

Paris,
Juin 2022

Réorienter les usages du bois pour améliorer le puits de carbone

Sur quels produits miser en priorité ?

Auteurs : Océane **Le Pierrès** | Julia **Grimault** | Valentin **Bellassen**

Soutenu par



L'Institut de l'économie pour le climat (I4CE – Institute for climate economics) est une association experte de l'économie et de la finance dont la mission est de faire avancer l'action contre les changements climatiques. Grâce à ses recherches appliquées, l'Institut contribue au débat sur les politiques liées au climat. Il rend aussi publiques des analyses pour appuyer la réflexion des institutions financières, des entreprises ou encore des territoires et les aider à intégrer concrètement les enjeux climatiques dans leurs activités.



I4CE est une association d'intérêt général, à but non lucratif, fondée par la Caisse des Dépôts et l'Agence Française de Développement.

www.i4ce.org

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier pour leurs contributions :

Miriam Buitrago (ADEME), Colas Robert (Citepa), Bruno Clair (CNRS), Luc Charmasson et Jean-Luc Dunoyer (Comité Stratégique de la Filière Bois), Jouni Hakkarainen (Eurofins Expert Services), Haroun Ba, Alain Bailly, Gérard Deroubaix, Jean-Denis Lanvin, Laurent Le Gall et Estelle Vial (FCBA), Antoine Colin (IGN), Eric Henneke (Knauf SAS), Pauline Favre, Agnès Lauret-Grémillet et Marianne Rubio (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation), Michel Hermeline (Ministère de la Transition écologique), Clément Quineau (UICB), Olivier Hugon-Nicolas (UIPP), Bastien Bouteloup (Woodeum).

Les auteurs remercient également l'équipe de la Veille économique mutualisée de la filière forêt-bois (VEM-FB) pour la mise à disposition de leurs données, et plus particulièrement Haroun Ba, Alain Bailly et Francis Bigot de Morogues (FCBA), et Eric Toppan (Fransylva – France Bois Forêt).

TABLE DES MATIÈRES

SIGLES, ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS	2	3. RÉORIENTER LES RESSOURCES DE TYPE BOIS INDUSTRIE ET ÉNERGIE	24
UNITÉS	2	3.1. Pas de contraintes techniques insurmontables	24
RÉSUMÉ POUR DÉCIDEURS	3	3.1.1. Des contraintes de production liées aux essences et types de bois	24
INTRODUCTION	6	3.1.2. Mais des évolutions de l'appareil productif prometteuses	25
1. LA FILIÈRE : PARCOURS DE LA RESSOURCE, DE LA FORÊT AU PRODUIT BOIS	7	3.2. Les panneaux et les isolants, principaux leviers de la réorientation du bois d'industrie et du bois énergie	26
1.1. Les ressources forestières	8	4. ÉVALUATION DU POTENTIEL DE RÉORIENTATION DES USAGES DU BOIS POUR LES PRINCIPAUX PRODUITS	30
1.1.1. Qualités du bois : bois d'œuvre, bois d'industrie, bois énergie	8	4.1. Méthode	30
1.1.2. Essences exploitées	9	4.2. Résultats par type de produit	31
1.2. Les autres ressources	10	4.3. Comparaison avec la SNBC	32
1.2.1. Les produits connexes de première et seconde transformation	10	5. CONCLUSION	34
1.2.2. Le bois recyclé	10	RÉFÉRENCES	35
1.3. Les principaux usages du bois récolté en France	12	ANNEXES	36
1.3.1. Les usages à courte durée de vie	12	Annexe 1 – Essences de bois récoltées	36
1.3.2. Les usages à longue durée de vie	13	Annexe 2 – Diagrammes de Sankey	39
1.3.3. Les autres usages	17	Annexe 3 – Liste des fiches de déclaration environnementale et sanitaire (FDES) utilisées	42
1.4. Réorienter les usages du bois récolté : trois grandes pistes	19	Annexe 4 – Méthode de l'estimation des débouchés potentiels maximaux des panneaux et isolants dérivés du bois	43
2. UN POTENTIEL DE RÉORIENTATION DU BOIS D'ŒUVRE LIMITÉ DANS L'IMMÉDIAT MAIS PROMETTEUR À PLUS LONG TERME	20		
2.1. L'écart entre la récolte de qualité potentielle bois d'œuvre et les usages réels de bois d'œuvre : enjeu limité à court terme	20		
2.2. Les pistes d'optimisation pouvant augmenter le stockage dans le bois d'œuvre à long terme	22		

SIGLES, ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
BBC	Bâtiment basse consommation
BE	Bois énergie
BI	Bois industrie
BIPE	Bureau d'informations et de prévisions économiques
BO	Bois d'œuvre
BO-P	Bois d'œuvre potentiel
Citepa	Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique
CSTB	Centre scientifique et technique du bâtiment
FCBA	Institut technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement
GIEC (IPCC)	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>)
LC	Logements collectifs
MDF	Medium-density Fibreboard
MI	Maisons individuelles
MTE/MTES	Ministère de la transition écologique (depuis 2020)/et solidaire (2017-2020)
OSB	Oriented Stranded Board
PCS	Produits connexes du sciage, ou Produits connexes de scierie
REP	Responsabilité élargie du producteur
R&D	Recherche et développement
SNBC	Stratégie nationale bas-carbone
VEM-FB	Veille économique mutualisée de la filière forêt-bois

UNITÉS

Mm³	million de mètres cubes
Mt	million de tonnes
Mt CO₂	million de tonnes de CO ₂
Mm²	million de mètres carrés
Mm³ éq. br	million de mètres cubes équivalent bois rond
éq. Mt	équivalent million de tonnes de bois

RÉSUMÉ POUR DÉCIDEURS

Pour atteindre la neutralité carbone, la France doit développer les filières de produits bois à «longue durée de vie»

Peut-on à la fois récolter plus de bois pour alimenter la bioéconomie, tout en préservant le carbone stocké dont nous avons besoin pour atteindre la neutralité carbone ? Le débat fait rage depuis des années, entre les ONG, les experts, et les acteurs de la forêt et du bois, qui s'opposent sur la quantité de bois que la France doit récolter. Si cet enjeu est incontestablement important, il y en a un autre qui l'est également et qui reçoit moins d'attention : comment exploiter au mieux le bois récolté ?

Il existe un consensus sur le fait que la France doit développer la production et la consommation de produits bois «à longue durée de vie», c'est-à-dire des produits comme les charpentes ou les panneaux à base de bois qui permettent de stocker du carbone dans la durée. Le développement de ces usages du bois est en effet sans regret pour le climat : que l'on augmente un peu,

beaucoup ou pas du tout la récolte de bois, dédier une part croissante de la récolte à ces produits permet de maximiser le «puits carbone» de la France et facilite ainsi l'atteinte de la neutralité carbone en 2050. Ce développement est donc crucial, et il est au cœur de la Stratégie nationale bas carbone de la France (SNBC) qui a fixé des objectifs très ambitieux – trop ambitieux selon notre dernière étude¹ – à ces filières : augmenter très fortement la part du bois récolté dédiée à ces produits. Problème : cette stratégie ne dit encore rien des politiques à mener pour y parvenir. Pour devenir neutre en carbone, la France doit impulser une véritable politique de développement des filières de ces produits bois à longue durée de vie. La nouvelle SNBC, en cours d'élaboration, et la future loi de programmation énergie-climat, qui sera adoptée d'ici l'été 2023, sont des occasions à ne pas rater.

Pour élaborer une vraie politique de développement de ces filières, il faut commencer par identifier les plus prometteuses

Cette étude passe en revue les produits bois à longue durée de vie pouvant être obtenus à partir de ressources aujourd'hui dédiés aux filières du papier et de l'énergie, les contraintes techniques qui pèsent sur leur production, et les possibles débouchés sur le marché français.

Deux leviers prometteurs ont été identifiés pour mieux valoriser le bois récolté :

- 1 Optimiser la valorisation matière du bois d'œuvre, c'est-à-dire des gros bois de qualité supérieure généralement destinés à des usages longs, en transformant autant que possible le bois récolté en sciages², quitte à mobiliser de nouvelles technologies.
- 2 Réorienter une part de la ressource actuellement utilisée par les filières du papier et de l'énergie, comme les bois de plus petits diamètres et les produits dérivés de la transformation du bois, à des usages à longue durée de vie comme les panneaux de construction et les isolants en bois.

Ces différentes options impliquent le développement des industries de transformation et de nouveaux débouchés, dans des proportions plus ou moins faisables et prometteuses à court terme.

Meilleure valorisation du bois d'œuvre : un potentiel limité dans l'immédiat mais prometteur à plus long terme

Le bois d'œuvre correspond à la plus haute qualité de bois, et il est déjà majoritairement dédié à un usage matériau à longue durée de vie. Une partie du bois de cette qualité n'est toutefois pas valorisée à son plein potentiel technique et est destinée à des usages à courte durée de vie, tel que le chauffage des logements. Cela concerne principalement les bois d'essences feuillues, de faibles diamètres ou de faibles qualités.

Un développement des débouchés permettant de valoriser ces bois pourrait permettre d'augmenter la part de bois d'œuvre dans la récolte et celle dédiée aux produits à longue

1 I4CE, 2022 : Puits de carbone : l'ambition de la France est-elle réaliste ?

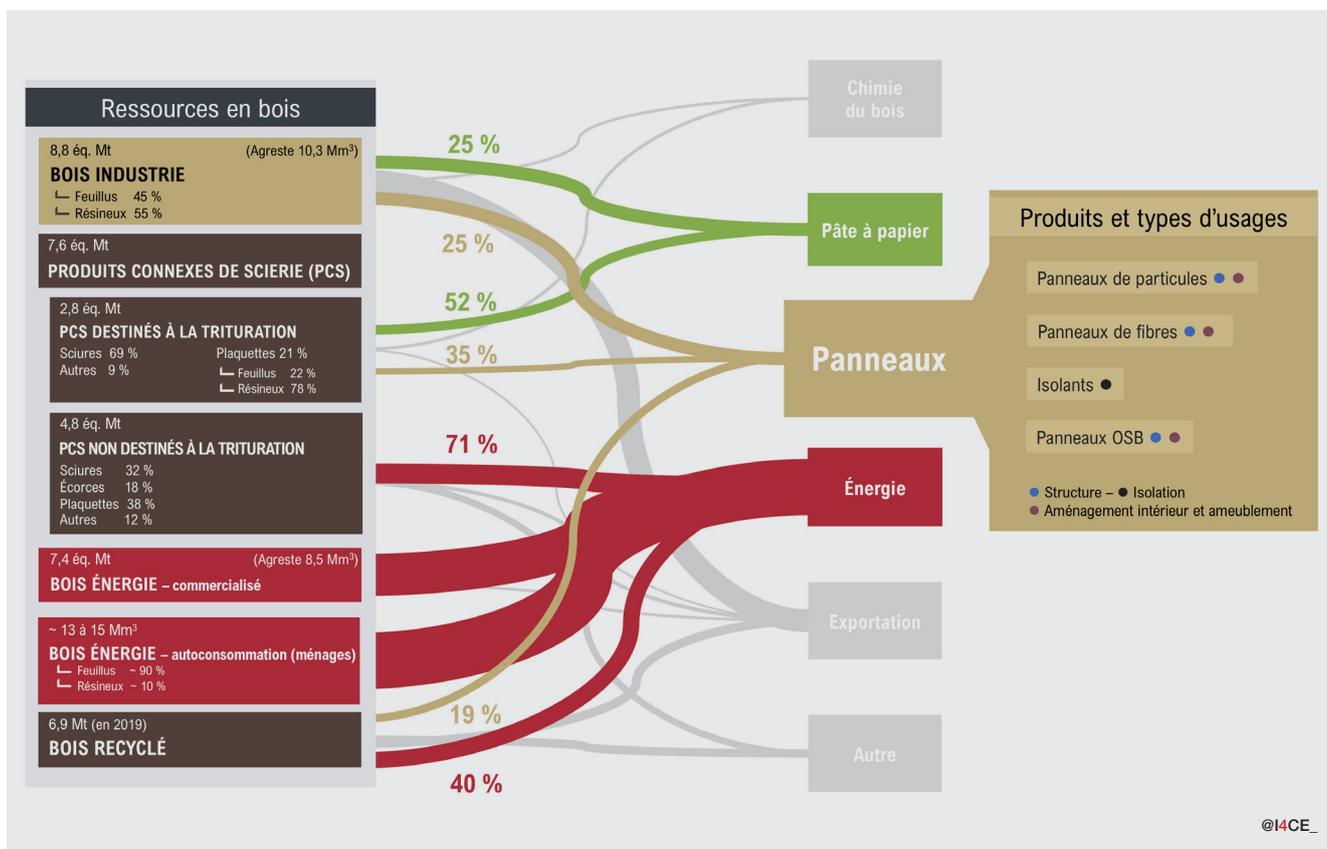
2 Principaux types de produits issus de la valorisation du bois d'œuvre, obtenus par sciage du bois.

durée de vie notamment. Le recours à des produits plus permissifs en termes de ressources utilisées comme les bois d'ingénierie pourrait notamment permettre de mieux valoriser ces bois. Cependant, ces développements nécessitent encore des besoins en R&D et des évolutions importantes de l'industrie, ce qui réduit leur potentiel à court terme. À plus long terme, le potentiel d'amélioration de la valorisation de ce qu'on qualifie aujourd'hui de bois d'œuvre pourrait aller jusqu'à 8 Mm³ par an, sans compter le potentiel lié à de futurs développements tels que celui des produits d'ingénierie.

Les filières prometteuses à court terme : les panneaux et des isolants

Les ressources issues de la transformation du bois d'œuvre (chutes de sciages par exemple) et les bois de plus faible qualité et de plus petit diamètre sont très utilisées par les filières papier et énergie (Diagramme), mais peuvent également être destinées à des usages à plus longue durée de vie : dans le secteur du bâtiment avec des isolants et des panneaux pour les murs et les planchers par exemple, dans l'ameublement pour fabriquer des bureaux, des cuisines, etc.

DIAGRAMME DES FLUX DE RESSOURCES FRANÇAISES MAJORITAIREMENT DÉDIÉES AUX FILIÈRES DU PAPIER, DES PANNEAUX ET DE L'ÉNERGIE, EN 2018



Les pourcentages expriment la part de chaque type de ressources actuellement destinée aux filières. Exemple : 25 % du bois industrie est consommé par la filière de la pâte à papier.

Les filières panneaux et isolants sont jugées particulièrement prometteuses pour la réorientation des usages du bois, car elles emploient des ressources communes aux filières papier et énergie et qu'il est donc techniquement possible de réorienter une partie de ces ressources vers la filière des panneaux. En effet, on observe peu de contraintes techniques fortes dans leur processus de production qui

iraient à l'encontre d'une réorientation de ces ressources. Des défis techniques à relever ont été identifiés – essentiellement sur la diversification des types de matières premières employées, mais des solutions innovantes existent déjà en France et à l'étranger, ce qui laisse présager que ces contraintes pourraient être levées rapidement avec les bonnes mesures.

Profitons d'un contexte politique opportun pour garantir des débouchés suffisants à ces filières

Le développement de ces filières impose la mise en œuvre d'une politique industrielle de développement des capacités de production ainsi que l'identification des bonnes incitations économiques et réglementaires pour élargir les débouchés des produits les plus prometteurs. Les débouchés potentiels de ces produits sont vastes, et justifient l'inclusion d'un objectif fort de réorientation dans la SNBC : nous évaluons le potentiel maximal technique de consommation supplémentaire de panneaux et isolants entre 15 Mm³ et 30 Mm³ par an, dans des scénarios de surfaces construites et rénovées respectivement tendanciel et ambitieux. Toutefois, notre chiffrage confirme que ses objectifs quantitatifs en matière de consommation de produits bois à longue durée de vie sont démesurés. L'objectif de 22 Mm³ d'« usage panneaux » de la SNBC 2 notamment ne pourrait être atteint qu'à différentes conditions, très ambitieuses et éloignées de la situation actuelle :

- que les panneaux et surtout les isolants en bois supplantent majoritairement les autres matériaux dans la construction ;
- que les surfaces rénovées annuellement s'accroissent aussi fortement que le souhaite la SNBC 2, ce qui correspond à une rénovation complète du parc des logements à un très haut niveau d'efficacité énergétique en moins de 30 ans ;
- que l'export de ces produits se développe pour compenser le surplus de panneaux lié au développement, par ailleurs souhaitable, de panneaux issus de bois recyclé.

Néanmoins, si les volumes finaux projetés aujourd'hui semblent surestimés par rapport à l'état actuel du marché, ces évolutions témoignent de l'ampleur des transformations majeures de nos modes de production et de consommation nécessaires pour l'atteinte de la neutralité carbone en 2050.

De nouvelles mesures instaurent d'ores et déjà un climat favorable à une telle évolution : les Assises de la Forêt et du Bois ont renforcé et créé des mesures de soutien au développement de l'industrie et des débouchés du bois d'œuvre, l'entrée en vigueur de la nouvelle réglementation sur les bâtiments neufs (RE2020) pourrait prochainement inciter à la consommation de produits biosourcés, et s'ils sont assortis de mesures incitatives spécifiques, les objectifs de rénovation énergétique pourraient être un tremplin idéal pour assurer des débouchés importants aux isolants en bois.

Cette étude amène donc à trois principales recommandations pour soutenir une politique de réorientation des usages du bois :

- rendre les panneaux de construction et les isolants en bois plus compétitifs que leurs substituts (plâtre, béton, laine de verre...) : ce sont les deux types de produits les plus prometteurs en terme de réorientation des usages du bois ;
- rendre l'utilisation du bois comme matériau plus compétitive que l'utilisation du bois pour produire de l'énergie : outre les études³ qui mettent en doute l'intérêt du bois énergie pour le climat, ce bois représente la principale ressource réorientable d'un usage court vers un usage long ;
- étudier plus finement le potentiel d'accroissement de la part du bois d'œuvre dans la récolte, notamment par le développement du bois d'ingénierie.

Enfin, les émissions liées à la fabrication des produits bois ne semblent pas remettre en cause l'intérêt de la réorientation⁴, même si ce point mériterait d'être approfondi, notamment pour les isolants.

3 (Birdsey, *et al.*, 2018; Myllyviita, *et al.*, 2021).

4 (Myllyviita, *et al.*, 2021; Kunič, 2017).

INTRODUCTION

Pour leur croissance, les forêts absorbent du CO₂ de l'atmosphère, et le stockent dans leur biomasse. Lorsque le bois est récolté, on observe deux effets sur le puits de carbone :

- le puits de carbone dans l'écosystème forestier (puits *in situ*) pâtit de la coupe qui entraîne une perte du carbone stocké (export du bois des forêts, décomposition des branches et des racines) et réduit à court terme la capacité à stocker du carbone le temps que la canopée se referme ;
- une partie du carbone exporté voit cependant son stockage prolongé durant la vie des produits confectionnés à partir du bois récolté. Si le stock de produits bois augmente, on observe un puits de carbone dans les produits bois (puits *ex situ*).

L'optimisation des usages du bois récolté est donc essentielle pour assurer que l'effet négatif sur le puits *in situ* à court et moyen terme soit au moins partiellement compensé par le puits dans les produits. Ainsi, à récolte équivalente, orienter une part plus importante de la récolte vers des produits à longue durée de vie permettrait d'augmenter le puits de carbone *ex situ* sans impacter le puits *in situ*, et constitue ainsi une stratégie 'sans regret', quel que soit l'arbitrage fait *in fine* sur le bon niveau de récolte.

La Stratégie nationale bas-carbone 2 (SNBC2) – feuille de route de la trajectoire de transition de la société et de l'économie françaises vers la neutralité carbone d'ici 2050 – vise ainsi à « privilégier les usages du bois ayant une plus longue durée de vie » dans l'optique d'accroître massivement le stock de carbone dans les produits bois d'ici 2050 (puits décuplé par rapport à son niveau de 1,9 MtCO₂ en 2015). Pour ce faire, elle prévoit une augmentation conséquente de la récolte⁵ (+70 % sur la période 2015-2050), mais elle s'appuie surtout sur la réorientation des usages du bois récolté visant l'augmentation de la part de la récolte dédiée à un usage matériau (de 25 % en 2015 à 50 % en 2050). Développer la part de la récolte dédiée aux usages à longue durée de vie prend deux formes principales : développer les usages sciages, c'est-à-dire les produits issus du bois d'œuvre, et développer les produits à longue durée de vie que l'on peut fabriquer à partir d'une ressource de type BI/BE, comme les panneaux.

La déclinaison concrète de cette réorientation des usages du bois récolté n'est toutefois pas précisée : quels sont les produits finis que l'on va davantage consommer ou exporter ? Peut-on réellement les produire avec le type de bois aujourd'hui orienté vers d'autres usages ? Quelle est la demande maximale pour ces produits ? Afin de préciser le volet « produits bois » de la SNBC, cette étude identifie les produits concernés par une réorientation, ainsi que les contraintes de production qui leur sont associées et qui pourraient limiter la réorientation des usages. Elle évalue également si les débouchés potentiels sont suffisants pour absorber les volumes de produits bois prévus par la SNBC. L'étude est segmentée de la façon suivante :

- 1 **État des lieux des ressources** de la filière forêt-bois et des usages finaux qu'il en est fait aujourd'hui ;
- 2 **Proposition d'interprétation concrète** de l'objectif de réorientation des usages du bois introduit par la SNBC2 en identifiant les produits à longue durée de vie dont la production peut augmenter par réorientation et dont la consommation peut augmenter ;
- 3 **Estimation du potentiel théorique** d'usage maximal des produits les plus prometteurs pour la réorientation des usages du bois.

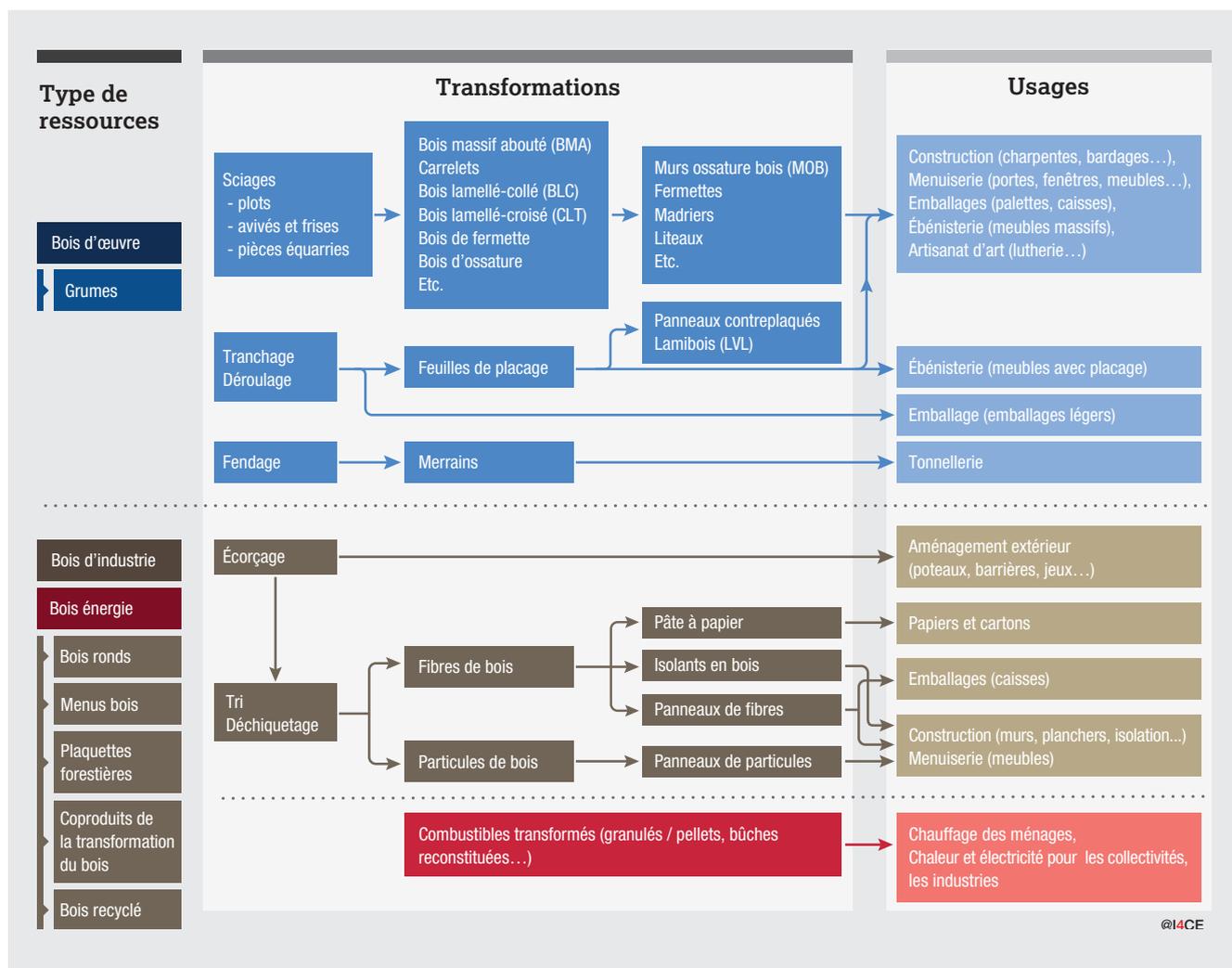
5 Récolte estimée à 49 Mm³ (IGN ; FCBA, 2016), incluant l'auto-approvisionnement en bois de feu des ménages.

1. LA FILIÈRE : PARCOURS DE LA RESSOURCE, DE LA FORÊT AU PRODUIT BOIS

Afin de déterminer à quoi pourrait ressembler une filière-bois produisant trois fois plus de produits à longue durée de vie, nous dressons dans un premier temps un inventaire des ressources françaises disponibles (1.1, 1.2) et des usages

qu'il en est fait aujourd'hui (1.3). La Figure 1 ci-dessous schématise les grandes étapes du parcours de la ressource, de la forêt jusqu'à ces principaux usages finaux, détaillées dans les parties suivantes.

FIGURE 1. SCHÉMA DU PARCOURS DE LA RESSOURCE, DE LA FORÊT AUX USAGES DU BOIS



1.1. Les ressources forestières

La forêt métropolitaine approvisionne le marché du bois par des bois de différentes qualités et essences.

1.1.1. Qualités du bois : bois d'œuvre, bois d'industrie, bois énergie

Bois d'œuvre

Le bois d'œuvre (BO) désigne les bois de qualité supérieure et suffisante pour être exploités par sciage, tranchage, déroulage ou fendage. La qualification se fait à partir de mesures du diamètre de l'arbre et de la longueur de son fût⁶, et de sa qualité intrinsèque (bois sain, sans singularité entravant la transformation) selon les attentes actuelles du marché pour le bois d'œuvre (Tableau 1).

TABLEAU 1. CRITÈRES ACTUELS DE QUALIFICATION EN BOIS D'ŒUVRE (IGN ; FCBA, 2019)

	Feuillus	Résineux
Diamètre à 1m30	≥ 35-40 cm	≥ 15-25 cm
Diamètre fin bout	≥ 25-30 cm	≥ 14-20 cm
Longueur de fût	3 m	4 m (sauf pin maritime : 2 m)

À partir de ces critères et des données de recensement de l'inventaire forestier national de 2014 à 2018, l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) a estimé le volume de bois d'œuvre potentiel prélevé annuellement à environ 24 Mm³, à près de 80 % composés d'essences résineuses (soit 18,6 Mm³) et 20 % d'essences feuillues (soit 5,2 Mm³) (IGN ; FCBA, 2019). Cependant, on observe un écart total de +18 %⁷ entre les prélèvements de bois d'œuvre potentiel feuillu chiffrés par l'IGN et la récolte commercialisée sur la période 2005-2017 reportée dans les enquêtes annuelles de branche (EAB), c'est-à-dire qu'il y aurait plus de récolte de qualité bois d'œuvre que d'usages réels de bois d'œuvre. Les raisons sont explicitées et discutées dans la section 2 sur les formes possibles de réorientation des usages du bois.

En 2019, 19,6 Mm³ de bois d'œuvre ont été récoltés et commercialisés en France métropolitaine, hors produits accidentels et sanitaires (Tableau 2).

Bois d'industrie et énergie

En forêt, le bois d'industrie (BI) et le bois énergie (BE) désignent à peu près le même type de ressource, à savoir tout bois n'étant pas du bois d'œuvre mais valorisable

pour sa matière (BI) ou pour son pouvoir calorifique à la combustion (BE). Outre sa composante forestière (bois rond dont menus bois, plaquettes forestières⁸), la ressource BI/BE est également composée de produits connexes de scieries et de bois recyclé présentés dans la section 1.2 ci-après.

Plus précisément, le bois rond peut être destiné au BI lorsqu'il a un diamètre minimal suffisant pour être exploité en tant que tel (à partir de 7 cm). En-dessous de ce diamètre, il est généralement abandonné en forêt mais il peut aussi être employé comme BE, éventuellement après avoir été décheté (plaquettes) ou sous forme de bûches lorsqu'il est destiné au chauffage domestique des ménages.

En 2019, 10,5 Mm³ de bois d'industrie et 8,1 Mm³ de bois énergie ont été récoltés (Tableau 2), auxquels il faut rajouter l'autoconsommation⁹ des ménages en bois de chauffage prélevé dans les forêts, estimée à environ 13 à 15 Mm³ par an (ADEME, 2021; ADEME, Solagro, Biomasse Normandie, BVA, 2018)¹⁰. Parmi le bois d'industrie récolté, il est en grande partie (94 % soit 9,9 Mm³) destiné à la trituration (i.e. pour la production de pâte à papier et de panneaux dérivés du bois), mais une partie est également dédiée à la fabrication de poteaux pour lesquels la forme du bois rond est conservée (cf. section 1.3.2).

TABLEAU 2. RÉCOLTE DE BOIS D'APRÈS L'ENQUÊTE ANNUELLE DE BRANCHE EXPLOITATION FORESTIÈRE ET ESTIMATION DE L'AUTOCONSOMMATION DES MÉNAGES EN BOIS DE CHAUFFAGE, EN 2019, PAR QUALITÉ DE BOIS, EN MM³

RÉCOLTE DE BOIS COMMERCIALISÉ	38,15
► Bois d'œuvre	19,56
► Bois d'industrie	10,53
Bois de trituration	9,85
Autres bois d'industrie (dont poteaux)	0,68
► Bois énergie (hors autoconsommation)	8,06
Bois ronds > 2 m, en rondins et bûches < 2 m	5,36
Plaquettes forestières	2,70
Bois de chauffage autoconsommé par les ménages	~ 13 - 15
TOTAL	~ 51 - 53

6 Partie du tronc de l'arbre dépourvue de branches.

7 Écart par essence : Chêne 9 %, Hêtre 18 %, Châtaignier 44 %, feuillus précieux 78 %, autres essences feuillues 75 % (IGN ; FCBA, 2019).

8 Broyat de rémanents d'exploitation forestière ou de bois de faible diamètre.

9 « Autoconsommation : l'utilisateur ne paye pas le bois et le récolte sur sa propriété ou celle d'une connaissance (ami/voisin) ou de la commune. » (ADEME, Solagro, Biomasse Normandie, BVA, 2018).

10 L'autoconsommation a été calculée par l'ADEME avec le concours du MTES à partir de la consommation en bois de chauffage des ménages déduite des enquêtes Logement et Recensement de la population.

■ Les grumes déclassées

Ces grumes peuvent être des dimensions adéquates pour être qualifiées de bois d'œuvre, mais leur qualité est inférieure à celle attendue pour être exploitées comme telles. Elles sont donc déclassées et exploitées par l'industrie de la trituration ou pour la production d'énergie. Cela concerne les arbres touchés par une maladie ou par des insectes xylophages, ainsi que ceux avec des défauts naturels ou en rapport avec la gestion sylvicole (nœuds, anomalies de croissance, poches de résine...) ou une forme (rectitude insuffisante notamment) inadaptés à l'usage souhaité ou aux méthodes et équipements de transformation utilisés.

■ 1.1.2. Essences exploitées

■ Bois d'œuvre

Les essences feuillues et résineuses représentent respectivement 27 % (5,3 Mm³) et 73 % (14,2 Mm³) du BO récolté en 2019 en France métropolitaine, 32 % (9,7 Mm³) et 68 % (20,4 Mm³) de la récolte de BO et BI réunis (Agreste, 2020). Les parts et volumes des essences principales de la récolte sont représentées en **Annexe 1**.

■ Bois d'industrie

Le bois rond d'industrie hors poteaux est composé à 60 % d'essences résineuses et 40 % d'essences feuillues (**Annexe 1**). D'après les données de la Veille économique mutualisée de la filière forêt-bois pour l'année 2018, l'usage du BI est réparti à deux parts égales entre la pâte à papier (25 %), les panneaux (25 %) ; 45 % est exporté et le reste a été alloué à la chimie du bois (VEM-FB, 2021).

■ Bois énergie

■ *Bois énergie destiné au chauffage collectif et industriel*

La répartition des essences du BE destiné au chauffage collectif et industriel n'est pas chiffrée. Concernant la part de produits connexes de scierie (PCS) qui le compose, on peut supposer qu'ils sont majoritairement résineux puisque les sciages résineux sont largement supérieurs aux sciages feuillus.

■ *Bois énergie destiné au chauffage domestique des ménages*

Les ménages se chauffant au bois le font très majoritairement avec du bois bûche. Sur les 23 Mm³ de bûches consommés annuellement par les ménages et toutes origines confondues (forêts, espaces non-forestiers, bois de récupération et de rebut), l'usage de feuillu dur est prépondérant (**Annexe 1**). Parmi ces 23 Mm³, entre 13 et 15 Mm³ sont estimés provenir de forêts. (ADEME, Solagro, Biomasse Normandie, BVA, 2018).

1.2. Les autres ressources

1.2.1. Les produits connexes de première et seconde transformation

Sont regroupés sous cette appellation les produits connexes de scierie (PCS) et les produits connexes issus de toutes les autres industries de transformation du bois. Notamment issus de la transformation du bois d'œuvre, ils peuvent être valorisés en réintégrant la chaîne de production via les industries du papier et des panneaux qui utilisent ces produits, en étant employés comme combustibles ou encore pour la chimie du

bois. On distingue plusieurs produits connexes : les écorces, les sciures, les dosses¹¹ et délignures¹² transformées en plaquettes, les chutes de placage¹³... La quantité de produits connexes générée dépend directement du taux de rendement des transformations. Celui-ci varie selon le type de produits visés par la transformation, mais aussi des essences transformées. Le **Tableau 3** présente les pourcentages moyens de connexes calculés par le FCBA pour la production de plots¹⁴ et d'avivés¹⁵ selon leur proportion respective dans la production française de sciages.

TABLEAU 3. POURCENTAGE MOYEN DE CONNEXES PAR M³ DE GRUME SUR ÉCORCE (FCBA, 2019)

	Chêne	Hêtre	Sapin-épicéa	Pin maritime
Taux d'écorce	14 %	8 %	10 %	20 %
Taux de sciure	9 à 11 %	10 à 11 %	11 à 13 %	10 à 13 %
Taux d'autres chutes	32 à 34 %	24 à 30 %	20 à 23 %	18 à 24 %

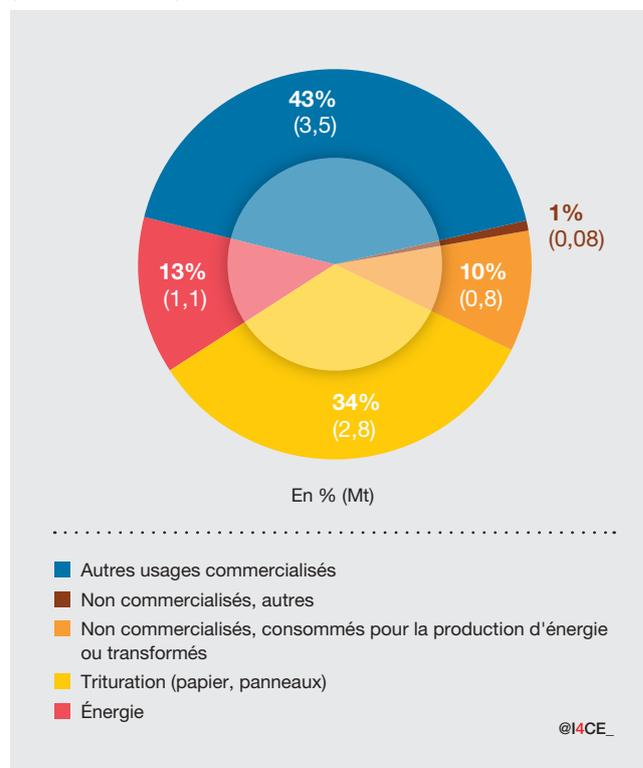
Seuls les produits connexes générés lors de la production de sciages, bois sous rails, merrains et de certains produits de deuxième transformation (bois profilés, panneaux contrecollés pour parquets, fibre, laine, farine et bois imprégnés) font l'objet d'une enquête annuelle (Agreste, 2020). En 2019, 34 % de ces ressources (2,8 Mt parmi un total de PCS de 8,2 Mt) étaient destinés à la trituration (**Figure 2**). 22 %¹⁶ étaient destinés à la production d'énergie. Les 43 % restants peuvent être utilisés comme paillage, litière pour animaux... Aucune base de données n'identifie la destination finale exacte de ces PCS. Une partie de ces PCS est exportée : en 2018, 8 % des PCS destinés à la trituration, 12 % des PCS non destinés à la trituration et commercialisés (VEM-FB, 2021).

Les possibilités d'utilisation et de transformation des produits connexes dépendent de leur conditionnement (plaquettes, écorces, sciures plus ou moins fines...) et du cahier des charges de chaque produit (pâte à papier, panneaux, isolants). Ces dernières sont présentées **section 3**.

1.2.2. Le bois recyclé

Le recyclage du bois concerne tout type de produits bois, des emballages type palettes aux produits de construction, hors produits dangereux et sa valorisation matière permet d'allonger la durée de vie du bois récolté. D'après le dernier bilan national du recyclage, 6,9 Mt de déchets en bois ont été collectés en 2019 (ADEME, 2021). Les matières premières issues du recyclage de ces déchets peuvent notamment être

FIGURE 2. VENTILATION DES PRODUITS CONNEXES DE SCIERIE, EN % PAR RAPPORT AU TOTAL ET (MT) (AGRESTE, 2020)



11 Chutes de sciage correspondant aux premières et dernières planches des billes sciées.

12 Chutes de sciage obtenues lors de la production d'avivés pour en égaliser les bords.

13 Longues feuilles de bois obtenues par déroulage de la grume, d'une épaisseur inférieure à 6 mm.

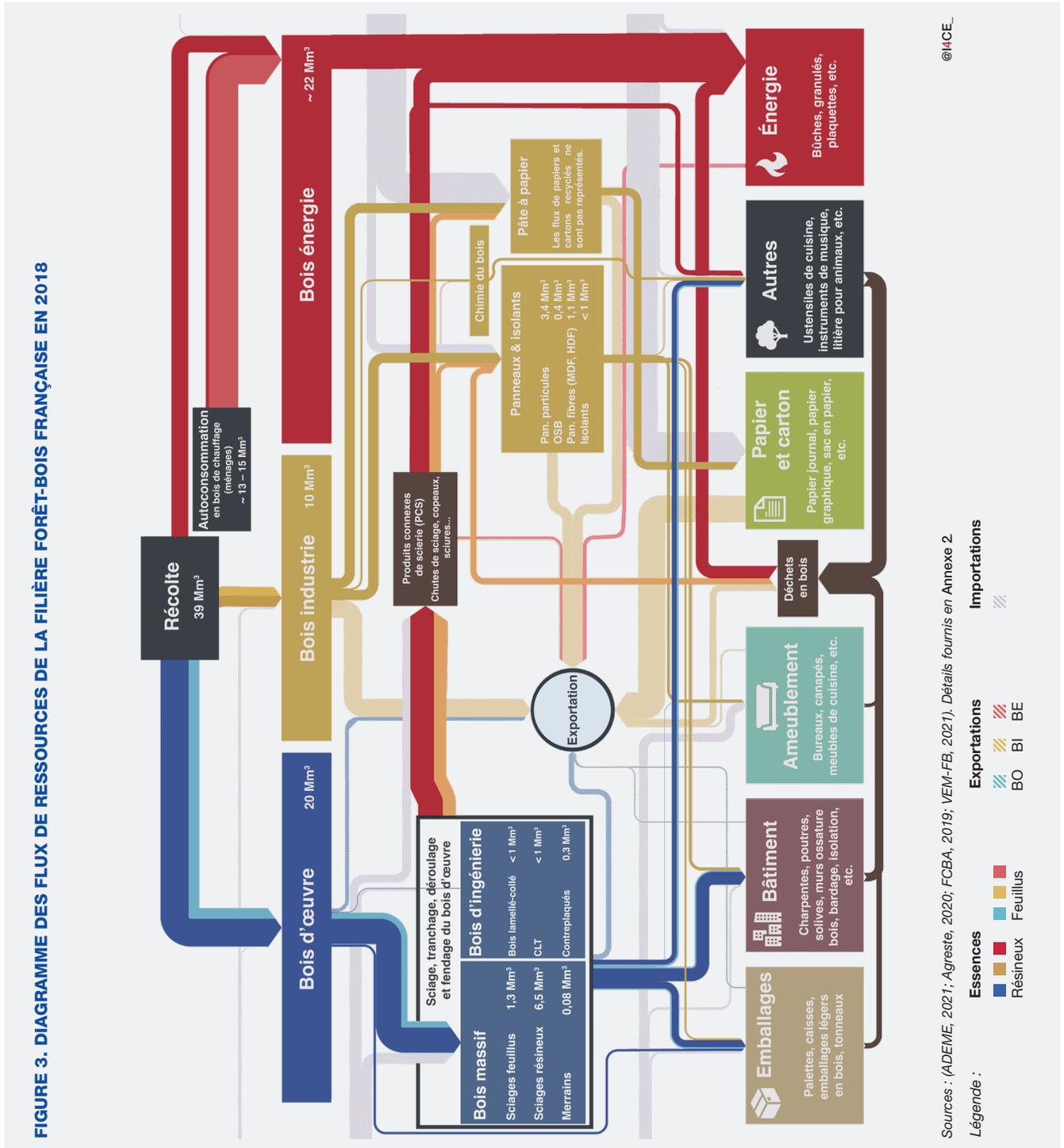
14 Le plot est une superposition de grumes sciées dans la longueur, de sorte à reconstituer la grume après le sciage.

15 Planches de bois.

16 13 % si on ne considère que les PCS non destinés à la trituration, commercialisés et explicitement identifiés comme livrés pour la production d'énergie. 22 % si on ajoute les PCS non destinés à la trituration, non commercialisés et identifiés comme ayant été consommés pour la production d'énergie ou transformés.

utilisées pour produire des panneaux en bois (principalement des panneaux de particules aujourd'hui), dont la production a capté 40 % des déchets collectés en 2019 (exportations vers des usines étrangères incluses). Cette part sera très probablement amenée à croître dans les années à venir. Pour le moment il existe des conflits d'usage sur ces déchets collectés, notamment avec la valorisation énergétique qui a

mobilisé 40 % des déchets collectés en 2019, mais la mise en œuvre du principe de responsabilité élargie du producteur¹⁷ (dite REP) dans les filières des éléments d'ameublement (DEA) et des produits et matériaux de construction du bâtiment¹⁸ (PMCB) devrait garantir une hausse des déchets disponibles et ainsi réduire les conflits d'usage.



17 Extrait d'une fiche de vulgarisation du MTE : «Le principe est simple : celui qui fabrique, qui distribue un produit ou qui importe un produit doit prendre en charge sa fin de vie. Le producteur et le distributeur doivent ainsi financer, organiser et mettre en place les solutions de collecte, de réutilisation ou de recyclage appropriées pour son produit.» (Ministère de la transition écologique, 2020).

18 Entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2022.

1.3. Les principaux usages du bois récolté en France

La SNBC prévoit de privilégier les usages du bois ayant une plus longue durée de vie, notamment par la massification du recours au bois dans la construction. Plus la part de la récolte dédiée à ces usages est importante, plus le stockage du carbone sera durable et le puits de carbone important. Pour évaluer le stockage de carbone dans les produits, des durées de demi-vie par défaut sont retenues pour la SNBC¹⁹ : 35 ans pour les sciages et 25 ans pour les panneaux. Ce sont les valeurs par défaut recommandées par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2019) en l'absence de données plus spécifiques.

Cette section dresse l'inventaire des usages que connaissent les produits bois en France. Ils sont classés selon leur durée de vie indicative : courte (1.3.1) et longue (1.3.2) Une troisième catégorie présente les usages qui ne peuvent être inclus sans hésitation dans l'une des deux premières catégories, soit du fait de la relativité de ce que l'on considère comme long ou court, soit du fait de la nature novatrice des usages concernés (1.3.3).

DURÉES DE VIE ET DEMI-VIE

La durée de vie du produit correspond au temps durant lequel il peut remplir son office.

La valeur de demi-vie est définie comme «le nombre d'années nécessaires pour que la quantité de carbone stockée dans une catégorie de produits ligneux récoltés ne représente plus que la moitié de sa valeur initiale» par l'article 3 du règlement UE 2018/841 relatif à la prise en compte des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre résultant de l'UTCTAF.

Les deux mesures sont liées et difficiles à mesurer précisément en pratique. Dans la présente étude, nous utilisons les deux notions afin de souligner l'écart qui les sépare le cas échéant et ainsi étayer la notion d'usages à longue durée de vie au-delà de l'opposition sciages/panneaux (longue durée de vie) versus papier/énergie (courte durée de vie) que l'on trouve dans la SNBC². En effet, dans certains cas, la valeur de demi-vie de référence d'un produit (e.g. 35 ans pour les sciages) peut s'avérer très éloignée de la durée de vie de certains de ses usages (e.g. coffrages de chantier, durée de vie très courte).

1.3.1. Les usages à courte durée de vie

Les papiers et cartons

Tous types de papiers et cartons compris (papier journal, mouchoirs, cartons d'emballage...), 7,9 Mt de papiers et de cartons ont été produits en France en 2018 (Copacel, 2021).

Ils sont produits en majeure partie à partir de papiers et cartons recyclés (57 %). Le reste de leur approvisionnement se compose de pâte à papier (34 %) et d'autres matières sans rapport avec le bois (talc, kaolin, etc.). Cette pâte à papier est importée dans de fortes proportions (près de 60 % de la pâte à papier consommée en France), et n'est donc pas comptabilisée parmi les flux de carbone nationaux ²⁰.

La pâte produite en France mobilise essentiellement du bois français (95 % de l'approvisionnement, soit 5,9 Mt), à 73 % résineux (plus de 80 % de pins) et 27 % feuillus (principalement Charme, Châtaignier et autres essences secondaires). Le bois feuillu correspond surtout à du bois

rond (85 %), tandis que le bois résineux comporte une part plus importante de PCS (33 %). Toutes essences confondues, 68 % de l'approvisionnement en bois de l'industrie de la pâte est du bois industrie récolté en France (soit 4,2 Mt) et les PCS générés en France représentent 27 % (soit 1,7 Mt, à plus de 85 % résineux).

Au total, en 2018 l'industrie de la pâte à papier a consommé 25 % du bois industrie récolté en France et la moitié des PCS destinés à la trituration (VEM-FB, 2021).

La valeur de demi-vie de ces produits est estimée par défaut à 2 ans, mais peut être allongée à 7 ans lorsque le recyclage est pris en compte (Citepa, 2021).

Les emballages : emballages légers en bois et caisserie

Le secteur de l'emballage se divise en trois sous-secteurs : les emballages légers en bois (ELB), les emballages industriels (ou caisserie), les palettes. Les valeurs et volumes fournis ici

19 L'inventaire national des émissions de gaz à effet de serre (GES) réalisé par le Citepa utilise des demi-vies plus précises pour différents usages (panneaux, emballages, ameublement, charpente...) allant de 3 ans (emballages) à 50 ans (couverture/charpente). (Citepa, 2021).

20 « Les produits bois sont comptabilisés [dans l'inventaire national des émissions de GES] selon une approche de production, qui prend en compte les produits bois fabriqués avec la récolte française, qu'ils soient destinés au marché français ou exportés. Les importations en sont pas prises en compte. » (Citepa, 2021).

proviennent d'un rapport commandé par le Pôle emballage bois de l'interprofession France Bois Forêt (Galileo Business Consulting, 2020).

■ Les emballages légers en bois (ELB)

Les emballages légers en bois sont principalement destinés à l'industrie agro-alimentaire (a capté 94 % de la production d'ELB en volume en 2019), sous la forme de caquettes pour les fruits et légumes, de caisses pour les huîtres, de boîtes pour les fromages, etc. Ils sont essentiellement produits à partir de grumes de peuplier d'origine française : en 2019, la production des ELB a mobilisé 0,7 Mm³ de bois brut, dont 73 % de grumes (0,5 Mm³), toutes de peuplier français, déroulées (91 %) ou sciées.

■ Les emballages industriels (caisserie)

Les caisses sont fabriquées à partir de sciages (à 79 %, essentiellement de résineux), de panneaux contreplaqués (14 %) et d'OSB et panneaux de particules (7 %), et mobilisent au total 0,2 Mm³ de bois.

La valeur de demi-vie de référence pour la compatibilité des flux de carbone des emballages est de 3 ans (Citepa, 2021), bien que les matériaux utilisés (sciages, panneaux) aient une valeur de demi-vie plus importante (respectivement 35 et 25 ans). La durée de vie pratique de ces caisses serait plutôt de l'ordre d'un mois, notamment en l'absence de réutilisation (FCBA, 2008).

■ L'habillement

La cellulose est la matière première de plusieurs textiles synthétiques : la viscose, le lyocell et le modal. Cette cellulose peut être celle du bois (et plus particulièrement de l'eucalyptus ou du hêtre), mais aussi du soja, du maïs... (ADEME, 2019)

Le bois est transformé selon un procédé analogue à ceux qu'on applique pour produire du papier. Nous disposons de peu d'informations sur les quantités de bois français utilisées par ce secteur, ainsi que sur les quantités produites en France ou à partir de ressources françaises, et sur la durée de vie de ce type de produit. Nous supposons que celle-ci est semblable à celle des autres types de textiles utilisés pour l'habillement, estimée à 3 à 5 ans en moyenne en Europe (WRAP, 2017).

■ Les coffrages pour bétonnage

Les coffrages sont des enceintes en bois, en métal ou en plastique faisant office de moule à béton sur les chantiers. Les coffrages en bois sont les plus répandus, et sont en panneaux de contreplaqué, en OSB ou en planches de bois massif. Les flux entrants et sortants de la production et de la consommation nationales ne sont pas entièrement disponibles ; les coffrages en bois massif ne consomment pas plus de 0,02 Mm³ eq. br de sciages, totalement issus de la ressource nationale.

Selon le produit bois semi-fini utilisé, la valeur de demi-vie des coffrages appliquée dans l'inventaire national est de 35 ans (sciages) ou 25 ans (panneaux contreplaqués, OSB). Cependant en pratique, la durée de vie du produit fini (le coffrage) est moindre puisque le bois peut être sujet à des déformations dès le premier emploi en chantier. Les coffrages en contreplaqué peuvent toutefois être enveloppé d'un film phénolique qui les protège de l'usure et prolonge leur durée de vie.

■ Le bois énergie

Le bois destiné à la production d'énergie revêt de multiples formes : bûches, granulés (ou pellets), plaquettes forestières, produits connexes de première et seconde transformation (sciures, écorces...), bois recyclé (e.g. broyat de palettes)...

La valeur de demi-vie appliquée dans l'inventaire national est nulle, même si en pratique le bois énergie peut être stocké entre 1 mois et 2 ans par ses utilisateurs (FCBA, 2008).

■ 1.3.2. Les usages à longue durée de vie

Les usages à longue durée de vie sont concentrés dans le secteur du bâtiment. La section ci-dessous présente ces usages (Figure 4 et Figure 5) en détaillant le type de ressources habituellement utilisées pour les produits bois associés (sous réserve que l'information soit disponible).

FIGURE 4. BOIS D'ŒUVRE – USAGES ET PRODUITS BOIS ASSOCIÉS DANS LE SECTEUR DU BÂTIMENT

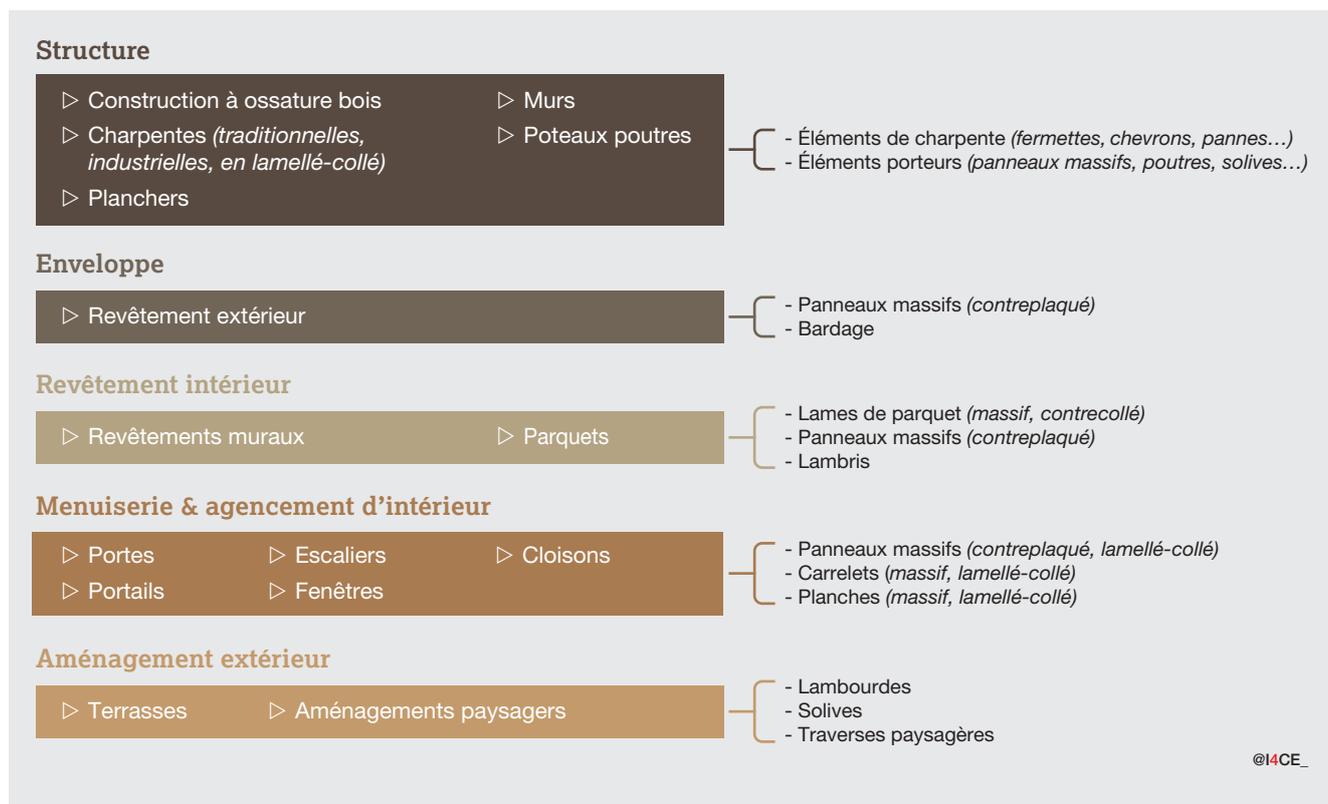
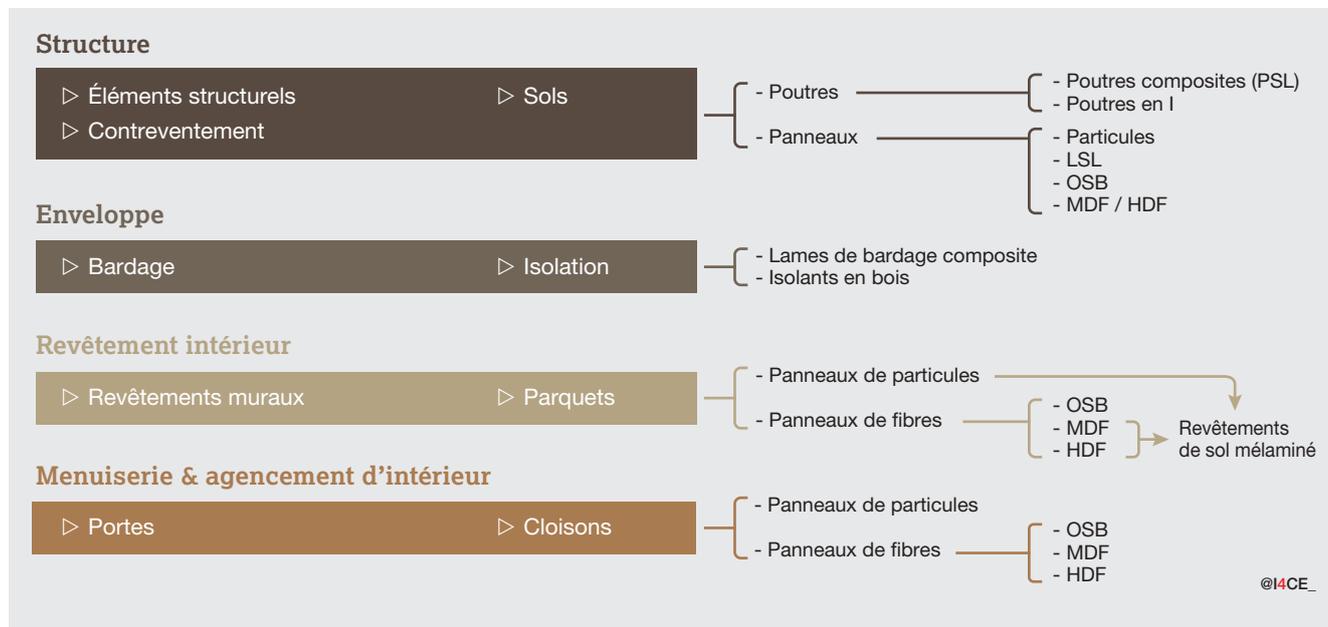


FIGURE 5. BOIS D'INDUSTRIE – USAGES ET PRODUITS BOIS ASSOCIÉS DANS LE SECTEUR DU BÂTIMENT



Bois d'œuvre

Les produits issus de bois d'œuvre sont nombreux et en fournir une liste exhaustive ne serait d'un intérêt que purement informatif. En effet, les dimensions et l'usage souhaité sont des éléments déterminants de l'appellation du produit sans que le procédé de transformation ne soit différent, et c'est pourquoi ces produits sont généralement regroupés sous le

terme de « sciages ». Il est toutefois pertinent de distinguer les produits de bois massif de ceux de bois dit « d'ingénierie » (ou encore bois reconstitué, bois composite). On désigne par bois massif les grumes sciées, tranchées, déroulées ou fendues sans transformation additionnelle significative de la structure du bois, contrairement au bois d'ingénierie qui est un matériau composite reposant sur la déstructuration de la grume. À la différence des produits de bois massif, ceux

de bois d'ingénierie sont composés de plusieurs sections d'une même grume ou de plusieurs grumes assemblées par collage.

Les produits issus de sciages sont fabriqués à partir de diverses essences, feuillues comme résineuses. Les sciages résineux sont cependant majoritaires (**Annexe 1**).

I Bois d'ingénierie

L'appellation « bois d'ingénierie » regroupe tous les produits dérivés du bois, à partir de bois d'œuvre comme de bois d'industrie pour les panneaux dérivés du bois. Cette section ne concerne que le bois d'ingénierie dont la ressource est de type bois d'œuvre.

Outre le bois massif abouté qui est très proche du bois massif, les bois d'ingénierie ont tous des définitions assez proches puisqu'il s'agit toujours d'un collage de plis (lamelles ou placages). Les variations entre les produits portent essentiellement sur l'orientation et l'épaisseur des plis ainsi que sur la forme du produit (poutre, panneau). Le **Tableau 4** ci-dessous introduit de façon synthétique les spécificités des principaux produits.

Illustration 1. CLT



Illustration 2. Contreplaqué



TABLEAU 4. PRÉSENTATION SYNTHÉTIQUE DES PRINCIPAUX PRODUITS D'INGÉNIERIE ISSUS DE BOIS D'ŒUVRE

Produit	Description	Essences les plus utilisées	Taux de rendement matière (% produit/m ³ de grume sur écorce)
Bois massif abouté	Pièces de bois massif assemblées dans la longueur, emboîtées et collées bout à bout.	Résineuses (sapin, épicéa, douglas, pins)	Correspondant à ceux des sciages, variables selon les essences. Par exemple : 52 à 58 % pour le sapin épicéa, 42 à 48 % pour le pin maritime (FCBA, 2019).
Contreplaqué	Panneau massif composé de feuilles de placage obtenues par déroulage ou tranchage. Les usages sont variés : dans la construction il pourra faire office de panneau travaillant (mur, plancher), ou non travaillant (cloison, revêtement) ou encore d'âme de poutre en I (partie centrale). Il est également utilisé par la filière emballage industriel, et dans l'ameublement.	Résineuses, feuillues (peuplier, bouleau, hêtre)	50 % pour les essences résineuses, 40 % pour les essences feuillues. (FCBA, 2019).
Lamibois	Panneau ²¹ massif proche du contreplaqué, à forte dimension (longueur : 18 m voire plus, largeur max. : 2m50) et que l'on trouve sous la forme de panneau, de poutres à section rectangulaire ou comme membrures de poutres en I.		50 % (Finnish Woodworking Industries, 2019)
CLT	Aussi appelé bois lamellé-croisé, ce panneau massif est composé de couches de planches de bois obtenues par sciage, croisées à 90° entre elles. Produit de forte dimension (longueur max. : 18 m, largeur max. : 4,8 m) à usage structurel et dont les performances le rendent particulièrement adapté à la construction de bâtiments de moyenne à grande hauteur.	Résineuses	36 à 38 % (Finnish Woodworking Industries, 2019)
Bois lamellé-collé	Aussi appelé Glulam, il est fait de lamelles de bois obtenues par sciage. Il se trouve sous la forme de poutres dont les performances et les dimensions (particulièrement la longueur qui peut atteindre jusqu'à 40 m) sont là encore particulièrement adaptées à la construction de bâtiments de grande envergure.		

21 Le lamibois est rarement caractérisé comme panneau. Cependant il est bien soumis à des normes françaises spécifiques aux panneaux, et sera explicitement considéré parmi les panneaux de placages par le Système harmonisé de l'Organisation mondiale des douanes à partir du 1^{er} janvier 2022 (FAO, 2020).

Bois d'industrie

Les produits à longue durée de vie et issus de la transformation de bois d'industrie se résument en quatre catégories :

- panneaux de process : panneaux de particules et panneaux de fibres ;
- isolants ;
- bois ronds structuraux (poteaux) ;
- autres produits et produits finis intégrant des panneaux de process.

Panneaux de process : panneaux de particules et panneaux de fibres

En 2018, environ 5 Mm³ de panneaux ont été produits en France (FCBA, 2019). Ces panneaux sont des produits finis lorsqu'ils sont destinés à être consommés tels quels (e.g. panneaux utilisés dans la construction) ou semi-finis lorsqu'une seconde transformation est nécessaire à leur usage final (e.g. des panneaux de particules qui intègrent la production de meubles).

La filière des panneaux est alimentée à moitié par du bois rond destiné à l'industrie (majoritairement issu de la récolte nationale), à 30 % par des PCS (dont 34 % sont importés), et les 20 % restants sont du bois recyclé par du bois recyclé (quasiment exclusivement français) (FCBA, 2019; VEM-FB, 2021).

Ils ont comme caractéristiques communes d'être produits essentiellement à partir de résineux et, d'être disponibles dans de multiples conditionnements (épaisseurs, dimensions, avec ou sans rainures) et d'être utilisables pour de nombreux usages. Ils sont généralement substituables entre eux comme représenté sur la Figure 5, cependant ils diffèrent par leur composition ; c'est pourquoi ils sont présentés ici individuellement.

Les panneaux dérivés du bois industrie sont classables en deux catégories : panneaux de particules et panneaux de fibres. Il n'est pas toujours possible d'intervenir les différentes matières premières pouvant être destinées à ces deux types de produits et chaque panneau connaît un procédé de fabrication spécifique. Des moyennes des proportions des matières premières dans la production des principaux produits sont présentées ci-dessous, calculées à partir des informations communiquées dans les Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES). La liste des FDES utilisées est éditée en Annexe 3.

Panneaux de particules : plus communément appelés agglomérés, ils sont composés de plusieurs couches de particules collées entre elles. Ils sont produits à partir de produits connexes de première et seconde transformation (42 %) et de bois recyclés (50 %) déchiquetés. La production nationale en 2018 était d'environ 3,5 Mm³ (FCBA, 2019).



Panneaux de fibres : ils répondent à des normes différentes selon leur densité ; il y a par exemple les panneaux à moyenne densité (MDF – *medium density fiberboard*), ou plus communément appelés *médium*, les panneaux à forte densité (HDF – *high density fiberboard*). Ils sont composés de plusieurs couches de fibres collées entre elles. Les panneaux MDF sont produits à partir de bois ronds (79 %) déchiquetés et de produits connexes de première et seconde transformation (21 %). Plus de 1 Mm³ de MDF et 0,07 Mm³ de HDF ont été produits en 2018 en France (FCBA, 2019).



Panneaux OSB : les panneaux à lamelles orientées ou plus simplement appelés OSB (*oriented stranded board*) sont composés de plusieurs couches de lamelles de bois minces et de tailles et orientations différentes selon les couches. En France, ils sont composés à 100% de bois ronds et ne sont produits que par une seule usine. Bien que récents, ce sont les panneaux les plus populaires pour des usages structurels dans la construction, par exemple en contreventement de murs à ossature bois (MOB). La production nationale en 2018 est estimée à 0,4 Mm³ (FAO, 2021).



Isolants : les isolants en bois sont produits majoritairement à partir de fibres de bois, bien qu'il existe également des panneaux isolants de liège (écorce du Chêne-liège). Parmi les isolants à base de fibres de bois, on en distingue deux sortes : la laine de bois et la fibre de bois. La laine de bois se présente sous forme de panneaux souples à semi-rigides, la fibre de bois sous forme de panneaux rigides, mais surtout elles sont produites différemment : la laine de bois ne se produit qu'à partir de bois ronds tandis que la fibre de bois peut être produite à partir de bois ronds, de produits connexes et de bois recyclés.

Comme des isolants d'origine minérale (e.g. laine de roche) ou pétrochimique (e.g. polystyrène expansé ou PSE), les isolants dérivés du bois peuvent être utilisées tant pour de l'isolation par l'intérieur que par l'extérieur. Elles peuvent être mélangées à d'autres isolants ou adjuvants (e.g. ciment)



pour gagner en propriétés de résistance (au feu, aux insectes xylophages...) et en polyvalence, réduisant ainsi la part du bois dans la composition du produit.

Les volumes produits exacts sont sous secret statistique, mais ils sont a priori inférieurs à 0,4 Mm³ (FCBA, 2019).

Le temps de demi-vie des isolants ne figure dans aucun référentiel, cependant à dire d'experts, leur usage s'apparente à celui des panneaux non structuraux dont la durée de demi-vie est évaluée à 20 ans (GIEC, 2006; GIEC, 2019).

■ Bois ronds structuraux (poteaux)

Les bois ronds structuraux sont des bois ronds industriels très peu transformés : après les étapes habituelles de préparation du bois (écorçage, écimage...), tronçonnage et éventuel traitement préventif (selon l'essence et l'usage souhaité), ils sont prêts à l'usage, comme poteaux de lignes téléphoniques, barrières, jeux de plein-air ou encore comme élément d'un ouvrage de construction (e.g. mur en bois massif empilé). Le volume récolté pour cet usage est faible : en 2018 il était de 0,05 Mm³, uniquement d'essences résineuses (Agreste, 2020).

■ Autres produits et produits finis intégrant des panneaux de process

Support de plancher, mur à ossature bois, cloisonnement en bois : tous les types de panneaux présentés ci-dessus peuvent être utilisés pour ces usages, à ceci près qu'ils doivent leur être adaptés selon les normes en vigueur (c'est-à-dire qu'un panneau de particules utilisé pour l'ameublement ou pour un mur ossature bois n'a pas les mêmes caractéristiques techniques).

Parquet mélaminé : il est composé de panneaux de particules ou de fibres MDF et HDF en support, et d'une feuille décorative collée au panneau.

Poutre en I : elle tient son nom de sa forme en I. Il s'agit d'une poutre composite : ses membrures (i.e. bords de la poutre) sont en bois massif ou d'ingénierie (e.g. lamibois/LVL) de résineux et son âme (i.e. partie centrale) peut être en métal, en panneau HDF, en OSB ou en contreplaqué. En France, on en produit environ 0,02 Mm³ par an²².

Terrasse, bardage composites : les terrasses et bardages en bois sont traditionnellement faits de lames de bois massif, voire de contreplaqué (pour le bardage seulement). Il est toutefois possible d'en produire avec des produits connexes (farine de bois notamment) et du bois recyclé.

■ 1.3.3. Les autres usages

■ Les usages à durée de vie semi-longue

■ Les emballages : palettes

La filière palette a mobilisé en 2019 1,5 Mm³ de sciages neufs dont 97 % ont servi à la production de nouvelles palettes, le reste au reconditionnement de palettes d'occasion ; 1 Mm³ de ces sciages sont d'origine française, et essentiellement de résineux. Un faible volume (0,02 Mm³) de sciages issus de la récupération d'anciennes palettes est également employé pour le reconditionnement des palettes (Gallileo Business Consulting, 2020).

Leur durée de vie moyenne estimée va de 5 (FCBA, 2008) à 8 ans (SYPAL, 2012).

■ Meubles

Beaucoup de meubles peuvent être conçus à partir de panneaux : meubles de rangement, de cuisine, de salle de bains, bureaux... C'est l'un des principaux débouchés pour les panneaux (VEM-FB, 2021).

Nous les classons dans la catégorie « durée de vie semi-longue » car d'après le Citepa, leur valeur de demi-vie est de 10 ans (Citepa, 2021). C'est une durée plus longue que celle du papier et de l'énergie, mais en-deçà du potentiel des panneaux. Ainsi, au regard des objectifs de la SNBC, ils font partie des usages à longue durée de vie, mais l'ADEME est sceptique quant à l'intérêt de comptabiliser le mobilier lors de la réalisation de bilans carbone (ADEME, 2014).

■ Autres usages

■ Chimie verte

La chimie verte à base de bois transforme le bois d'industrie en des produits très variés : cosmétiques, agroalimentaires, textiles (voir ci-dessous), industriels... Toutes les ressources ligneuses peuvent être exploitées (écorces, feuillages, bois... (Deglise & Brosse, 2014)). Il est difficile de lui attribuer une durée de vie du fait de la diversité de ses débouchés.

22 D'après l'UICB et le syndicat des industriels de la poutre en I à base de bois (APIBOIS), leurs adhérents produisent 1,2 million de mètres linéaires de poutres en I par an et cela représente 90 % de la production nationale (UICB, 2021). La production nationale totale devrait donc être de 1,3 million ml. D'après les trois FDES collectives sur les poutres en I, en moyenne pour 1 ml de poutre en I, il faut 0,018 m³ de bois.

1. LA FILIÈRE : PARCOURS DE LA RESSOURCE, DE LA FORÊT AU PRODUIT BOIS
 1.3. LES PRINCIPAUX USAGES DU BOIS RÉCOLTÉ EN FRANCE

TABLEAU 5. SYNTHÈSE DES PRINCIPAUX PRODUITS BOIS ET USAGES ASSOCIÉS

Produits	Usages	Durée de vie indicative (FCBA, 2008)*
BOIS MASSIF		Courte à longue selon usage
SCIAGES		
Sciages variés (poutres, carrelets massifs...)	Construction : structure, aménagements intérieur et extérieur (cloisons, parquets, terrasses...), menuiserie (fenêtres, escaliers...), enveloppe (bardage)	15 à 75 ans
Planches, chevrons, dés de palettes	Emballages : palettes	5 à 8 ans (SYPAL, 2012)
Planches	Emballages : caisserie	1 mois
Sciages variés	Ameublement	5 à 25 ans
SCIAGES ET PLACAGES		
Éléments d'emballages légers en bois	Emballages : emballages légers en bois	1 mois
MERRAINS	Emballages : tonneaux	8 ans
POTEAUX	Construction : structure	75 ans
	Aménagement extérieur (jeux de plein air, lignes téléphoniques...)	Longue
BOIS D'INGÉNIERIE		Courte à longue selon usage
SCIAGES		Longue
Bois massif abouté	Construction : structure	75 ans
Bois lamellé-croisé (CLT)		
Bois lamellé-collé		
PLACAGES		
Lamibois (LVL)	Construction : structure	75 ans
Contreplaqué	Construction : structure, aménagement intérieur	15 à 75 ans
	Ameublement	5 à 25 ans
	Emballages : caisserie	1 mois
PANNEAUX		Courte à longue
Panneaux à lamelles orientées (OSB)	Construction : structure, aménagement intérieur	15 à 75 ans
	Emballages : caisserie	1 mois
Panneaux de fibres à moyenne ou haute densité (MDF ou médium, HDF)	Construction : structure, aménagement intérieur	15 à 75 ans
	Ameublement	5 à 25 ans
Panneaux de particules (aggloméré)	Construction : structure, aménagement intérieur	15 à 75 ans
	Ameublement	5 à 25 ans
ISOLANTS DÉRIVÉS DU BOIS	Construction : enveloppe	Longue
Laine de bois		
Fibre de bois		
Liège		
AUTRES PRODUITS		
Papier et carton		1 à 16 mois
Vêtements		3 à 5 ans (WRAP, 2017)
Chimie verte		NA
BOIS ÉNERGIE	Énergie	1 mois à 2 ans

*Sauf pour la durée de vie maximale des palettes, les poteaux, les isolants et la catégorie « Autres »

■ Bois d'œuvre ■ Bois d'industrie ■ Bois énergie

1.4. Réorienter les usages du bois récolté : trois grandes pistes

« Réorienter les usages du bois » revient ici à dédier une part plus importante de la récolte à certains usages plutôt qu'à d'autres. Dans la SNBC, une part croissante de la récolte est dédiée aux usages dits 'longs', au détriment des usages courts que sont notamment l'emballage, le papier ou encore l'énergie. Dans le cas où la récolte augmente, comme c'est le cas dans la SNBC, les volumes dédiés aux 'usages courts' ne diminuent pas en valeur absolue : les quantités de papier restent stables, et le volume de bois énergie augmente légèrement. En revanche, dans un contexte où la récolte augmenterait peu ou pas, les volumes de bois dédiés à certains usages pourraient diminuer au profit d'autres.

Comme observé dans le **Tableau 5**, il n'y a pas nécessairement de correspondance stricte entre bois rond et usages longs d'une part et sous-produits et usages courts d'autre part. Le potentiel de réorientation va ainsi concerner aussi bien le bois rond, que les connexes ou le bois recyclé. Ce potentiel peut notamment prendre les formes suivantes :

- **Améliorer la part de bois d'œuvre valorisée en usages longs.** Dans une logique d'optimisation de l'usage de la récolte, ce levier pourrait cibler la part du bois d'œuvre récolté qui est orientée vers des usages à courte durée de vie (emballages principalement, cf. **section 1.3.1**) et du bois d'œuvre potentiel actuellement exploité comme bois d'industrie et bois énergie (**section 1.1**), lorsqu'il aurait la qualité requise pour faire du bois d'œuvre. Augmenter la part de bois d'œuvre valorisé en usages à longue durée de vie peut aussi se faire en investissant dans les outils de transformation pour améliorer les rendements matière de la transformation de bois d'œuvre. Enfin, favoriser le bois d'ingénierie peut également être un moyen d'utiliser une ressource de moindre qualité (mécanique ou visuelle) ou de diamètre plus fin que celle habituellement utilisée pour les produits équivalents en bois massif.
- **Utiliser une plus grande part de la récolte de BI/BE pour les produits à usages longs de type panneaux, au détriment des usages plus courts et notamment de l'usage énergétique.** Dans le but de favoriser l'usage matériau, la SNBC prévoit de réduire la part de la récolte dédiée au bois énergie, même si les volumes ne déclinent pas en lien avec une récolte en augmentation. 75 % des ressources en bois en 2015 étant captées par l'usage énergétique d'après la SNBC, le scénario AMS vise un ratio 50:50 entre l'usage bois matériau et le bois énergie en 2050. Quant au bois rond destiné à l'industrie, 25 % de la récolte de 2018 a été exploitée pour l'industrie du papier-carton (**Figure 7, section 3.2**). Ainsi, il existe donc un potentiel d'augmentation de la part de la récolte BI/BE dédiée aux usages à longue durée de vie comme les panneaux, en réorientant l'usage de cette récolte au profit de l'usage matière en priorité.

- **Privilégier les usages longs pour le bois recyclé et les connexes de transformation.** Le bois recyclé et les produits connexes connaissent plusieurs usages dont les durées de vie vont de moins de deux ans (bois énergie) à un stockage plus long du carbone biogénique pouvant aller jusqu'à plusieurs dizaines d'années (panneaux). Toutefois, l'objectif de produire 25 Mm³ de panneaux en 2050 porté par la SNBC est calculé à partir des prévisions des ressources forestières disponibles sur cet horizon temporel. La part de panneaux produits à partir de coproduits et de bois recyclé vient donc en sus du volume de production visé par la SNBC.

Pour déterminer ce par quoi pourrait se traduire concrètement une réorientation des usages du bois, nous démontrons que l'augmentation de la valorisation en bois d'œuvre est techniquement difficile à court terme mais concerne des volumes possiblement conséquents (2) tandis qu'il n'y a pas d'obstacle technique majeur à la réorientation du BI/BE et qu'elle pourrait concerner d'importants volumes de panneaux et d'isolants (3).

2. UN POTENTIEL DE RÉORIENTATION DU BOIS D'ŒUVRE LIMITÉ DANS L'IMMÉDIAT MAIS PROMETTEUR À PLUS LONG TERME

2.1. L'écart entre la récolte de qualité potentielle bois d'œuvre et les usages réels de bois d'œuvre : enjeu limité à court terme

Comme introduit dans la section 1.1, on observe un écart entre le bois d'œuvre potentiel (BO-P) prélevé tel que mesuré par les inventaires forestiers et le bois d'œuvre effectivement transformé par les industries du sciage, tranchage, déroulage et fendage d'après les statistiques publiques (Tableau 6). Cet écart peut avoir plusieurs causes, dont l'une serait que du bois de qualité BO est utilisé comme BIBE, en moyenne de moindre durée de vie. Les critères de qualification du BO potentiel retenus pour les inventaires sont le fruit de discussions entre l'IGN et des représentants de la filière BO pour établir quels diamètres et qualités la filière est amenée à transformer aujourd'hui. Ils ne dépendent pas uniquement des capacités technologiques de transformation, mais aussi de l'état du marché : s'il y a une forte demande/une offre insuffisante pour certaines essences, des diamètres et qualités plus faibles seront considérés comme du BO-P, et *vice versa* pour une faible demande/une offre abondante. Une revalorisation des prix des produits finis ou des innovations technologiques pourraient aussi élargir par le bas les diamètres permettant une qualification de BO-P, c'est-à-dire que des diamètres aujourd'hui considérés comme BI pourraient être valorisés comme du BO.

Pour les essences feuillues, l'écart entre le BO-P prélevé et l'usage du BO déclaré dans les EAB est de 18 %, même s'il peut monter jusqu'à 44 % pour le Châtaignier et 78 % pour les feuillus précieux du fait d'un manque de demande pour ces essences (IGN ; FCBA, 2019). Pour les essences résineuses, l'écart n'est que de 4 %. Toutefois, rappelons que cette dernière qualification en BO potentiel a été établie en fonction des conditions actuelles du marché ; l'IGN retient une découpe fin bout de 20 cm pour la plupart des résineux, notamment parce que l'offre est suffisamment abondante pour que les industries n'aillent pas chercher les diamètres inférieurs. En retenant une découpe fin bout de 14 cm, l'écart entre BO potentiel et BO réel pour les résineux s'élève alors à 16 %. De la même manière pour les feuillus, l'IGN estimait l'écart à environ 50 % lors d'une précédente

étude qui lui ne tenait pas compte des spécificités du marché (IGN ; FCBA, 2016).

Un manque de marché pour certaines essences et diamètres

Cet écart substantiel révèle le manque d'intérêt du marché pour ces essences. Cela concerne principalement les feuillus : selon l'essence, le diamètre et la qualité des grumes, les débouchés nationaux se raréfient (Alexandre, 2017; Forestry Club de France ; Conseil & Stratégie Durables ; CYME Innovations ; FIVE Conseil, 2019; Cattelot, 2020; Cour des comptes, 2020; Hermeline & Lavarde, 2020) et représentent moins de 20 % de la production de sciages en 2019 (Agreste, 2020). Ils souffrent de la concurrence avec les résineux, plus compétitifs et adaptés aux attentes des marchés car plus simples à transformer (en général moins dense et plus tendre notamment) et conformes aux standards internationaux.

D'autre part, pour une utilisation en structure dans la construction, la performance mécanique des sciages doit être évaluée sans quoi la commercialisation n'est pas autorisée : des essences feuillues secondaires n'ayant pas été caractérisées²³, cela restreint leurs éventuels débouchés BO.

Ce manque de marché peut aussi partir d'un phénomène local : en cas de demande locale insuffisante, les coûts de transport peuvent être trop importants pour rentabiliser le transport du lieu de prélèvement vers une scierie éloignée (Forestry Club de France ; Conseil & Stratégie Durables ; CYME Innovations ; FIVE Conseil, 2019).

Enfin, les plus petits et les plus gros diamètres de résineux pourraient être mieux valorisés. Les plus gros, notamment de sapin, peuvent peiner à trouver preneur car ils sont soit trop gros pour être sciés par des canters (scies 'modernes'), soit peuvent l'être mais le diamètre ne permet pas de maximiser la productivité de la machine (Hermeline & Lavarde, 2020).

23 À dire d'experts, six essences feuillues ont été caractérisées pour un usage structurel dans le bâtiment : Chênes sessile et pédonculé, Hêtre, Châtaignier, Peuplier et Tremble.

2. UN POTENTIEL DE RÉORIENTATION DU BOIS D'ŒUVRE LIMITÉ DANS L'IMMÉDIAT MAIS PROMETTEUR À PLUS LONG TERME

2.1. L'ÉCART ENTRE LA RÉCOLTE DE QUALITÉ POTENTIELLE BOIS D'ŒUVRE ET LES USAGES RÉELS DE BOIS D'ŒUVRE

Dans les deux cas, les scies à ruban (scies 'traditionnelles') sont utilisées mais, à dire d'expert, le coût du sciage est plus important que pour des diamètres moyens passés sur des lignes canter. Les lignes canter s'étant généralisées dans les scieries de résineux au cours des dernières années (Chalayer, 2014; Hermeline & Lavarde, 2020), cet écart sur le coût de revient des sciages des différents diamètres peut expliquer que la demande pour les plus forts diamètres soit inférieure à l'offre. Quant aux plus petits diamètres, l'écart entre les deux estimations des prélèvements de BO-P résineux de diamètres fin bout différents (14 et 20 cm) révèle le manque d'intérêt du marché pour des diamètres inférieurs à 20 cm malgré qu'il soit techniquement possible de les transformer comme du bois d'œuvre.

En s'affranchissant des contraintes actuelles du marché, et en ne regardant que la classification technique des bois, on pourrait donc considérer que le potentiel de réorientation s'approcherait des 50 % pour les feuillus et des 16 % pour les résineux. En valeur absolue, cet écart serait de 6 Mm³ pour les feuillus et de près de 3 Mm³ pour les résineux, ce qui correspond à 36 % des prélèvements de bois de qualité potentielle bois d'œuvre. Toutefois, ce chiffre est un potentiel maximal, car les écarts entre BO-P et BO déclaré peuvent aussi provenir de défauts non-décelables par l'IGN, notamment pour les feuillus et les gros bois résineux.

TABLEAU 6. COMPARAISON DES VOLUMES PRÉLEVÉS DE QUALITÉ BOIS D'ŒUVRE MESURÉS PAR L'IGN ET LES VOLUMES DE BOIS D'ŒUVRE DÉCLARÉS DANS LES EAB, SUR LES PÉRIODES 2011-2015 (IGN ; FCBA, 2016) ET 2005-2017 (IGN ; FCBA, 2019), EN MM³ ET %

	EAB	IGN-FCBA (2019)	Écart	Écart en %	IGN-FCBA (2016)	Écart en %
RÉSINEUX (découpe fin bout de 14 cm)	13	15,6	2,6	+ 16 %	NA	NA
Sapin	6	7,7	1,7	+ 22 %	NA	NA
Epicéa						
Douglas	1,7	2,5	0,7	+ 30 %	NA	NA
Pin maritime	5,3	5,4	0,2	+ 3 %	NA	NA
RÉSINEUX (découpe fin bout de 20 cm, sauf pin maritime)	13	14,4	0,6	+ 4 %	14	- 4 %
Sapin	6	6,3	0,3	+ 5 %	6,1	- 8 %
Epicéa						
Douglas	1,7	1,7	-0,05	- 3 %	1,8	- 11 %
Pin maritime	5,3	5,4	0,2	+ 4 %	3,7	- 21 %
Pin sylvestre	0,8	0,9	0,1	+ 13 %	1,1	+ 28 %
FEUILLUS	4,3	5,2	0,9	+ 18 %	10,9	+ 53 %
Chêne	2,4	2,6	0,2	+ 9 %	4,9	+ 55 %
Hêtre	1,2	1,5	0,2	+ 15 %	2,3	+ 47 %
Châtaignier, f. précieux et autres	0,6	1,1	0,5	+ 43 %	3,8	+ 55 %

■ Une qualité incompatible

La qualité du BO potentiel prélevé peut être inapte au sciage en raison de défauts non décelables avant la coupe ; c'est notamment le cas des très gros bois²⁴ de sapin (Hermeline & Lavarde, 2020) dont les prélèvements annuels de BO potentiel s'élèvent à au moins 0,5 Mm³ (IGN ; FCBA, 2019). Ou encore en raison du contexte pédoclimatique des peuplements, tel le hêtre récolté en zone montagnaise, plus nerveux (Hermeline & Lavarde, 2020), et s'avérant de fait peu adapté au sciage malgré des dimensions lui conférant le statut de BO potentiel.

À technologie constante, il semble donc difficile d'augmenter massivement la part du BO dans la récolte en jouant sur les conditions de marché. À plus long terme toutefois, une modernisation des industries de transformation et le développement des débouchés pour les feuillus, possiblement aidés par des changements de technologie (bois d'ingénierie) sont susceptibles d'actionner ce levier.

24 D'un diamètre supérieur à 67,5 cm selon la définition de l'inventaire forestier national.

2.2. Les pistes d'optimisation pouvant augmenter le stockage dans le bois d'œuvre à long terme

Le développement des produits d'ingénierie

Les performances de ces produits sont comparables voire supérieures, à celles du bois massif, et ils peuvent même être un choix de prédilection pour leur facilité de mise en œuvre (système constructif en CLT préfabriqué sur mesure en usine avant d'être acheminé et mis en œuvre sur le chantier par exemple), ou les nouveaux usages qu'ils permettent (poutres de longue portée en bois lamellé-collé, construction d'immeubles de plus de cinq niveaux en CLT par exemple). Lorsque les performances mécaniques sont supérieures à celles du bois massif, il est possible d'utiliser un moindre volume de produit qu'il en aurait fallu avec du bois massif pour un même usage. Du côté de la production, si leur rendement matière (volume de grumes nécessaire pour produire 1 m³) n'est pas très différent de celui du bois massif (Tableau 4), sa production est toutefois plus flexible puisqu'elle peut transformer des grumes plus fines ou de moindre qualité. Et il est possible de produire de longues sections à partir de petites sections, là où l'équivalent en bois massif aurait nécessité une unique grume de qualité et dimension suffisantes.

L'essor du bois d'ingénierie en fait un secteur dynamique où les innovations sont foisonnantes. Si la plupart de ces produits ne se font en principe qu'à partir de résineux de qualité bois d'œuvre, des initiatives privées voient le jour telles que du bois lamellé-collé et du CLT en hêtre, ou encore à partir de résineux d'un diamètre s'apparentant à celui du bois d'industrie.

Le bois d'ingénierie peut donc permettre une augmentation de la part de la récolte allouée aux usages à longue durée de vie en :

- valorisant en BO des ressources jusque-là délaissées par l'industrie du sciage (feuillus, bois de faible diamètre ou de moindre qualité visuelle ou mécanique) ;
- améliorant l'efficacité matérielle des constructions, en permettant d'utiliser moins de matière pour un même usage, et libérant ainsi de la ressource pour d'autres usages à longue durée de vie.

La teneur exacte du potentiel de réorientation que cela représente reste cependant à déterminer. Il semble toutefois prometteur : les estimations de bois d'œuvre potentiel montrent que sur les seuls résineux, utiliser les sections de diamètres compris entre 20 cm et 14 cm rajoute de l'ordre de 2 Mm³ de bois d'œuvre, soit 15 % du volume actuellement prélevé. Quant à la possibilité d'avoir une moindre utilisation de matière pour un même usage, une expertise supplémentaire serait nécessaire pour estimer précisément les volumes de bois économisables en favorisant le bois d'ingénierie au détriment du bois massif.

La diversification des ressources utilisées pour la production des emballages

Comme reporté section 1.3, environ 1 Mm³ de sciages majoritairement résineux récoltés en France (soit environ 2 Mm³ de bois rond) sont dédiés à la production des emballages de types caisses et palettes. À dire d'expert, il serait techniquement possible d'augmenter la part produite à partir de sciages feuillus et de scier des bois d'un diamètre qui aujourd'hui les classe plutôt dans la catégorie bois industrie que bois d'œuvre.

La réorientation du bois d'œuvre feuillu pourrait avoir deux conséquences positives :

- une possible hausse de la valorisation matière du bois d'œuvre feuillu grâce à un débouché plus important sur le marché de l'emballage ;
- un allongement de la durée de vie des sciages résineux : augmenter la part de sciages feuillus dans la production des emballages permettrait de « libérer » des sciages résineux pour des usages à plus longue durée de vie, notamment dans la construction. À noter que si la qualité des sciages destinés aux emballages est en principe inférieure à celle des sciages pour la construction, un usage en construction n'est pas impossible notamment s'ils intègrent des produits d'ingénierie.

Le bénéfice d'une allocation d'une ressource feuillue de plus petit diamètre à la production d'emballages est néanmoins moins évidente, car cet usage peut également venir remplacer un débouché à plus longue durée de vie pour cette même matière, comme les panneaux de process par exemple. Cela permettrait toutefois de réduire la part de bois d'œuvre (selon les critères actuels de qualification) dédiée aux emballages, et qui pourrait être réorientée vers des usages à plus longue durée de vie.

La modernisation des outils de transformation et l'amélioration des rendements matière

L'amélioration du rendement de la transformation des grumes en sciages pourrait permettre d'augmenter la part de la récolte dédiée aux produits à longue durée de vie. Cependant, faire plus de sciages avec un même volume de bois rond n'est pas chose aisée. Le rendement matière des scieries est conditionné par de multiples paramètres relatifs aux machines et procédés de transformation (ex. : type de scies, épaisseur des lames, savoir-faire, optimisation numérique des débits), des produits attendus (ex. : dimensions, aspect) et des bois utilisés (ex. : essences, diamètres, conicité). Ainsi l'amélioration du rendement matière peut se faire à plusieurs niveaux sans pour autant que l'on puisse espérer un gain massif et global (*i.e.* pour toute la filière nationale) tant les investissements sont coûteux pour de faibles améliorations de ce taux d'après les dires d'experts. Toutefois, des investissements dans des

équipements numériques permettant de déceler les défauts et d'adapter la transformation (sciage, déroulage) selon les essences seraient bénéfiques à la fois pour augmenter le rendement matière des transformations de façon générale, mais aussi pour rendre plus attractifs les bois feuillus et gros bois résineux dont la propension aux défauts réduit la rentabilité.

Le développement du réemploi des produits du bois d'œuvre

A dires d'experts, l'entrée en vigueur de la responsabilité élargie du producteur²⁵ liée aux produits de construction pourrait permettre de réemployer d'importants volumes de produits issus du bois d'œuvre (de structure et de second œuvre) ainsi que d'en recycler d'autres, ce qui allongerait la durée de vie de ces produits.

Le classement mécanique

En France le classement des sciages pour la construction est majoritairement réalisé sur la base de critères visuels (Hermeline & Lavarde, 2020) alors que la corrélation entre la présence de nœuds et la résistance mécanique n'est pas confirmée. Des expérimentations révèlent qu'un rejet plus important de sciages est observé avec le classement visuel qu'avec un classement par machine (Viguié, 2015). Cette limite ne contribue toutefois pas à justifier un écart entre BO potentiel et BO déclaré à l'EAB, les sciages déclassés ayant été déclarés comme BO avant d'être sciés, mais elle révèle qu'une part non quantifiée de sciages peut ne pas être exploitée à son plein potentiel technique.

Les changements de sylviculture

On peut par contre envisager que des changements de sylviculture (e.g. changements d'essence, balivage, éclaircies régulières) permettent d'augmenter la part de bois d'œuvre dans le volume récolté. Toutefois, les bénéfices attendus d'un changement de sylviculture ne se matérialisent en général qu'à très long terme (> 50 ans).

Pour conclure, si le bois d'œuvre potentiel ne semble pas être substantiellement «gâché» actuellement en allant massivement vers des usages de type BIBE, le potentiel d'évolutions techniques comme le bois d'ingénierie, ou encore le développement de la transformation et des débouchés des feuillus, permettraient d'améliorer la valorisation matière et de réorienter des usages courts vers les usages longs. Ce potentiel est prometteur : la valorisation du bois d'œuvre potentiel pourrait atteindre 8 Mm³, soit 36 % des prélèvements de bois de qualité potentielle bois d'œuvre, modulo la part de cet écart due à des défauts non-décelables par l'IGN. Le nivellement par le bas des diamètres qualifiés de BO et la valorisation des bois de faible qualité pourraient également se traduire par un gain en usages longs de plusieurs millions de mètres cubes. Une quantification plus fine de ce potentiel en fonction des produits et innovations à développer apporterait une pierre importante au volet «forêt-bois» de la SNBC.

Cependant, pour être réalisé, ce potentiel nécessitera de la R&D, des innovations et des investissements importants dans le tissu industriel afin de transformer les filières de transformation, ce qui se fera dans la durée. La nécessité d'un accompagnement de la filière sur ces sujets est déjà identifiée par ses parties prenantes, bien qu'à travers le prisme d'une meilleure valorisation de toute la ressource nationale et non spécifiquement des ressources réorientables vers des usages à longue durée de vie. Des mesures de soutien existent déjà ou verront bientôt le jour suite aux Assises de la Forêt et du Bois (2021-2022), tels que les appels à projets sur l'«industrialisation des produits et systèmes constructifs bois et biosourcés» (développement de produits d'ingénierie innovants, éventuellement à base de feuillus), sur la «biomasse chaleur pour l'industrie du bois» (contribue au développement de l'industrie des produits d'ingénierie en soutenant l'installation de séchoirs, indispensable à dires d'experts pour accroître la production nationale de ces produits) ou le lancement d'un programme de recherche et développement visant le développement de nouveaux débouchés pour les essences feuillues et secondaires (Ministères de l'Agriculture et de l'Alimentation, de la Transition écologique, de l'Industrie, 2022).

25 Pour rappel, ce principe impose aux producteurs et aux distributeurs de financer, organiser et mettre en place les solutions de collecte, de réutilisation ou de recyclage appropriées pour son produit.

3. RÉORIENTER LES RESSOURCES DE TYPE BOIS INDUSTRIE ET ÉNERGIE

Afin de mettre en œuvre la stratégie de réorientation des usages du bois, on peut mobiliser une part importante de produits connexes de la transformation du bois et de bois recyclé qui est aujourd'hui employée pour des usages courts (papier, énergie) et pourrait être réorientée vers des usages plus longs (panneaux et isolants) (Figure 6). L'objectif recherché est de quantifier les débouchés potentiels maximaux pour les différents usages à longue durée de vie du bois d'industrie. La méthodologie suit les étapes suivantes :

- 1 Identifier les types de produits à longue durée de vie issus d'une qualité de bois BI/BE et évaluer les contraintes de production qui leur sont associées.
- 2 Évaluer les volumes de ces produits qui pourraient être consommés domestiquement si le bois était utilisé partout où cela est techniquement possible, aujourd'hui et dans le futur selon un scénario « climat-compatible ».
- 3 Comparer ces volumes actuels et futurs à la SNBC, pour évaluer son ambition.

3.1. Pas de contraintes techniques insurmontables

3.1.1. Des contraintes de production liées aux essences et types de bois

Les différents types de panneaux dérivés du bois industrie ont comme point commun d'être aujourd'hui majoritairement fabriqués à partir d'essences résineuses, avec une part limitée d'essences feuillues. Ces dernières sont contre-indiquées notamment pour leur inadéquation aux mélanges collants employés pour ces produits. Par ailleurs, les usines produisent en continu et nécessitent un approvisionnement constant tant en qualité qu'en quantité afin d'éviter toute rupture de charge. Les résineux étant plus récoltés, il est de fait plus aisé d'avoir un approvisionnement constant en privilégiant ces essences.

Les contraintes de production identifiées par produit sont les suivantes :

► **Panneaux de particules**

Leur production semble être la plus souple car ils peuvent être produits à partir de tout type de ressources, y compris des produits connexes et du bois recyclé. Trois limites à cela cependant :

- les fines²⁶ sont exclues des produits connexes utilisés ;
- la production doit intégrer une part minimale de matières vierges dans le mélange des matières premières, il n'est pas donc pas possible de produire un panneau totalement à partir de sciures et de bois recyclé ;
- la transformation de bois recyclé nécessite d'investir dans des installations de transformation spécifiques.

► **Panneaux de fibres**

| **OSB**

En France il se produit uniquement à partir de bois rond car les lamelles le constituant sont de dimensions impliquant de disposer de bois suffisamment longs.

| **MDF et HDF**

À mi-chemin entre les panneaux de particules et l'OSB, le MDF et le HDF peuvent être produits à partir de produits connexes mais à condition de pouvoir en obtenir des fibres se rapprochant de ce qui est obtenu en déchetant du bois rond ; les particules trop fines sont donc exclues.

► **Isolation**

| **Laine de bois**

Ses longues fibres nécessitent de broyer du bois suffisamment long, elle ne peut donc être produite qu'à partir de bois rond.

| **Fibre de bois**

Sa production est plus flexible que celle de la laine de bois : elle peut intégrer des produits connexes et du bois recyclé.

Parmi les produits connexes, les écorces et les fines sont généralement destinées à la valorisation énergétique, et peuvent être consommées par les installations de combustion internes aux usines. Concernant les chutes de panneaux, elles peuvent être broyées et réintégrer la production, mais il n'est pas recommandé d'utiliser des panneaux de fibres pour produire des panneaux de particules, car cela peut endommager une partie de l'appareil industriel et altérer la qualité du produit. Cette précaution est également valable pour les panneaux recyclés en aval de leur consommation.

26 Sous-produits de la transformation du bois se présentant sous la forme de particules de très petite taille.

Les concernant le recyclage est plus ou moins aisé selon les panneaux : l'OSB ne présente pas de difficulté particulière pour être recyclé, en revanche les panneaux de particules et les autres panneaux de fibres sont parfois utilisés pour construire des meubles ou comme parquet, et le produit fini n'est pas constitué uniquement de bois mais aussi de plastique, de métaux, etc. La difficulté réside alors dans la séparation des différentes matières avant de pouvoir envisager la réutilisation du bois composant ces panneaux.

Les freins techniques à l'augmentation de la part de la récolte consacrée aux produits issus de la transformation de bois de trituration se limitent donc essentiellement à :

- une contrainte sur les essences transformées : la plupart des produits se fabriquent à partir d'essences résineuses, notamment en raison de leur plus grande facilité de transformation et de leur concentration en lignine²⁷ plus importante que les essences feuillues et qui permet donc de limiter les apports en colle synthétique²⁸ ;
- une contrainte sur la forme de la matière première : certains produits se fabriquent exclusivement à partir du bois rond et/ou ne peuvent être fabriqués à partir de connexes et/ou de bois recyclé.

À ces contraintes relatives aux techniques industrielles de transformation, on peut ajouter une contrainte économique relative à la capacité de production de l'industrie des panneaux, qui est à dire d'experts proche de ses limites.

L'évolutivité de ces freins et les enjeux qui leur sont associés vis-à-vis de l'objectif de réorientation de la récolte sont discutés dans la section suivante.

3.1.2. Mais des évolutions de l'appareil productif prometteuses

Les enjeux soulevés par les deux contraintes techniques énoncées ci-dessus sont d'une importance équivalente car elles peuvent toutes deux faire échouer la réorientation des usages du bois.

La contrainte portant sur les résineux s'explique par plusieurs raisons, certaines d'ordre économique (disponibilité de la ressource, habitudes du marché) et d'autres d'ordre technique (défaut de procédé, recours nécessaire à une essence résineuse exclusivement). Elle risque de plafonner le potentiel de ressources réorientables : le bois énergie de type bois rond est l'une des cibles principales de la réorientation des usages, or une partie majoritaire de la ressource BE sortant de forêt est feuillue (cf. **section 1.1**). Étant donné le besoin d'approvisionnement constant en bois résineux des usines de panneaux, des ajustements des procédés actuels de fabrication seraient nécessaires pour maximiser le potentiel de réorientation. Des développements intéressants ont déjà

vu le jour et laissent présager des perspectives d'évolution compatibles avec un objectif de réorientation des usages du bois :

- L'augmentation de la part de feuillus dans les panneaux peut être réalisée en ajustant les mélanges collants et certaines entreprises s'emploient déjà à diversifier leur gamme de produits ; il se fait par exemple de l'OSB 100 % peuplier, des panneaux MDF 100 % feuillus.
- La valorisation du bois d'œuvre feuillus fait l'objet d'une attention particulière depuis plusieurs années²⁹ et pourrait augmenter la production de sciages, ce qui augmenterait de fait les PCS de feuillus générés. Une offre plus abondante de PCS feuillus irait dans le sens d'une stabilisation des approvisionnements des panneaux, et augmenterait leurs chances d'être intégrés dans des proportions plus importantes et de manière pérenne dans leur production.

La contrainte portant sur la forme de la matière première, notamment l'importante utilisation du bois rond, semble plus difficile à contourner. Augmenter la production des produits aujourd'hui uniquement conçus à partir de bois ronds peut se faire à récolte constante grâce au bois rond venant de l'industrie du papier ou de la filière énergie, mais aussi en augmentant la récolte. Les perspectives d'évolution de cette contrainte mériteraient de faire l'objet de recherches spécialisées approfondies afin de déterminer si une flexibilisation du cahier des charges des produits est réalisable. Certaines entreprises commercialisent déjà des solutions innovantes :

- De l'OSB est produit à l'étranger à partir de bois recyclé, moyennant l'investissement dans une chaîne de production spécifique.
- Les chutes de placages, produits connexes de l'industrie du déroulage dont on ne connaît pas la destination, peuvent être valorisées en entrant dans la production de certains produits d'ingénierie utilisables en construction, pour le moment fabriqués uniquement en Amérique du Nord. Le LSL (*Laminated Strand Lumber*) et le PSL (*Parallel Strand Lumber*) sont destinés à un usage structurel, et se produisent respectivement à partir de courtes et longues lamelles.
- La production de panneaux MDF avec des fibres de bois recyclées est également envisageable. De nombreux travaux de recherche ont été publiés à ce sujet afin de déterminer quel peut être le mélange optimal de matières vierges et afin de limiter l'altération de la qualité finale du panneau.
- La farine de bois peut être un débouché pour les particules trop fines pour être employées dans la production de panneaux. Avec ce matériau, il est possible de produire des produits composites de type lames de bardage et de terrasse.

²⁷ La lignine est l'un des composants du bois et fait office de colle naturelle.

²⁸ Souvent à base de formol, ces colles génèrent des émissions toxiques de formaldéhyde qui font l'objet de réglementations relatives à leur mesure, à leur affichage et au niveau maximal accepté dans les produits de construction pour préserver la qualité de l'air intérieur.

²⁹ On peut citer notamment les travaux de caractérisation des essences feuillues du FCBA ainsi que leur rapport sur les perspectives de valorisation de la ressource de bois d'œuvre feuillus en France (FCBA, 2011), le programme européen EU Hardwoods portant sur la valorisation des essences feuillues dans la construction de 2013 à 2017 ainsi que l'étude commandée par le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (MAA) sur les choix stratégiques futurs à mettre en place pour soutenir l'industrie de transformation des essences feuillues (Forestry Club de France ; Conseil & Stratégie Durables ; CYME Innovations ; FIVE Conseil, 2019).

3. RÉORIENTER LES RESSOURCES DE TYPE BOIS INDUSTRIE ET ÉNERGIE

3.1. PAS DE CONTRAINTES TECHNIQUES INSURMONTABLES

Enfin, l'industrie nationale de la filière panneaux devra augmenter massivement sa capacité de production pour espérer pouvoir suivre l'ambitieux objectif de croissance de la production porté par la trajectoire de la SNBC. La faisabilité économique d'une telle croissance doit donc être évaluée, car elle nécessiterait des investissements tout aussi massifs.

En conclusion, le type d'essence ne semble pas constituer un obstacle insurmontable. Il n'est donc pas considéré dans l'évaluation des débouchés potentiels en section 4.

A contrario, certains produits (OSB et laine de bois notamment) ne peuvent pas facilement se baser sur autre chose que du bois rond (Tableau 7). Dans la mesure où il existe de proches substituts (panneaux de particules et de fibres) qui peuvent utiliser des PCS ou du bois recyclé, et que d'importants volumes de bois ronds peuvent être réorientés, cet obstacle n'est pas non plus considéré comme substantiel pour les débouchés évalués en section 4.

3.2. Les panneaux et les isolants, principaux leviers de la réorientation du bois d'industrie et du bois énergie

Avec les ressources disponibles actuellement et leur distribution au sein des différentes filières de transformation, la filière des panneaux et des isolants semble être la plus prometteuse à court terme. En effet, il s'agit de produits que l'on sait déjà produire massivement et qui peuvent être confectionnés à partir d'un gisement de ressources réorientables important (représentées en rouge et vert sur la Figure 6 et la Figure 7). Par ailleurs, ce sont des produits qui peuvent bénéficier de débouchés importants dans le secteur de la construction. Nous estimons ainsi qu'il s'agit de produits clés de la réorientation des usages du bois.

Les panneaux de particules et la fibre bois isolante sont ceux pour lesquels le potentiel semble le plus fort : leur cahier des charges est suffisamment souple pour permettre l'utilisation de tout type de ressources, et ne se cantonne pas au bois rond comme c'est le cas pour l'OSB produit en France et la laine de bois (cf. section précédente 3.1 et Tableau 7). L'utilisation exclusive de bois rond n'est pas incompatible avec l'objectif de réorientation puisqu'une partie de l'approvisionnement de l'industrie de la pâte et de la production d'énergie est du bois rond, mais le type de ressources disponibles est de fait plus limité. Ainsi, malgré des besoins de développement des capacités de production et des débouchés à imaginer pour envisager une réorientation des usages de grande ampleur, une partie des ressources BIBE aujourd'hui dédiées à des usages à courte dérivée est d'ores et déjà réorientable sans ajustement des procédés de transformation puisqu'elles sont identiques à celles transformées par cette industrie (bois ronds et coproduits résineux, bois recyclé).

Au final, pour qu'un usage présente un enjeu fort pour permettre une meilleure valorisation matière, il doit être à longue durée de vie et associé à un produit utilisant des ressources aujourd'hui utilisées pour des usages courts. Ces deux critères sont respectés pour les produits listés dans le Tableau 8, en considérant prioritairement les débouchés dans le secteur de la construction. Nous avons en effet priorisé les usages les plus longs, et n'avons à ce stade pas développé l'analyse pour les secteurs à plus courte durée de vie ou déjà saturés par le matériau bois (emballage, ameublement), et les débouchés représentant de faibles volumes (poteaux, isolants en liège).

FIGURE 6. DIAGRAMME DES FLUX DE RESSOURCES BI/BE FRANÇAISES EN 2018

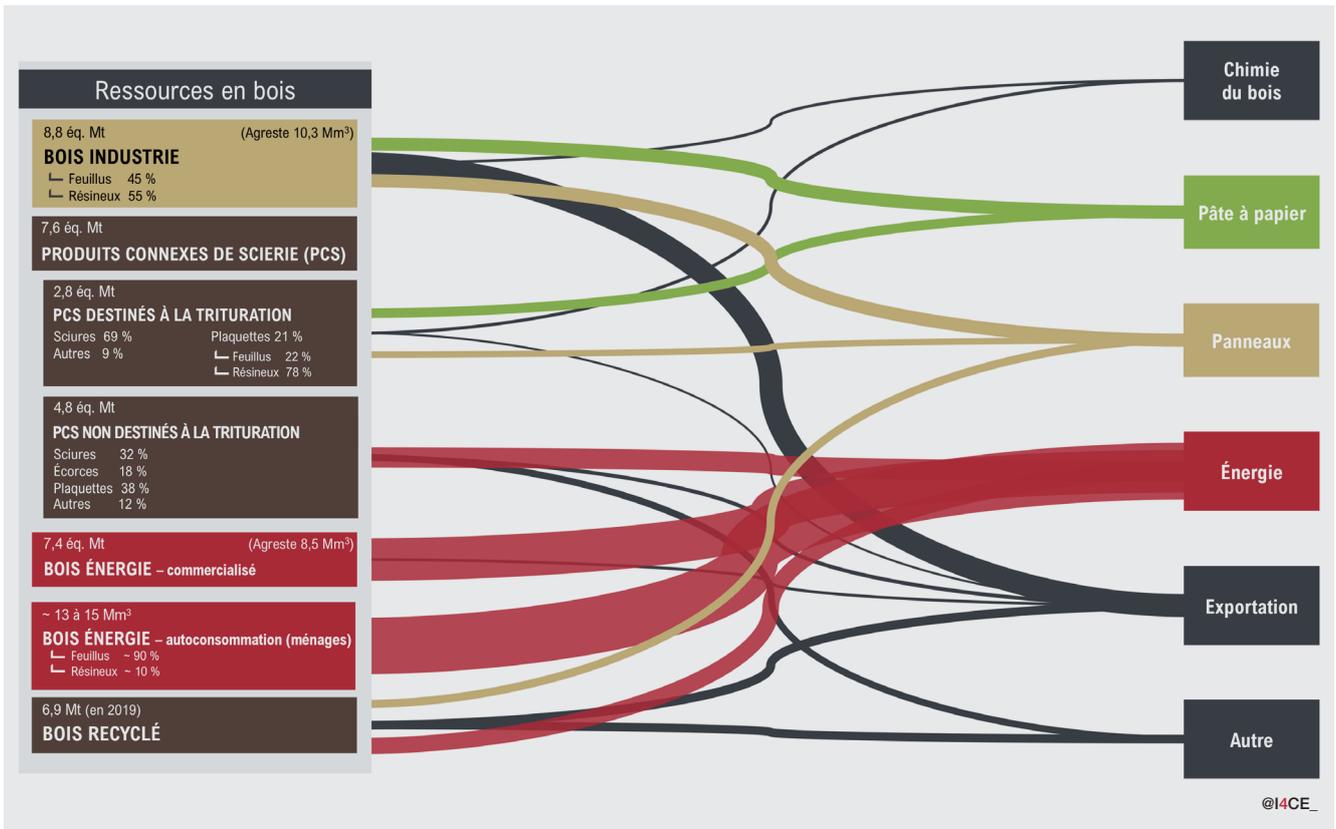
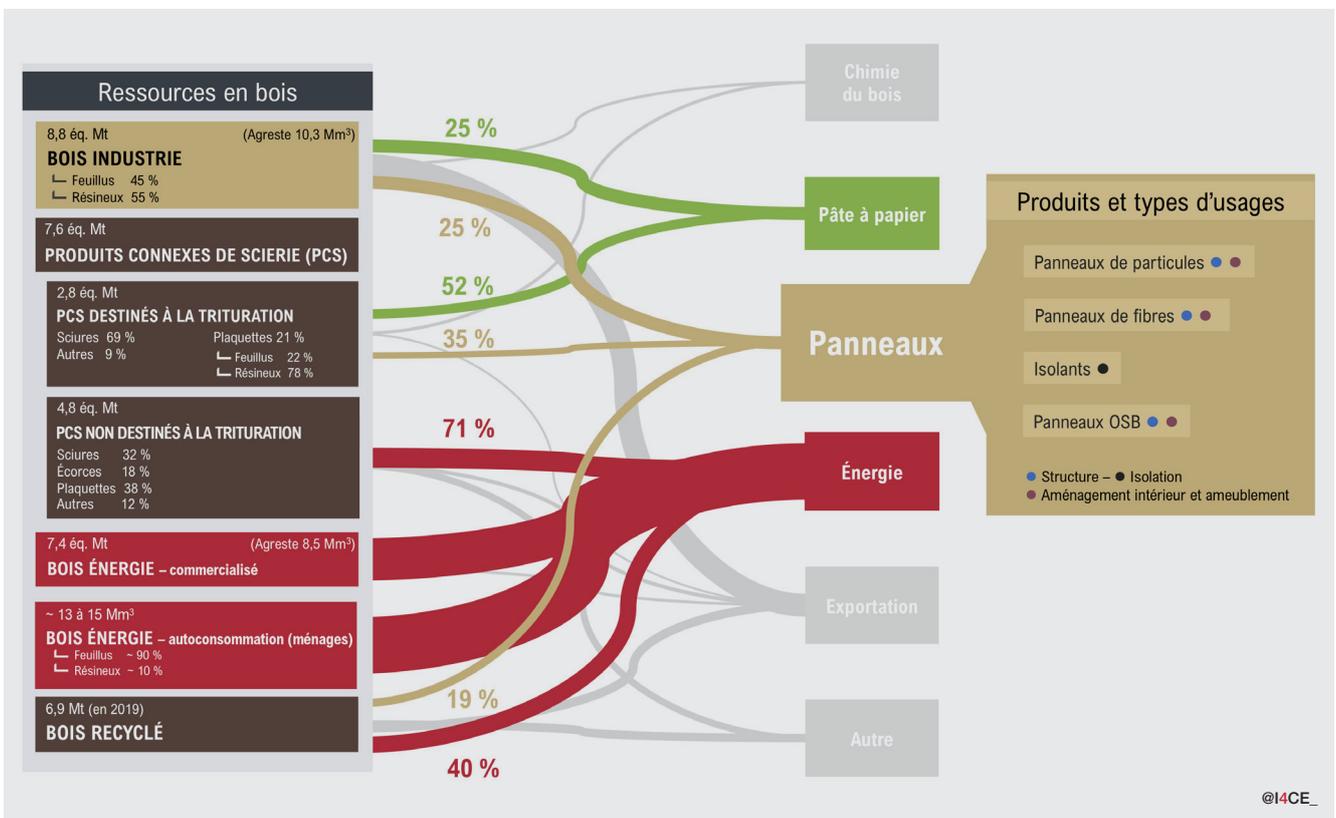


FIGURE 7. DIAGRAMME DES FLUX DE RESSOURCES BI/BE FRANÇAISES CONCERNÉS PAR LA RÉORIENTATION DES USAGES DU BOIS



Les pourcentages expriment la part de chaque type de ressources actuellement destinée aux filières. Exemple : 25 % du bois industrie est consommé par la filière de la pâte à papier.

3. RÉORIENTER LES RESSOURCES DE TYPE BOIS INDUSTRIE ET ÉNERGIE

3.2. LES PANNEAUX ET LES ISOLANTS, PRINCIPAUX LEVIERS DE LA RÉORIENTATION DU BOIS D'INDUSTRIE ET DU BOIS ÉNERGIE

TABLEAU 7. SYNTHÈSE DES PRINCIPALES CONTRAINTES TECHNIQUES IDENTIFIÉES POUR LA RÉORIENTATION DES USAGES DU BOIS D'INDUSTRIE ET DES RESSOURCES SECONDAIRES VERS LA PRODUCTION DE PANNEAUX ET D'ISOLANTS

	Panneaux de particules	Panneaux de fibres	OSB	Laine de bois	Fibre bois isolante
Essences feuillues	■	■	■	■	■
Bois industrie – papier	■	■	■	■	■
PCS – papier	■	■	■	■	■
PCS – énergie (hors écorces, fines)	■	■	■	■	■
Bois énergie	■	■	■	■	■
Bois recyclé	■	■	■	■	■

- La ressource est couramment utilisée pour la fabrication de ce produit.
 - ▶ Pas de contre-indication technique à réorienter cette ressource pour ce produit.
- Cette ressource n'est pas couramment utilisée pour la fabrication de produit, mais il existe déjà des produits alternatifs qui l'utilisent.
 - ▶ Il existe un obstacle technique pouvant empêcher la réorientation de cette ressource vers ce produit, mais il pourrait être contourné dans un futur proche.
- Cette ressource n'est pas utilisée pour ce produit et il n'y a, à ce jour et à notre connaissance, pas de solution alternative permettant de l'utiliser.
 - ▶ Il existe un obstacle technique fort qui empêcherait la réorientation de cette ressource vers ce produit à court terme, sans perspective d'évolution à ce jour.

@I4CE_

TABLEAU 8. PRINCIPAUX USAGES MOBILISANT DES RESSOURCES AUJOURD'HUI MAJORITAIREMENT DÉDIÉES AUX USAGES À COURTE DURÉE DE VIE

Produits	Usages	Type de ressources	Durée de vie (FCBA, 2008)*
BOIS MASSIF			Courte à longue selon usage
Poteaux		BI – bois ronds	
	Construction : structure		75 ans
	Aménagement extérieur (jeux de plein air, lignes téléphoniques...)		Longue
BOIS D'INGÉNIERIE – PANNEAUX DE PROCESS ET ISOLANTS		BI	Courte à longue
Panneau à lamelles orientées (OSB)			
	Construction : structure, aménagement intérieur	Bois ronds, essentiellement résineux	15 à 75 ans
	Emballages : caisserie	Bois ronds, essentiellement résineux	1 mois
Panneau de fibres à moyenne ou haute densité (MDF ou médium, HDF)			
	Construction : structure, aménagement intérieur	Bois ronds et coproduits (hors fines et écorces), essentiellement résineux	15 à 75 ans
	Ameublement	Bois ronds et coproduits (hors fines et écorces), essentiellement résineux	5 à 25 ans
Panneau de particules (aggloméré)			
	Constructions : structure, aménagement intérieur	Coproduits (hors fines et écorces) et bois recyclé, essentiellement résineux	15 à 75 ans
	Ameublement	Coproduits (hors fines et écorces) et bois recyclé, essentiellement résineux	5 à 25 ans
Isolants dérivés du bois		Constructions : enveloppe	BI
Laine de bois		Bois ronds, résineux	Longue
Fibre de bois		Coproduits, essentiellement résineux	
Autres		BI	
Papier et carton			1 à 16 mois
Vêtements			3 à 5 ans (WRAP, 2017)
Chimie verte			NA

*Sauf pour la durée de vie maximale des poteaux (aménagement extérieur), des isolants et de la catégorie « Autres »

- Le produit peut être fabriqué à partir de ressources actuellement utilisées pour des usages à courte durée de vie et il se trouve sur un marché ayant des perspectives de croissance.
- Le produit peut être fabriqué à partir de ressources actuellement utilisées pour des usages à courte et longue durée de vie et l'accroissement de sa production peut se faire aux dépens d'un autre produit à longue durée de vie.
- Le produit se trouve sur un marché déjà saturé par le bois et sans perspective de croissance.
- Le produit ou l'usage est à courte durée de vie.

4. ÉVALUATION DU POTENTIEL DE RÉORIENTATION DES USAGES DU BOIS POUR LES PRINCIPAUX PRODUITS

Les sections précédentes identifient les panneaux et isolants en bois comme les produits pouvant le plus largement bénéficier d'une réorientation des usages du bois. Dans la présente section, nous proposons une évaluation des débouchés potentiels maximaux pour ces produits étant donné la dynamique imposée par les objectifs de la SNBC pour le secteur du bâtiment, et dans l'hypothèse où l'on maximiserait tant que faire se peut le recours à ces produits indépendamment de toute considération économique. Cela revient à considérer que la part du marché des produits considérés est de 100 % pour les ouvrages de construction où il est possible de les utiliser ; par exemple les cloisons d'une habitation sont généralement faites à

partir de plaques de plâtre mais il est possible d'utiliser une ossature bois avec des panneaux dérivés du bois, et nous supposons que les consommateurs optent toujours pour cette seconde solution.

La littérature sur l'évolution de la demande en matériaux de construction propose déjà des travaux prospectifs rigoureusement élaborés tant sur les scénarios construits que sur les hypothèses techniques retenues. Nous avons retenu ici l'étude prospective de référence pour les produits bois : *Évolution de la demande finale du bois dans la construction, la rénovation et l'aménagement des bâtiments*, réalisée par le BIPE et le FCBA en 2019.

4.1. Méthode

Hypothèses techniques

La méthode d'estimation de la demande maximale pour les panneaux et les isolants est basée sur celle employée dans l'étude BIPE FCBA : nous utilisons les scénarios d'évolution des surfaces construites et rénovées «Tendanciel» et «Objectif Neutralité Carbone» (ONC) élaborés par les auteurs, ainsi que les coefficients techniques de chaque ouvrage pour lesquels il est possible d'utiliser des panneaux ou des isolants.

Nous nous affranchissons cependant des hypothèses retenues par les auteurs sur les parts de marché et leur évolution, pour obtenir un potentiel maximal technique de recours au bois. Le détail des hypothèses et informations extraites de l'étude BIPE FCBA et que nous avons utilisées est reproduit en **Annexe 4**.

Les différents types de panneaux étant relativement substituables et le gisement de bois ronds réorientables étant considérable par rapport à la demande actuelle en OSB (seul type de panneau nécessitant exclusivement du bois rond), aucune distinction n'est faite entre les différents panneaux.

Scénarios prospectifs relatifs au nombre de bâtiments construits et rénovés

Pour la construction neuve, le scénario tendanciel recense les moyennes annuelles du nombre de logements et bâtiments non résidentiels³⁰ construits de 2016 à 2050 d'après les hypothèses du scénario AME (avec mesures existantes) de la SNBC pour les résidences principales, et est complété par les projections réalisées par le BIPE pour les résidences secondaires et les logements vacants. Le deuxième scénario correspond au scénario «Objectif Neutralité Carbone» (ONC) qui croise le scénario AMS (avec mesures supplémentaires) de la SNBC pour la filière forêt-bois avec son homologue dédié au secteur du bâtiment.

Pour la rénovation, BIPE FCBA met à disposition les projections des surfaces rénovées à visée énergétique et non énergétique. Le scénario ONC s'avère particulièrement ambitieux sur les surfaces visées par la rénovation énergétique en cohérence avec les objectifs nationaux de rénovation totale du parc de logements à un niveau de basse consommation énergétique d'ici 2050. L'estimation que nous proposons ayant vocation à illustrer dans quelle mesure les volumes prévus par la SNBC pour l'usage «panneaux» pourraient trouver preneurs sur le marché domestique de la construction et de la rénovation, retenir ce scénario permet de grossir le trait sur ces débouchés potentiels en obtenant la fourchette haute des volumes que cela représenterait.

30 Bureaux, commerces, bâtiments d'enseignement, de santé...

4.2. Résultats par type de produit

Les volumes totaux de panneaux et de laine de bois utilisables dans la construction neuve ont été obtenus en multipliant les surfaces totales construites par les coefficients techniques calculés par le FCBA³¹ (Tableau 9).

L'hypothèse sous-jacente est que l'intégralité des besoins est couverte par ces produits au détriment d'autres matériaux (panneaux en plâtre, isolation en laine de verre, béton...).

TABLEAU 9. VOLUMES MAXIMAUX UTILISABLES DE PANNEAUX (PAN.) ET ISOLANTS (ISO.) POUR LA CONSTRUCTION NEUVE ET LA RÉNOVATION SELON LES SCÉNARIOS D'ÉVOLUTION DES SURFACES CONSTRUITES ET RÉNOVÉES TENDANCIEL ET ONC DE L'ÉTUDE BIPE FCBA (en Mm³)

	Actuel		Tendanciel (AME)						ONC (AMS)					
	2015*		2019		2035		2050		2019		2035		2050	
	Pan.	Iso.	Pan.	Iso.	Pan.	Iso.	Pan.	Iso.	Pan.	Iso.	Pan.	Iso.	Pan.	Iso.
Construction neuve			6,8	5,1	5,4	4,3	4,7	3,4	6,6	5,1	5,2	4,2	4,3	3,2
Résidentiel	NC	0,05	4,0	3,8	3,2	3,1	2,4	2,2	3,8	3,8	3,2	3,1	2,4	2,0
Non résidentiel			2,8	1,4	2,2	1,2	2,3	1,2	2,8	1,4	2,0	1,1	1,9	1,2
Réno. énergétique				8,6		10,2		7,7		8,9		22,2		22,6
Résidentiel	NA	0,3	NA	7,7	NA	9,1	NA	6,3	NA	7,9	NA	20,7	NA	20,7
Tertiaire				0,9		1,1		1,4		1,0		1,5		1,9
Réno. non éner.			3,0		3,2		2,7		3,1		4,7		4,6	
Résidentiel	NC	NA	1,6	NA	1,6	NA	1,6	NA	1,6	NA	1,6	NA	1,6	NA
Tertiaire			1,5		1,6		1,1		1,5		3,1		3,0	
TOTAL	1,1	0,4	9,8	13,8	8,6	14,4	7,4	11,1	9,7	14,1	9,9	26,4	8,9	25,8
TOTAL PAN. + ISO.	1,5		23,6		23		18,5		23,8		36,3		34,7	

*Source (BIPE & FCBA, 2019).

Panneaux dérivés du bois

En 2019, en supposant que la demande nationale de matériaux de construction privilégie les panneaux dérivés du bois à leurs concurrents, 9,8 Mm³ pourraient être consommés dans le scénario tendanciel. C'est plus de six fois supérieur au 1,6 Mm³ projeté pour l'année 2020 par l'étude BIPE FCBA qui cantonne les parts de marché des panneaux en bois à celles observées sur la période 2010-2015 sur les différents usages de panneaux.

D'après le scénario ONC, le principal potentiel pour les panneaux réside dans la rénovation du résidentiel et tertiaire. La rénovation à visée énergétique ne présente pas d'enjeu particulier pour les panneaux car les travaux modélisés dans l'étude BIPE FCBA n'en requièrent pas. Certains travaux

de rénovation énergétique peuvent toutefois mobiliser des panneaux, comme la substitution des façades énergivores de bureaux par des murs ossatures bois par exemple, ainsi que l'utilisation de panneaux en guise de pare-pluie dans le cas d'isolation thermique par l'extérieur ou comme revêtement dans le cas d'isolation thermique par l'intérieur. Les volumes de panneaux utilisables dans le cadre de rénovations énergétiques pourraient donc être importants.

Pour la rénovation sans visée énergétique, la demande estimée est plus importante, notamment dans le tertiaire, et excède ainsi celle pour la construction neuve en 2050 telle que projetée par le scénario ONC.

En effet, pour la construction neuve, on observe une baisse d'environ 25 % sur la période 2019-2050 de la demande de panneaux dans le scénario tendanciel et de 8 % dans

31 Ces coefficients prennent « en compte les caractéristiques du bâtiment type (nombre moyen d'étages, surface moyenne, pour différentes portées types) ». (BIPE & FCBA, 2019).

le scénario ONC. Cette tendance est majoritairement due au secteur résidentiel. La dynamique de ce dernier est calquée sur les données de l'INSEE et sur les orientations des scénarios de la SNBC, qui prévoient un ralentissement de la croissance démographique, ce qui réduit les surfaces neuves construites (BIPE & FCBA, 2019). La demande du secteur non résidentiel est relativement faible sur toute la période, notamment en raison de débouchés peu nombreux pour les panneaux dans ce secteur.

■ Isolants dérivés du bois

La demande d'isolants pour la construction neuve est dans le même ordre de grandeur que celle des panneaux et évolue à la baisse dans les mêmes proportions, pour les

mêmes raisons. Cependant, les isolants ont un potentiel de développement très important dans la rénovation énergétique, sept fois supérieur à la demande potentielle maximale pour la construction neuve en 2050 dans le scénario ONC. On observe également une différence importante et positive entre la demande pour les panneaux et celle pour les isolants (+235 % en 2050 pour le scénario ONC), ainsi qu'entre le scénario tendanciel et le scénario ONC qui vise une rénovation à un niveau BBC pour la quasi-totalité du parc de bâtiments construits avant 2012 (+130 % en 2050). Les isolants à base de bois ont un rôle clé à jouer dans les rénovations énergétiques à venir et les volumes prévus par le scénario 'climat-compatible' (ONC) sont très importants.

4.3. Comparaison avec la SNBC

Si l'on ne regarde que les panneaux dans le scénario ONC, les objectifs de la SNBC sur l'offre future en panneaux issus de la récolte française sont très largement supérieurs (+150 %) à ce que le marché de la construction et de la rénovation pourrait absorber au maximum du potentiel technique d'utilisation des panneaux. En effet, la SNBC vise une croissance très importante du puits de carbone dans les panneaux d'ici 2050 (Tableau 10) qui se traduit par une production attendue de 22 Mm³ en 2050³² (Tableau 11).

TABLEAU 10. FLUX ANNUELS ENTRANTS DE PANNEAUX (PRODUITS INTERMÉDIAIRES) DANS LE PUITS DE CARBONE DU SCÉNARIO AMS3 DE LA SNBC 2, EN MT CO₂

	2015	2030	2050	2080
Usage panneaux	7	11	22	31

TABLEAU 11. FLUX ANNUELS ENTRANTS DE PANNEAUX (PRODUITS FINIS) D'APRÈS LE SCÉNARIO AMS3 DE LA SNBC 2, EN MM³

	2015	2030	2050	2080
Usage panneaux	6	10	22	30

Par contre, si on imagine que l'«usage panneaux» de la SNBC comprend à la fois les panneaux et les isolants dérivés du bois, les résultats sont plus encourageants : inclure les isolants bois, qui ont un potentiel de développement très fort grâce à la rénovation énergétique des bâtiments, dans l'usage panneaux visé par la SNBC permet de s'approcher de l'objectif de 22 Mm³ en 2050 pour le scénario tendanciel, voire de le dépasser pour le scénario ONC.

Rappelons toutefois que ces calculs supposent que les isolants bois ont intégralement supplanté tous les autres types d'isolants, ce qui n'est pas du tout le cas actuellement. Les isolants à base de bois représentent aujourd'hui une faible part des isolants sur le marché, et ont un prix souvent dissuasif. Sur la période 2010-2015, l'étude BIPE FCBA a mesuré les parts de marché de la fibre bois isolante à 4 % pour les maisons individuelles, et 1 % pour le tertiaire ; le potentiel maximal de parts de marché est évalué respectivement à 11 % et 6 %, bien loin de notre hypothèse de 100 % de parts de marché. Produire et consommer de telles quantités d'isolants bois demanderait probablement une transformation profonde du marché, mais cela peut constituer une piste de réflexion pour accroître le puits de carbone dans l'«usage panneaux».

Avec des parts de marché plus réalistes, les projections de demande de panneaux en 2050 présentées par l'étude BIPE-FCBA sont bien plus faibles dans tous les scénarios de l'étude (Tableau 12). Même dans le scénario ONC pourtant jugé comme étant très ambitieux pour le bâtiment, les volumes de la SNBC sont largement supérieurs à la demande nationale de panneaux (I4CE, 2022).

TABLEAU 12. DEMANDE POUR LES PANNEAUX EN 2050 SELON LES PROJECTIONS DES QUATRE SCÉNARIOS DE L'ÉTUDE BIPE-FCBA (2019), EN MM³

Tendanciel	1,5
Alternatif	2,0
Volontariste	2,4
Objectif neutralité carbone	2,7

32 Les objectifs de la SNBC portent sur des produits intermédiaires (i.e. qui vont subir une autre transformation avant d'être consommés), tandis que nous estimons ici des volumes de produits finis. La mise en œuvre des panneaux dans le bâtiment ne génère qu'en moyenne 24 % de pertes (BIPE & FCBA, 2019), que nous déduisons des flux annuels entrants de produits bois reportés dans le calculateur de la SNBC.

Ainsi, il faudrait vraisemblablement compter sur l'export d'une partie de ces panneaux et isolants pour atteindre les objectifs de la SNBC en termes de puits dans les produits bois. Cela représente un double défi : défi économique alors que le solde commercial de la filière bois française est aujourd'hui fortement déficitaire, malgré un export net annuel de 0.8 Mm³ de panneaux (I4CE, 2019), et défi écologique dans la mesure où le transport du bois réduit de l'ordre de 20 % les bénéfices attendus en termes d'atténuation du changement climatique (I4CE, 2019).

Il faut cependant noter que les volumes prévus par la SNBC 2 reposent également sur une augmentation de la récolte très ambitieuse et également jugée peu réaliste économiquement par la littérature (I4CE, 2022).

Enfin, le terme « usage panneaux » désigne dans la SNBC tous les produits bois à longue durée de vie issus de bois d'industrie. Le volume objectif est simulé à partir de la valorisation de la ressource nationale issue des forêts, et ne prend pas en compte les flux entrants de bois recyclé. Or ces derniers approvisionnent de plus en plus la production de certains panneaux et de la fibre bois isolante. Ce recyclage est indéniablement une bonne nouvelle pour le climat, puisqu'il permet d'allonger la durée de vie des produits et de répondre à un même usage global sans augmenter la récolte. Néanmoins, en venant combler une partie de la demande en panneaux et isolants, il accroît le risque que l'offre de panneaux projetée pour 2050 par la SNBC ne puisse être consommée, faute de débouchés.

5. CONCLUSION

Réorienter les usages du bois pour développer la part des produits à longue durée de vie passe ainsi par deux voies majeures : 1) l'optimisation de la valorisation de la ressource de type bois d'œuvre 2) l'affectation des ressources de type bois industrie/bois énergie en priorité aux usages longs.

En ce qui concerne le volet bois d'œuvre, la marge de réorientation porte principalement sur une meilleure valorisation du bois d'œuvre potentiel feuillu et des faibles diamètres et qualités. L'évolution maximale d'une meilleure valorisation du bois d'œuvre potentiel est évalué à 8 Mm³ par an, dont une partie présente des défauts non-décelables par l'IGN et interdisant une valorisation en bois d'œuvre. Par ailleurs, ce potentiel semble difficilement exploitable à large échelle à court terme du fait de la présence de barrières à la fois techniques et économiques (recherche et développement des produits d'ingénierie, investissements massifs dans les capacités de transformation, évolution des pratiques...).

La voie la plus prometteuse d'un point de vue technique à court terme s'appuierait sur le développement de la filière des panneaux et des isolants dérivés du bois. En effet, les filières liées à ces produits sont déjà existantes, et ne comportent globalement pas de contraintes techniques majeures sur le type de ressources à transformer qui pourraient venir contrarier une réorientation des usages du bois. Les contraintes existantes sont pour beaucoup déjà dépassées par certains produits innovants qui diversifient le type de matières premières utilisées (par exemple utilisation accrue de feuillus, de bois recyclé), ce qui présage que ces contraintes pourraient évoluer relativement rapidement au moyen d'investissements dans les industries de transformation. Ainsi, tous les types de ressources alimentant les filières papier et énergie (bois rond de qualité industrie et énergie, coproduits...) pourraient, d'un point de vue strictement technique, être réorientés à relativement court terme vers la filière des panneaux et des isolants. En 2018, les flux de consommation de ces ressources représentaient près de 30 tonnes équivalent bois rond (hors bois recyclé).

Nous évaluons le potentiel maximal technique de consommation de panneaux et isolants entre 20 Mm³ par an et 35 Mm³ par an, dans des scénarios de rénovation respectivement tendanciel et ambitieux, soit entre 15 Mm³ et 30 Mm³ de plus que les 4,6 Mm³ de panneaux produits en France en 2019. Toutefois, ce chiffrage confirme que les objectifs de la SNBC2 en matière de consommation de produits bois à longue durée de vie sont démesurés. L'objectif de 22 Mm³ d'« usage panneaux » notamment ne pourrait être atteint qu'à différentes conditions, très ambitieuses et éloignées de la situation actuelle :

- que les panneaux et surtout les isolants en bois supplantent majoritairement les autres matériaux dans la construction ;

- que les surfaces rénovées annuellement s'accroissent aussi fortement que le souhaite la SNBC2, ce qui correspond à une rénovation complète du parc des logements à un très haut niveau d'efficacité énergétique en moins de 30 ans ;
- que l'export de ces produits se développe pour compenser le surplus de panneaux lié au développement, par ailleurs souhaitable, de panneaux issus de bois recyclé.

Si l'atteinte de tels niveaux de surfaces de logements rénovés ou encore de parts de marchés du bois peut sembler irréaliste aujourd'hui au regard de l'état actuel du marché, il ne discrédite pas pour autant la stratégie de réorientation. La transition écologique va en effet nécessiter des transformations drastiques de nos modes de production et de consommation et que la rénovation massive du parc de logement comme le développement des produits biosourcés font partie des leviers pour vivre dans un monde neutre en carbone.

Ainsi, au-delà d'une révision des ambitions de la SNBC en matière de réorientation des usages du bois, cette étude amène trois principales recommandations pour réorienter les usages du bois :

- rendre les panneaux de construction et les isolants en bois plus compétitifs que leurs substituts (plâtre, béton, laine de verre...) : ce sont les deux types de produits les plus prometteurs en terme de réorientation des usages du bois ;
- rendre l'usage matériau des ressources de type BI/BE plus compétitif que l'usage énergétique : outre les études qui questionnent l'intérêt du bois énergie pour le climat³³, ce bois représente la principale ressource réorientable d'un usage court vers un usage long ;
- étudier plus finement le potentiel d'accroissement de la part du bois d'œuvre dans la récolte, notamment par le développement du bois d'ingénierie.

Enfin, les émissions liées à la fabrication des produits bois ne semblent pas remettre en cause l'intérêt de la réorientation³⁴, même si ce point mériterait d'être approfondi, notamment pour les isolants.

33 (Birdsey, *et al.*, 2018; Myllyviita, *et al.*, 2021)

34 (Myllyviita, *et al.*, 2021; Kunič, 2017).

RÉFÉRENCES

- ADEME, Solagro, Biomasse Normandie, BVA, 2018. *Étude sur le chauffage domestique au bois : Marchés et approvisionnement*.
- ADEME, 2014. *Bois et articles en bois - Documentation des facteurs d'émissions de la Base Carbone® - v11.0.0*.
- ADEME, 2019. *Le revers de mon look – Quels impacts ont mes vêtements et mes chaussures sur la planète ?*
- ADEME, 2021. *Bilan National du Recyclage 2010-2019*.
- ADEME, 2021. *Forêts et usages du bois dans l'atténuation du changement climatique*.
- Agreste, 2020. *Récolte de bois et production de sciages*.
- Alexandre, S., 2017. *Rapport de mission de la déléguée interministérielle à la forêt et au bois*.
- BIPE & FCBA, 2019. *Étude prospective : évolution de la demande finale du bois dans la construction, la rénovation et l'aménagement des bâtiments*.
- Birdsey, R. et al., 2018. Climate, economic, and environmental impacts of producing wood for bioenergy. *Environmental Research Letters*, Volume 13.
- Cattelot, A.-L., 2020. *La forêt et la filière bois à la croisée des chemins : l'arbre des possibles*.
- Chalayer, M., 2014. La cantérisation du bois ouvre de nouveaux horizons. *Le Bois International*.
- Citepa, 2021. *Rapport OMINEA – 18ème édition*.
- Copacel, 2021. *Rapport statistique 2020 de l'industrie papetière française*.
- Cour des comptes, 2020. *La structuration de la filière forêt-bois, ses performances économiques et environnementales*.
- Deglise, X. & Brosse, N., 2014. Quelle place pour le bois dans la chimie verte ? (version révisée 2019). *Encyclopédie de l'Académie d'agriculture de France*, La forêt et le bois en 100 questions.
- FAO, 2020. *Changes in agricultural and forest product codes in the Harmonized System (HS) nomenclature maintained by the World Customs Organization (WCO)*.
- FAO, 2021. *FAOSTAT statistical database*.
- FCBA, 2008. *Étude Carbostock – Conception d'une méthodologie de quantification des variations de stock dans les produits du bois répondant aux exigences du GIEC et application à l'année 2005 pour un rapportage volontaire dans le cadre de la CNUCC*.
- FCBA, 2011. *Perspectives de valorisation de la ressource de bois d'œuvre feuillus en France*.
- FCBA, 2019. *Memento pour l'année 2018*.
- Finnish Woodworking Industries, 2019. *LVL Handbook Europe*.
- Forestry Club de France ; Conseil & Stratégie Durables ; CYME Innovations ; FIVE Conseil, 2019. *La scierie de feuillus du futur : quels choix stratégiques pour demain ??*
- French Timber, 2020. *ISlbois n°131*, février.
- Gallileo Business Consulting, 2020. *Étude structurelle sur l'emballage bois*. Oct. 2019 – Nov. 2020.
- GIEC, 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*.
- GIEC, 2019. *Révision 2019 de l'édition 2006 des Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*.
- Hermeline, M. & Lavarde, F., 2020. *La valorisation des gros bois*.
- I4CE, 2019. *Relocaliser la filière bois*.
- I4CE, 2022. *Puits de carbone : l'ambition de la France est-elle réaliste ? Analyse de la Stratégie nationale bas carbone 2*.
- IGN ; FCBA, 2016. *Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035*.
- IGN ; FCBA, 2019. *Réévaluation de la ressource et de la disponibilité en bois d'œuvre des essences feuillues et conifères en France*.
- IGN, 2018. *Un inventaire forestier annuel sur l'ensemble de la France métropolitaine*.
- Kunič, R., 2017. Carbon footprint of thermal insulation materials in building envelopes. *Energy Efficiency*, Volume 10, pp. 1511-1528.
- Michel, F., 2019. *Les grandes nouveautés du NF DTU 31.2 version 2019 : évolution des exigences sur les matériaux*.
- Ministère de la Transition écologique et solidaire, mars 2020. *Stratégie nationale bas-carbone*.
- Ministère de la Transition écologique, juin 2020. *Les Filières REP, qu'est-ce que c'est ?*
- Ministères de l'Agriculture et de l'Alimentation, de la Transition écologique, de l'Industrie, 2022. *Fiche des actions des Assises de la Forêt et du Bois*.
- Ministère de la Transition écologique, 2021. *Inventaire national des émissions de gaz à effet de serre*. www.ecologie.gouv.fr/inventaire-national-des-emissions-gaz-effet-serre [Accès le 30 juillet 2021].
- Myllyviita, T., Soimakallio, S., Judl, J. & Seppälä, J., 2021. Wood substitution potential in greenhouse gas emission reduction – review on current state and application of displacement factors. *Forest Ecosystems*, 8(42).
- SYPAL, 2012. *La palette bois enfonce le clou*.
- UICB, 2021. *Poutre en I*. <https://www.uicb.pro/nos-metiers/poutre-en-i/>
- VEM-FB, 2021. *Tableau Emplois-Ressources de la Veille économique mutualisée*.
- Viguié, J., 2015. *Classement mécanique des bois de structure - Prise en compte des singularités dans la modélisation du comportement mécanique*.
- WRAP, 2017. *Mapping clothing impacts in Europe: the environmental cost; prepared by Sarah Gray*.

ANNEXES

Annexe 1 – Essences de bois récoltées

Bois d'œuvre

FIGURE 8. RÉCOLTE DE BOIS D'ŒUVRE COMMERCIALISÉE EN 2019, PAR ESSENCE FEUILLUE, EN % ET MM³
(AGRESTE, 2020)

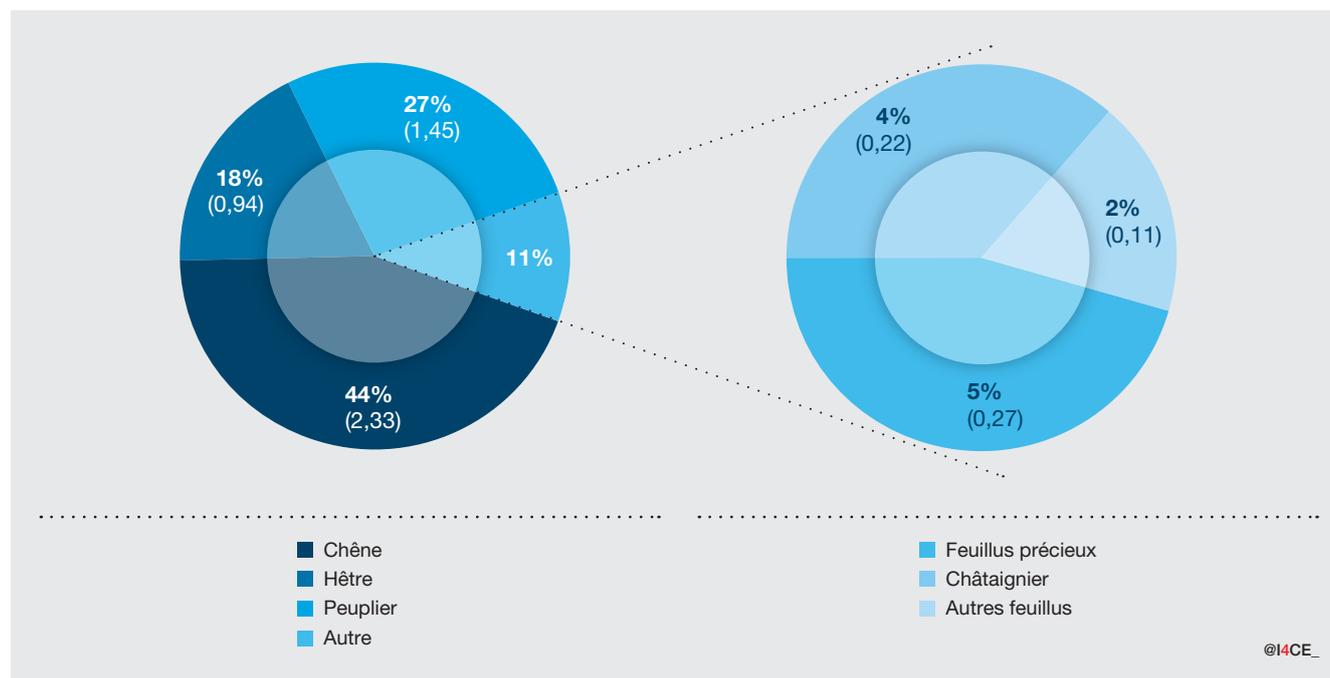
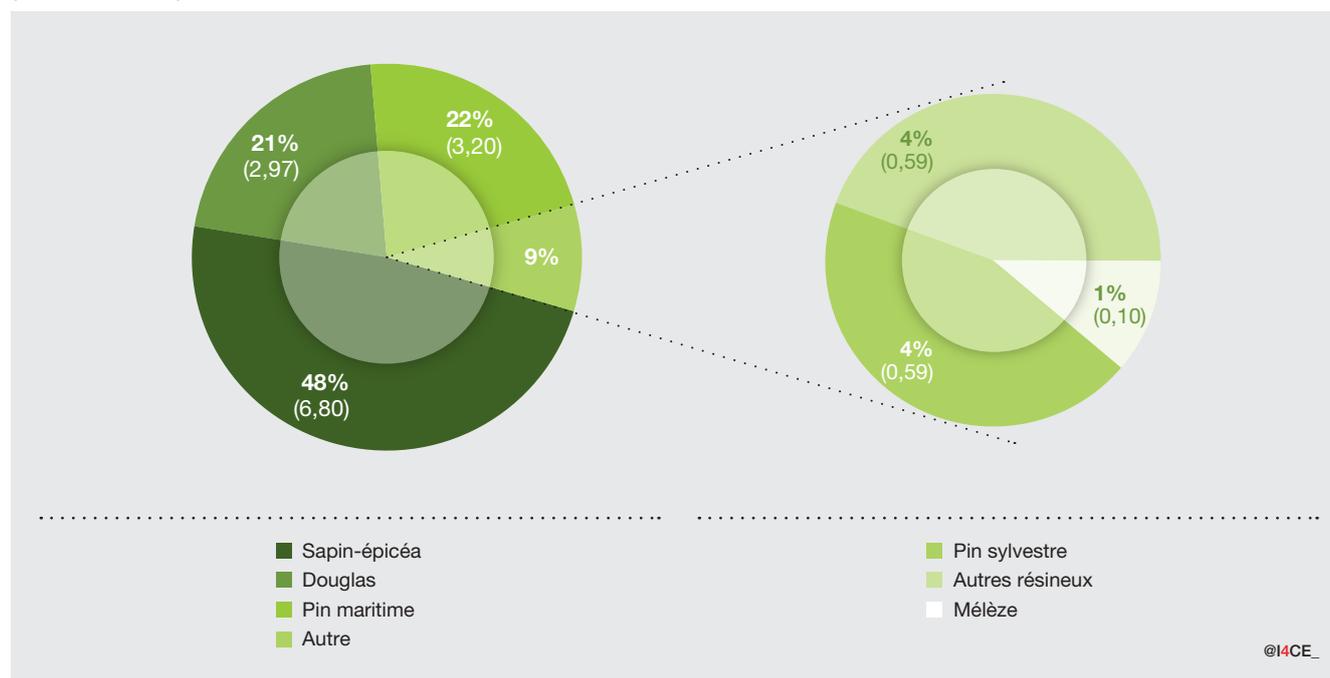


FIGURE 9. RÉCOLTE DE BOIS D'ŒUVRE COMMERCIALISÉE EN 2019, PAR ESSENCE RÉSINEUSE, EN % ET (MM³)
(AGRESTE, 2020)



Bois d'industrie et énergie

FIGURE 10. RÉCOLTE DE BOIS DE TRITURATION (BI HORS POTEAUX) COMMERCIALISÉE EN 2019, EN % ET (MM³)
(AGRESTE, 2020)

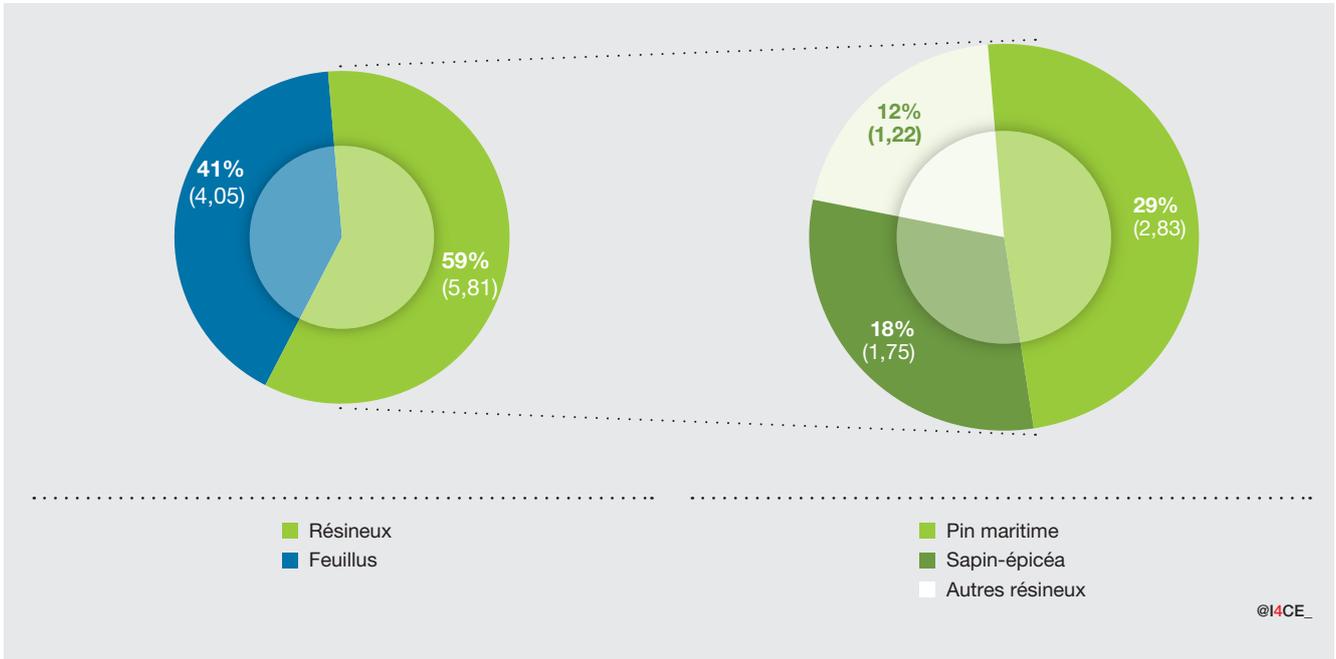
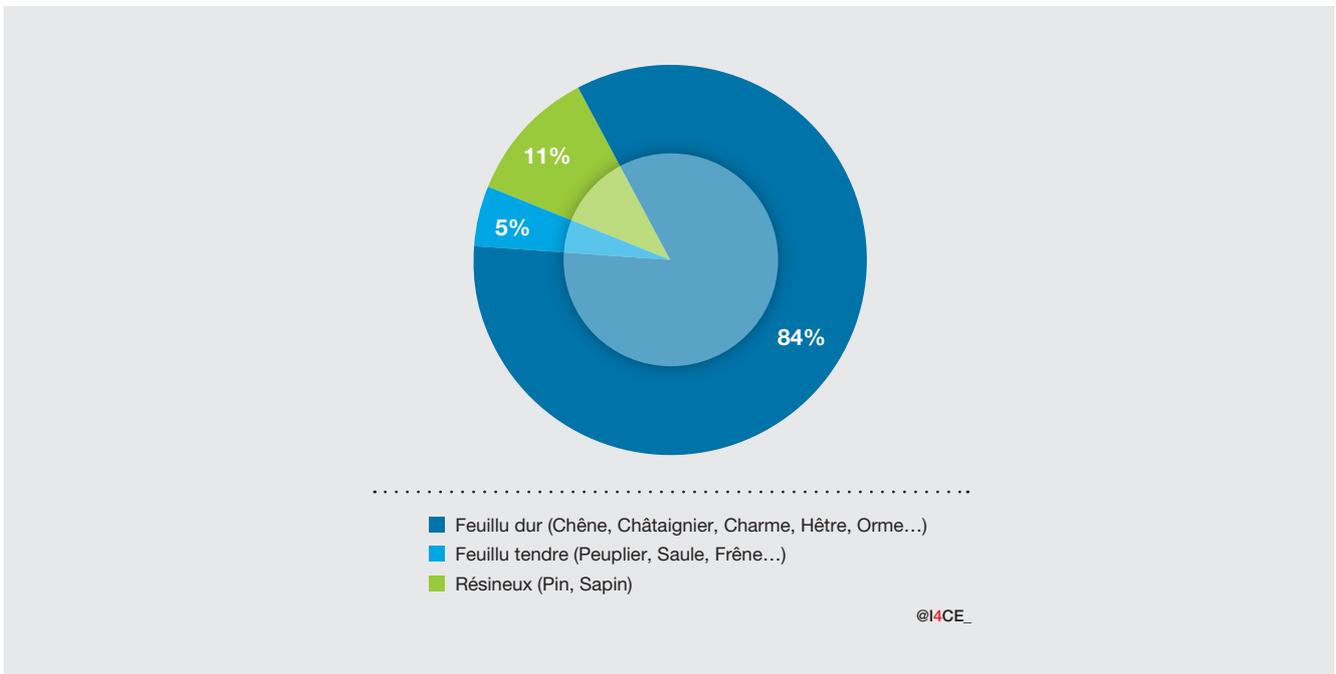
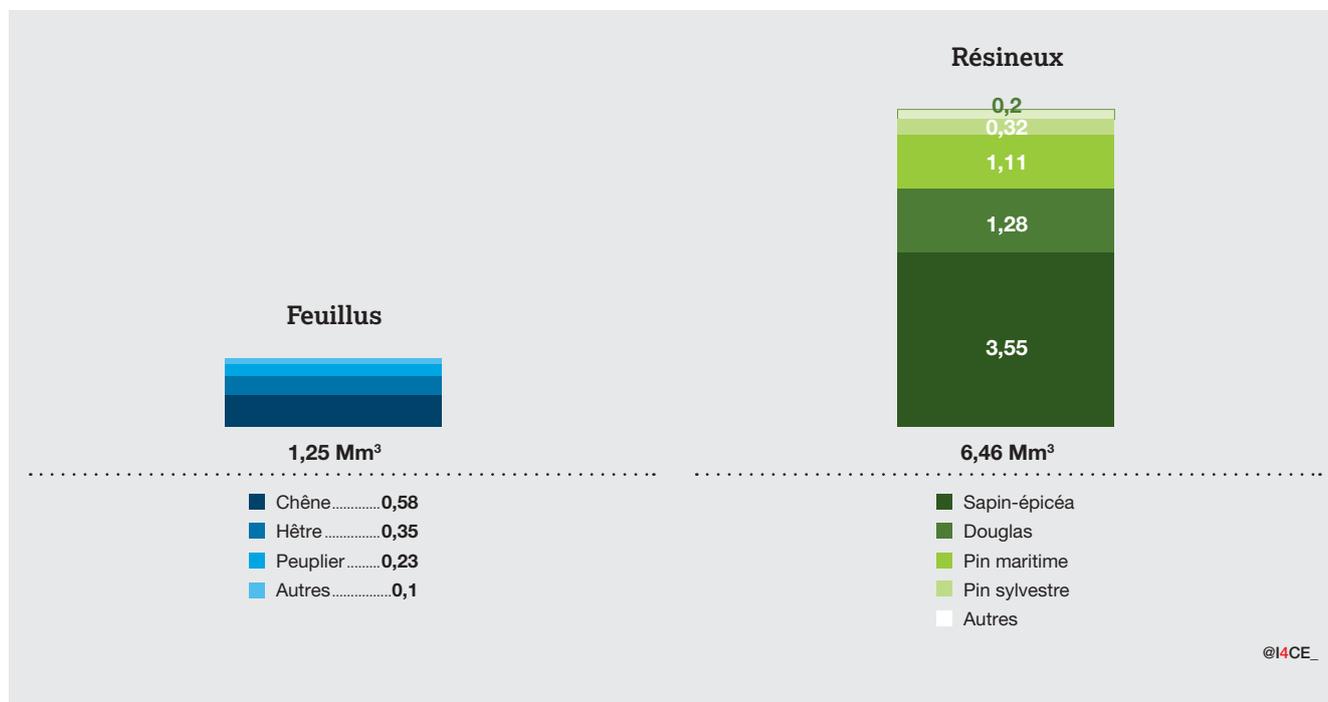


FIGURE 11. ESSENCES UTILISÉES COMME BÛCHES POUR LE CHAUFFAGE DOMESTIQUE
(ADEME, SOLAGRO, BIOMASSE NORMANDIE, BVA, 2018)



Sciages

FIGURE 12. SCIAGES PRODUITS EN FRANCE EN 2019, HORS BOIS SOUS RAILS ET MERRAINS, EN MILLIONS DE M³
(AGRESTE, 2020)



Annexe 2 – Diagrammes de Sankey

Les diagrammes de Sankey ont été réalisés principalement à partir des données de la Veille économique mutualisée de la filière Forêt-Bois (VEM-FB ou VEM) pour l'année 2018. Ces données, intégrées dans un tableau emplois-ressources (ou entrées-sorties), ont pour but de reconstituer la chaîne de valeur complète entre le prélèvement en forêt de la ressource au consommateur final. Un [guide méthodologique](#) et une [foire aux questions](#), disponibles sur le site de la VEM, expliquent les spécificités de ce projet.

Nous détaillons ci-dessous la composition de chaque catégorie des diagrammes à partir de la nomenclature de la VEM-FB ou en indiquant les autres sources de données le cas échéant.

Sauf mention contraire, l'année de référence est 2018.

Les unités de mesure utilisées pour construire le diagramme sont : le million de mètres cubes (Mm³), le million de mètres cubes équivalent bois rond (Mm³ éq. br), le million de tonnes (Mt) et l'équivalent million de tonnes de bois (éq. Mt).

La VEM n'utilise que le Mm³ éq. br et le éq. Mt. Elle fournit des volumes résultant d'une conversion de flux monétaires, et non des volumes observés. Or les flux monétaires ne donnent pas une image fiable des volumes échangés ; une tonne de papier n'a pas le même prix qu'une tonne de panneaux par exemple. L'équivalent tonne de bois pallie cette difficulté en unifiant les prix unitaires des différents débouchés des filières industrie et énergie. La même logique s'applique pour le bois d'œuvre dont l'unité retenue par la VEM est le mètre cube équivalent bois rond. Voici les explications fournies par la VEM à ce sujet : « *Le procédé de passage valeur-volume du TER monétaire permet d'exprimer en flux physiques les relations entre les branches d'activité de la filière ainsi que le poids du commerce international. Cette traduction s'effectue par filière d'usage où sont identifiés les produits à l'origine des usages. Ainsi, tous les flux monétaires ont été convertis en équivalent tonnes de bois pour cette filière d'usage « bois d'industrie ».* »

Premier niveau de la filière – Prélèvements et approvisionnements

Catégorie	Source	Détail
Récolte	(Ageste, 2020)	
Autoconsommation	(ADEME, 2021; ADEME, Solagro, Biomasse Normandie, BVA, 2018)	Volume total de bois énergie autoconsommé en 2018, en Mm ³ (ADEME, 2021). L'étude (ADEME, Solagro, Biomasse Normandie, BVA, 2018) donne la répartition des essences de bois bûche consommé par les ménages d'après une enquête réalisée en 2017 (Figure 12). Nous supposons que cette répartition n'a pas changé en 2018 et l'avons appliquée au total de bois bûche autoconsommé. Cette estimation est superficielle mais suffisante pour connaître approximativement les principales essences ainsi consommées.
Produits connexes de scierie	(Ageste, 2020; VEM-FB, 2021)	Flux entrants (« Transformation BO » → « Produits connexes de scierie »), en Mt (Ageste, 2020). Flux sortants (« Produits connexes de scierie » → X), en éq. Mt (VEM-FB, 2021).
Déchets en bois	(ADEME, 2021)	Flux de déchets pour l'année 2019, tirés du bilan national du recyclage 2010-2019.

Second niveau de la filière – Transformation des ressources

Tous les flux de bois d'œuvre sont en million de mètres cubes équivalent bois rond (Mm³ éq. br). Tous les flux de bois industrie et énergie sont en équivalent million de tonnes de bois (éq. Mt).

Les volumes de produits intermédiaires reportés sur le graphique sont issus du Memento réalisé par le FCBA. L'unité est le million de mètres cubes (Mm³) pour les sciages, merrains, bois d'ingénierie et panneaux ; le million de tonnes (Mt) pour la pâte à papier.

Catégorie	Source	Détail
TRANSFORMATION DU BOIS D'ŒUVRE		
Sciages	(Agreste, 2020; FCBA, 2019; VEM-FB, 2021)	Agrégat de : 08 Sciages bruts de Chêne 09 Sciages bruts de Hêtre 10 Sciages bruts d'autres feuillus tempérés 11 Sciages bruts de feuillus tropicaux 12 Sciages bruts de Sapin-Épicéa 13 Sciages bruts de Douglas 14 Sciages bruts d'autres résineux 15 Sciages bruts de Pin maritime Autres sciages, agrégat de : 17 Autres types de sciages 20 Produits rabotés 29 Produits imprégnés (bruts, sciés ou rabotés)
Merrains		16 Merrains
Placages et contreplaqués		31 Placages et panneaux à base de bois Cette catégorie concerne également les panneaux dérivés de bois d'industrie. Nous sélectionnons ici uniquement la part produite à partir de bois d'œuvre.
Bois lamellé-collé, CLT...	(FCBA, 2019; VEM-FB, 2021)	20 b Produits collés
TRANSFORMATION DU BOIS INDUSTRIE, DU BOIS ÉNERGIE ET DES RESSOURCES SECONDAIRES		
Filière papier	(FCBA, 2019; VEM-FB, 2021)	43 Pâte à papier
Filière panneaux		31 Placages et panneaux à base de bois Cette catégorie concerne également les panneaux dérivés de bois d'industrie. Nous sélectionnons ici uniquement la part produite à partir de bois industrie.
Filière énergie		30 Combustibles industriels à base de bois 19 Électricité et chaleur issues de la combustion du bois
Chimie du bois	(VEM-FB, 2021)	46 Produits de la chimie du bois

**Troisième niveau de la filière –
Consommation**

Les différents secteurs de consommation finale sont : Emballages, Construction, Ameublement, Papier et carton et Énergie. Ils sont alimentés par les flux émanant des industries de transformation de la ressource : Sciage,

déroulage tranchage et fendage, Industrie des panneaux de process, Industrie de la pâte à papier, Chimie du bois. Les seuls flux sortants sont ceux des exportations. L'unité de compte est alors celle du flux entrant. Par exemple : « Sciages » → « Emballages » en Mm³ éq. br, « Industrie des panneaux de process » → « Emballages » en éq. Mt.

Catégorie	Source	Détail
Emballages	(VEM-FB, 2021)	37 Emballages à base de bois (palette, ...) 38 Futailles
Construction		Produits de construction, agrégat de : 33 Parquets contrecollés 34 Charpentes 35 Menuiseries extérieures 36 Menuiseries intérieures 39 Coffrages pour le bétonnage, bardeaux en bois 40 Produits en bois pour aménagement extérieur
Ameublement		47 Meubles à base de bois
Énergie		04 Bois destinés à l'énergie 19 Produits connexes du sciage non destinés à la trituration 30 Combustibles industriels à base de bois 49 Électricité et chaleur issues de la combustion du bois
Autre		19 Produits connexes du sciage non destinés à la trituration Autres produits, agrégat de : 41 Objets divers en bois 42 Objets en liège 48 Autres produits manufacturés (instruments de musique, jeux et jouets...) Tout autre flux allant ne passant pas par une étape de transformation (PCS non destinés à la trituration, bois recyclé...) ou qui n'est pas destiné à l'un des grands secteurs de consommation (Emballages, Construction...).
Papier et carton		44 Papier et carton 45 Articles en papier et carton

Annexe 3 – Liste des fiches de déclaration environnementale et sanitaire (FDES) utilisées

Produits	FDES
OSB	<ul style="list-style-type: none"> • Panneaux de lamelles de bois minces orientées OSB (oriented strand board) de type 3 (panneaux travaillants utilisés en milieu humide) bruts (v.1.2) • Panneaux de lamelles de bois minces orientées OSB (oriented strand board) de type 4 (panneaux travaillants sous contraintes élevées utilisés en milieu humide) bruts (v.1.2),
MDF	<ul style="list-style-type: none"> • Panneaux de fibres MDF (medium-density fibreboard) de type light bruts (v.1.3) • Panneaux de fibres MDF (medium-density fibreboard) utilisés en milieu humide bruts (v.1.2) • Panneaux de fibres MDF (medium-density fibreboard) utilisés en milieu sec ignifuges bruts (v.1.2) • Panneaux de fibres MDF (medium-density fibreboard) utilisés en milieu sec bruts (v.1.4) • Panneaux de fibres MDF (medium-density fibreboard) de type ultralight bruts (v.1.2)
HDF	<ul style="list-style-type: none"> • Panneaux de fibres MDF-HDF (high-density fibreboard) bruts (v.1.3) • Panneaux de fibres MDF-HDF (high-density fibreboard) de type mince bruts (v.1.2)
Panneaux de particules	<ul style="list-style-type: none"> • Panneaux de particules de type P2 (panneaux pour agencements intérieurs utilisés en milieu sec) bruts (v.1.2) • Panneaux de particules de type P2 (panneaux pour agencements intérieurs utilisés en milieu sec) surfacés mélaminés (v.1.2) • Panneaux de particules de type P3 (panneaux non travaillants utilisés en milieu humide) bruts (v.1.2) • Panneaux de particules de type P4 (panneaux travaillants utilisés en milieu sec) bruts (v.1.2) • Panneaux de particules de type P5 (panneaux travaillants utilisés en milieu humide) bruts (v.1.2)
Isolants en bois	<ul style="list-style-type: none"> • Isonat FLEX 40 100 mm (v.1.3) • FLEX 40 145 mm (v.1.1) • FLEX 40 40 mm (v.1.1) • FLEX 55 100 mm (v.1.4) • FLEX 55 145 mm (v.1.1) • FLEX 55 200 mm (v.1.3) • STEICO flex F (v.1.2) • Knauf FIBRA ULTRA FC Clarté 100mm (v.1.3) • Fibraroc 35 200mm & Fibraroc 35 FC/Typ3 200mm (v.1.4)
Bardage composite	<ul style="list-style-type: none"> • Lame de bardage en bois composite SILVADEC - Claire-voie Atmosphère (v.1.2)

Annexe 4 – Méthode de l'estimation des débouchés potentiels maximaux des panneaux et isolants dérivés du bois

Les coefficients techniques moyens des volumes de panneaux et d'isolants consommés pour chaque ouvrage et chacune de ces catégories de bâtiments utilisés dans la présente étude sont reportés dans le **Tableau 13**.

TABLEAU 13. COEFFICIENTS TECHNIQUES – VOLUMES MOYENS DE PANNEAUX ET D'ISOLANTS PAR OUVRAGE EN DM³/M² (SAUF MENTION CONTRAIRE) (BIPE & FCBA, 2019)

Type d'usage des produits bois	Famille de produits	Ouvrage	MI	LC	Tertiaire	Industrie et Stockage	Agricole
Éléments de structure	Systèmes constructifs	Ossature bois	30	39	49	0	0
	Charpentes	Structure porteuse de la toiture-terrasse	22	22	NA	NA	NA
Bois dans l'isolation	Fibre bois isolante*		140	140	140	140	140
Aménagement intérieur	Revêtement des sols	Stratifiés	8	8	8	8	0
	Cloisons	Cloisons non porteuses*	3	3	2,5	2,5	0
		Cloisonnement du bâtiment (fixe ou démontable)*	NA	NA	125	0	0
		Cloisons des pièces humides*	NA	NA	25,2	25,2	0
		Cloisons coupe-feu*	NA	30	30	0	0
	Lambris	Plafonds en bois	14	14	16	0	0
		Doublage intérieur bois des murs	14	14	16	16	16
	Meubles	Cuisine	89	NC	89	NA	NA
		Salle de bains	NC	NC	NC	NC	NC
		Placard	200	NC	200	NA	NA
Parement verticaux extérieurs	Revêtements en bois des façades*	0	3	3	3	3	

Lorsqu'un choix est possible entre différentes solutions de construction, la solution mobilisant le plus de panneaux est retenue. Ainsi pour le système constructif des bâtiments à

usage tertiaire par exemple, l'ossature bois (49 dm³/m² de plancher) a été retenue plutôt que le système poteaux poutres (46 dm³/m²) ou le système mixte bois-béton (34 dm³/m²).

Les produits et ouvrages marqués d'un astérisque ne sont pas exprimés en dm^3/m^2 et leurs coefficients de passage figurent dans le tableau suivant (Tableau 14).

TABLEAU 14. COEFFICIENTS DE PASSAGE POUR LES COEFFICIENTS TECHNIQUES NON EXPRIMÉS EN DM^3/M^2

Ouvrage	Nature du coefficient	MI	LC	Tertiaire	Industrie et stockage	Agricole
Fibre bois isolante	m^2 mur ou façade/ m^2 plancher	0,71	0,91	0,63	0,63	NC
Cloisons non porteuses (bois)	ml cloisons/ m^2 de plancher équipé	0,49	0,43	NC		NA
Cloisonnement du bâtiment (fixe ou démontable)		NA	NA	0,1	0,05	
Cloisons des pièces humides		NA	NA	0,02		
Cloisons coupe-feu		NA	NC	0,1	0,05	
Cuisine	m^2 cuisine/ m^2 plancher	0,15	0,1	NC	NA	
Placard	m^2 placard/ m^2 plancher (sauf pour le tertiaire : m^2 placard/chambre hôtel)	0,02	0,01	0,9	NA	
Revêtements en bois des façades/Bardage bois	m^2 façade/ m^2 plancher	0,71	1,51	0,65	0,63	NC

L'étude BIPE FCBA fournit des surfaces construites et renouvelées moyennes sur des périodes de plusieurs années pour chaque catégorie de bâtiments. Nous en déduisons des valeurs unitaires pour les années 2019, 2035 et 2050, reportées dans le Tableau 15 et le Tableau 16. Les valeurs

pour l'année de référence 2019 peuvent différer entre le scénario tendanciel et ONC car ce ne sont pas des valeurs observées mais calculées selon les hypothèses des deux scénarios (l'année de référence dans l'étude étant 2015 et non 2019).

TABLEAU 15. SURFACES CONSTRUITES D'APRÈS LES SCÉNARIOS TENDANCIEL ET ONC, PAR CATÉGORIE DE BÂTIMENTS, EN MILLIONS DE MÈTRES CARRÉS (MM^2) (BIPE & FCBA, 2019)

Catégorie de bât.	Tendanciel (AME)			ONC (AMS)		
	2019	2035	2050	2019	2035	2050
Tertiaire	8,8	6,7	7,1	8,8	5,9	6,2
Industrie	3,3	3,3	3,3	3,6	3,6	3,5
Stockage	3,3	3,2	3,2	3,3	3,2	3,2
Agricole	5,8	4,6	3,4	5,5	3,3	1,6

Pour la rénovation du secteur non résidentiel, seules les surfaces des bâtiments à usage tertiaire sont projetées.

TABLEAU 16. SURFACES RÉNOVÉES D'APRÈS LES SCÉNARIOS TENDANCIEL ET ONC, PAR CATÉGORIE DE BÂTIMENTS, EN MILLIONS DE MÈTRES CARRÉS (MM²) (BIPE & FCBA, 2019)

Type de rénovation	Catégorie de bât.	Tendanciel (AME)			ONC (AMS)		
		2019	2035	2050	2019	2035	2050
Énergétique	Résidentiel	68,1	80,6	55,3	70,1	183,3	182,9
	Tertiaire	10,6	12,2	16	11,2	16,7	22
Non énergétique	Résidentiel	41,6					
	Tertiaire	55,2	61	42	55,9	118,2	112,6

INSTITUTE FOR CLIMATE ECONOMICS
30 rue de Fleurus - 75006 Paris

www.i4ce.org
Contact : contact@i4ce.org

Suivez-nous sur

