentielle réduction des émissions de GES via la substitution des combustibles fossiles par le bois, les effets positifs d'une telle substitution sont actuellement vivement débattus par la communauté scientifique. Il a donc été décidé de ne pas les prendre en compte dans cette étude.



C. Synthèse

Le projet de parc photovoltaïque de Badaroux (Lozère) induit un changement d'affectation de l'usage du sol sur une surface de 12,40 hectares.

Le défrichement et les obligations légales de débroussaillage générées par le projet impacte des futaies de pin noir d'Autriche.

L'étude visait à évaluer le stock et le flux de carbone impacté par l'implantation du parc par rapport à un scénario de gestion durable.

Flux de carbone

Le carbone s'évalue en termes de stock et en termes de flux.

Le stock de carbone (bois, branches, arbustes, racines, sol) actuellement en place sur la zone impactée est estimé, en moyenne, à **174 tonnes de carbone/ha**.

Le déstockage de carbone lié au défrichement et à l'ouverture des OLD est estimé à **1 686 tonnes de carbone**.

En parallèle, une gestion forestière assurant le renouvellement du peuplement, sur la période d'exploitation du parc photovoltaïque, aurait induit un stockage de **7,5 tonnes C/an**. Une gestion conservatoire de ce peuplement aurait permis un stockage de **16,8 tonnes C/an**.

Stock de carbone actuel : 3 110 tonnes de carbone (soit 11 395 t-eqCO₂*)

Déstockage induit par le défrichement : 1 326 tonnes de carbone (soit 4 858 t-eqCO₂*)

Perte de séquestration sur 40 ans : 300 tonnes de carbone dans le cas d'un scénario de gestion forestière classique, 673 tonnes de carbone dans le cas d'une gestion conservatoire.

Scénario gestion forestière sur 40 ans :

séquestration de 3 410 tonnes de carbone (soit 12 494 t-eqCO₂*)

Stock actuel (3 110 t) + Séquestration sur 40 ans (300 t)

Scénario gestion conservatoire sur 40 ans :

séquestration de 3 783 tonnes de carbone (soit 13 861 t-eqCO₂*)

Stock actuel (3 110 t) + Séquestration sur 40 ans (673 t)

Scénario défrichement :

séquestration de 1 424 tonnes de carbone (soit 5 218 t-eqCO₂*)

Stock actuel (3 110 t) – déstockage lié au défrichement (1 686 t)

Bilan carbone induit par le défrichement pour la réalisation du parc photovoltaïque :

Perte de séquestration de 1 986 à 2 359 tonnes de carbone (soit 7 277 à 8 643 t-eqCO₂*)

* Pour exprimer les quantités de Carbone calculées en tonne de Carbone sous l'unité « tonne équivalent CO₂ » couramment utilisée pour l'évaluation des compensations on utilise un rapport CO₂/C de 3,664.

