

**A D E M E**



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Energie

**CODIFAB**

comité professionnel de développement  
des industries françaises de l'ameublement et du bois



**Juillet 2019**

# Étude prospective : Évolution de la demande finale du bois dans la construction, la rénovation et l'aménagement des bâtiments

le **BIPE**



## RAPPORT FINAL

Maîtrise d'œuvre	BIPE	FCBA
Rédacteur(s) du présent rapport	Paul Donadieu de Lavit Nathalie Leridon	Anne-Laure Levet Alain Thivolle-Cazat Romain Radziminski Estelle Vial
Selecteurs du rapport	Youssef Yacoubi Pascal Marlier	Gérard Deroubaix
Personne responsable de la production	Pascal Marlier	Gérard Deroubaix
Contact	Pascal.marlier@bipe.fr	Gerard.deroubaix@fcba.fr

## Une étude ....

### ...financée par :

#### **ADEME**



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Energie

#### **ADEME**

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie  
20, avenue du Grésillé  
BP 90406  
49004 ANGERS  
Tél. : 02 41 20 41 20  
[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

#### **CODIFAB**

comité professionnel de développement  
des industries françaises de l'ameublement et du bois

#### **CODIFAB**

COmité professionnel de Développement des Industries Françaises  
de l'Ameublement et du Bois  
120, avenue Ledru-Rollin  
75011 Paris  
Tél. : 01 44 68 18 08  
[www.codifab.fr](http://www.codifab.fr)



#### **FBF**

France Bois Forêt  
120, avenue Ledru-Rollin  
75011 Paris  
Tél. : 01 44 68 18 53  
[www.franceboisforet.fr](http://www.franceboisforet.fr)



Comité Stratégique  
de Filière Bois

### ... initiée par :

#### **CSF**

Comité Stratégique de Filière Bois  
120, avenue Ledru-Rollin  
75011 Paris  
Tel. : 07 62 52 87 47

#### le B*IP*E

#### **BIPE**

Bureau d'Informations et de Prévisions Economiques  
Immeuble Vivaldi  
11/13, rue René Jacques  
92138 Issy-les-Moulineaux  
Tél. : 01 70 37 23 23  
[www.lebipe.com](http://www.lebipe.com)



#### **FCBA, Institut Technologique**

Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement  
10, rue Galilée  
77420 Champs-sur-Marne  
Tél. : 01 72 84 97 84  
[www.fcba.fr](http://www.fcba.fr)

## **Sommaire**

**PARTIES 1 ET 2 RELATIVES AUX MARCHE DE LA CONSTRUCTION ET AU MARCHE DU BOIS DANS LA CONSTRUCTION** **89 PAGES**

**PARTIE 3 RELATIVE A L'ANALYSE DE LA COMPETITIVITE ET DE L'ADAPTATION DE L'OFFRE AUX EVOLUTIONS ATTENDUES DE LA DEMANDE** **42 PAGES**

**PARTIE 4 RELATIVE A L'EVALUATION DES PERSPECTIVES D'AMELIORATION DE LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE DU SECTEUR DU BATIMENT, NEUF ET EXISTANT, PERMISES PAR L'EMPLOI DE SOLUTIONS EN BOIS OU UTILISANT DU BOIS** **147 PAGES**

**ADEME**



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Energie

**CODIFAB**

comité professionnel de développement  
des industries françaises de l'ameublement et du bois



**Juillet 2019**

---

## **Étude prospective : Évolution de la demande finale du bois dans la construction, la rénovation et l'aménagement des bâtiments**

le **BPIE**  
**FCBA**

---

### **Rapport des étapes 1 et 2 relatives au marché de la construction et au marché du bois dans la construction.**

---

<b>Maîtrise d'œuvre</b>	<b>BIPE</b>	<b>FCBA</b>
Rédacteur(s) du présent rapport	Paul Donadieu de Lavit Nathalie Leridon	
Selecteurs du rapport	Youssef Yacoubi Pascal Marlier	
Personne responsable de la production	Pascal Marlier	Gérard Deroubaix
Contact	Pascal.marlier@bipe.fr	Gerard.deroubaix@fcba.fr

## Table des matières

<b>CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE</b>	<b>5</b>
<b>DEMARCHE PROPOSEE</b>	<b>6</b>
<b>1/ CADRAGE PAR SCENARIOS</b>	<b>6</b>
<b>2/ HORIZONS DES SCENARIOS</b>	<b>7</b>
<b>3/ ARTICULATION ENTRE SCENARIOS DE CONSTRUCTION NEUVE ET BOIS DANS LA CONSTRUCTION</b>	<b>7</b>
<b>4/ DECOUPAGE METHODOLOGIQUE</b>	<b>8</b>
<b>ÉTAPE 1 : SCENARIOS CONSTRUCTION A 2050</b>	<b>9</b>
<b>1/ SEGMENTATION DES BATIMENTS ET METHODOLOGIES DE PROJECTION DES BATIMENTS NEUFS</b>	<b>9</b>
1.1 CONSTRUCTION DE BATIMENTS RESIDENTIELS	9
1.2 CONSTRUCTION DE BATIMENTS TERTIAIRES	9
1.3 CONSTRUCTION DE BATIMENTS INDUSTRIELS ET DE STOCKAGE	11
1.4 CONSTRUCTION DE BATIMENTS AGRICOLES	13
1.5 SYNTHESE DES SOURCES DES PREVISIONS DE CONSTRUCTION NEUVES DES DIFFERENTS SEGMENTS	14
<b>2/ SCENARIO TENDANCIEL: UNE CONSTRUCTION NEUVE SUIVANT LES MESURES EXISTANTES PROPOSEES PAR L'ÉTAT</b>	<b>14</b>
2.1 BATIMENTS RESIDENTIELS	15
2.2 BATIMENTS TERTIAIRES	16
2.3 BATIMENTS INDUSTRIELS ET DE STOCKAGE	16
2.4 BATIMENTS AGRICOLES	17
<b>3/ SCENARIOS VOLONTARISTE ET OBJECTIF NEUTRALITE CARBONE: LA TRAJECTOIRE DE LA CONSTRUCTION NEUVE SUIT LES PRINCIPES D'UNE REDUCTION DE L'EMPREINTE CARBONE DU SECTEUR</b>	<b>18</b>
3.1 BATIMENTS RESIDENTIELS	18
3.2 BATIMENTS TERTIAIRES	19
3.3 BATIMENTS INDUSTRIELS ET DE STOCKAGE	20
3.4 BATIMENTS AGRICOLES	21
<b>4/ SCENARIO ALTERNATIF : UNE ARTICULATION COURT MOYEN ET LONG TERME DE LA DEMANDE</b>	<b>22</b>
4.1 BATIMENTS RESIDENTIELS	22
4.2 BATIMENTS TERTIAIRES	25
4.3 BATIMENTS INDUSTRIELS ET DE STOCKAGE	26
4.4 BATIMENTS AGRICOLES	26
<b>5/ BENCHMARK DES RESULTATS DE LA SCENARISATION DE LA CONSTRUCTION NEUVE A 2050</b>	<b>27</b>
<b>6/ METHODOLOGIES DE PROJECTION DE LA RENOVATION DE BATIMENTS</b>	<b>33</b>
6.1 RENOVATION DE BATIMENTS RESIDENTIELS	33
6.2 RENOVATION DE BATIMENTS NON RESIDENTIELS	35
<b>7/ BENCHMARK DES RESULTATS DES DIFFERENTS SCENARIOS POUR LES MARCHES DE LA RENOVATION A 2050</b>	<b>37</b>
<b>ETAPE 2 - LA DEMANDE EN BOIS DANS LA CONSTRUCTION</b>	<b>40</b>
<b>1 / METHODOLOGIE D'ESTIMATION ET DE PREVISION DE LA DEMANDE EN BOIS DANS LA CONSTRUCTION NEUVE</b>	<b>40</b>
1.1 ÉQUATION	40
1.2 CALCUL DES COEFFICIENTS	41
<b>2/ ÉVOLUTIONS HISTORIQUES DES PARTS DE MARCHE DU BOIS DANS LA CONSTRUCTION NEUVE</b>	<b>43</b>
2.1 ÉLÉMENTS DE STRUCTURE	44
2.2 AMENAGEMENT INTERIEUR	48
2.3 AMENAGEMENT EXTERIEUR	50
<b>3/ LISTE DES FACTEURS INFLUENÇANT L'UTILISATION DE PRODUITS EN BOIS DANS LA CONSTRUCTION</b>	<b>52</b>

3.1 QUELQUES FACTEURS DE COMPETITIVITE IDENTIFIES DANS LA BIBLIOGRAPHIE	52
3.2 FACTEURS DE COMPETITIVITE CITES PAR LES EXPERTS DES GROUPES DE TRAVAIL DE L'ETUDE	54
<b>4/ VEILLE TECHNOLOGIQUE SUR LES INNOVATIONS, OPPORTUNITES ET CONTRAINTES DE LEUR DEVELOPPEMENT</b>	<b>55</b>
4.1 DEMARCHE D'IDENTIFICATION DES INNOVATIONS	55
4.2 PRODUITS IDENTIFIES	55
4.4 REGROUPEMENTS FCBA : DESCRIPTION DES FAMILLES DE TECHNOLOGIES	57
4.5 ÉVOLUTION DES OPPORTUNITES ET DES CONTRAINTES SUR LES INNOVATIONS PRODUITS BOIS	59
4.6 ANALYSE DES IMPACTS POSSIBLES DE CES INNOVATIONS SUR LES PARTS DE MARCHE	64
<b>5/ METHODOLOGIE D'EVALUATION DE LA DEMANDE EN BOIS DANS LA RENOVATION</b>	<b>68</b>
5.1 POINT DE REFERENCE HISTORIQUE	68
5.2 PROSPECTIVE DE LA DEMANDE EN BOIS DANS LA RENOVATION	71
<b>6/ RESULTATS DE LA DEMANDE EN BOIS DANS LE SECTEUR DU BATIMENT</b>	<b>72</b>
6.1 SITUATION EN 2015	72
6.2 RESULTATS DES PROJECTIONS PAR FAMILLE DE PRODUITS	74
6.3 RESULTATS DES PROJECTIONS TOUS PRODUITS	77
6.4 RESULTATS DES PROJECTIONS PAR TYPE DE PRODUITS BOIS (BOIS MASSIF OU PANNEAUX)	82
<b>ANNEXES</b>	<b>84</b>
FICHIERS ANNEXES	84
LISTE DES EXPERTS AYANT REPONDU AUX QUESTIONNAIRES SUR LES TECHNOLOGIES	86
BIBLIOGRAPHIE (PRINCIPALES ETUDES CONSULTEES, LISTE NON EXHAUSTIVE)	88

## Acronymes

AME	Scénario énergie-climat de référence de la SNBC, avec mesures existantes
AMS3	Scénario énergie-climat de référence de la SNBC, avec mesures supplémentaires
ANAH	Agence Nationale de l'Habitat
BIM	Building Information Modelling
BLC	Bois Lamellé-Collé
BMR-T	Bois Massif Reconstitué Tourillonné
CITE	Crédit d'impôt pour la transition énergétique
CLT	Cross-Laminated Timber, panneau massif lamellé-croisé
CODIFAB	Comité Professionnel de Développement des Industries Françaises de l'Ameublement et du Bois
DGEC	Direction Générale de l'Energie et du Climat
DLT	Dowel Laminated Timber
DTU	Document Technique Unifié
Eco-PLS	Eco-prêt logement social
Eco-PTZ	Eco-prêt à taux zéro
FDES	Fiches de Déclarations Environnementales et Sanitaires
LVL	Laminated Veneer Lumber, Lamibois
MAA	Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire
MEC :	Mise en chantier
MIG	Maison individuelle groupée
MII	Maison individuelle isolée
ONC	Objectif Neutralité Carbone
OSB	Oriented Strand Board, panneau de grandes particules orientées
PNFI	Plan Nouvelle France Industrielle
RT 2012	Réglementation Thermique 2012
Sit@del	Système d'Information et de Traitement Automatisé des Données Élémentaires sur les Logements et les locaux
SNBC	Stratégie Nationale Bas Carbone
TER	Tableau économique d'ensemble
VEM-FB	Veille Économique Mutualisée

## Contexte et objectifs de l'étude

Cette étude prospective porte sur l'évolution des tendances des marchés des produits à base de bois sur l'ensemble du secteur du bâtiment (logements et bâtiments non résidentiels), d'ici 2020, 2035 et pouvant se prolonger à 2050.

Les objectifs de l'étude visent à :

- pallier l'absence de visibilité à moyen et long terme sur l'évolution de la filière du bois dans la construction en France,
- répondre au besoin de structuration et de communication entre les acteurs industriels des différentes filières, les gestionnaires, les propriétaires, les financeurs et les pouvoirs publics.

L'étude permet de répondre aux quatre attentes suivantes :

- Apprécier les évolutions tendancielles des segments de marché de la construction (résidentiel, tertiaire, public, privé, en neuf, en rénovation, en aménagement intérieur) en France métropolitaine, sous différents scénarios,
- Disposer de perspectives quantifiées et qualifiées de demande finale de produits à base de bois selon ces scénarios,
- Apprécier la capacité d'évolutions en termes de compétitivité des entreprises de la filière, en particulier au regard des leviers / priorités / conditions / délais permettant l'adaptation de cette offre à l'évolution de la demande,
- Évaluer les perspectives d'amélioration de la performance environnementale du secteur du bâtiment, neuf et existant, permises par l'emploi de solutions en bois ou utilisant du bois.

L'étude prospective s'appuie sur quatre scénarios (Tendanciel, Volontariste, Alternatif et Objectif Neutralité Carbone (ONC)) aux horizons 2020, 2035 et à titre indicatif à 2050. Ces scénarios se réfèrent eux-mêmes à la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC), élaborée afin de conduire la politique d'atténuation du changement climatique, en particulier aux scénarios AME (avec mesures existantes) et AMS3 (avec mesures supplémentaires) pour respectivement les scénarios Tendanciel et Volontariste/Objectif Neutralité Carbone.

A l'initiative du CSF BOIS et principalement de ses interprofessions France Bois Industrie Entreprise et France Bois Forêt et soutenu par les quatre ministres signataires du contrat stratégique de filière, par lettre cosignée (cf. annexe 1), l'étude est diligentée conjointement par le Codifab (porteur du projet) et France Bois Forêt et l'ADEME. L'étude s'inscrit en complément de la démarche de Veille Économique Mutualisée (VEM-FB), fruit d'une collaboration entre les quatre ministères concernés par le bois et les instances de la filière, proposant un outil stratégique de suivi des marchés. La VEM-FB construit et tient à jour un tableau économique d'ensemble (TER) des flux de produits bois entre producteurs et consommateurs finaux. Dans la mesure du possible, la méthodologie de travail prend en compte cette approche par branche et produits, en particulier en recherchant la cohérence des agrégats retenus et des unités de compte.

## Démarche proposée

### 1/ Cadrage par scénarios

Quatre scénarios sont demandés pour répondre à chacun des quatre objectifs de l'étude (évolutions tendancielles des segments de marché de la construction, perspectives de demande finale de produits à base de bois, appréciation de la compétitivité et de son évolution, et évaluation des perspectives d'amélioration de la performance environnementale).

- **Le scénario Tendanciel**, qui s'appuie sur le scénario **AME**, avec mesures existantes. Ce scénario se base principalement sur les projections du marché du logement du scénario AME pour prolonger les tendances constatées du marché et en complément sur des projections BIPE, et fige les parts de marchés du bois dans la construction à leur niveau de 2015.
- **Le scénario Volontariste**, au sens d'une forte diminution d'émission de gaz à effet de serre, qui par contraste prend en compte un marché de la rénovation énergétique des bâtiments beaucoup plus important conformément au scénario **AMS 3** (scénario Avec Mesures Supplémentaires) de la SNBC (Stratégie Nationale Bas Carbone). La vision du marché est complétée par des projections BIPE lorsque nécessaire. La projection des parts de marché suivant les opportunités de développement des innovations technologiques, définies avec les experts du secteur, permet d'obtenir un scénario à fort potentiel pour le développement des produits bois.
- **Le scénario Alternatif**, prenant en compte la reprise du cycle dans la construction, ainsi que la mise en place de mesures qui ont fait l'objet de discussions avec le Comité de Pilotage. Les projections des parts de marchés, elles aussi obtenues auprès des experts, se font sur la base du développement des technologies avec cependant la prise en compte de facteurs pouvant freiner leur diffusion, constituant ainsi un scénario intermédiaire de projection des parts de marché entre l'évolution tendancielle et le potentiel maximum de développement des produits bois.
- Le scénario **Objectif Neutralité Carbone**, qui tout comme le scénario Volontariste se base sur les projections de surfaces de bâtiments du scénario **AMS 3**. Les projections de parts de marché de ce scénario ont été construites avec le Ministère de la Transition écologique et solidaire avec l'objectif d'atteindre des volumes de bois suffisants pour que le secteur de la construction remplisse sa part de contribution à l'atteinte de la neutralité carbone (pour laquelle une trajectoire multisectorielle a été imaginée).

## 2/ Horizons des scénarios

Le cahier des charges stipule des prévisions à 2035 avec un point de passage à 2020 et une indication sur une tendance à 2050.

### Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC)

- La Stratégie Nationale Bas Carbone couvre de nombreux secteurs émetteurs ou capteurs de carbone, tels que les transports, l'industrie, l'agriculture et la construction pour l'émission de CO2
- Pour la partie construction qui nous concerne spécifiquement, des paramètres exogènes sont à prendre en compte comme la croissance, la population, les prix du pétrole et du carbone. Cette stratégie détaille également les paramètres endogènes tels que les facteurs réglementaires, les objectifs de construction et de rénovation pour le logement, les taux d'effort des ménages pour la rénovation, etc.
- La SNBC distingue un scénario de référence AMS 3 à mettre en regard des scénarios Volontariste et Objectif Neutralité Carbone de la présente mission, et un scénario AME à mettre en regard du scénario Tendanciel de l'étude.
- Sont rappelées ci-après à titre indicatif quelques hypothèses clés du scénario AMS 3 dans le domaine de la construction :
  - Croissance du PIB comprise entre 1.6% et 1.9% sur 2016-2035
  - 68.5 millions d'habitants en 2035 (métropole)
  - Hausse des prix du pétrole 1.9% en TCAM 2010-2035
  - Prix du CO2 de 100 €/t en 2035 (en prix 2015)
  - Respect des RT 2012 puis RT 2020
  - Mise en œuvre du décret tertiaire pour les bâtiments de plus de 1000 m<sup>2</sup>
  - Lutte contre l'étalement (40 à 60 logements par hectare pour les zones intermédiaires)
  - Maintien des mesures CITE, EcoPTZ, ANAH, PLS à 2035
  - Rénovation thermique obligatoire pour les travaux importants
  - Application de la RT 2020 pour tous les bâtiments publics après 2020 avec 29% du parc rénové à 2035
  - Dépenses de 24 Mds€/an pour la rénovation à l'horizon 2028 et taux d'efforts des ménages par décile de revenus

Source : SNBC

NB : Les scénarios AME et AMS 3 utilisés sont les scénarios mis à jour à l'été 2018.

## 3/ Articulation entre scénarios de construction neuve et bois dans la construction

L'objectif premier de cette étude est de disposer de quatre trajectoires prospectives de la demande en bois dans le bâtiment au travers des quatre scénarios. Il est donc en ce sens différent de celui des scénarios de la SNBC qui est axé sur la consommation énergétique et l'impact carbone associé de manière transverse sur les secteurs de l'économie.

Les scénarios long terme AME et AMS 3 (SNBC) fournissent des prévisions ou des objectifs pour la construction neuve en distinguant les logements collectifs, les logements individuels et les bâtiments tertiaires (en flux physiques). Pour la rénovation énergétique, le nombre annuel de rénovations de logements ainsi que les surfaces de bâtiments tertiaires rénovées sont également disponibles. Pour les autres segments des bâtiments non résidentiels (industrie et stockage,

agriculture), ainsi que pour le marché de la rénovation non énergétique, les projections ont été produites par le BIPE pour chacun des scénarios à partir des sous-jacents fournis, principalement, par la SNBC ou les propres travaux du BIPE.

À partir de ce cadre, pour faire une analyse et une prévision sur le bois dans la construction, une matrice à deux dimensions a été construite en collaboration avec les experts du secteur puis validée par le comité de pilotage. Elle permet de transformer ces hypothèses de construction des scénarios en demande de produits en bois par lots. Ses deux axes portent :

- D'une part, sur une segmentation des typologies de bâtiments : le groupe de travail a retenu le découpage suivant : logement (collectif, maison individuelle isolée/maison individuelle groupée), bâtiments non résidentiels (tertiaire, industrie, stockage, agricole).
- D'autre part, sur une segmentation par lot du bâtiment et techniques de construction qui reprend les technologies évoquées dans le cahier des charges et les lots usuels du bâtiment pour lesquels du bois est parfois consommé.

*Tableau 1 - Extrait de la matrice des produits par segment de bâtiment*

				Logement		BNR		
Type d'usage des produits bois	Famille de produits (correspond à une fonction)	Ouvrage	Produit	Collectif	MII + MIG	Tertiaire	Industriel + Stockage	Agricole
Éléments de structure	Systèmes constructif	CLT	Parois porteuses de façades					
			Parois porteuses internes					
			Planchers					

*Source : BIPE*

Cette matrice est transverse aux analyses sur la construction bois, les parts de marché et le marché final import/export, etc. Elle rend cohérentes les analyses entre les modules et l'articulation avec les scénarios Tendanciel, Volontariste / Objectif Neutralité Carbone ou Alternatif.

L'objectif est de compléter cette matrice pour une année de référence avec le croisement d'informations issues de différentes sources (base de données, entretien avec des experts...).

Pour ce qui concerne les prévisions de construction et de demande de bois, l'étude mobilise les modélisations réalisées par les différentes parties prenantes en amont de cette étude :

- Prévisions marchés de la construction Euroconstruct® et BIPE à 2023 ;
- Utilisation des modèles intersectoriels et de construction du BIPE qui s'appuient pour le long terme sur des prévisions démographiques (de la population et des ménages en particulier) pour les logements notamment ;

## 4/ Découpage méthodologique

Selon cette analyse, il est proposé de segmenter l'étude en quatre parties principales :

1. Une première visant à estimer les marchés de la construction (selon les scénarios, les types de bâtiments, le neuf ou la rénovation)
2. Une seconde visant à estimer les volumes de demandes de bois par lot (Cf. Matrice ci-dessus)

3. Une troisième consistant à comprendre les équilibres offre / demande et en particulier la compétitivité
4. Une quatrième qui évalue les perspectives d'amélioration de la performance environnementale du bâtiment

## Étape 1 : Scénarios construction à 2050

Les prévisions de marché du bâtiment présentées ci-dessous ne sont valables qu'à condition qu'il n'y ait pas de crise économique majeure sur l'horizon de prévision.

Pour construire les prévisions présentées, le BIPE s'appuie sur des séries historiques qui prennent en compte la durée de vie des bâtiments ainsi que le cycle de réhabilitation des bâtiments, ainsi que sur de nombreux sous-jacents macro-économiques.

### 1/ Segmentation des bâtiments et méthodologies de projection des bâtiments neufs

Les scénarios de la SNBC ne proposent des projections de construction neuve que pour certains segments de bâtiments. Or il est pertinent de prendre en compte l'ensemble des marchés du bâtiment car ils sont autant de débouchés potentiels pour les produits bois. Cette partie décrit donc les méthodologies utilisées pour la projection de construction neuve par type de bâtiment. La description des sous-jacents des projections dans cette partie permet :

- de faire des propositions sur les sous-jacents pour construire un scénario Alternatif et pour compléter les autres scénarios,
- une analyse des contributions des effets pour les différents scénarios dans la partie suivante

#### 1.1 Construction de bâtiments résidentiels

- La croissance démographique entraîne un **besoin de logements** dépendant du nombre et de la **structure des ménages**
- Les **résidences secondaires** et les **logements vacants** sont projetés par le BIPE, les résultats sont appliqués pour les 4 scénarios (sans différenciation). En effet ces segments, non pris en compte dans les scénarios de la SNBC, sont également des débouchés potentiels pour les produits bois.
- Les projections de construction reposent sur des hypothèses de **surface moyenne** et de répartition de construction **par type de logement** (individuels vs collectifs)
- Le scénario Alternatif se base sur une **plus forte part de logements collectifs** dans les constructions neuves : 70% à horizon 2050 (basé sur la prolongation de la tendance observée entre 2000 et 2015) vs 65% dans le scénario AME (stable sur toute la période de projection). Le scénario Volontariste intègre également une déformation de la structure des constructions neuves entre logements individuels et collectifs au-delà de 2035.

La mise en relation de l'ensemble des modèles permet ainsi d'obtenir la projection annuelle de la surface de construction neuve dans le logement individuel et dans le logement collectif.

#### 1.2 Construction de bâtiments tertiaires

Les bâtiments tertiaires regroupent l'ensemble des bureaux, commerces, bâtiments sanitaires, bâtiments d'enseignement et autres bâtiments liés au service public.

Pour les scénarios Tendanciel et Volontariste / Objectif Neutralité Carbone, les surfaces construites sont celles fournies respectivement par les scénarios AME et AMS 3. Dans ces scénarios, la croissance d'emploi tertiaire est elle-même issue de la croissance économique du secteur tertiaire qui est très proche de la croissance de l'économie globale (le secteur tertiaire est l'un des principaux sous-jacents de la croissance de l'ensemble de l'économie dans ces scénarios<sup>1</sup>). Les hypothèses de croissance du PIB utilisées par la SNBC pour ses scénarios sont celles de l'Ageing Report du cadrage de l'UE.

Les surfaces de bâtiments tertiaires prises en compte dans les scénarios AME et AMS couvrent un périmètre de bâtiments tertiaires plus petit que le périmètre des bâtiments tertiaires de la statistique publique (Sit@del). Le BIPE a donc redressé les surfaces construites dans les scénarios AME et AMS afin de coller aux statistiques publiques en appliquant le taux de croissance annuel des scénarios AME et AMS aux surfaces fournies par la statistique publique en 2015 (pris comme point de départ).

Le scénario Alternatif s'appuie à court terme sur les projections du BIPE (travaux publiés dans les rapports Euroconstruct), puis sur la croissance annuelle des projections de surfaces tertiaires neuves moyennes des scénarios Tendanciel et Volontariste/Objectif Neutralité Carbone à moyen et long terme (2024-2050).

La demande en bâtiments tertiaires est fonction du rythme de création d'emploi tertiaire. Cette demande étant différente entre les scénarios, les surfaces construites diffèrent également.

Le besoin en bâtiments tertiaires est projeté en fonction de ses usagers ainsi que du taux de renouvellement de bâtiments vétustes qui est implicitement pris en compte (comme pour l'ensemble des bâtiments non résidentiels)<sup>2</sup>. Les usages sont alors décrits par deux paramètres qui peuvent influencer le besoin de bâtiment :

- le nombre
- les usages

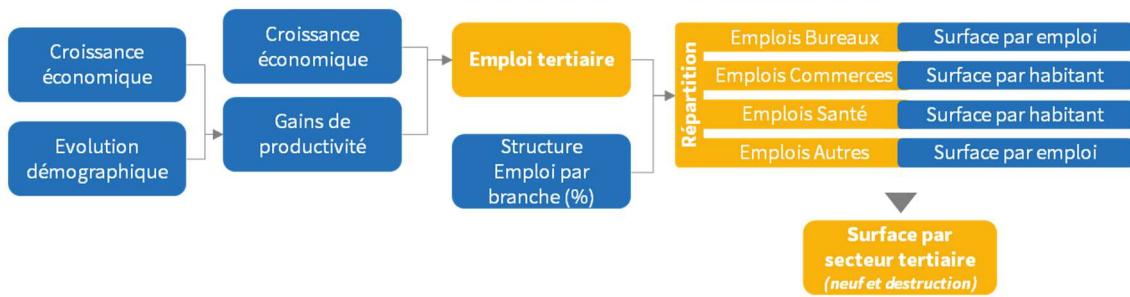
Le nombre des usagers peut être le nombre d'emplois ou encore le nombre d'habitants. Ce sont deux métriques reliées à l'évolution démographique et au contexte économique. Les usages, quant à eux, concernent la surface moyenne utilisée par habitant ou par emploi. Ces surfaces unitaires peuvent varier suivant les usages de l'espace comme le développement des open-space dans les bureaux ou encore le développement du e-commerce jouant sur une diminution de la surface de bureaux par emploi ou de la surface de commerces par habitant.

---

<sup>1</sup> Communication de la DGEC le 02/04/2019

<sup>2</sup> Les surfaces de bâtiments tertiaires neuves construites annuellement intègrent déjà le besoin de renouvellement de bâtiments vétustes. Ainsi lorsque nous avons calculé la corrélation entre les surfaces de bâtiments tertiaires neuf et la création d'emploi tertiaire, nous avons implicitement pris en compte le besoin de renouvellement. Il en va de même pour l'ensemble des bâtiments non résidentiels.

Figure 1 Modèle de projection des besoins de bâtiments tertiaires (CGDD)



La demande de bureaux est fonction du nombre d'emplois dans les bureaux ainsi que de l'évolution de la surface unitaire de bureaux. La demande en commerce dépend du nombre d'habitants tout comme la surface de bâtiments sanitaires. Des hypothèses d'évolution des surfaces unitaires de commerce et de bâtiment sanitaire sont également établies. Enfin, l'ensemble des autres bâtiments tertiaires reposent sur la surface par emploi.

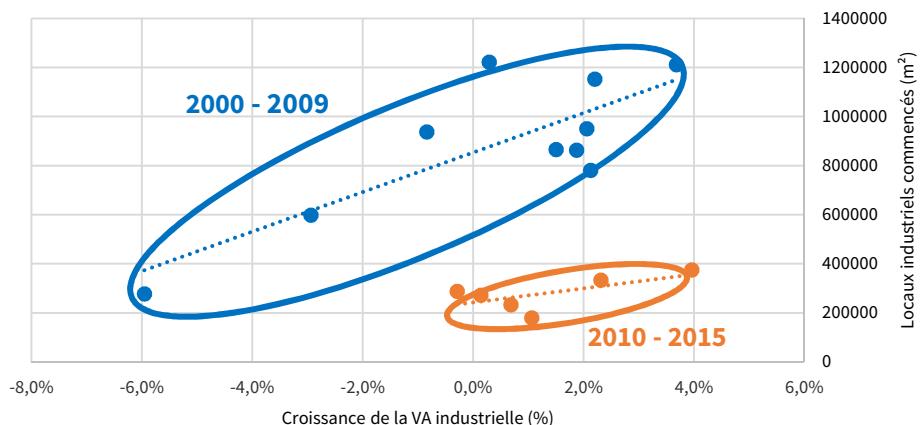
Les emplois pour les bureaux et les autres secteurs tertiaires sont projetés en fonction de la croissance économique et de l'évolution démographique. Des hypothèses de gains de productivité sont établies pour le secteur tertiaire. Enfin, la structure des emplois entre les bureaux, commerces, la santé et les autres secteurs, est étudiée sur les années 2000 à 2015 pour établir une projection de la structure des emplois à 2050.

La construction neuve par secteur tertiaire est alors la différence entre la variation du besoin de bâtiments entre deux années et la destruction annuelle de bâtiment. Les hypothèses de destruction sont établies à partir des données fournies par GrDF et sont estimées à 2,5 millions de m<sup>2</sup>. Ces destructions annuelles sont maintenues constantes jusqu'en 2050.

### 1.3 Construction de bâtiments industriels et de stockage

Le segment des bâtiments industriels et de stockage regroupe l'ensemble des usines, des bâtiments artisanaux ainsi que les bâtiments de stockage (y compris agricole). Tandis que la construction neuve de bâtiments industriels est corrélée à la variation de la valeur ajoutée brute du secteur industriel (fig. 2), la construction neuve de bâtiments de stockage est quant à elle reliée aux investissements des entreprises en année n-1 (fig. 3).

Figure 2 Surface de locaux industriels commencés en fonction du taux de croissance de la VA de l'industrie

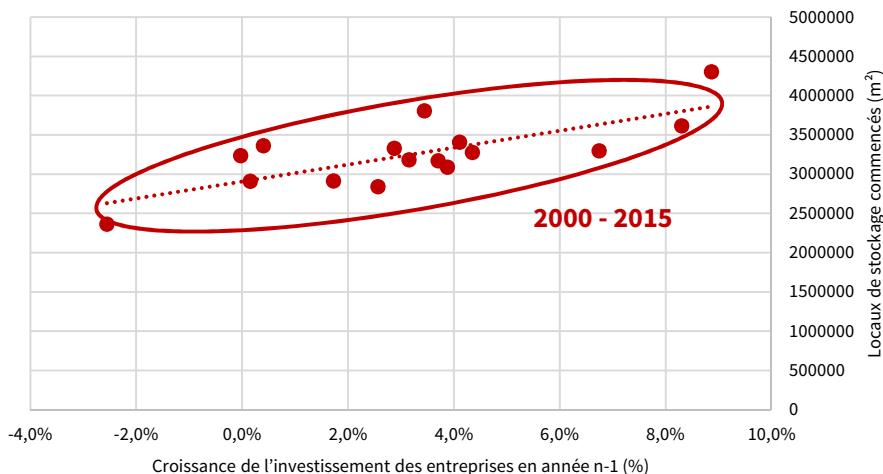


Source : BIPE d'après INSEE et Sit@del

Dans la mise en corrélation de la valeur ajoutée brute de l'industrie avec la construction neuve de locaux industriels, il apparaît une rupture temporelle. Entre 2000 et 2015, deux périodes apparaissent. Une première période entre 2000 et 2009 durant laquelle la construction neuve de bâtiments industriels répondait fortement au contexte économique de l'industrie. La deuxième période, de 2010 à 2015, montre un fort recul des constructions neuves en général ainsi qu'un très faible niveau de constructions neuves lors des années de reprise économique pour l'industrie. Ces deux périodes définissent ainsi des réponses différentes des industriels suivant le contexte économique. Ces réponses sont utilisées dans les scénarios Tendanciel et Volontariste / Objectif Neutralité Carbone avec une réponse basse des industriels dans le scénario Tendanciel et une réponse haute pour le scénario Volontariste / Objectif Neutralité Carbone.

Alors que les scénarios Tendanciel et Volontariste / Objectif Neutralité Carbone correspondent respectivement à une réponse faible et une réponse forte des industries à la projection de croissance de l'AME et l'AMS, le scénario Alternatif s'appuie à court terme sur les projections d'Euroconstruct®, puis s'appuie à moyen et long terme (2024-2050) sur la croissance annuelle de la moyenne des projections de surfaces industrielles neuves des scénarios Tendanciel et Volontariste / Objectif Neutralité Carbone. Les bâtiments de stockage sont mis en relation avec la croissance des investissements des entreprises dans l'année antérieure à la mise en chantier des bâtiments de stockage. Cette mise en relation est présentée en figure 2 et démontre une forte corrélation (75%) entre ces deux variables.

Figure 3 Surface de locaux de stockage commencés en fonction de la croissance de l'investissement des entreprises en année n-1



Source : BIPE d'après INSEE et Sit@del

La construction neuve de bâtiments de stockage ne présente pas de rupture temporelle comme il a été observé pour la construction neuve de bâtiments industriels. Cet investissement s'accompagne généralement d'une augmentation de la production de l'entreprise ce qui a un impact sur sa nécessité de stocker sa production et donc sur la construction de nouveaux entrepôts.

La projection des locaux industriels et de stockage est donc réalisée respectivement à partir de la projection de la valeur ajoutée industrielle et des investissements des entreprises. Cette projection pour les bâtiments de stockage est identique pour les trois scénarios.

Pour le scénario Tendanciel, la prévision de valeur ajoutée industrielle fournies par la SNBC est issue du document de cadrage de l'UE (Ageing report) jusqu'en 2035 puis le cadrage est prolongé jusqu'en 2050 en conservant le même taux de croissance que sur la période 2030-2035.

Pour le scénario Volontariste, le BIPE s'est appuyé sur les prévisions de la valeur ajoutée de toutes les industries non diffuses utilisée dans la modélisation du scénario AMS de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC). La SNBC ne fournissant que des prévisions tous les cinq ans, les valeurs sont « lissées » ce qui explique que les valeurs soient similaires et non identique au cadrage de l'UE jusqu'en 2030. (cf. [figure 4](#) ).

#### 1.4 Construction de bâtiments agricoles

Le dernier segment à faire l'objet d'une projection de sa construction neuve est celui des bâtiments agricoles sans le stockage agricole. La variable utilisée pour se rapprocher de la demande en bâtiments agricoles est l'évolution du cheptel qui est disponible auprès du ministère de l'agriculture. La corrélation entre les surfaces de bâtiments agricole avec différentes espèces a été testée et seule la corrélation avec le cheptel bovin est suffisamment significative pour être retenue.

L'évolution du cheptel influence les émissions de gaz à effet de serre, ce qui est l'objectif du modèle de la SNBC et dont l'AME et l'AMS 3 sont des scénarios. C'est pourquoi l'évolution du cheptel bovin, et par conséquent les surfaces de bâtiments agricoles mises en chantier, sont différenciées entre AME (scénario Tendanciel) et AMS 3 (scénario Alternatif). De même que pour les bâtiments tertiaires, le scénario Alternatif s'appuie à court terme sur les projections du BIPE (Euroconstruct®), tandis qu'à moyen et long terme (2024-2050) il s'appuie sur la moyenne des croissances annuelles moyennes des projections de surfaces agricoles neuves des scénarios Tendanciel et Volontariste / Objectif Neutralité Carbone.

## 1.5 Synthèse des sources des prévisions de construction neuves des différents segments

Tableau 2 - sources des prévisions de construction neuves des différents segments de bâtiment

Scénario	Logement	Tertiaire	Industrie & stockage	Agricole
<b>Tendanciel</b> (base AME + Part de marché bois stable)	<b>Résidence principale : AME</b> <b>Résidence secondaire : BIPE</b> <b>Logement vacant : BIPE</b>	<b>Surface MEC : AME</b> Redressée BIPE	<b>Surface MEC<sup>3</sup> : BIPE</b> (à partir des données VA AME et des prévisions d'investissement BIPE)	<b>Surface MEC : BIPE</b> (à partir des données Cheptel AME)
<b>Volontariste / Objectif Neutralité Carbone.</b> (base AMS3 + Part de marché bois en forte progression)	<b>Résidence principale : AMS3</b> <b>Résidence secondaire : BIPE</b> <b>Logement vacant : BIPE</b>	<b>Surface MEC : AMS3</b> Redressée BIPE	<b>Surface MEC : BIPE</b> (à partir des données VA AMS et des prévisions d'investissement BIPE)	<b>Surface MEC : BIPE</b> (à partir des données Cheptel AMS)
<b>Alternatif</b> (base BIPE + Part de marché bois avec progression sous contraintes)	<b>Résidence principale : BIPE</b> <b>Résidence secondaire : BIPE</b> <b>Logement vacant : BIPE</b>	<b>Surface MEC : BIPE</b> à 2023, puis <b>tendance moyenne AME/AMS</b>	<b>Surface MEC : BIPE à 2023, puis</b> <b>tendance moyenne AME/AMS</b>	<b>Surface MEC : BIPE à 2023, puis</b> <b>tendance moyenne AME/AMS</b>

## 2/Scénario Tendanciel : une construction neuve suivant les mesures existantes proposées par l'État

Le scénario Tendanciel constitue un scénario bas pour la demande finale de bois dans la construction. Il repose sur les hypothèses du scénario AME Bâtiment de la SNBC, qui ne sont que l'application des mesures existantes dans le cadre de la construction au 1<sup>er</sup> janvier 2017. Ainsi, ni extension de durée, ni ajout de mesures fortement probables, ne sont incluses dans ce scénario. Bien qu'aucun élément négatif ne soit retenu dans ce scénario, le fait d'arrêter certaines mesures après la fin de la durée d'application de ces dernières, telles qu'elles ont été votées, constitue bien un scénario bas pour cette étude. En effet, il serait très négatif, pour le secteur du bâtiment, que de telles mesures ne soient pas reportées sur les périodes de temps à venir. Cela pourrait engendrer des périodes d'attrition du marché de la construction que ce soit pour le neuf mais aussi pour la rénovation.

<sup>3</sup> MEC : Mise en chantier

## 2.1 Bâtiments résidentiels

Les mesures existantes dans les scénarios de la SNBC pour les bâtiments résidentiels sont de nature incitative (elles favorisent davantage la construction neuve), ou règlementaires.

*Tableau 3 Hypothèses de calcul pour la projection de bâtiments résidentiels à 2050 dans le scénario Tendanciel*

Segments	Part de marché des mises en chantier 2015-2050 (base = année 2015, en % de logements)	Surface moyenne unitaire 2015-2050 (base = moyenne 2013-2015, en m <sup>2</sup> )
Maison individuelle*	35%	115
Logement collectif	65%	65

*Source : BIPE d'après Sit@del et scénario AME de la SNBC*

À noter : le scénario Tendanciel ne reprend pas les surfaces moyennes des logements présentées dans le scénario AME, mais reprend l'observation de la moyenne des surfaces des logements mis en chantier sur période récente (calcul BIPE, période 2013-2015).

*Tableau 4 Construction de bâtiments résidentiels dans le scénario Tendanciel (en moyenne annuelle)*

Période	Construction de logements individuels (Mm <sup>2</sup> )	Construction de logements collectifs (Mm <sup>2</sup> )	TOTAL (moyenne annuelle sur la période)
2016-2020	16,4	16,9	33,3
2021-2025	16,0	16,7	32,6
2026-2030	14,7	15,5	30,2
2031-2035	13,3	14,1	27,3
2036-2040	11,9	12,7	24,7
2041-2045	10,6	11,4	22,0
2046-2050	9,4	10,0	19,4

*Source : BIPE d'après INSEE et scénario AME de la SNBC*

Pour rappel, la construction de logements individuels comprend les logements à usage d'habitation principale, les logements à usage de résidence secondaire ainsi que les variations de logements vacants. Dans le scénario Tendanciel la dynamique moyenne de construction de logements neufs est en constante diminution, avec une baisse de plus de 40% entre la période [2016-2020] et à la fin de l'horizon de prévision. Cette baisse est autant portée par la maison individuelle que par le logement collectif.

La baisse de surface de logements neufs pour chaque segment (maison individuelle et logement collectif), est due à une réduction du nombre de logements construits chaque année, en raison d'une croissance de la population moins dynamique dans le futur. La surface moyenne d'un appartement ou d'une maison étant stable dans le temps.

La construction de nouveaux logements est portée par la création de nouveaux ménages. La croissance de la population française va ralentir, conformément aux prévisions de l'INSEE, et le nombre de nouveaux ménages constitués d'un seul individu, qui a connu une forte progression dans les dernières décennies, va se stabiliser. Dès lors, le nombre de nouveaux ménages va diminuer tout comme les besoins en nouveaux logements pour les accueillir.

## 2.2 Bâtiments tertiaires

Tableau 5 Projection des croissances des emplois tertiaires et de la démographie à 2050 dans le scénario Tendanciel

	Variation en volume (%) , TCAM)						
	2016-2020 (p)	2021-2025 (p)	2026-2030 (p)	2031-2035 (p)	2036-2040 (p)	2041-2045 (p)	2046-2050 (p)
Emploi tertiaire (AME)	0.5%	0.3%	0.4%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%

Source : SNBC et INSEE

Tableau 6 Construction de bâtiments tertiaires à 2050 dans le scénario Tendanciel (en moyenne annuelle)

Période	Construction de locaux tertiaires (Mm <sup>2</sup> )
2016-2020	8,8
2021-2030	7,5
2031-2040	6,7
2041-2050	7,1

Source : BIPE d'après scénario AME de la SNBC

À court terme, dans le scénario Tendanciel, la création de bâtiments tertiaires suit la croissance d'emplois tertiaires. A moyen-long terme (après 2030), la création d'emploi tertiaire ralentit à 0,3% entraînant une baisse des surfaces de bâtiments tertiaires construites annuellement. Ainsi, ce scénario se caractérise par une baisse de la construction annuelle de surfaces tertiaires neuves de l'ordre de 11 % entre 2016 et 2050.

## 2.3 Bâtiments industriels et de stockage

Tableau 7 Construction de locaux industriels et de stockage à 2050 dans le scénario Tendanciel (en moyenne annuelle)

Période	Construction de locaux industriels (Mm <sup>2</sup> )	Construction de locaux de stockage (Mm <sup>2</sup> )
2016-2020	3,3	3,3
2021-2025	3,2	3,2
2026-2030	3,2	3,2
2031-2035	3,3	3,2
2036-2040	3,3	3,2
2041-2045	3,3	3,2
2046-2050	3,3	3,2

Source : BIPE d'après scénario AME de la SNBC

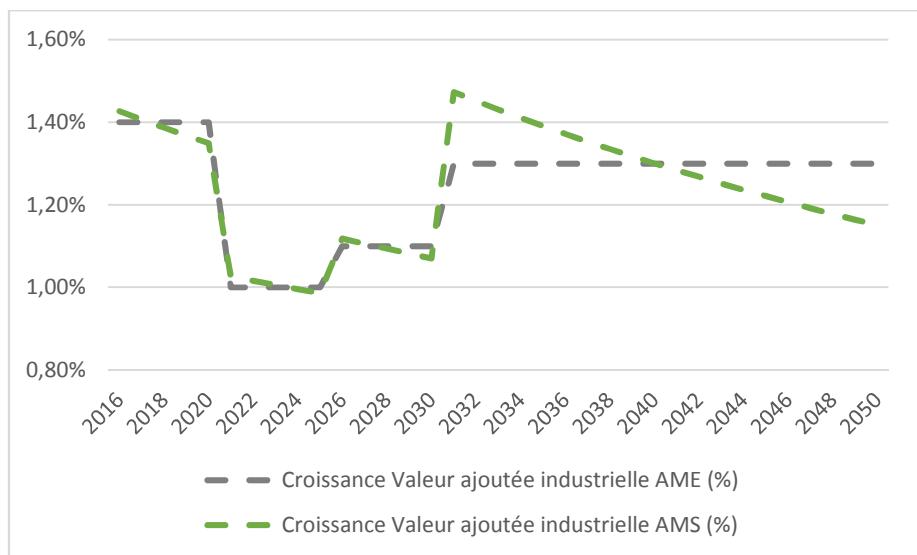
Dans le scénario Tendanciel, les surfaces de bâtiments industriels ont été calculées de telle manière qu'elles soient proportionnelles au taux de croissance de la valeur ajoutée des entreprises industrielles. Entre 2016 et 2050, la prévision de la croissance de cette valeur ajoutée s'inscrit dans

un cycle en « V » mais avec des amplitudes limitées comprises entre 1,1 % et 1,4%.

Pour le scénario Tendanciel, la prévision de valeur ajoutée industrielle est issue du cadrage UE jusqu'en 2035 puis le cadrage est prolongé jusqu'en 2050 en conservant le même taux de croissance que sur la période 2030-2035.

De même, la croissance de l'investissement des entreprises, dont dépend la construction neuve de surfaces de stockage, est stabilisée dans le temps au-delà de 2020. Ainsi, le scénario Tendanciel est caractérisé par un flux de bâtiments industriels et de bâtiments de stockage stable dans le temps. Ces deux flux sont d'ailleurs au même niveau.

Figure 4 Trajectoires AME et AMS de la valeur ajoutée industrielle



Source : scénarios AME et AMS de la SNBC

## 2.4 Bâtiments agricoles

Tableau 8 Construction de locaux agricoles à 2050 dans le scénario Tendanciel (en moyenne annuelle)

Période	Construction bâtiments agricoles (Mm <sup>2</sup> )
2016-2020	5,8
2021-2035	4,6
2036 - 2050	3,4

Source : BIPE d'après Ministère de l'Agriculture

L'élevage, et plus particulièrement l'élevage bovin, est une importante source émettrice de gaz à effet de serre (GES). L'objectif de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) étant de réduire les émissions de GES, le cheptel français est réduit année après année dans les scénarios de la SNBC / du Ministère de l'Agriculture (MAA).

Dans le scénario Tendanciel, le cheptel bovin recule chaque année en France de 50 000 à 100 000 têtes en fonction des périodes. Il recule plus fortement en début de période qu'en fin de période car le nombre de têtes de bétail est plus important et les efforts de réduction de gaz à effet de serre doivent être plus conséquents à court terme qu'à long terme. Or les surfaces de bâtiments agricoles

hors stockage sont proportionnelles au nombre de bovins, ce qui explique que les surfaces construites annuellement soient plus faible en fin de période qu'en début de période.

### 3/ Scénarios Volontariste et Objectif Neutralité Carbone : la trajectoire de la construction neuve suit les principes d'une réduction de l'empreinte carbone du secteur

Cadrage introductif de la DGEC pour présenter les principes et objectifs du nouveau scénario de l'étude (« Objectif Neutralité Carbone ») :

- L'objectif neutralité carbone a été jugé trop ambitieux par rapport à la tendance actuelle, la SNBC a été contrainte de revoir toutes les politiques à mettre en œuvre dans l'ensemble des secteurs. Il y aura besoin d'extraire du bois (matériaux) de la forêt française de manière beaucoup plus importante. La SNBC a des enjeux intersectoriels liés à l'environnement, au social et à l'économie. L'objectif est de bien comprendre l'articulation des choix technologiques et de les optimiser à 2050 pour éviter les « coûts échoués » (les solutions court-terme n'en sont pas forcément valables à long terme).

- Il s'agit de réaliser un « exercice à grosse maille, sans optimisation, ni caractère prescriptif »
- La neutralité carbone n'est sans doute pas atteignable, mais il faut travailler chantier par chantier. Le scénario « Bâtiment » de la SNBC est indépendant du choix des matériaux et de la durée de stockage du carbone. L'objectif du nouveau scénario de l'étude est de réconcilier les scénarios AMS Bâtiment et AMS Bois Forêt de la SNBC. Le présent scénario permettra d'évaluer les débouchés possibles et les opportunités offertes pour le bois dans le secteur du bâtiment.

Les scénarios Volontariste et Objectif Neutralité Carbone utilisent les mêmes projections de surfaces de bâtiments à construire, qui reposent principalement sur les orientations du scénario AMS 3 de la SNBC. Ce dernier intègre des améliorations des mesures existantes avec extension de leur application jusqu'à 2050, comme par exemple : l'augmentation du prix du carbone à 2050, le renforcement des performances énergétiques minimales des bâtiments ou encore l'accroissement du taux de rénovation annuel des bâtiments publics.

#### 3.1 Bâtiments résidentiels

Tableau 9 Hypothèses de calcul pour la projection de bâtiments résidentiel à 2050 dans le scénario Volontariste / Objectif Neutralité Carbone.

Segments	Part de marché des mises en chantier 2015-2050 (année 2015, en % de logements)	Surface moyenne unitaire 2015-2050 (moyenne 2013-2015, en m <sup>2</sup> )
Maison individuelle	Stable à 35% jusqu'en 2035 puis baisse jusqu'à 25% en 2050	115
Logement collectif	Stable à 65% jusqu'en 2035 puis hausse jusqu'à 75% en 2050	65

Source : BIPE d'après INSEE et scénario AMS de la SNBC

Dans les scénarios Volontariste et Objectif Neutralité Carbone, la SNBC prévoit une baisse de la part de la maison individuelle au profit du logement collectif à partir de 2035 en raison de la métropolisation de la France et d'une volonté de réduire l'étalement urbain pour des raisons écologiques et pour maintenir les terres agricoles.

*Tableau 10 Construction de bâtiments résidentiels dans le scénario Volontariste / Objectif Neutralité Carbone (moyenne annuelle)*

Période	Construction de logements individuels (Mm <sup>2</sup> )	Construction de logements collectifs (Mm <sup>2</sup> )	TOTAL (moyenne annuel sur la période)
2016-2020	16,4	16,9	33,3
2021-2025	16,0	16,7	32,6
2026-2030	14,7	15,5	30,2
2031-2035	13,3	14,1	27,3
2036-2040	11,3	13,1	24,4
2041-2045	9,1	12,3	21,4
2046-2050	7,2	11,3	18,5

Source : BIPE d'après scénario AMS de la SNBC

Le scénario Volontariste visant une plus grande réduction d'émissions de GES et le secteur du bâtiment étant un important émetteur, les surfaces de bâtiments tertiaires sont donc plus faibles que dans le scénario tendanciel.

La baisse de logements neufs, tant en maison individuelle qu'en logement collectif, est due à une réduction du nombre de logements construits chaque année, en raison, principalement, d'une croissance du PIB et de la population moins dynamiques dans le futur. La surface moyenne d'un appartement ou d'une maison est stable dans le temps.

Les scénarios Volontariste et Objectif Neutralité Carbone sont caractérisés par une diminution constante du flux annuel moyen de construction de surfaces résidentielles neuves de l'ordre de 45% entre le début et la fin de la période de projection. Cette tendance est légèrement accentuée par rapport au scénario Tendanciel du fait d'une plus forte proportion de logements collectifs après 2035 dont la surface moyenne est plus petite que celle des maisons individuelles.

### 3.2 Bâtiments tertiaires

*Tableau 11 Projection des croissances des emplois tertiaires et de la démographie à 2050 dans le scénario Volontariste / Objectif Neutralité Carbone. (Moyenne annuelle)*

	Variation en volume (% , TCAM)						
	2016-2020 (p)	2021-2025 (p)	2026-2030 (p)	2031-2035 (p)	2036-2040 (p)	2041-2045 (p)	2046-2050 (p)
Emploi tertiaire (AMS)	0.5%	0.3%	0.4%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%

Source : Scénario AMS de la SNBC et INSEE

Tableau 12 Construction de bâtiments tertiaires à 2050 dans le scénario Volontariste / Objectif Neutralité Carbone (moyenne annuelle)

Période	Construction de locaux tertiaires (Mm <sup>2</sup> )
2016-2020	8,8
2021-2030	6,7
2031-2040	5,9
2041-2050	6,2

Source : BIPE d'après scénario AMS de la SNBC

À moyen terme, dans les scénarios Volontariste et Objectif Neutralité Carbone, la création de bâtiments tertiaires suit la croissance d'emplois tertiaires (+0,4% de croissance annuelle entre 2025 et 2030). À plus long terme (après 2030), la création d'emploi tertiaire ralenti à 0,3% entraînant un ralentissement dans la construction de nouvelles surfaces de bâtiments tertiaires.

Le scénario Volontariste visant une plus grande réduction d'émissions de GES et le secteur du bâtiment étant un important émetteur, les surfaces de bâtiments tertiaires sont donc plus faibles que dans le scénario tendanciel.

Dans la SNBC, la construction neuve de bâtiments tertiaire est basée sur la croissance d'emploi tertiaire elle-même issue de la croissance économique du secteur tertiaire. Elle est très proche de la croissance de la croissance du PIB (on pourrait synthétiser que le secteur tertiaire est l'un des principaux sous-jacents de la croissance de l'ensemble de l'économie dans le scénario<sup>4</sup>). Les hypothèses de croissance du PIB sont celles de l'Ageing Report du cadrage de l'UE.

### 3.3 Bâtiments industriels et de stockage

Tableau 13 Construction de locaux industriels et de stockage à 2050 dans le scénario Volontariste / Objectif Neutralité Carbone (moyenne annuelle)

Période	Construction de locaux industriels (Mm <sup>2</sup> )	Construction de locaux de stockage (Mm <sup>2</sup> )
2016-2020	3,6	3,3
2021-2025	3,4	3,2
2026-2030	3,5	3,2
2031-2035	3,6	3,2
2036-2040	3,5	3,2
2041-2045	3,5	3,2
2046-2050	3,5	3,2

Source : BIPE d'après scénario AMS de la SNBC

<sup>4</sup> Communication de la DGEC le 02/04/2019

La construction neuve de bâtiments de stockage est indexée sur l'investissement annuel des entreprises. Celui-ci évolue peu, on notera un décrochage de 2,7% (2016-2021) à 1,6% de croissance annuelle d'investissement des entreprises en 2021. Au-delà, le taux de croissance reste constant tout comme les surfaces construites annuellement.

Pour le scénario Volontariste, le BIPE s'est appuyé sur les prévisions de la valeur ajoutée de toutes les industries non diffuses utilisée dans la modélisation du scénario AMS de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC). La SNBC ne fournissant que des prévisions tous les cinq ans, les valeurs sont « lissées » ce qui explique que les valeurs soient similaires et non identique au cadrage de l'UE jusqu'en 2030. (cf. [figure 4](#) )

Les locaux industriels neufs étant indexés sur la croissance de la valeur ajoutée des entreprises industrielles, leur évolution est similaire à celle-ci. Après une période de stabilité jusqu'en 2020 pendant laquelle se construisent annuellement 3,6 millions de m<sup>2</sup> de locaux industriels en moyenne, on observe une baisse sur la décennie suivante. Un sursaut de construction pendant le quinquennat suivant permet de faire remonter la moyenne quinquennale à 3,6 millions de m<sup>2</sup> avant que le secteur entame une nouvelle baisse. Mais globalement ces variations prévues sont de faible amplitude.

Le scénario Volontariste visant une plus grande réduction d'émissions de GES et le secteur du bâtiment étant un important émetteur, les surfaces de bâtiments tertiaires sont donc plus faibles que dans le scénario tendanciel.

### 3.4 Bâtiments agricoles

*Tableau 14 Construction de locaux agricole à 2050 dans le scénario Volontariste / Objectif Neutralité Carbone (moyenne annuelle)*

Période	Construction bâtiments agricoles (Mm <sup>2</sup> )
2016-2020	5,5
2021-2035	3,3
2036 - 2050	1,6

*Source : BIPE d'après Ministère de l'Agriculture*

L'élevage et plus particulièrement l'élevage bovin est une importante source émettrice de gaz à effet de serre (GES). L'objectif de la stratégie nationale bas carbone (SNBC) étant de réduire les émissions de GES, le cheptel français se réduit chaque année et ce d'autant plus dans les scénarios Volontariste et Objectif Neutralité Carbone qui visent une plus grande réduction de GES.

Dans les scénarios Volontariste et Objectif Neutralité Carbone, le cheptel bovin recule chaque année en France de 120 000 à 235 000 têtes en fonction des périodes. Il recule plus fortement en début de période qu'en fin de période car le nombre d'animaux est plus important et les efforts de réduction de gaz à effet de serre doivent être plus conséquents à court terme qu'à long terme.

Les surfaces de bâtiments agricoles hors stockage sont proportionnelles au nombre de bovins, ce qui explique que les surfaces construites annuellement soient plus faible en fin de période qu'en début de période.

La diminution du cheptel est plus importante que dans le scénario AME ce qui justifie une moindre construction de bâtiments agricoles à horizon 2050 dans les scénarios Volontariste et Objectif Neutralité Carbone par rapport au scénario Tendanciel.

## 4/ Scénario Alternatif : une articulation court moyen et long terme de la demande

### 4.1 Bâtiments résidentiels

#### **4.1.1 La production de logements neufs à court et moyen terme : Euroconstruct**

La construction de logements neufs répond à trois principaux facteurs, à savoir : la demande en logements neufs, le contexte macroéconomique et la disponibilité de l'offre des promoteurs immobiliers.

La demande est principalement tirée par la croissance démographique, prenant en compte la déformation des modes de cohabitation, qui ont connu ces dernières décennies des évolutions très significatives : érosion des couples avec enfant(s), essor des personnes vivant seules, séparations des couples en milieu de vie, etc.

L'analyse du contexte macroéconomique se fait sur les facteurs qui influent directement sur le pouvoir d'achat des ménages, leurs investissements en logement, les taux de crédits immobiliers et les conditions d'octroi de crédits auprès des banques. L'analyse du pouvoir d'achat immobilier repose sur l'analyse de l'impact des mesures publiques incitatives pour la pierre (PTZ, PINEL etc.), le marché du logement neuf étant largement dépendant de ces aides.

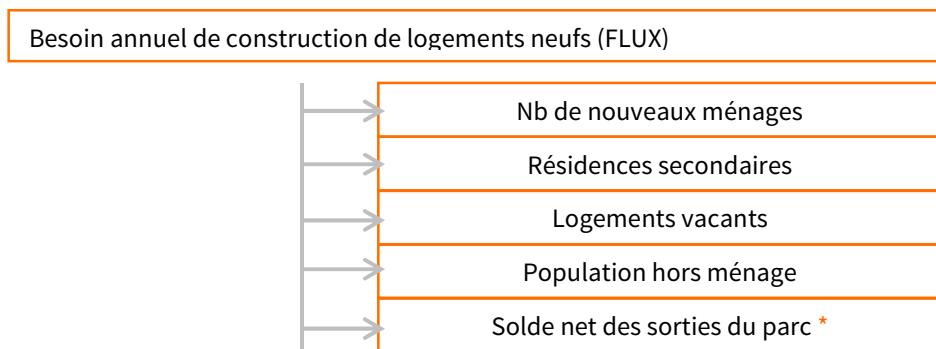
Enfin la dynamique des ventes de logements neufs, des permis de construire et des mises en chantiers, permet de mesurer la disponibilité de l'offre répondant au besoin décrit ci-dessus.

#### **4.1.2 Le besoin en logement neuf à long-terme : Migrations Résidentielles <sup>®</sup>**

Le besoin de construction de logements neufs dépend de la croissance démographique locale, de la structure des ménages et du besoin de réhabilitation du parc.

La prévision du besoin de construction de logements à horizon long terme se fait par un modèle dit « physique », cumulant les effets des cinq blocs constitutifs présentés ci-dessous.

Figure 5 Les contributeurs à la variation du besoin de logement



Source : BIPE

*Solde net des sorties du parc \* : prend en compte la déconstruction, le changement d'usage, la fusion et l'éclatement de logements*

Le nombre de nouveaux ménages dépend du solde de population et du changement dans la taille des ménages. Le solde de population est la résultante du solde naturel et du solde migratoire (migration interne et migration internationale).

À l'échelle de la France toute entière, le flux de constructions neuves de logements dépasse de manière significative l'accroissement du nombre de ménages. Cette situation s'explique par les quatre autres blocs, mais également par la variation locale du besoin de logement lié à la démographie du fait des migrations de populations.

D'après l'INSEE, la population française va continuer à augmenter pour atteindre 74 millions en 2050 soit 7,6 millions de plus qu'en 2015.

De plus la taille moyenne des ménages, en baisse continue depuis 20 ans devrait poursuivre cette tendance mais toutefois à un rythme moins soutenu, portée par l'important développement des personnes vivant seules et l'érosion des couples avec enfants.

Cette déformation de la structure des ménages associée à un accroissement démographique devrait avoir une influence positive sur le nombre des nouveaux logements, avec toutefois une taille moyenne de logement qui devrait quelque peu diminuer sur le long terme.

#### **4.1.3 Surface moyenne d'un logement**

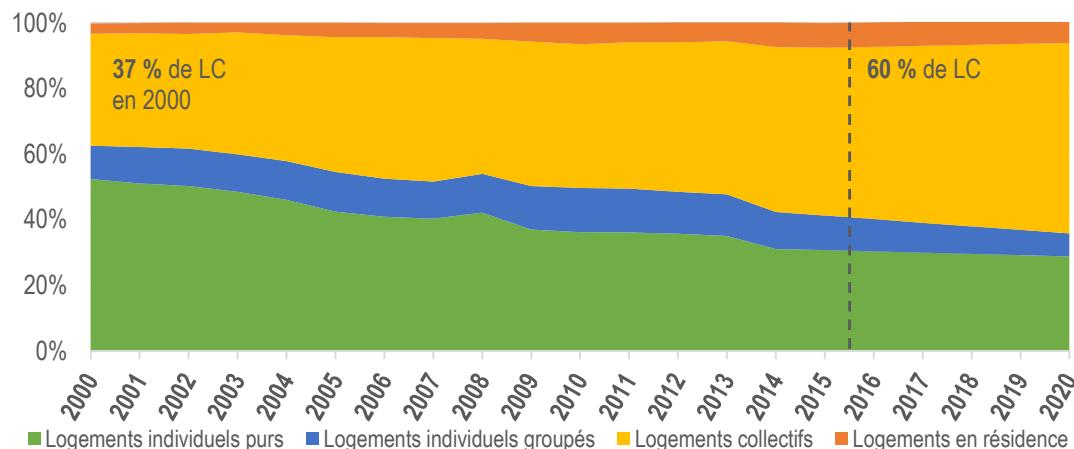
Un travail d'analyse de corrélation entre l'évolution des modes de cohabitation et la taille des logements occupés a été réalisé dans l'objectif de faire évoluer en prospective la taille moyenne des logements au sein d'une même typologie (maison individuelle ou appartement). Faute de données détaillées disponibles les résultats obtenus n'ont pas été concluants. Ainsi, l'hypothèse d'une stabilisation de la surface moyenne d'une maison et d'un appartement a été stabilisée sur toute la durée de projection au niveau de 2015, année de référence. En revanche, la taille moyenne de l'ensemble des logements évolue dans ce scénario du fait de l'évolution du mix de maisons individuelles et de logements collectifs dans le flux de construction neuve à horizon 2050.

D'après les données Sit@del de mises en chantier de logements sur la période de 2013-2015, la taille moyenne d'un logement collectif est de 65 m<sup>2</sup> alors que celle d'une maison individuelle est de 115m<sup>2</sup>.

#### **4.1.4 Répartition par type de logement**

Depuis 20 ans la proportion de logement collectif a fortement progressé au détriment du logement individuel, en passant de 37% en 2000 à 60% en 2015. Cette tendance devrait se poursuivre sur la période projetée avec une cible à 70% en 2050, pour le scénario alternatif, en raison de la métropolisation de la France et d'une volonté de réduire l'étalement urbain pour des raisons écologiques et pour maintenir les terres agricoles.

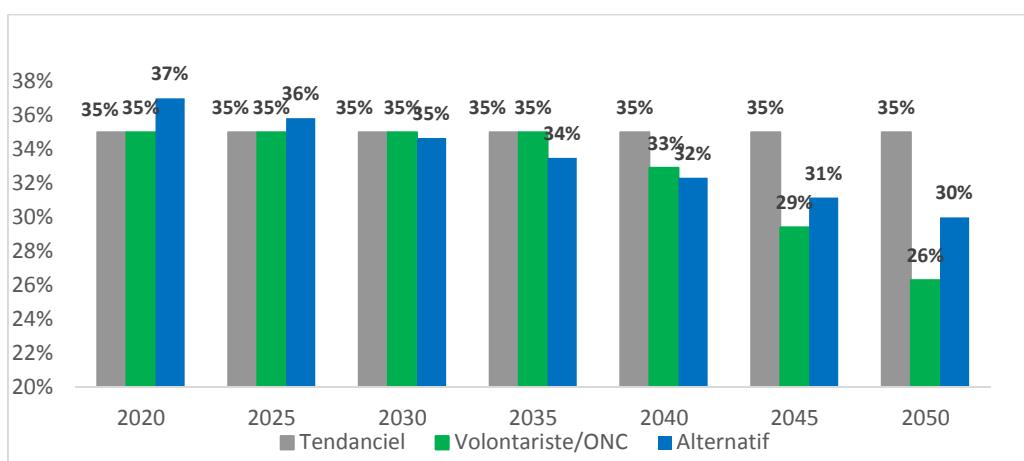
Figure 6 Distribution des types de logements commencés de 2000 à 2020 (prévisions BIPE)



Source : BIPE d'après Sit@del

À titre de comparaison, dans le scénario Tendanciel, la part de maison individuelle reste stable (35%) tout au long de la période projetée, alors qu'il chute au-delà de 2035 dans les scénarios Volontariste et Objectif Neutralité Carbone, plus fortement encore que dans le scénario Alternatif.

Figure 7 Part de la maison individuelle dans la construction neuve de logements de 2000 à 2050 selon le scénario



Source : BIPE d'après SNBC

Tableau 15 Hypothèses de calcul pour la projection de bâtiments résidentiel à 2050 dans le scénario Alternatif

Segments	Part de marché des mises en chantier 2015-2050 (année 2015, en % de logements)	Surface moyenne unitaire 2015-2050 (moyenne 2013-2015, en m <sup>2</sup> )
Maison individuelle	37% en 2015 en baisse jusqu'à 30% en 2050	115
Logement collectif	63 % en 2015 en hausse jusqu'à 70% en 2050	65

Source : Insee et projections BIPE

Tableau 16 Construction de bâtiments résidentiels à 2050 dans le scénario Alternatif (moyenne annuelle)

Période	Construction de logements individuels (Mm <sup>2</sup> )	Construction de logements collectifs (Mm <sup>2</sup> )	TOTAL (moyenne annuelle sur la période, Mm <sup>2</sup> )
2016-2020	16,4	15,8	32,1
2021-2025	13,5	13,7	27,2
2026-2030	12,4	13,2	25,5
2031-2035	11,4	12,8	24,2
2036-2040	10,5	12,4	23,0
2041-2045	9,7	12,1	21,7
2046-2050	8,8	11,6	20,5

Source : projections BIPE

Pour le scénario Alternatif, nous avons prolongé la tendance observée ces dernières années d'une nette augmentation de la part des logements collectifs au sein des logements neufs en raison de la métropolisation de la France et d'une volonté de réduire l'étalement urbain pour des raisons écologiques et pour maintenir les terres agricoles.

Le scénario Alternatif se caractérise par une diminution progressive des surfaces résidentielles neuves construites chaque année, la baisse étant de l'ordre de 36% entre le début et la fin de la période de projection, avec une différence notable entre les maisons individuelles et les logements collectifs. Cette baisse est toutefois moins marquée que dans les autres scénarios, et ce malgré une distorsion dans la segmentation qui intervient plus tôt dans la trajectoire prévisionnelle.

#### 4.2 Bâtiments tertiaires

Pour l'ensemble des bâtiments non résidentiels, les projections court terme (jusqu'en 2023) sont basées sur les projections Euroconstruct®. En ce qui concerne le moyen et long terme, pour le scénario Alternatif, les taux de croissance projetés représentent les taux de croissance annuels de la moyenne des surfaces non résidentielles des scénarios Tendanciel et Volontariste / Objectif Neutralité Carbone, de telle sorte que les taux de croissance du scénario Alternatif sont encadrés par des valeurs maximales et minimales.

Tableau 17 Construction de locaux tertiaires à 2050 dans le scénario Alternatif (moyenne annuelle)

Période	Construction de locaux tertiaires (Mm <sup>2</sup> )
2016-2020	11,3
2021-2030	13,8
2031-2040	12,5
2041-2050	13,2

Source : BIPE d'après INSEE et SNBC

Un premier pic de construction est attendu sur la décennie 2020-2030 grâce à la création d'emplois tertiaires engendrée par la croissance de l'économie française. À partir de 2030 les prévisions sont basées sur les scénarios SNBC lui-même basé sur le scénario de cadrage de l'UE. Il en résulte une baisse des surfaces construites annuellement sur la décennie 2031-2040 suivit d'une nouvelle hausse en fin de période de projection.

La tendance des surfaces de locaux tertiaires construites est similaire pour tous les scénarios.

#### 4.3 Bâtiments industriels et de stockage

Tableau 18 Construction de locaux industriels et de stockage à 2050 dans le scénario Alternatif (moyenne annuelle)

Période	Construction de locaux industriels (Mm <sup>2</sup> )	Construction de locaux de stockage (Mm <sup>2</sup> )
2016-2020	3,7	3,3
2021-2025	4,1	3,2
2026-2030	4,1	3,2
2031-2035	4,2	3,2
2036-2040	4,2	3,2
2041-2045	4,2	3,2
2046-2050	4,2	3,2

Source : projections BIPE

À court terme, l'embellie de l'économie française associée à un taux d'utilisation des capacités manufacturières qui est proche de son niveau maximal oblige les industriels à agrandir leurs usines ou à créer de nouveaux locaux.

Les surfaces de locaux industriels atteignent un premier plateau à 4,1 millions de m<sup>2</sup> avant de croître de 3% en 2030 à 4,2 millions de m<sup>2</sup>. Le scénario Alternatif se distingue par un volume de construction de locaux industriels plus important que dans les autres scénarios.

#### 4.4 Bâtiments agricoles

Tableau 19 Construction de locaux agricoles à 2050 dans le scénario Alternatif (moyenne annuelle)

Période	Construction bâtiments agricoles (Mm <sup>2</sup> )
2016-2020	5,6
2021-2035	4,7
2036 - 2050	3,0

Source : BIPE

L'élevage et plus particulièrement l'élevage bovin est une importante source émettrice de gaz à effet de serre (GES). L'objectif de la stratégie nationale bas carbone (SNBC) étant de réduire les émissions de GES, le cheptel français se réduit chaque année. Il recule plus fortement en début de période qu'en fin de période car le nombre d'animaux est plus important et les efforts de réduction de gaz à effet de serre doivent être plus conséquents à court terme qu'à long terme.

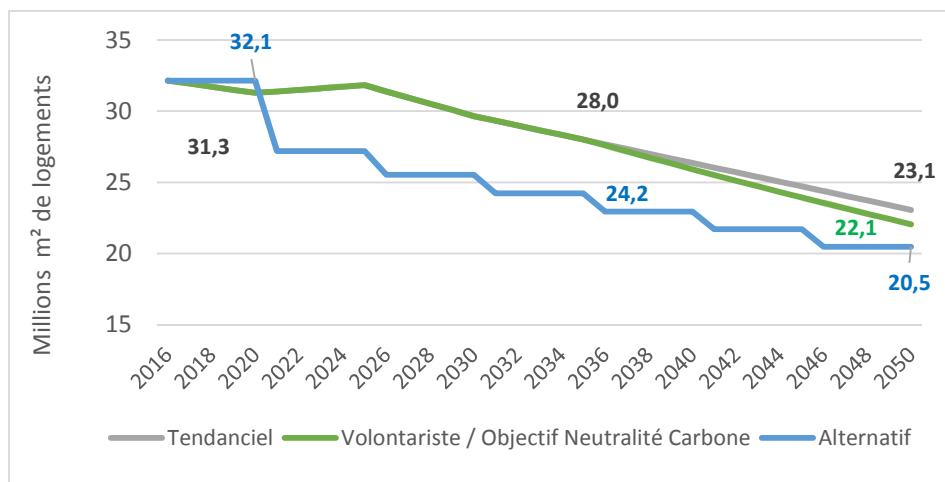
Dans ce scénario, la réduction de cheptel se situe à mi-chemin entre celle du scénario Volontariste/Objectif Neutralité Carbone et du scénario Tendanciel.

Les surfaces de bâtiments agricoles hors stockage sont proportionnelles au nombre de bovins, ce qui explique que les surfaces construites annuellement soient plus faible en fin de période qu'en début de période.

## 5/ Benchmark des résultats de la scénarisation de la construction neuve à 2050

Il est nécessaire de rappeler que le scénario Volontariste de la SNBC est volontariste en termes de réduction de gaz à effets de serre. Le secteur de la construction étant fortement émetteur, les surfaces neuves du scénario Volontariste sont par conséquent inférieures à celles du scénario Tendanciel, dans une logique de moindre surface par employé.

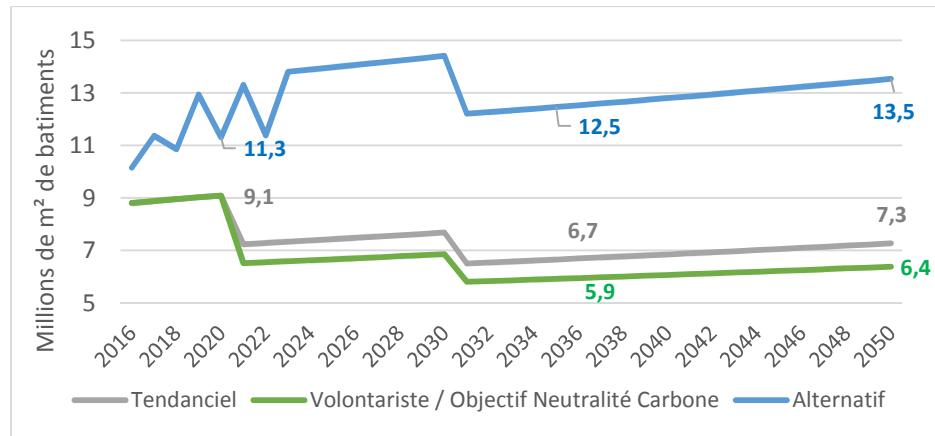
Figure 8 Benchmark des projections annuelles de construction de surfaces résidentielles neuves selon le scénario



Source : BIPE, d'après données AME & AMS de la SNBC et BIPE

Les surfaces de logements construits diminuent au cours du temps en raison de la diminution du nombre de logements construits (en lien à une croissance moins importante du nombre de nouveaux ménages) et de la réduction de la surface moyenne d'un logement en raison de la progression de la part du logement collectif (plus petit que la maison individuelle) au sein des nouveaux logements construits.

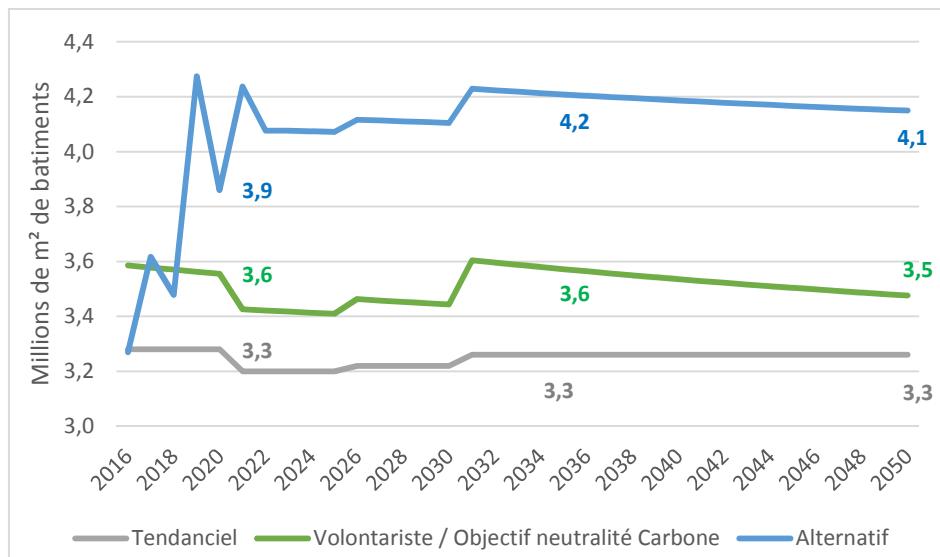
Figure 9 Benchmark des projections annuelles de construction de surfaces tertiaires neuves selon le scénario



Source : BIPE, d'après données AME & AMS de la SNBC et BIPE

À court terme, la création d'emploi tertiaire tire la création de surfaces tertiaires neuves. Pour le scénario Alternatif, on observe une correction technique<sup>5</sup> suivie d'un pic de production chaque année pendant les premières années. Par la suite les prévisions sont stabilisées.

Figure 10 Benchmark des projections annuelles de construction de surfaces industrielles neuves selon le scénario



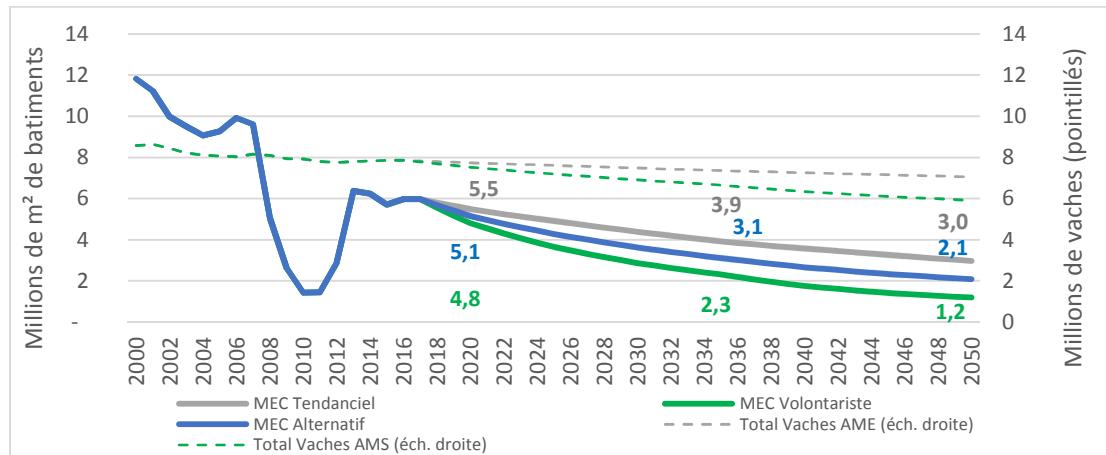
Source : BIPE, d'après données AME & AMS de la SNBC et BIPE

Dans le scénario Alternatif, à court terme, l'embellie de l'économie française associée à un taux d'utilisation des capacités manufacturières qui est proche de son niveau maximal oblige les industriels à agrandir leurs usines ou à créer de nouveaux locaux. Les corrections techniques une année sur deux suivie d'un pic de production sont lissées sur la suite de la période projetée.

On observe une correction technique<sup>5</sup> suivie d'un pic de production chaque année pendant les premières années. Par la suite les prévisions sont stabilisées.

<sup>5</sup> On parle de correction technique lorsque l'année n+1 subit une chute des surfaces construites alors que l'année n a été en croissance. Ceci peut être expliqué par une construction au-delà des besoins en année n ce qui rend nécessaire une moindre construction l'année suivante pour équilibrer l'offre et la demande.

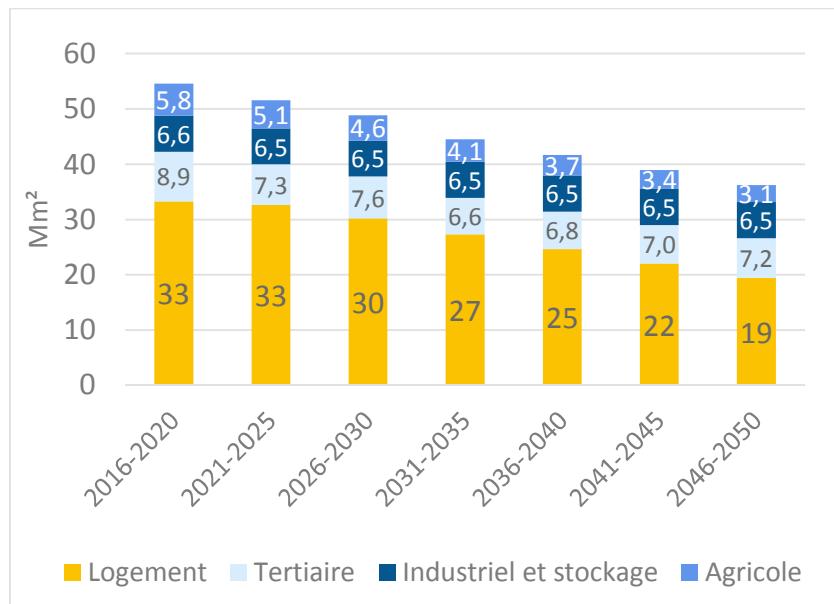
Figure 11 Benchmark des projections annuelles de construction de surfaces de bâtiments agricoles neuves selon le scénario



Source : BIPE, d'après données MAA et BIPE

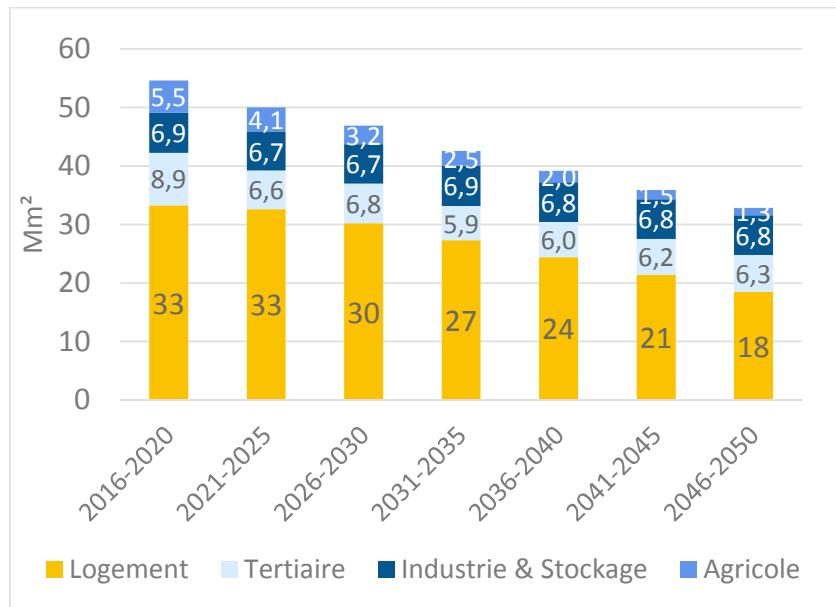
Les surfaces des bâtiments agricoles sont proportionnelles au nombre de vaches en France. Le creux de construction que l'on observe entre 2007 et 2013 est dû à la crise économique mondiale qui a fortement affecté le secteur de l'élevage ainsi que la confiance des agriculteurs qui ont reportés leurs chantiers. Il s'agit donc d'un évènement exceptionnel qui n'entre pas dans le calcul de la corrélation entre le nombre d'animaux et les surfaces de bâtiments.

Figure 12 Projection de la construction neuve dans le scénario Tendanciel (moyenne annuelle sur la période)



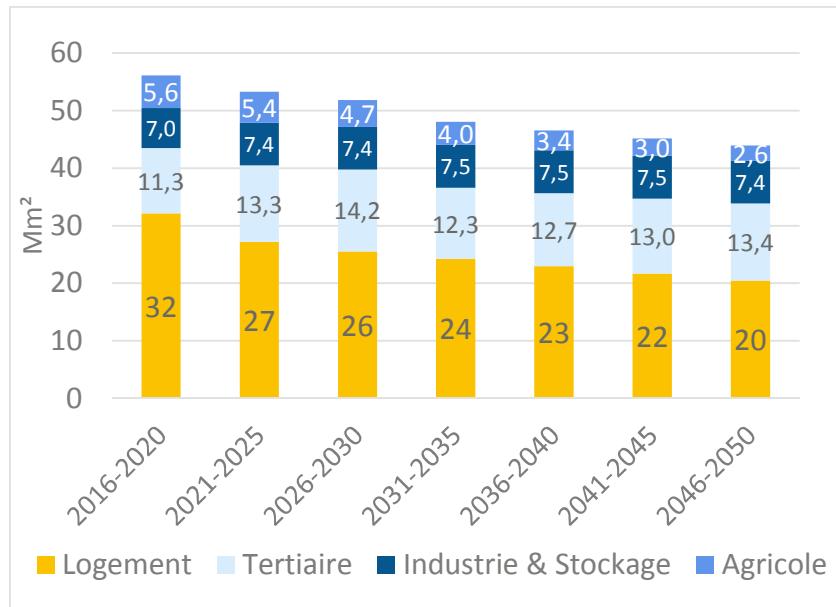
Source : BIPE d'après scénario AME de la SNBC

Figure 13 Projection de la construction neuve dans le scénario Volontariste / Objectif Neutralité Carbone (moyenne annuelle sur la période)



Source : BIPE d'après scénario AMS de la SNBC

Figure 14 Projection de la construction neuve dans le scénario Alternatif (moyenne annuelle sur la période)



Source : projection BIPE

Les surfaces de logements construites annuellement diminuent régulièrement en raison de la réduction de la surface moyenne des logements neufs. Les surfaces moyennes des appartements et des maisons restent identiques en revanche il y a de moins en moins de maisons construites au profit des appartements. La surface moyenne d'un appartement étant inférieure à celle d'une maison, les surfaces de logements neufs diminuent. De plus le nombre de résidences principales neuves diminuent également en raison de la réduction de la croissance démographique.

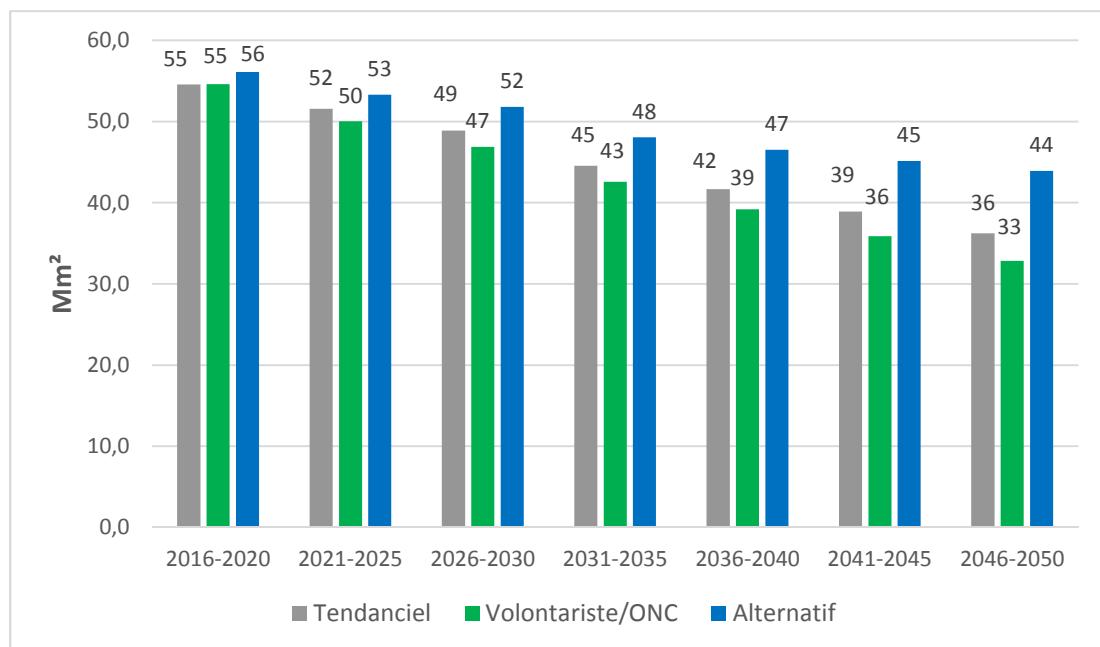
Les surfaces de bâtiments tertiaires neuves diminuent au cours du temps dans les scénarios Volontariste et Tendanciel en raison du ralentissement de la création d'emploi tertiaire. Dans le scénario Alternatif, les prévisions de création d'emplois à court terme sont plus optimistes que dans les deux autres scénarios, ce qui explique des surfaces plus grandes dans ce scénario.

Par ailleurs le nombre de bovins diminuant entre 2016 et 2050, les surfaces de bâtiments agricoles suivent la même tendance. Le scénario Volontariste l'est en réduction de gaz à effet de serre et donc de réduction de nombre d'animaux d'élevage. C'est pourquoi il y a moins de bâtiments agricoles construits dans le scénario Volontariste que dans le scénario Tendanciel.

Les surfaces de bâtiments industriels neuves sont proportionnelles à la croissance de la valeur ajoutée industrielle, elles sont relativement stables tout au long de la période étudiée.

Ce sont pour les surfaces neuves de bâtiments tertiaires qui sont les plus différenciées entre scénarios. Ceci est dû à la différence de méthode de projection entre la SNBC et le BIPE.

*Figure 15 Comparaison des surfaces totales (tous segments de bâtiments) de constructions neuves dans les trois scénarios (moyenne annuelle sur la période)*



Source : BIPE d'après SNBC

Au global, les surfaces neuves projetées dans le scénario Alternatif sont systématiquement supérieures aux trois autres scénarios, du fait des surfaces neuves de bâtiments non résidentiels supérieures principalement, portées par les bâtiments tertiaires dont la croissance à court terme est plus dynamique dans le scénario Alternatif comparé aux autres scénarios.

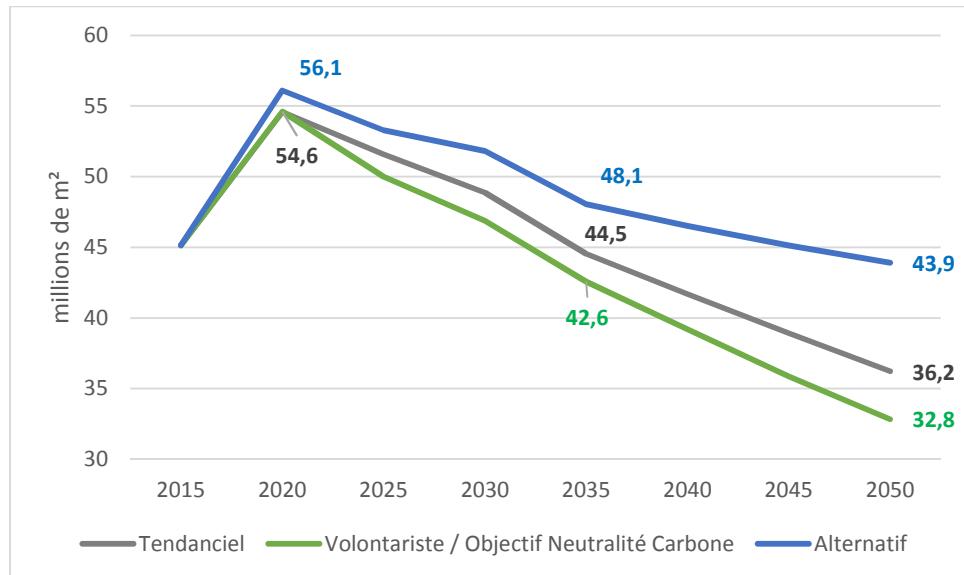
Tableau 20 Comparaison d'une année moyenne de la période 2016-2020 et de la période 2045-2050

Variations	Unité	Tendanciel	Volontariste / Objectif Neutralité Carbone	Alternatif
Tous segments	En Mm <sup>2</sup>	-18,4	-21,7	-12,2
	En %	-34%	-40%	-22%
Logement	En Mm <sup>2</sup>	-13,9	-14,8	-11,7
	En %	-42%	-44%	-36%
BNR	En Mm <sup>2</sup>	-4,5	-6,9	-0,5
	En %	-8%	-33%	-2%

Source : BIPE

Comparaison d'une année moyenne de la période 2016-2020 et de la période 2045-2050 qui correspond à une comparaison des points les plus hauts / les plus bas sur l'horizon de prévision.

Figure 16 Comparaison des surfaces totales de constructions neuves (tous segments de bâtiment) dans les trois scénarios (moyennes quinquennales)



Source : BIPE

Ce sont les surfaces de logements neufs qui expliquent la majorité de l'évolution de la tendance. Pour plus de détail sur les raisons de l'évolution de chaque segment, se référer aux sections précédentes ([Étape 1](#)). Les surfaces par type de bâtiments sont disponibles figures 8 à 11.

## 6/ Méthodologies de projection de la rénovation de bâtiments

### 6.1 Rénovation de bâtiments résidentiels

Les principales mesures incitatives prises en compte dans la partie rénovation des scénarios AME et AMS3 sont : Eco-PTZ, CITE, Eco-PLS, TVA travaux à 5,5%, « Habiter mieux », Chèque énergie, Composante Carbone.

Les principales mesures réglementaires prises en compte dans les scénarios de la SNBC sont les CEE, la RT 2012 puis la RT 2020, l'obligation d'audits énergétiques, les travaux embarqués et certaines autres réglementations thermiques.

Les données fournies par la SNBC ne concernent que la rénovation permettant un gain d'efficacité énergétique. Nous avons pu distinguer les différents actes de rénovation et ne garder que les actes ayant un impact sur le bâti et donc sur la consommation de bois, c'est-à-dire le remplacement de fenêtre (674 000 actes en 2015), l'isolation/rénovation des murs (21 000 actes en 2015) ou de la toiture (63 000 actes en 2015). Les remplacements de systèmes de chauffage et de chauffe-eau ne sont pas pris en compte dans la modélisation car ils n'ont pas d'impact sur la consommation de bois.

Dans les scénarios de la SNBC, les chantiers comprenant plusieurs actes de rénovation sont peu nombreux. Ainsi la SNBC fait l'approximation qu'un acte de rénovation correspond à un chantier de rénovation sur la totalité de la surface du logement.

En multipliant le nombre de logements rénovés avec visée énergétique par la surface moyenne d'un logement en 2015, que l'on suppose stable dans le temps (source : Comptes du logement) nous obtenons la surface de logement rénovée avec visée énergétique pour chaque année entre 2015 et 2050.

$$S_{logement}^{réno} = Nombre_{logement}^{réno} \times S_{logement}^{moyenne}$$

Il est important de raisonner par surface comme unité d'œuvre pour la rénovation et non en nombres de logement car ces surfaces résidentielles rénovées s'additionneront aux surfaces non-résidentielles rénovées pour les besoins de la modélisation, car les volumes de bois estimés en rénovation de bâtiment pour l'année de référence ne sont pas distingués par segment de bâtiment.

Toutefois, les rénovations à visée d'efficacité énergétique ne constituent pas le seul type de rénovation. En effet une part significative des actes de rénovation n'a pas (ou peu) d'incidence sur la rénovation énergétique des bâtiments. C'est le cas par exemple du remplacement de parquets, de portes ou d'actions d'aménagement ou de décoration. Or cette typologie de rénovation génère de la consommation de bois dans des volumes non négligeables. Ainsi il est indispensable d'estimer les surfaces de bâtiment rénovées sans objectif énergétiques pour les additionner aux premières.

Pour estimer la surface totale de logements rénovés, nous avons mené une enquête<sup>6</sup> auprès des particuliers afin de déterminer le ratio de rénovation à visée énergétique au sein de l'ensemble des logements rénovés :

$$\alpha = \frac{S_{logement \text{ (enquête BIPE)}}^{reno \text{ energie}}}{S_{logement \text{ (enquête BIPE)}}^{reno \text{ totale}}}$$

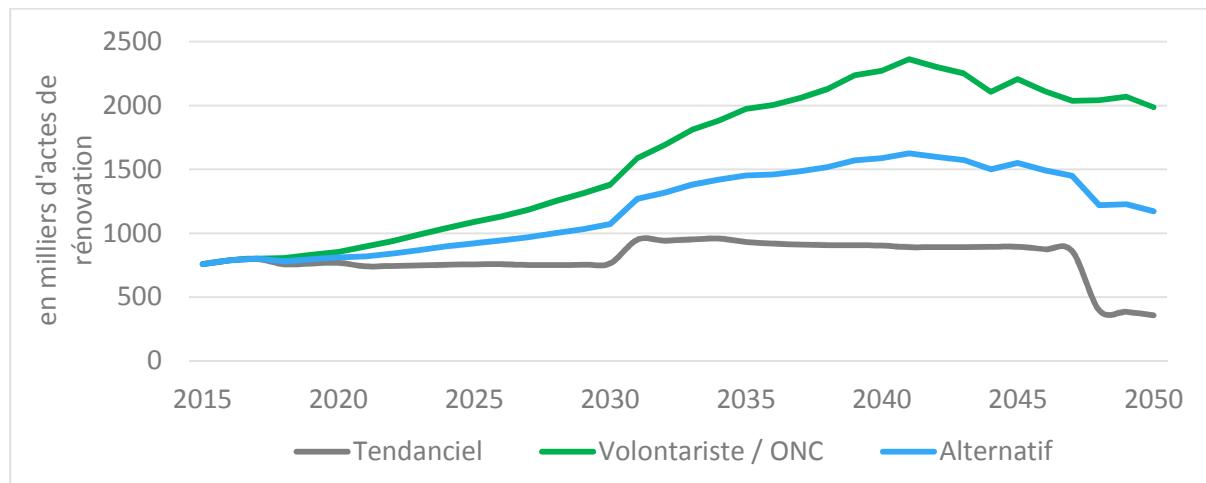
À partir de ce ratio il a été possible de projeter la surface totale logements rénovés en 2015 en redressant les surfaces rénovées avec visée énergétique :

$$S_{logement}^{reno \text{ Totale}} = \frac{S_{logement}^{reno \text{ Energie}}}{\alpha}$$

Par déduction des surfaces rénovées énergétiquement du total des surfaces totales rénovées en 2015, nous obtenons ainsi la surface rénovée sans visée énergétique. Cette dernière a été prise en compte dans les autres scénarios également, et a été considérée comme stable de 2015 à 2050 pour tous les scénarios car les motifs de ces rénovations sont indépendants de l'aspect économique et énergétique qu'elles n'ont pas de raison d'évoluer dans le temps.

Les scénarios de rénovation de logement Tendanciel et Volontariste / Objectif Neutralité Carbone ont été construits respectivement à partir des scénarios AME et AMS 3 de la SNBC. Le scénario Alternatif adopte la moyenne des trajectoires du nombre d'actes de rénovations énergétiques fournies dans l'AME et l'AMS3.

Figure 17 Nombre d'actes de rénovation avec visée énergétique dans les logements



Source : BIPE, SNBC

La trajectoire fournie dans l'AME et reprise dans le scénario Tendanciel varie peu relativement à celui de l'AMS, et suit une tendance baissière. Au-delà de 2045 une chute est même constatée : elle est liée au fait que le changement des fenêtres n'aura plus d'impact sur l'efficacité énergétique du

<sup>6</sup> Enquête réalisée par le BIPE en 2018 auprès d'un échantillon de 1000 personnes en France Métropolitaine sélectionnées selon la méthode des quotas. Les critères sont le sexe, l'âge, la région et la catégorie socioprofessionnelle.

logement à terme. En revanche la courbe de l'AMS est beaucoup plus volontariste avec un triplement du nombre d'actes entre 2020 et 2040, avant une légère baisse progressive.

Tableau 21 Nombre d'actes de rénovation des différents scénarios

Période	Tendanciel	Volontariste / ONC	Alternatif
<b>2016-2020</b>	775	816	795
<b>2021-2025</b>	749	992	870
<b>2026-2030</b>	756	1252	1004
<b>2031-2035</b>	947	1789	1368
<b>2036-2040</b>	909	2141	1525
<b>2041-2045</b>	893	2247	1570
<b>2046-2050</b>	575	2050	1313

Source : BIPE, SNBC

## 6.2 Rénovation de bâtiments non résidentiels

Pour cette étude il a été fait l'hypothèse que seuls les bâtiments tertiaires connaîtront une variation significative de la consommation de produits bois en rénovation. Les bâtiments agricoles, industriels, ou de stockage peuvent être rénovés mais sans doute à une fréquence moindre, et le volume potentiel de bois concerné est faible (ou parfois non quantifiable). Ainsi pour ces bâtiments nous avons négligé ces surfaces rénovées (bien qu'elles ne soient pas nulles, mais seules les rénovations consommant du bois nous intéressent ici).

La SNBC fournit des surfaces de bâtiments tertiaires rénovés avec visée énergétique, et ne fournit pas de trajectoire rénovation de surfaces non résidentielles autres que tertiaires. Pour estimer la surface totale de bâtiments tertiaires rénovés, c'est-à-dire avec et sans efficacité énergétique, nous avons procédé à un redressement comme il a été opéré pour les surfaces résidentielles. Pour obtenir un proxy de ce coefficient de redressement pour les surfaces non résidentielles nous avons calculé (d'après les comptes nationaux et en moyenne sur la période 2010-2015) le ratio :

$$\beta = \frac{\text{montant de travaux de rénovations dans les bâtiments non résidentiels}}{\text{montants de travaux dans le logement}}$$

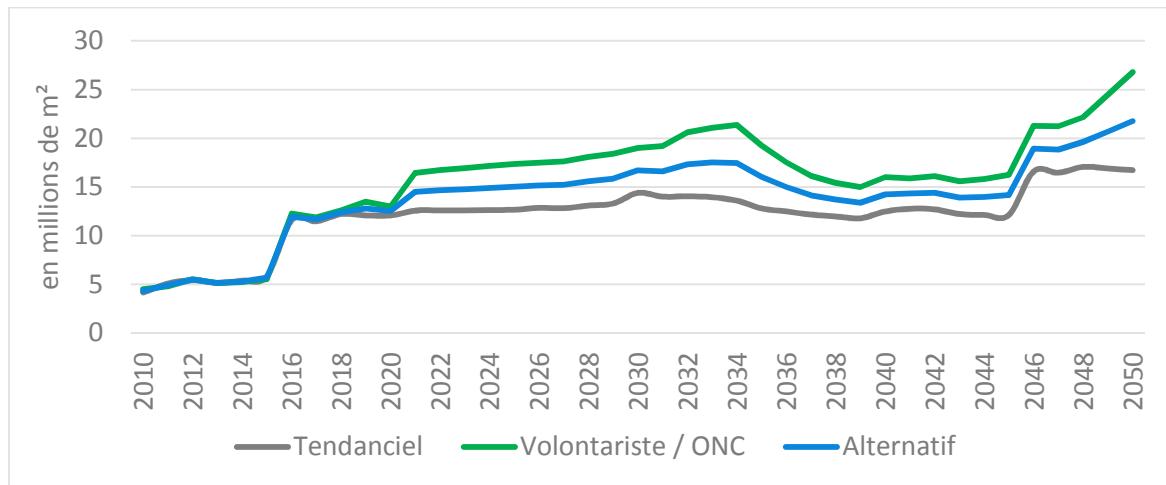
que nous avons ensuite appliqué à l'estimation de surface totale de logements rénovés en 2015.

Ainsi

$$S_{\text{Tertiaire}}^{\text{réno Total}} = \beta \times S_{\text{Logement}}^{\text{réno Total}}$$

Les trajectoires de surfaces totales de bâtiments tertiaires rénovées pour les scénarios Tendanciel et Volontariste / Objectif Neutralité Carbone reposent respectivement sur les trajectoires de rénovation tertiaire AME et AMS 3 de la SNBC. Le scénario Alternatif est la moyenne des deux scénarios précédents en termes de surfaces totales tertiaires rénovées.

Figure 18 Surfaces de bâtiments tertiaires rénovées avec visée énergétique



Source : BIPE, SNBC

Que ce soit dans la rénovation de logement ou dans la rénovation de bâtiments tertiaires, les surfaces utilisées pour calculer les volumes de bois à destination de la rénovation sont une moyenne par période : 2016-2020, 2021-2035, 2036-2050.

Tableau 22 Surfaces de bâtiments tertiaires rénovées énergétiquement dans les différents scénarios (en millions de m<sup>2</sup>)

Période	Tendanciel	Volontariste	Alternatif
2016-2020	12	13	12
2021-2025	13	17	15
2026-2030	13	18	16
2031-2035	14	20	17
2036-2040	12	16	14
2041-2045	12	16	14
2046-2050	17	23	20

Source : BIPE d'après SNBC

## 7/ Benchmark des résultats des différents scénarios pour les marchés de la rénovation à 2050

Tableau 23 Surfaces résidentielles rénovées (moyenne annuelle)

Période	Surfaces totales de logement rénovées / an Tendanciel (Mm <sup>2</sup> )	Surfaces totales de logement rénovées / an Volontariste / Objectif Neutralité Carbone (Mm <sup>2</sup> )	Surfaces totales de logement rénovées / an Alternatif (Mm <sup>2</sup> )
2016-2020	110	113	112
2021-2025	108	129	118
2026-2030	108	152	130
2031-2035	125	199	162
2036-2040	122	230	176
2041-2045	120	239	180
2046-2050	92	222	157

Source : BIPE d'après SNBC

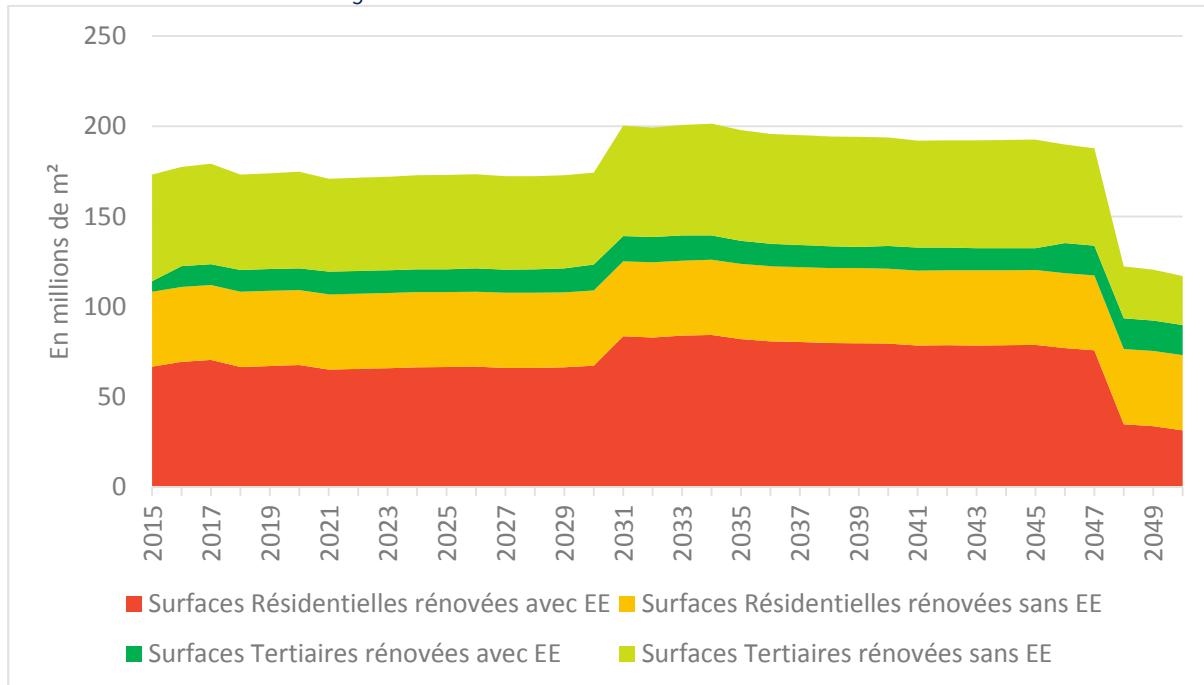
Les surfaces de logements rénovées sont bien plus importantes dans les scénarios Volontariste et Objectif Neutralité Carbone.

Tableau 24 Surfaces de bâtiments tertiaires rénovées (moyenne annuelle)

Période	Surfaces totales de bâtiments tertiaires rénovées par an Tendanciel (Mm <sup>2</sup> )	Surfaces totales de bâtiments tertiaires rénovées par an Volontariste / Objectif Neutralité Carbone (Mm <sup>2</sup> )	Surfaces totales de bâtiments tertiaires rénovées par an Alternatif (Mm <sup>2</sup> )
2016-2020	66	68	67
2021-2025	65	77	71
2026-2030	65	91	78
2031-2035	75	119	97
2036-2040	73	138	106
2041-2045	72	144	108
2046-2050	55	133	94

Source : BIPE d'après SNBC et INSEE

Figure 19 Surfaces rénovées dans le scénario Tendanciel



Source : BIPE, SNBC

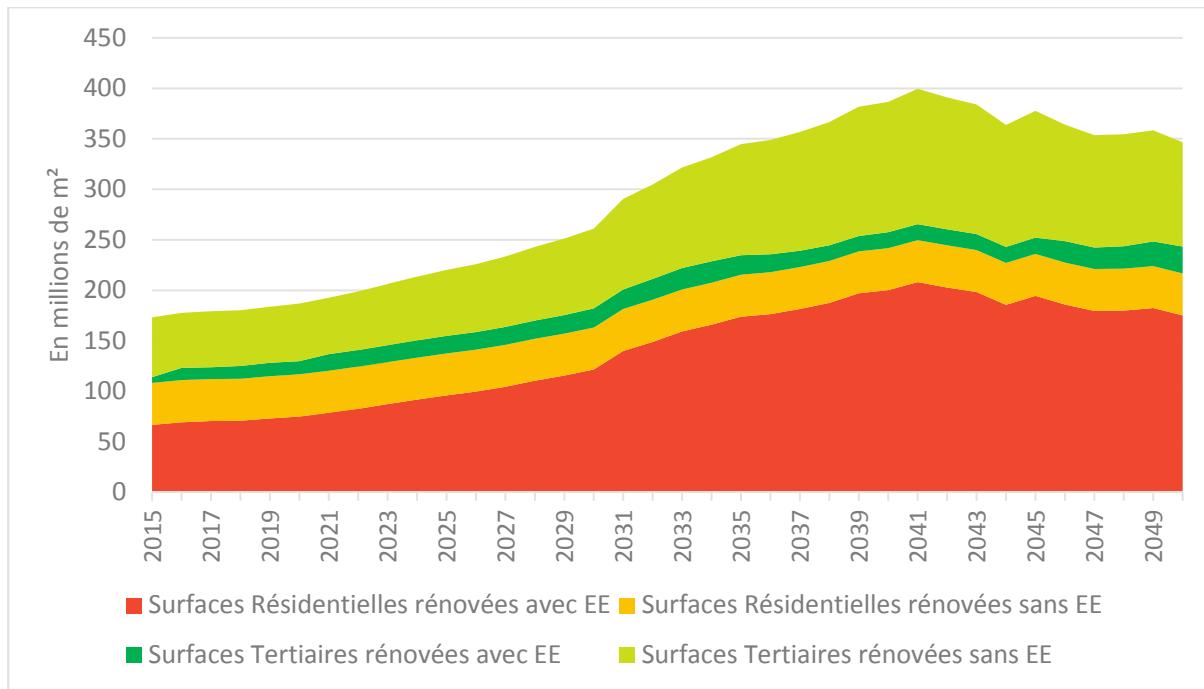
Alors que dans les logements, la rénovation énergétique est motrice (elle représente plus de 60% des surfaces de logement rénovées), les surfaces tertiaires rénovées à visée énergétique sont très minoritaires (moins de 10% selon les estimations obtenues). Ceci peut s'expliquer par la différence de moyens (tant incitatifs que réglementaires) mis en place par les pouvoirs publics sur la rénovation des logements.

Par hypothèse les variations de surfaces tertiaires totales rénovées, ainsi que la rénovation sans gain d'efficacité énergétique sont calquées sur les surfaces de logement rénovées avec gain d'efficacité énergétique.

L'allure de l'ensemble des surfaces rénovées est donc similaire à celle du nombre d'actes de rénovation à visée énergétique fournie par la SNBC.

On observe une brusque augmentation des surfaces totales de bâtiment rénovées à partir de 2030 passant ainsi de 175 millions de m<sup>2</sup> à 200 millions de m<sup>2</sup> en raison de la mise en œuvre de mesures réglementaires incitant fortement à la rénovation (hypothèse SNBC) avant de diminuer progressivement jusqu'en 2048 où l'on observe une baisse brutale de 35% des surfaces rénovées en raison de la diminution du nombre d'actes de rénovation (hypothèse SNBC) dont le gain énergétique attendu n'est plus intéressant.

Figure 20 Surfaces rénovées dans le scénario Volontariste / Objectif Neutralité Carbone



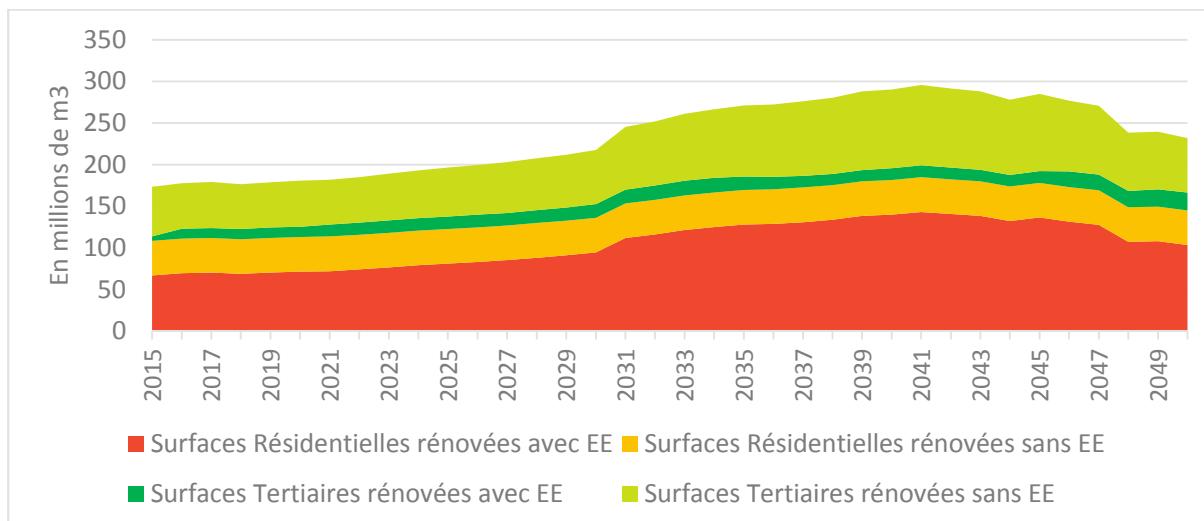
Source : BIPE, SNBC

Dans les scénarios Volontariste et Objectif Neutralité Carbone, les surfaces rénovées évoluent progressivement de 173 millions de m<sup>2</sup> en 2015 à près de 400 millions de m<sup>2</sup> en 2041. Avant de retomber à moins de 350 millions de m<sup>2</sup> en 2050.

Dans l'ensemble des scénarios, les surfaces de logement rénovées sans visée énergétique sont constantes dans le temps à 42 millions de m<sup>2</sup>.

De même que dans le scénario Tendanciel on observe un sursaut des surfaces rénovées en 2030, en revanche il n'y a pas de baisse marquée des surfaces rénovées en fin de période car la baisse d'actes de rénovation avec visée énergétique est plus faible que dans le scénario Tendanciel. En parallèle les surfaces tertiaires rénovées avec visée énergétique augmentent en fin de période alors qu'elles sont stables dans le scénario Tendanciel ce qui explique la différence entre ces deux scénarios.

Figure 21 Surfaces rénovées dans le scénario Alternatif



Source : BIPE, SNBC

Le scénario Alternatif étant une moyenne des deux scénarios précédents sur les surfaces (sur le nombre d'actes de rénovations et sur les surfaces de logements tertiaires), on observe une augmentation modérée des surfaces rénovées jusqu'en 2040 à près de 300 millions de m<sup>2</sup> rénovés (avec un léger sursaut en 2030) avant de retomber à 230 millions de m<sup>2</sup> en 2050.

## ETAPE 2 - La demande en bois dans la construction

### 1 / Méthodologie d'estimation et de prévision de la demande en bois dans la construction neuve

#### 1.1 Équation

Le BIPE a réalisé une modélisation de la quantité de bois consommée dans la construction neuve à partir des coefficients techniques volumétriques et des parts de marché des produits bois par segment de la construction.

Le volume de bois dans la construction neuve peut être calculé, pour un segment de la construction i et un produit bois j grâce à l'équation suivante :

$$V_{i,j}^{neuf} = s_i \cdot a_{i,j} \cdot \beta_{i,j} \cdot C_{i,j}$$

Avec  $V_{i,j}^{neuf}$  le volume de bois dans la construction neuve pour un segment i de la construction et un produit bois j, en dm<sup>3</sup>,  $s_i$  la surface de construction pour le segment de la construction i en m<sup>2</sup>,  $a_{i,j}$  la part de marché de la construction bois en % (pour les produits bois et les systèmes constructifs), et  $C_{i,j}$  le coefficient technique qui donne le volume de bois par unité de référence.

Cette unité varie en fonction des produits. Elle est le plus souvent en  $\frac{dm^3}{m^2_{plancher}}$ , mais peut se décliner en  $\frac{dm^3}{Unité}$  (dans le cas des volets ou des portails par exemple) ou en  $\frac{dm^3}{m^2_{linéaire}}$ .

Lorsque soit le coefficient technique, soit la part de marché n'est pas calculée par rapport à une surface de plancher (par exemple % de fenêtres en bois, % façades en bois...) il faut introduire un coefficient de passage  $\beta_{i,j}$ , pour rétablir l'homogénéité de l'équation, dont l'unité dépendra de la part de marché  $a_{i,j}$  et du coefficient technique  $C_{i,j}$ .

Le volume total de bois dans la construction neuve est alors le résultat de la somme de la demande de bois dans chaque segment de la construction i croisé avec le produit bois j :

$$V_{TOTAL}^{neuf} = \sum_i s_i \cdot \sum_j a_{i,j} \cdot \beta_{i,j} \cdot C_{i,j}$$

On suppose que les coefficients techniques ainsi que les coefficients de passages sont fixes dans le temps.

## 1.2 Calcul des coefficients

### 1.2.1 Les surfaces neuves $s_i$

Les surfaces de plancher construites par segment de la construction  $s_i$  sont obtenues lors de l'étape 1.

### 1.2.2 Les parts de marchés $a_{i,j}$

À partir des parts de marché existantes (moyennes 2010-2015) les experts de chaque famille de produits (éléments de structure, aménagements intérieurs et aménagement extérieurs) ont estimé deux évolutions de parts de marché en 2035 « probables », utilisées dans le scénario Alternatif, et « maximales », utilisées dans le scénario Volontariste. Les parts de marché de chaque produit en 2050 sont les mêmes que les parts de marchés des produits en 2035. Celles de 2020 sont le point de passage d'une fonction linéaire entre 2015 et 2035.

Dans le scénario Tendanciel, les parts de marché sont stables au cours du temps.

Dans le scénario Objectif Neutralité Carbone, les parts de marché ont été construites par la DGEC. Ce sont des cibles de parts de marché nettement plus ambitieuses que le scénario Volontariste.

### 1.2.3 Les coefficients de passage $\beta_{i,j}$

Ils ont été calculés par le BIPE à partir de données Batiétude ou d'études internes lorsque l'unité des coefficients techniques ou celle des parts de marché n'est pas en  $\text{m}^3/\text{m}^2$  de plancher.

### 1.2.4 Les coefficients techniques $C_{i,j}$

Les coefficients techniques  $C_{i,j}$ , correspondent aux volumes unitaires moyens de bois consommés par  $\text{dm}^3/\text{m}^2$  ou  $\text{dm}^3/\text{unité}$  (escalier, volet...). Ils ont été calculés par le FCBA. Ces coefficients techniques ont été établis en prenant en compte les caractéristiques de bâtiment type (nombre moyen d'étages, surface moyenne, pour différentes portées types). Ces coefficients distinguent le volume de bois massif (désignée par « bois » dans les tables) et de panneaux.

Tableau 25 Extrait de la matrice des coefficients techniques pour la maison individuelle

Produit "FCBA"	dm3/m2	Logement							Moyenne MII+MGI	
		MII				MIG				
		RdC uniquement		R+1		RdC uniquement	R+1			
		MI classique	MI moyen haut de gamme	MI classique	MI moyen - haut de gamme					
Parois porteuses de façades	Bois	20	23	24	34	15	19	24	Moyenne MII+MGI	
	Panneaux	12		14		9	11	13		
Parois porteuses intern	Bois	5	6	7	9	8	12	8	Moyenne MII+MGI	
	Panneaux	4		7		7	11	7		

Source : BIPE, données BatiEtude

Pour la maison individuelle, les coefficients techniques utilisés sont une moyenne pondérée des coefficients techniques des différents types de maisons par la part de chaque type de maison au sein des maisons neuves. Les coefficients techniques étant plus détaillés au niveau des types de bâtiments que ce que nous modélisons il a fallu moyenner ces coefficients. C'est une moyenne pondérée par la surface de chaque type de maisons individuelles (MI) construites chaque année.

Pour obtenir ces surfaces nous nous sommes appuyés sur les données fournies par BatiEtude pour avoir la répartition Rdc (maison de plein pied) uniquement vs R+1 (maison à un étage) et la répartition maison individuelle isolée (MII) vs maison individuelle groupée (MIG). Nous avons pris de manière arbitraire une répartition de 80% de MI classique et 20% de MI haut de gamme.

Les coefficients techniques des logements collectifs étant moins détaillés, ils ont été pris tel quel.

Tableau 26 Extrait de la matrice des coefficients techniques pour les bâtiments tertiaires

Produit "FCBA"	dm3/m2	BNR					Moyenne Tertiaire			
		Tertiaire								
		Cat 1 - Petite portée : hôtels, hôpitaux...	Cat 2 - Moyenne portée : bureaux, bâtiments scolaires...		Cat 3 - Grande portée : Gymnase, piscine...					
			Bureaux							
			open space id cat 1	autres	Bâtiments scolaires					
Parois porteuses de façades	Bois	19	19	19	19		19			
	Panneaux	12	12	12	12		12			
Parois porteuses intern	Bois	22	22	11	6		17			
	Panneaux	20	20	10	5		15			

Source : BIPE, données BatiEtude

Pour les bâtiments tertiaires c'est une moyenne simple qui a été effectuée en raison de la difficulté de faire correspondre parfaitement les types de bâtiments tertiaires tel que conçus par le FCBA avec les types de bâtiments tertiaires mis en chantier fournis par Sit@del.

Tableau 27 Extrait de la matrice des coefficients techniques pour les bâtiments d'industrie et de stockage

Produit "FCBA"	dm3/m2	BNR			Moyenne Industrie et Stockage	
		Industriel + Stockage				
		Cat 1 - Locaux d'artisanat (petits ateliers)	Cat 2 - Locaux industriels (sites de production industrielle)	Cat 3 - Locaux de type entrepôts (Stockage, plateforme logistique...)		
Porteurs verticaux	Bois	22	22	37	30	
Parois ossatures de remplissage interne	Bois	1	11		8	
	Panneaux	1	10		8	
Planchers	Bois		46		46	
	Panneaux		12		12	

Source : BIPE, données BatiEtude

Pour les bâtiments d'industrie et de stockage c'est une moyenne des coefficients techniques de chaque catégorie (locaux d'artisanat, locaux industriels, locaux de type entrepôts) pondérée par la surface neuve de bâtiments de chacune de ces catégories en 2015. Ces données sont fournies par Sit@del.

Pour les bâtiments agricoles les coefficients techniques ont été utilisés tels quels.

## 2/ Évolutions historiques des parts de marché du bois dans la construction neuve

Les parts de marché historiques ont été dans la grande majorité obtenues à partir de l'exploitation de la base de données de BatiEtude et dans certains cas par travail bibliographique. Lorsque les données étaient disponibles, une moyenne sur la période 2010-2015 a été utilisée comme point de référence historique, dans le cas contraire seul le point 2015 a été utilisé.

Ces résultats sont à usage strictement interne et ne sont pas destinés à être communiqués auprès d'un plus large public.

L'Enquête nationale annuelle de la construction bois menée depuis 2012 auprès des entreprises de la filière bois par les organisations professionnelles de la filière estime la part de marché du bois (en volume) utilisé en structure dans les constructions neuves. On observe à la lecture de cette enquête une baisse du pourcentage de la structure bois dans le résidentiel et les bâtiments industriels entre 2012 et 2016, dans un contexte général de crise du bâtiment. Les éléments de cette enquête ont servi à calibrer certains résultats bruts obtenus par l'enquête BatiEtude et ce dans un souci de cohérence.

*Tableau 28 Part de marché du bois par type de bâtiment neuf 2012 et 2016*

	2012	2016
<b>Résidentiel</b>		
Maison individuelle (secteur diffus et groupé)	11,7 %	<b>8,8 %</b>
Logement collectif	4,9 %	<b>4,0 %</b>
<b>Secteur Tertiaire</b>	9,7 %	<b>10,7 %</b>
<b>Industrie &amp; Stockage</b>	12,9 %	<b>7,0 %</b>
<b>Bâtiments agricoles</b>	24,0%	<b>25,8%</b>

*Source : BIPE d'après Enquête Nationale Construction Bois, CODIFAB*

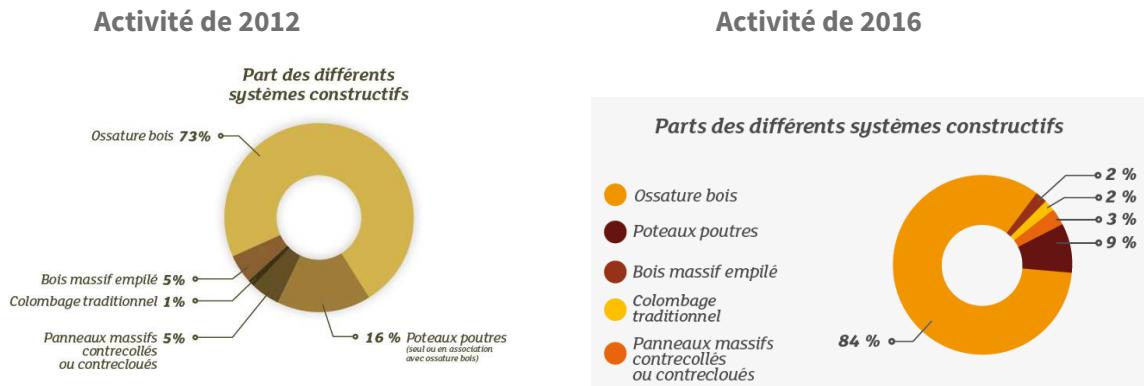
Une quarantaine de types d'ouvrage (c'est-à-dire de segments de bâtiment) ont été retenus pour l'étude. Les paragraphes suivants commentent les tendances historiques et les chiffres obtenus pour certains d'entre eux.

Le tableau complet des parts de marché 2010-2015 prises en compte par type d'ouvrage est récapitulé en annexe de ce rapport. De plus, l'ensemble des hypothèses considérées par le BIPE pour estimer ces parts de marché et les sources correspondantes sont récapitulées dans des Fiches Hypothèses en annexe.

## 2.1 Éléments de structure

L'Enquête nationale construction bois nous précise également les différents systèmes constructifs utilisés pour la construction neuve de maison individuelle en bois.

Figure 22 Part de marché des systèmes constructifs en 2012 et 2016



Source : Enquête Nationale Construction Bois, CODIFAB

L'ossature bois reste le système constructif le plus utilisé en construction bois de maison individuelle et progresse sur les années récentes (84% en 2016 contre 73% en 2012). L'enquête révèle par ailleurs une légère baisse de la part du CLT, encore minoritaire (3% en 2016 contre 5% en 2012), ainsi qu'une baisse du système « poteaux poutres ». Pour le logement collectif, les tendances observées sont similaires.

Pour la présente étude, la part de marché du bois a été recherchée pour les sous-produits (façades, parois porteuses internes, planchers...) des trois principaux systèmes constructifs (ossature bois, CLT, poteaux poutre).

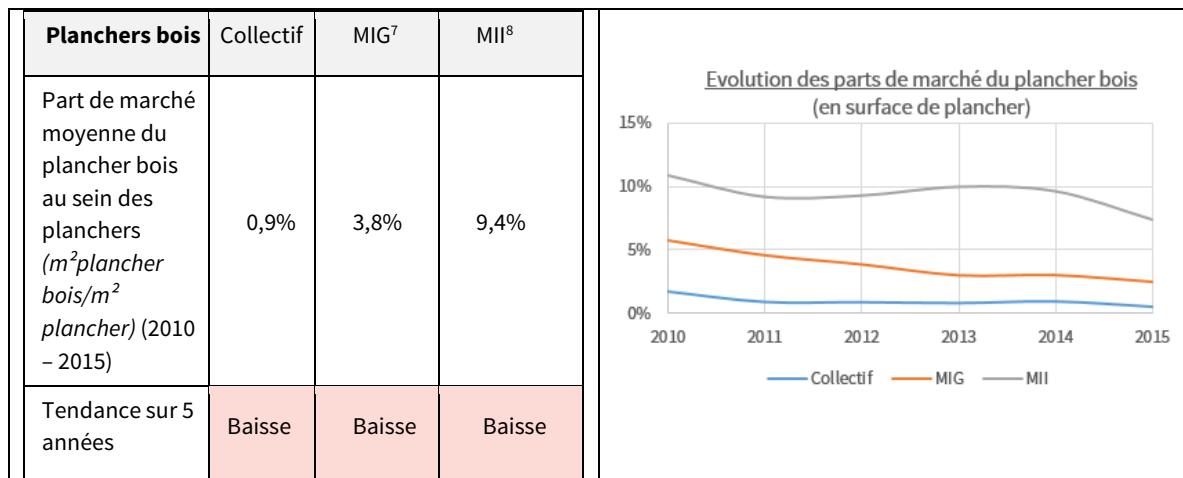
Les données de L'Observatoire permanent de la Construction Neuve en France de BatiEtude (utilisées spécifiquement dans le cadre de cette étude) recensent les matériaux de la superstructure des bâtiments, des remplissages des façades et des planchers. Le BIPE a cherché à croiser ces différentes données mais n'a pu utiliser en tant que tels ces croisements. En effet, les données BatiEtude identifient le « poteau bois » en tant que système constructif, mais cette dénomination inclut à la fois des ouvrages dont la structure se compose de « poteaux poutres » et ceux dont la structure est en ossature bois. Pour estimer les parts de marché 2015 des sous-produits de chaque système constructif, le BIPE a donc pris en compte les données BatiEtude à un niveau plus agrégé (« Planchers Bois », « Remplissage de Façades en Bois », « Poteau bois + remplissage interne » ...) puis a estimé les pourcentages du bois dans chaque système constructif, à partir des parts de marché ci-dessus de l'enquête Construction Bois.

### **Planchers**

Les données BatiEtude nous permettent d'observer dans une vision plus vaste des systèmes constructifs l'évolution de la part des **planchers en bois** dans la construction neuve, en baisse dans le résidentiel où la filière de la construction bois se serait insuffisamment positionnée (surtout dans les logements de petite surface), mais en hausse dans les bureaux et hôtels.

Tableau 29 Part de marché du plancher bois en construction résidentielle neuve 2010 – 2015

Figure 23 Évolution annuelle des parts de marché de plancher bois 2010 - 2015



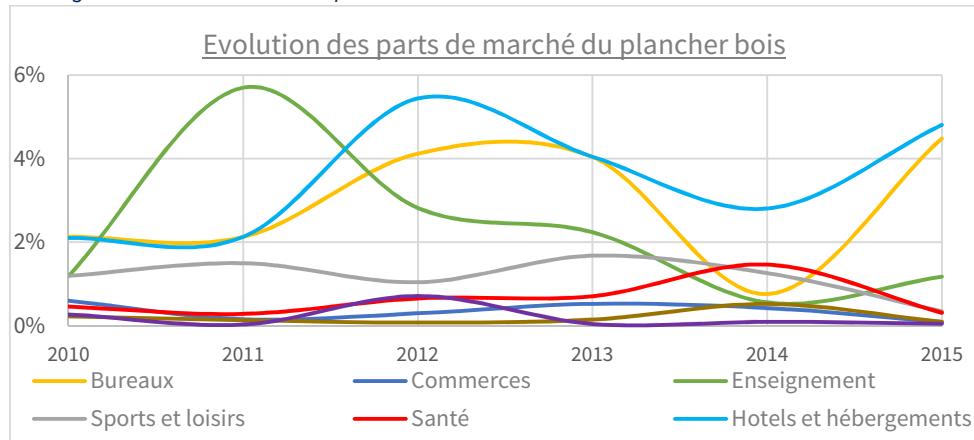
Source : BIPE, données BatiEtude

Tableau 30 Part de marché du plancher bois en bâtiments non résidentiels neufs 2010 – 2015

Planchers bois (différentes épaisseurs)	Bureaux	Commerces	Enseignement	Sports et loisirs	Santé	Hôtels et hébergements	Industrie	Stockage
Part de marché moyenne (2010 - 2015) (part des surfaces)	2,9%	0,3%	2,3%	1,2%	0,6%	3,6%	0,2%	0,2%
Tendance sur 5 années	Hausse	Baisse	Stable	Baisse	Baisse	Hausse	Baisse	Baisse

Source : BIPE, données BatiEtude

Figure 24 Part de marché du plancher bois en bâtiments non résidentiels neufs 2010 – 2015



Source : BIPE, données BatiEtude

<sup>7</sup> MIG : maison individuelle groupée

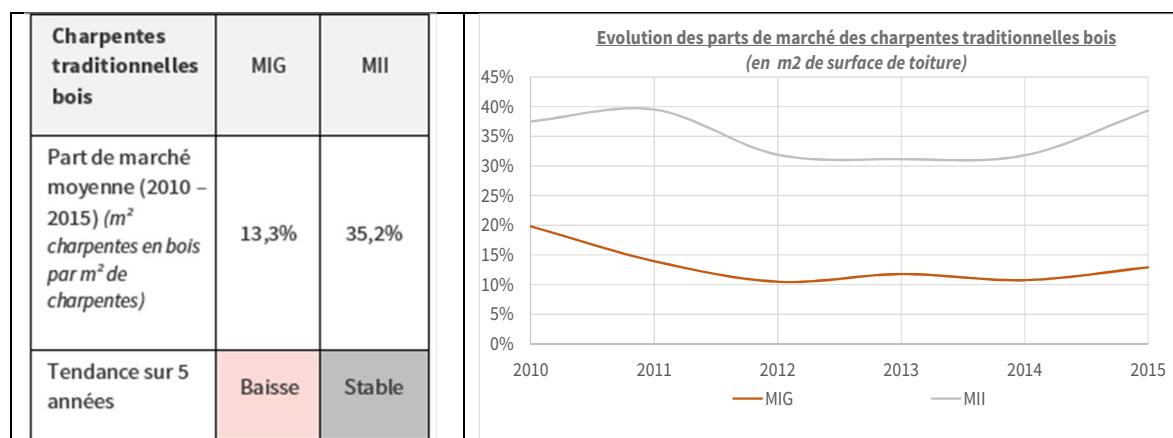
<sup>8</sup> MII : Maison individuelle isolée

## Charpentes

L'enquête BatiEtude fournit tant pour les charpentes industrielles que pour les charpentes traditionnelles les surfaces de toiture construites en fonction du type de matériaux. Le BIPE a pu en extraire la part de marché des charpentes en bois au sein des charpentes pour les deux types de charpentes.

En maison individuelle (moyenne pondérée MII+MIG), la **charpente traditionnelle** en bois représente 31% du marché des toitures en moyenne entre 2010-15 (selon la source BatiEtude) et cette part est en plutôt stable comparé à 2010 pour les maisons individuelles isolées.

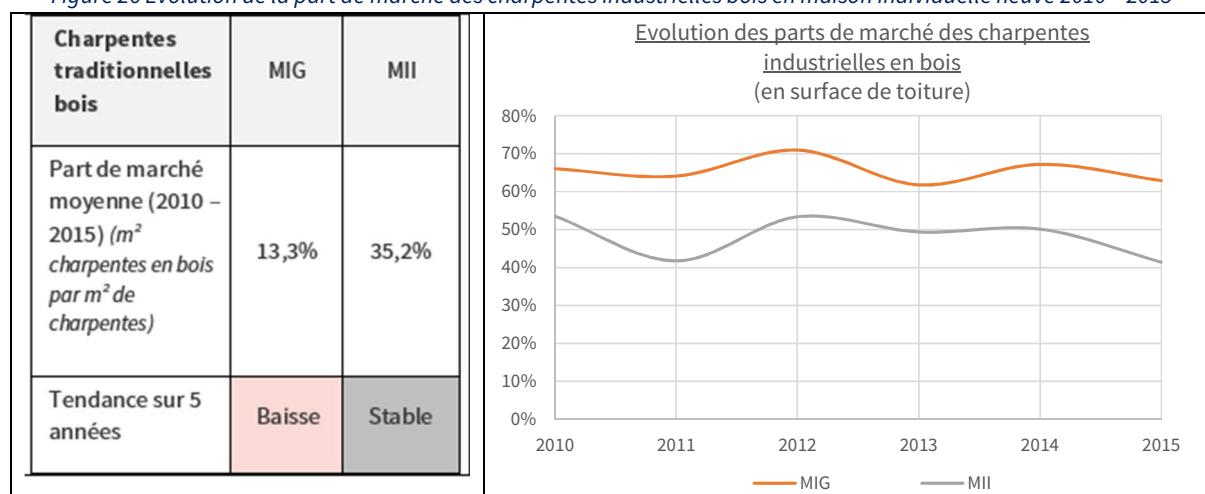
Tableau 31 Part de marché des charpentes traditionnelles bois en construction résidentielle neuve 2010 – 2015  
Figure 25 Évolution de la part de marché des charpentes traditionnelles bois en construction résidentielle neuve 2010 – 2015



Source : BIPE, données BatiEtude

La **charpente en bois dite industrielle**, représente 51,6% des charpentes des maisons individuelles (isolées et groupées). Sa part de marché est plutôt stable pour les maisons individuelles groupées et en baisse pour les isolées.

Tableau 32 Part de marché des charpentes industrielles bois en construction résidentielle neuve 2010 – 2015  
Figure 26 Évolution de la part de marché des charpentes industrielles bois en maison individuelle neuve 2010 – 2015



Source : BIPE, données BatiEtude

Du côté des bâtiments non résidentiels, la distinction charpente traditionnelle/industrielle n'est pas fournie par BatiEtude mais les matériaux des pannes et des fermes sont renseignés : bois massif ou lamellé collé.

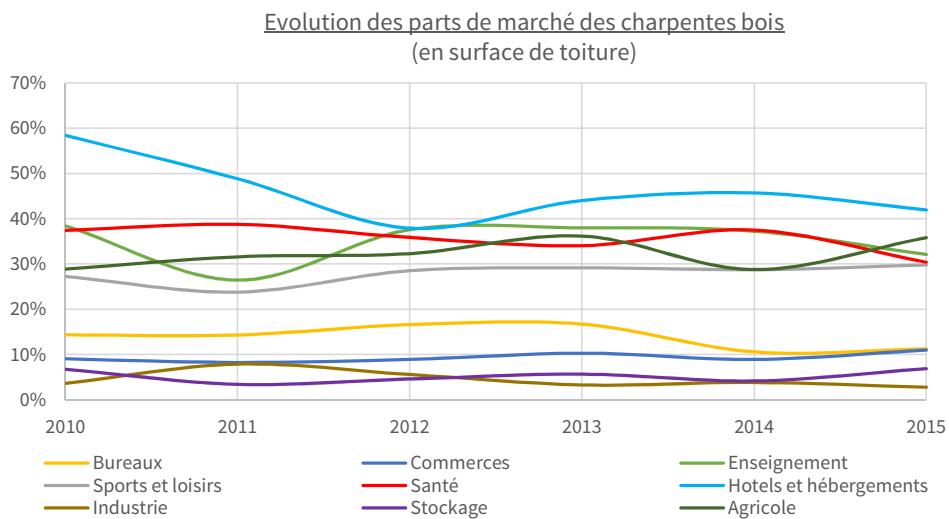
Le **bois massif** s'avère être en croissance pour les commerces, les bâtiments de sport et de loisirs et les bâtiments agricoles.

Tableau 33 Part de marché des charpentes bois massif en bâtiments non résidentiels neufs 2010 – 2015

Charpente bois	Bureaux	Commerces	Enseignement	Sports et loisirs	Santé	Hôtels et hébergements	Industrie	Stockage	Agricole
<b>Part de marché moyenne (2010 - 2015) (m<sup>2</sup>)</b>	<b>14.4%</b>	<b>9.4%</b>	<b>35.0%</b>	<b>27.9%</b>	<b>35.7%</b>	<b>46.1%</b>	<b>4.5%</b>	<b>5.2%</b>	<b>32.3%</b>
<b>Tendance sur 5 années</b>	Baisse	Hausse	Baisse	Hausse	Baisse	Baisse	Baisse	Stable	Hausse

Source : BIPE, données BatiEtude

Figure 27 Part de marché des charpentes bois massif en bâtiments non résidentiels neufs 2010 – 2015



Source : BIPE, données BatiEtude

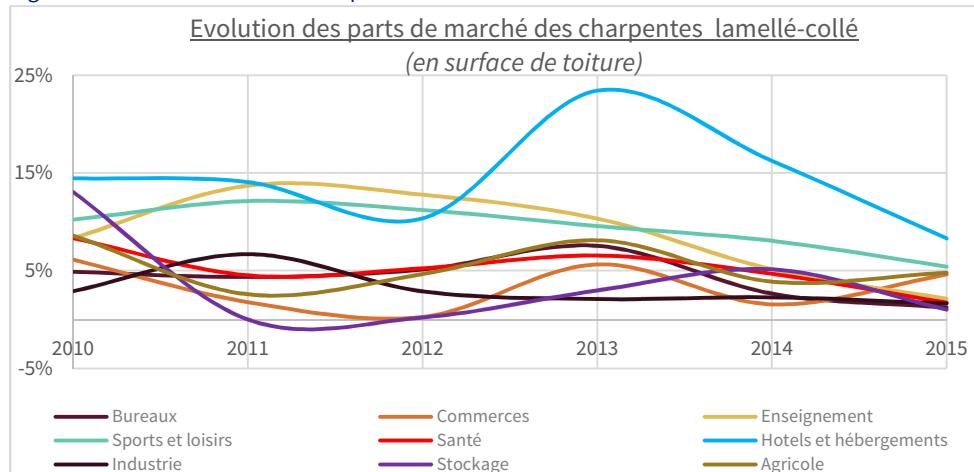
BatiEtude nous fournit également la part des pannes et fermes **en lamellé collé** pour les bâtiments non résidentiels (toujours par m<sup>2</sup> de toiture construit). Cette part de marché, plus faible que celle du bois massif, est en croissance pour les bâtiments industriels et les entrepôts de stockage.

Tableau 34 Part de marché des charpentes lamellé collé en bâtiments non résidentiels neufs 2010 – 2015

Charpente lamellé collé	Bureaux	Commerces	Enseignement	Sports et loisirs	Santé	Hôtels et hébergements	Industrie	Stockage	Agricole
<b>Part de marché moyenne (2010 - 2015)</b>	<b>2.7%</b>	<b>6.6%</b>	<b>6.7%</b>	<b>15.4%</b>	<b>3.6%</b>	<b>3.4%</b>	<b>4.0%</b>	<b>7.6%</b>	<b>5.4%</b>
<b>Tendance sur 5 années</b>	Baisse	Baisse	Baisse	Baisse	Baisse	Stable	Hausse	Hausse	Baisse

Source : BIPE, données BatiEtude

Figure 28 Part de marché des charpentes lamellé collé en bâtiments non résidentiels neufs 2010 – 2015



Source : BPIE, données BatiEtude

## 2.2 Aménagement intérieur

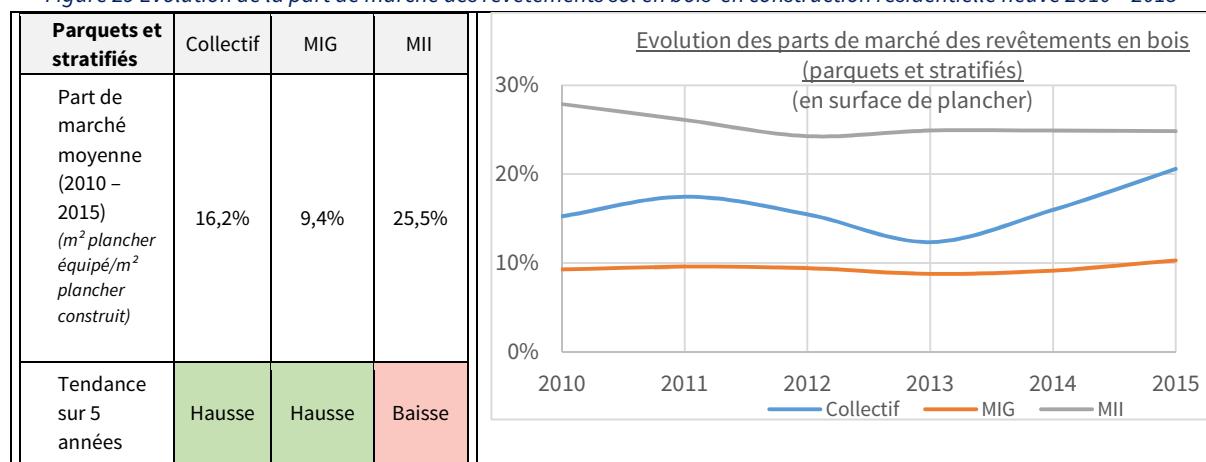
Parmi les éléments d'aménagement intérieur, examinons l'évolution des parquets et des escaliers bois.

### Parquets

Les données de BatiEtude utilisées estiment la part de marché des parquets bois et du stratifié en une seule catégorie pour les logements neufs (exprimée en surface de plancher). On observe une croissance récente de ces parquets et stratifiés dans le logement collectif et plus modestement dans l'habitat groupé.

Tableau 35 Part de marché des revêtements sol en bois en construction résidentielle neuve 2010 – 2015

Figure 29 Évolution de la part de marché des revêtements sol en bois en construction résidentielle neuve 2010 – 2015



Source : BPIE, données BatiEtude

Par ailleurs, BatiEtude distingue les parts de marché des parquets et du stratifié dans les bâtiments non résidentiels. Concernant les **parquets en bois**, on note que les parts de marché les plus élevées se situent dans les hôtels et hébergements et les bâtiments de sports et loisirs. Ces parts de marché progressent dans les bureaux et les établissements de santé.

Tableau 36 Part de marché des parquets bois en bâtiments non résidentiels neufs 2010 – 2015

Parquets	Bureaux	Commerces	Enseignement	Sports et loisirs	Santé	Hôtels et hébergements	Industrie	Stockage
Part de marché moyenne (2010 – 2015) (m <sup>2</sup> )	1,8%	0,7%	0,5%	5,7%	0,5%	8,1%	0,1%	0,01%
Tendance sur 5 années	Hausse	Baisse	Stable	Baisse	Hausse	Baisse	Baisse	Baisse

Source : BIPE, données BatiEtude

Concernant les **stratifiés**, BatiEtude enregistre des parts de marché très faibles historiquement dans les bâtiments non résidentiels.

Tableau 37 Part de marché des sols stratifiés en bâtiments non résidentiels neufs 2010 – 2015

Stratifié	Bureaux	Commerces	Enseignement	Sports et loisirs	Santé	Hôtels et hébergements	Industrie	Stockage
Part de marché moyenne (2010 - 2015) (m <sup>2</sup> )	0,23%	0,02%	0,03%	0,22%	0,06%	0,82%	0,01%	0,00%
Tendance sur 5 années	Hausse	Stable	Stable	Baisse	Hausse	Baisse	Stable	Stable

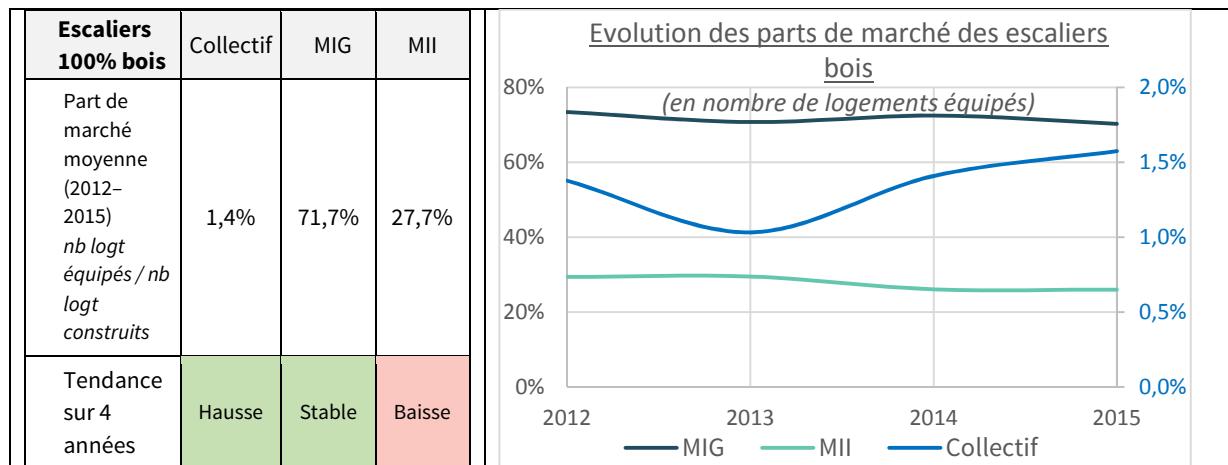
Source : BatiEtude

## Escaliers

**L'escalier 100% bois** est prédominant dans les maisons individuelles groupées selon BatiEtude (exprimé en pourcentage de bâtiments équipés d'escaliers). Ce produit est reparti à la hausse dans le logement collectif, mais la part des escaliers en bois dans les maisons individuelles est en légère baisse comparé à 2012.

Tableau 38 Part de marché des escaliers 100% bois en construction résidentielle neuve 2010 – 2015

Figure 30 Évolution de la part de marché des escaliers 100% bois en construction résidentielle neuve 2010 – 2015



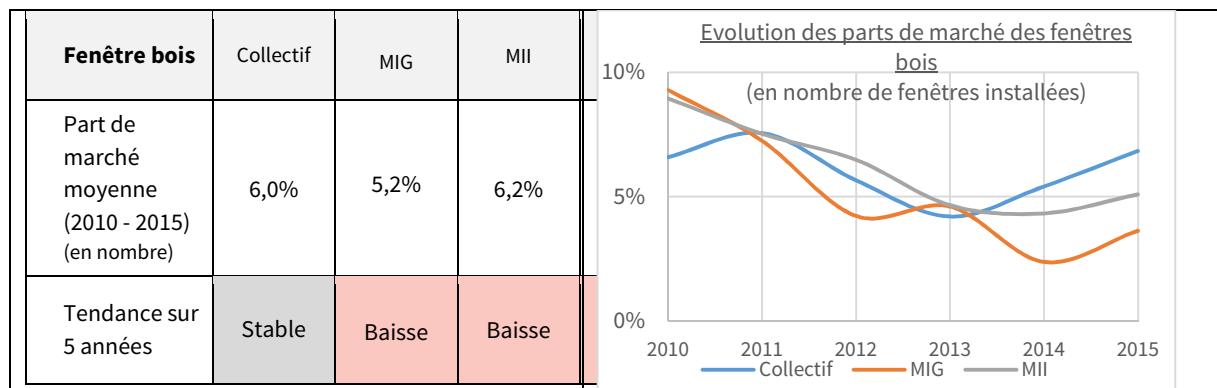
Source : BIPE, données BatiEtude

### 2.3 Aménagement extérieur

Parmi les éléments d'aménagement extérieur, examinons l'évolution des parts de marché du bois dans les fenêtres et les bardages.

Concernant les **fenêtres**, BatiEtude nous fournit des éléments sur la part de marché des fenêtres en bois dans les logements neufs (en nombre de fenêtres en bois par rapport au nombre de fenêtre) : elle est de l'ordre de 6% en moyenne. Notons par ailleurs que selon l'étude spécifique menée par le groupe Axiome/BatiEtude pour le CODIFAB et l'UFME en 2015, 4 fenêtres sur 5 sont posées en remplacement de fenêtres déjà existantes, on les considère dans la catégorie rénovation, grâce aux incitations fiscales (notamment CITE).

*Tableau 39 Part de marché des fenêtres bois en construction résidentielle neuve 2010 – 2015*  
*Figure 31 Évolution de la part de marché fenêtres bois en construction résidentielle neuve 2010 – 2015*



Source : BIPE, données BatiEtude

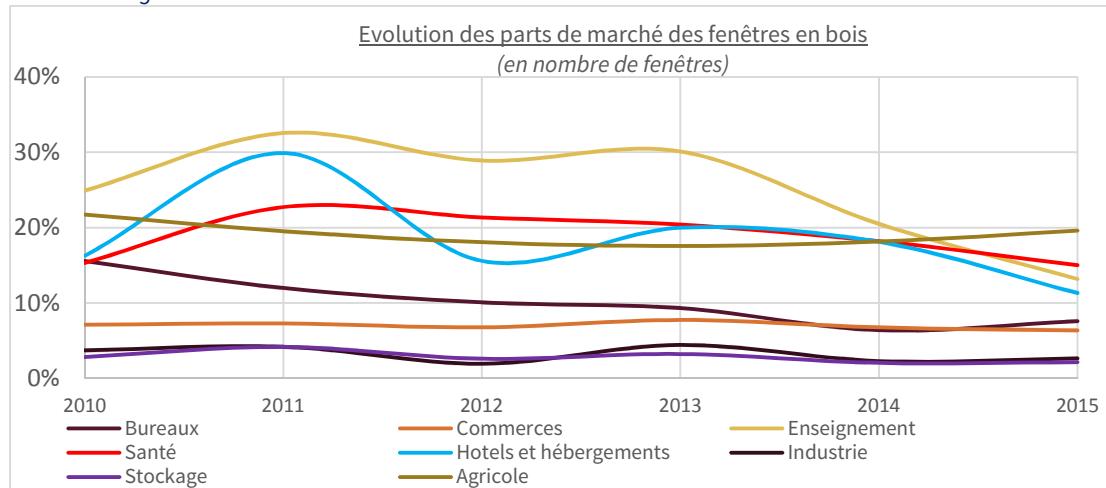
Dans les bâtiments non résidentiels neufs, la part de marché des fenêtres 100% bois est en baisse pour tous les types de bâtiments et elles sont plus nombreuses dans les hôtels et hébergements.

*Tableau 40 Part de marché des fenêtres bois en bâtiments non résidentiels neufs 2010 – 2015*

Fenêtre bois	Bureaux	Commerces	Enseignement	Sports et loisirs	Santé	Hôtels et hébergements	Industrie	Stockage
Part de marché moyenne (2010 - 2015) (en nombre)	4,3%	3,3%	8,7%	9,4%	5,2%	14,5%	3,1%	3,7%
Tendance sur 5 années	Baisse	Baisse	Baisse	Baisse	Baisse	Baisse	Baisse	Baisse

Source : BIPE, données BatiEtude

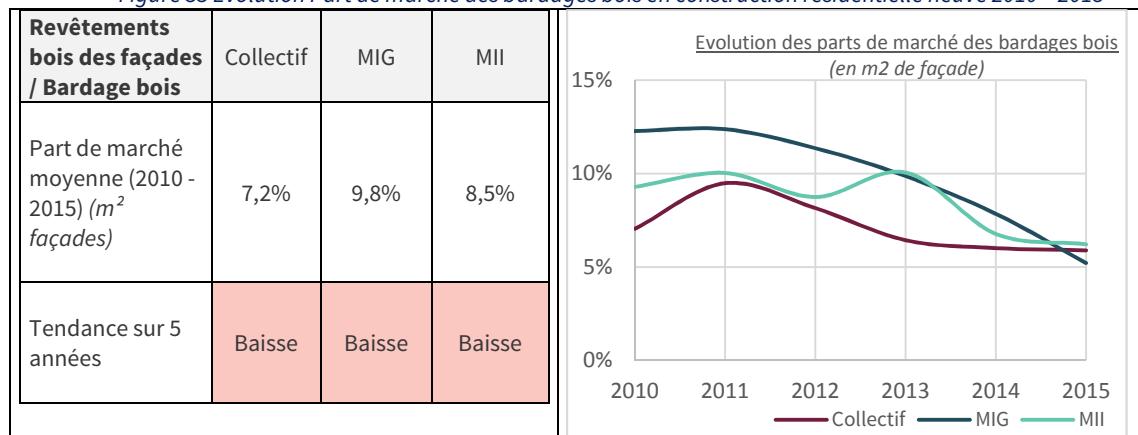
Figure 32 Part de marché des fenêtres bois en bâtiments non résidentiels neufs 2010 – 2015



Source : BIPE, données BatiEtude

Concernant les **bardages** ou revêtements de façade en bois, BatiEtude permet d'observer l'évolution de leur part de marché (exprimée en surface de façade) en baisse particulièrement marquée dans les maisons individuelles groupées.

Tableau 41 Part de marché des bardages bois en construction résidentielle neuve 2010 – 2015  
Figure 33 Évolution Part de marché des bardages bois en construction résidentielle neuve 2010 – 2015



Source : BIPE, données BatiEtude

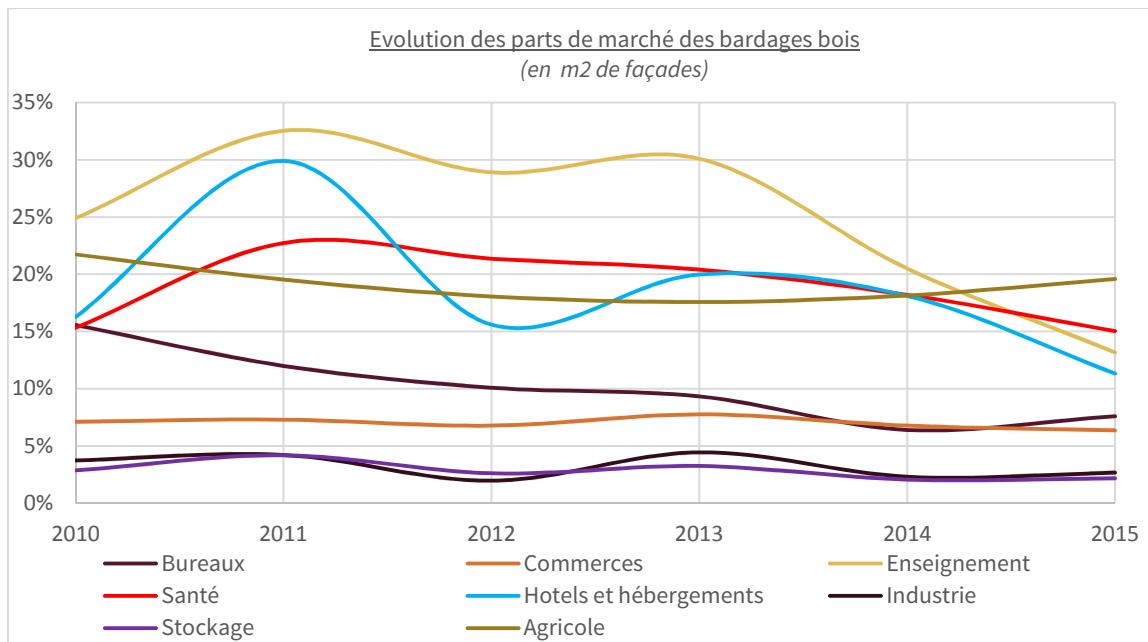
La part de marché des bardages bois est plus importante dans les bâtiments non résidentiels, et atteint 25% en moyenne des surfaces de façade des bâtiments d'enseignement, tout en ayant connu la baisse la plus marquée.

Tableau 42 Part de marché des bardages bois en bâtiments non résidentiels neufs 2010 – 2015

Revêtements bois des façades / Bardage bois	Bureaux	Commerces	Enseignement	Sports et loisirs	Santé	Hôtels et hébergements	Industrie	Stockage	Agricole
Part de marché moyenne (2010 - 2015)	10,2%	7,0%	25,0%	20,8%	18,8%	18,5%	3,2%	2,8%	19,1%
Tendance sur 5 années	Baisse	Baisse	Baisse	Baisse	Stable	Baisse	Baisse	Baisse	Baisse

Source : BIPE, données BatiEtude

Figure 34 Part de marché des bardages bois en bâtiments non résidentiels neufs 2010 – 2015



Source : BIPE, données BatiEtude

### 3/ Liste des facteurs influençant l'utilisation de produits en bois dans la construction

#### 3.1 Quelques facteurs de compétitivité identifiés dans la bibliographie

L'augmentation de l'usage de produits en bois dans la construction est liée au contexte politique, réglementaire, normatif, économique.

Les indicateurs de suivi de la Stratégie Nationale Bas Carbone, avec en ligne de mire l'objectif national de neutralité carbone à l'horizon 2050, ont montré que les politiques publiques en matière de transports, bâtiments et forêt-bois à fin 2016 nécessitaient d'être renforcées pour atteindre l'ambition voulue d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre à moyen et long terme.

Les scénarios SNBC (utilisés par le BIPE pour la prospective) prennent donc en compte le **développement de mesures incitatives** à la construction bois, comme la modification progressive de la réglementation environnementale des bâtiments neufs, le rehaussement des seuils de performance énergétique exigés des bâtiments existants, ou la massification de la rénovation énergétique des bâtiments résidentiels et tertiaires existants, notamment en agissant sur l'enveloppe (isolation thermique). Ces changements réglementaires joueront positivement pour les parts de marché du bois. Par exemple, avec l'arrivée du label énergie carbone en 2020, les méthodes constructives « bas carbone » et l'usage de matériaux bio-sourcés devraient croître.

**Il subsiste cependant différentes contraintes** à lever pour développer l'utilisation du bois en construction, que des précédents rapports et communications gouvernementales ont déjà décrites.

En août 2009, un rapport CSTB/FCBA (*DEVELOPPEMENT DE L'USAGE DU BOIS DANS LA CONSTRUCTION - Obstacles Réglementaires & Normatifs Bois Construction*) a appelé par exemple à la révision de textes relatifs à la sécurité incendie permettant de lever des obstacles injustifiés à l'utilisation du bois. Il a aussi pointé la nécessité de valoriser la performance environnementale et sanitaire des procédés et systèmes constructifs bois (par ex. démontrer l'apport des transferts hygrothermiques sur le confort d'été des maisons à ossature bois).

La filière construction bois, qui s'initie petit à petit aux règles de calculs européennes dites Eurocodes harmonisant les différentes spécifications techniques nationales sur la sécurité structurale des constructions, rencontre des obstacles de dimensionnement d'ouvrages (par exemple un certain nombre d'essences locales françaises encore non classées et ne pouvant pas encore être utilisées).

De plus, selon ce rapport, les petites entreprises rencontrent des difficultés d'assurabilité pour les procédés de constructions reconnus non traditionnels. La filière technique est également en pénurie de compétence et doit développer les formations : information et formation initiale dans les écoles d'architecture, les écoles d'ingénieurs par exemple.

En mai 2011, le rapport du CSTB<sup>9</sup> établi pour le Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement relatif aux obstacles au développement de produits biosourcés a notamment noté la nécessité de pouvoir élaborer des référentiels collectifs génériques des produits biosourcés, des textes consensuels (règles professionnelles), des normes de produits ou documents techniques unifiés (DTU) ou de faire intégrer dans des DTU existants, les nouveaux produits. Pour ces produits, a été signalé également un déficit patent dans la production de fiches de déclarations environnementales et sanitaires (FDES), qui constitue un vrai obstacle y compris réglementaire.

Pour surmonter les obstacles normatifs, la profession s'est dotée depuis 2014 du Catalogue Construction Bois ayant pour but de rassembler et de décrire les standards d'aujourd'hui et de demain de la construction bois en France, de manière à fiabiliser leur prescription dès le stade amont de la conception.

Du côté gouvernemental, un troisième plan bois a été signé en septembre 2017 par le secrétaire d'État à la Cohésion des territoires, France Bois Forêt et le Codifab, pour la période 2017-2020 : ce troisième plan Bois (après ceux de 2009 et 2014) a pour but entre autres de lever les différents freins législatifs et réglementaires à l'usage du bois. Ce plan comporte trois axes : « Accompagnement de la maîtrise d'ouvrage », « Facilitation de l'appropriation des référentiels techniques » et « Bois et performances environnementales du bâtiment ». Il vise particulièrement à lever les freins culturels et accompagner des besoins des donneurs d'ordre.

Le projet de loi logement 2018 (loi Elan) a notamment pour objectif de lever les blocages techniques que les maîtres d'ouvrage rencontrent auprès des bureaux de contrôle et des assureurs pour lancer des constructions en bois. Le texte, dans ses articles 18 et 19, propose une définition de la préfabrication, une adaptation des règles d'allotissement de la commande publique et la fixation d'un cadre juridique pour la construction d'une maison individuelle préfabriquée notamment en bois.

---

<sup>9</sup> CSTB - Rapport « Obstacles au développement des filières de matériaux et produits biosourcés » ; MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT - Mai 2011

### 3.2 Facteurs de compétitivité cités par les experts des Groupes de Travail de l'étude

Au cours des différentes réunions des Groupes de Travail de l'étude, les experts ont listé ces différents facteurs qui pourraient agir sur la compétitivité des technologies bois et le développement d'innovations dans la construction bois :

- **Effets de mode** : certains produits bois innovants connaissent une progression importante de leurs parts de marché puis voient leur utilisation chuter lorsque la mode est passée (en aménagement intérieur spécialement).
- **Tendances architecturales** : par exemple, on observe ces dernières années une mode des maisons à étage pouvant influer sur la consommation de bois, ainsi qu'une tendance lourde de la mixité bois/béton (pouvant concurrencer l'usage du panneau bois CLT).
- **Du côté de la demande, une pression sociétale** existe en faveur de produits à faible impact environnemental (stockant le carbone, à faibles émissions de CO<sub>2</sub>, recyclables...), et compétitifs. On note aussi une forte demande en matière d'isolation thermique et acoustique.

Dans le même temps, certaines attentes freinent l'expansion du bois : par exemple, le bois composite en menuiserie intérieure est moins prisé par les Européens qu'outre-Atlantique.

Le bois pâtit aussi de la perception qu'en ont les utilisateurs de son coût élevé et des exigences et frais d'entretien associés.

- Les nouvelles formes **d'organisation de la filière** (préfabrication, gestion numérique...) pourraient accélérer le déploiement de produits innovants : par exemple l'assemblage rapide sur le chantier de CLT préfabriqué. Ainsi, la fabrication de fermettes préfabriquées en usine et dont la phase d'étude a été industrialisée au niveau mondial augmente la rentabilité de la technique (grâce à l'utilisation d'un logiciel majoritaire dans le monde). Le développement de la **robotisation** pourrait améliorer aussi la compétitivité de la filière, qui réalisera des produits préfabriqués plus performants et personnalisés.
- **La concurrence internationale** pourrait se réduire grâce au développement de nouvelles filières locales : depuis 2017, le CLT est produit en France ce qui risque d'avoir une influence positive sur les parts de marché nationales. Des technologies émergent, permettant de développer l'usage des feuillus, première ressource française, la mixité feuillus/résineux pourrait augmenter dans les ouvrages de structure.
- **La formation des agents** dans la production et la mise en œuvre de produits bois reste cruciale (importance particulière de la formation des agents installateurs qui ont un vrai pouvoir de prescription).

Par ailleurs, la **difficulté de mobilisation des investisseurs** a été mentionnée : la petite taille du marché du bois dans le bâtiment rend en effet la levée de fonds pour la recherche très compliquée, ce qui impacte par exemple le marché des peintures bois performantes et celui des colles.

L'analyse des impacts possibles de ces différents facteurs sur la construction bois à horizon 2035 et 2050 a été établie par le biais de l'étude de la diffusion de technologies innovantes et de leurs impacts.

## 4/ Veille technologique sur les innovations, opportunités et contraintes de leur développement

Le choix des innovations technologiques considérées résulte d'un processus de veille, complété par plusieurs échanges avec le FCBA et d'autres experts et alimenté par les discussions et remarques émises au sein des groupes de travail de l'étude.

Une veille technologique menée par le BIPE, en collaboration avec le FCBA, a servi à identifier les principales « innovations » (produits existants ou non ou appelés à se développer) pouvant impacter la consommation de bois par familles de produits. La veille et l'interrogation des experts ont conduit à estimer les années d'apparition et de pleine maturité des principales innovations et les freins/accélérateurs au développement de celles-ci. À pleine maturité, deux impacts de ces innovations ont été recherchés : « l'impact attendu », compte-tenu du contexte économique, technique et législatif (comportant des obstacles normatifs, de filière ou autres), et « l'impact maximum » des innovations (sans freins particuliers autres que la concurrence des autres produits), afin d'enrichir le travail de projection des parts de marché selon les différents scénarios.

### 4.1 Démarche d'identification des innovations

Des sources et revues spécialisées ont été consultées (ex Woodsurfer.com, Cmpbois.com, Bois.fordaq.com, Bois International, architecturebois.fr, forestopic.com, lemoniteur.fr, Batiweb.com, batirama.com, batijournal, sites du FCBA, du CSTB, « trophées Eurobois » ...) afin d'identifier des innovations, des produits « innovants » ou des « nouveaux matériaux » marquants.

La sélection des innovations (populaires en termes d'articles) a tenu compte des critères suivants :

*Une innovation technologique peut être considérée comme innovation « de rupture » si, par exemple, elle permettra aux solutions bois d'accéder à de nouveaux marchés... (Par ex. : construction de bâtiments de grande hauteur avec du CLT) ... ou permettra une variation très significative :*

- Du coût du chantier
- De l'allongement de la durée de vie du bâtiment
- De la durée du chantier
- De la durée de la phase étude
- Du volume de bois utilisé (*coefficients techniques*)

En plus des discussions avec le FCBA, quelques interviews (d'industriels au salon Batimat, d'un ingénieur de Nobatek/INEF4, centre de recherche appliquée dédié à la construction durable notamment) ont servi à valider la sélection.

### 4.2 Produits identifiés

Une quarantaine de produits innovants ont ainsi été sélectionnés pour les améliorations qu'ils pouvaient procurer aux constructions bois : grandes portées possibles, résistance au feu, isolation phonique, rigidité, durabilité, accélération du temps de construction, valorisation des ressources locales ...

Les experts ont été consultés sur la validation des innovations technologiques majeures à retenir.

Des innovations pouvant jouer un rôle plus transversal n'ont finalement pas été retenues : Building Information Modelling (BIM), Impression 3D, Robotisation dans la préfabrication.

Voici la liste des produits analysés et présélectionnés à fin 2017 par catégorie d'ouvrage :

## Éléments de structure

*CLT en hêtre ou CLT hybride épicéa/hêtre  
CLT cintré  
BLC en chêne  
Produits structuraux à base de résineux locaux  
Dalle modulaire en lamellé collé/croisé  
Panneau bois massif OSB  
Panneau hybride isolant  
Panneau sandwich isolant  
Madrier plein coupe-feu  
Parois perspirantes  
Panneaux sans colle / DLT / Brettstapel / BMR-T  
Lamibois/LVL  
Brique pour ossature sans isolation  
Système modulaire pour l'emploi en murs porteurs  
Procédé Batipack  
Dalles / Planchers mixtes bois-béton*

## Menuiseries et aménagements extérieurs

*Bois traité à haute température (THT) / BMT / Bois rétifié  
Bois brûlé  
Bois acétylé  
Bois réticulé  
Furfurylation  
Bois translucide (polymérisé biosourcé)  
Bois avec silice  
Bois composite : co-extrudé  
Bardage en bois reconstitué / WPC  
Fenêtre performante thermiquement  
Vitrages collés / Lumivec  
Techniques de finition par système performant (peintures)  
Bois ignifugé Euroclasse B ou M1*

## Menuiseries et aménagements intérieurs

*Bois Traité à Haute Température (THT) / BMT / Bois rétifié  
Bois translucide (polymérisé biosourcé)  
Panneaux décoratifs acoustiques (laine de bois)  
Panneaux acoustiques micro-perforés*

*Parquet gravé  
Bois flotté  
Matériaux à changement de phase  
Isolants sous vide*

Cette liste (non exhaustive) a servi de base à la constitution par le FCBA de regroupements de technologies, dans chaque famille de produits.

Certains experts ont suggéré d'exclure des innovations qu'ils jugent sans potentiel : bois acétylé, furfurylation, à remplacer par le traitement en autoclave, par exemple, susceptible de se développer davantage.

#### 4.4 Regroupements FCBA : description des familles de technologies

##### **Quatre familles de technologies retenues pour les Éléments de structure**

Ces familles apportent notamment plus de rapidité de montage sur le chantier, des gains de main d'œuvre et plus de durabilité

- **La famille Panneaux massifs structuraux** a pour chef de file le CLT (panneau massif composé de lames de bois encollées à plis croisés) qui apporte des performances thermiques, propose une tenue parfaite dans le temps et un temps de montage très court. Il est susceptible de se développer significativement, dès lors que les marchés adaptés seront rendus massivement accessibles aux systèmes constructifs bois.  
Sont aussi considérés dans la famille : les panneaux bois massif à « ossature croisée » pour façades-rideaux ; le CLT à isolation intégrée, le CLT cintré, le CLT hybride...
- **Innovations pour bâtiments multi-étages** : pour maîtriser cette nouvelle cible multi étagée, des nouvelles réponses techniques et des innovations en matière de structuration de l'offre sont nécessaires et notamment une association des compétences « structure » (en matière de charpente grande portée) et « enveloppe » (ossature des maisons individuelles).
- **Feuillus et usages structuraux** : Le ministère du logement et les professionnels de la filière en ont fait un de leurs axes prioritaires du Plan Bois 2. Les feuillus ont des qualités acoustiques, de solidité et apportent une stabilité accrue. Sont inclus dans cette famille : le CLT de hêtre, le Bois Lamellé Collé - BLC de chêne. Le FCBA et la filière ont travaillé depuis quelques années sur la qualification mécanique des principales essences feuillues (chêne, hêtre, châtaignier...) issues de la ressource nationale. Des travaux en cours permettront l'obtention d'outils normalisés optimisés pour les règles de dimensionnement des structures à base de feuillus et pour la maîtrise du collage à usage structural (norme européenne pour bois lamellés collés de feuillus).
- **Planchers préfabriqués** : ils permettent de réduire le risque d'exposition aux intempéries et donc le délai de mise en œuvre. Ils offrent aussi une bonne absorption acoustique. Sont inclus dans la famille : la D-Dalle, double dalle mixte bois-béton, la dalle modulaire en lamellé collé.

### ***Trois familles de technologies retenues pour les Menuiseries et l'Aménagement Extérieur***

Les qualités offertes par les produits de ces familles d'innovation sont la résistance aux intempéries et au feu, la longévité, le fait d'éviter les désagréments esthétiques liés au vieillissement, ainsi qu'une meilleure isolation.

- **Dans la famille Durabilité conférée des bois**, les produits permettent de mieux gérer l'exposition aux intempéries, améliorent la durabilité biologique, ou permettent de conférer un niveau de réaction au feu supérieur à la propriété naturelle du bois de constitution de bardage, par exemple. Pour acquérir ces nouvelles propriétés, le bois est notamment modifié chimiquement ou par traitement thermique. Sont donc inclus dans la famille : le traitement en autoclave, le bois traité à haute température ou bois modifié thermiquement, le bois rétiifié, les nouveaux bardages ignifugés...
- Dans la famille **Vieillissement d'aspect**, les produits visent à mieux gérer les réticences des prescripteurs vis-à-vis du bois en extérieur, lui reprochant les désagréments esthétiques liés au vieillissement. Pour y remédier, la technique ancestrale japonaise du « bois brûlé » peut se développer et des techniques plus récentes se diffuser, comme les nouvelles formulations de peintures, lasures pour support bois (finitions auto-réparantes, finitions intelligentes). La minéralisation, métallisation et céramisation de surface du bois visent le même objectif et le bois co-extrudé (bois/polymère) confère aussi plus de durabilité.
- **Menuiseries extérieures performantes** : les fenêtres et porte fenêtres font l'objet de plusieurs types d'innovations actuellement. L'axe thermique et la performance énergétique est travaillé, générant notamment de la R&D sur la mise en œuvre des vitrages (collés) et les vitrages eux-mêmes, mais également sur les profils dormants/ouvrants (profils recomposés avec intégration d'isolants...). La mixité (bois/alu, Bois/PVC...) est également au cœur des réflexions.

### ***Quatre familles de technologies retenues pour les Menuiseries et l'Aménagement Intérieur***

Les principales qualités de ces innovations sont : l'amélioration de la qualité de l'air, la performance acoustique et le confort

- **Famille Parements peu émissifs** : La qualité de l'air intérieur des bâtiments est un sujet majeur pour ces prochaines années. Cette tendance est largement amorcée mais est en train d'évoluer progressivement d'un stade incitatif (obligation d'affichage de performances ce qui incite les fabricants à réduire l'impact de leurs produits) sur les produits à un stade exigé dans les ouvrages. À noter que la normalisation européenne sur les substances dangereuses est en pleine évolution et que là encore des répercussions sont attendues sur les produits. On assiste donc à de nombreux travaux et développements sur le verdissement des finitions, colles... générant de l'innovation sur les produits qui en contiennent. La filière bois est notamment concernée sur la grande famille des panneaux (pour la plupart) mais également des bois recomposés, tout particulièrement en revêtements sol, mur et plafond.

- **Famille Parements Techniques** : Le développement du bois dans un grand nombre de typologies d'ouvrages nécessite une adaptation des produits à certaines contraintes spécifiques. Certaines solutions techniques de parement à base de bois ont des atouts intrinsèques et font l'objet d'adaptation pour leur conférer certaines propriétés. C'est le cas de panneaux techniques acoustiques (micro-perforés par exemple) ou de panneaux ignifugés pour certains locaux à niveau de réaction au feu élevé.
- **Parements décoratifs** : Les atouts en matière d'esthétique et de confort du matériau bois en parement intérieur des pièces à vivre, conduisent au développement d'innovations **esthétiques**, ainsi qu'à un renouvellement annuel des gammes selon la mode et le design. Le bois bénéficie d'une image très positive. Dans ce contexte et dans le cadre des travaux du PNFI (Plan Nouvelle France Industrielle), l'association ADIVBois développe les « Immeubles à Vivre Bois », dont la conception et la réalisation amélioreront la qualité de vie des habitants grâce aux parements en bois, aux structures apparentes intérieures, aux meubles et agencements. Sont inclus dans cette famille : le parquet gravé, le parquet avec inclusions, les parquets vieillis, les lambris pour pièces humides bénéficiant de traitement thermique.
- **Escaliers innovants** : apportent également plus de confort, car ils peuvent être connectés et bénéficier de la mixité des matériaux.

#### 4.5 Évolution des opportunités et des contraintes sur les innovations produits bois

Plusieurs experts membres des Groupes de Travail (ou extérieurs à ceux-ci) ont été sollicités par le BIPE, afin de remplir une matrice indiquant pour chaque famille d'innovations une date (cible, approximative) de maturité (la plus lointaine parmi celles des innovations incluses dans la famille d'innovations). Ces experts devaient ensuite classer et noter l'importance des facteurs de freins/accélération à la diffusion de ces familles, en ajoutant quelques commentaires qualitatifs.

Malgré le nombre limité de réponses reçues, des tendances intéressantes émergent. Au global, autant d'opportunités que de contraintes pèsent sur les innovations. Parmi les freins, le manque de formations et la nécessité de structurer la filière étaient souvent citées.

La réglementation est plutôt jugée comme un accélérateur de diffusion des innovations pour les éléments de structure mais des inquiétudes subsistent en aménagement extérieur, par exemple avec les produits de traitement du bois toujours plus contrôlés.



### 1/ Accélérateurs

- Les tendances architecturales**  
(robustesse esthétique, design...)
- La demande**  
Effets de mode
- Les valeurs environnementales**  
une préoccupation prioritaire pour le consommateur
- L'offre / la promotion / les circuits de distribution**
- Innovation dans la gestion de chantier**



### 2/ Freins

- Les formations/les métiers associés**  
Manque de formations qualifiantes pour les artisans et les entreprises de construction
- La réglementation**  
Reste souvent contraignante
- Les normes**  
ex attente de marquage CE
- Structuration de la filière**
- Compétitivité prix** (dans une moindre mesure,

- **Éléments de structure : opportunités et contraintes à la diffusion des technologies**

Beaucoup de facteurs de diffusion des technologies ont été notés comme importants par les experts (note de 8 à 10/10) et pèsent positivement ou négativement sur ces types d'ouvrage : l'offre, l'innovation dans la gestion de chantier, les normes, les tendances architecturales, les formations.

**La famille « Panneaux massifs structuraux »,** dont les produits sont bientôt estimés à pleine maturité (2020), bénéficiera le plus (avec les « Planchers préfabriqués ») de facteurs d'accélération. Ces innovations sont portées par la demande : elles bénéficient d'une image de robustesse et d'esthétique, de plus, les projets d'immeubles de grande et moyenne hauteur en bois se développent en France (treize projets démonstrateurs de la construction bois ont été retenus lors du concours ADIVBois - Les immeubles à Vivre Bois de 2017). Les innovations de la famille « Panneaux massifs structuraux » sont aussi portées par les tendances architecturales et l'offre qui se développent de plus en plus en France. Elles sont freinées par le manque de compétences dans les services et la gestion (par ex : les poseurs), la confusion dans la compréhension des enjeux assurantiels des clients et prescripteurs, et la nécessité de structurer la filière qui se développe à grande vitesse. Elle est dans l'attente de la sortie "complète" de la norme européenne comprenant le marquage CE et de l'intégration complète du CLT dans les DTU.

Dans la famille **Bâtiments multi-étages**, les innovations sont portées par la demande (concept très attractif), les tendances architecturales, et l'innovation dans la gestion de chantier. Cependant elles souffrent de la nécessité de structurer la filière et de développer une offre complète de bâtiment (produits + ingénierie + services) et du manque de formations (nécessité d'une parfaite maîtrise technico-normative lors de la conception).

Dans la famille **Planchers préfabriqués** les facteurs d'accélération sont la demande (concept très attractif) et l'innovation dans la gestion de chantier, les freins sont la structuration de la filière, la compétitivité-prix, les formations (manque de compétences alliant gros œuvre et planchers bois), les contraintes techniques (par exemple : problème du cumul de performances (résistance au feu, acoustique basse fréquence, rigidité) des planchers préfabriqués). Ces planchers semblent difficiles à placer dans un lot gros œuvre béton.

La date estimée de pleine maturité de la famille « **Feuillus et usages structuraux** » est plus lointaine (2050) et des freins subsistent pour le déploiement des technologies dans ce domaine tels que des surcoûts matières comparé aux résineux nordiques, l'absence de marquage CE, les actions nécessaires pour développer les produits.

Le tableau ci-dessous récapitule les différents facteurs et leur poids, tels qu'estimés par les experts, qui conduiront à un déploiement modéré des familles d'innovations.

Tableau 43 Niveaux d'influence des facteurs de freins et d'accélération des innovations technologiques – Éléments de structure

Moyenne des niveaux d'influence (note /10)	Famille d'innovation	Panneaux massifs structuraux	Innovations pour bâtiments multi-étages	Feuillus et usages structuraux	Planchers préfabriqués
		Année cible de maturité	2020	2030	2050
Facteurs		Type d'impact des facteurs sur le développement des innovations			
10,0	Innovation dans la gestion de chantier, de la production et de l'entreprise				
9,3	L'offre / la promotion / les circuits de distribution				
8,7	Les normes				
8,7	Tendances architecturales				
8,0	Les formations/les métiers associés				
7,7	La demande / l'image / les effets de mode..				
7,3	La structuration de la filière				
7,3	Compétitivité-prix				
7,3	Valeurs environnementales				
6,7	Concurrence internationale				
6,3	Les contraintes techniques sur d'autres aspects				
5,7	La réglementation				

Facteur de frein

Facteur d'accélération

ND

Source : BIPE

#### ● **Aménagement intérieur : opportunités et contraintes à la diffusion des technologies**

En aménagement intérieur, toutes les familles de technologies devraient accélérer leur déploiement. Le facteur noté comme le plus important (note de 8 à 10/10) est celui des tendances architecturales, influencées notamment par les préoccupations environnementales et l'engouement pour les produits naturels.

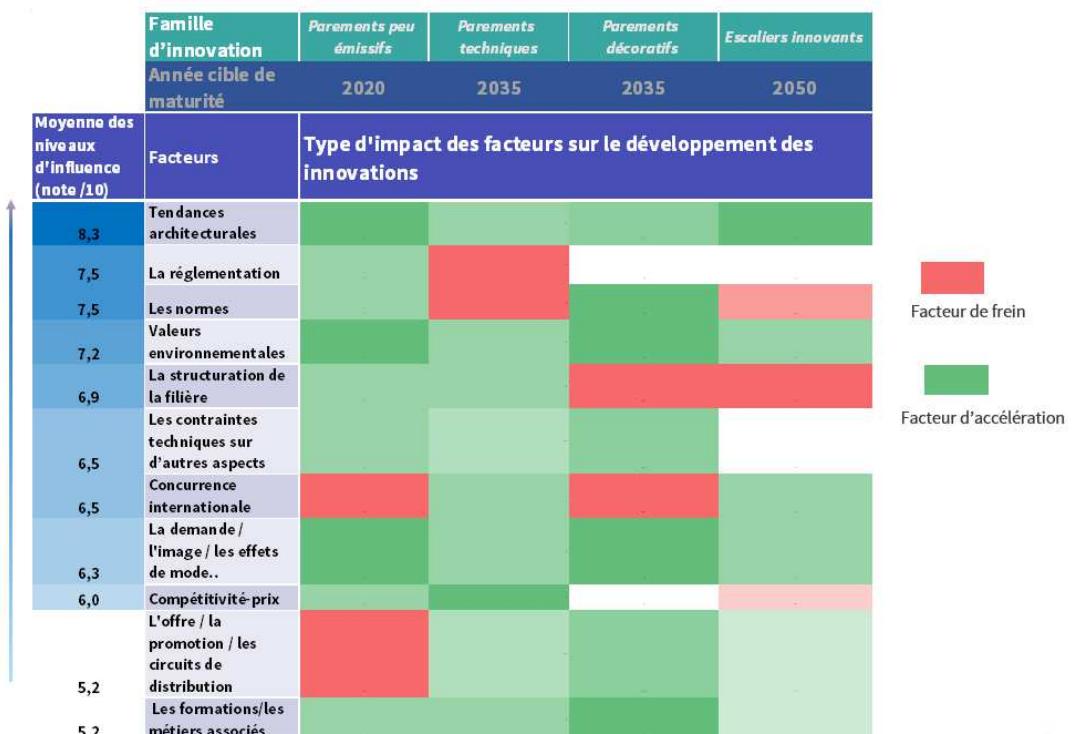
Dans la famille **Parements peu émissifs**, les innovations sont portées par la demande environnementale qui devient une préoccupation prioritaire pour le consommateur, les tendances architecturales, les valeurs environnementales. Les freins sont : la concurrence internationale, l'offre qui pâtit d'un manque de formation des prescripteurs, et les contraintes techniques (la certification des produits de plus en plus demandée)

Dans la famille **Parements techniques** (panneaux acoustiques ou ignifugés) les facteurs porteurs sont la demande, la compétitivité-prix et les valeurs environnementales. Les freins sont la réglementation, encore contraignante, et les normes qui restent à définir.

Dans la famille **Parements décoratifs**, les innovations sont portées par la demande (qui varie suivant les dernières tendances), les tendances architecturales, les valeurs environnementales (ces produits sont en évolution constante). Elles sont freinées par la structuration de la filière (difficulté d'approvisionnement en chêne) et par la concurrence internationale.

Enfin, la famille **Escaliers innovants** sera portée par les tendances architecturales (développement du bâtiment numérique) mais limitée par les normes (à définir, ainsi que la filière numérique et escalier) et par la compétitivité-prix (il s'agit de produits haut de gamme), alors que les formations sont à parfaire.

*Tableau 44 Niveaux d'influence des facteurs de freins et d'accélération des innovations technologiques – Aménagement intérieur*



Source : BIPE

### ● Aménagement extérieur : opportunités et contraintes à la diffusion des technologies

Les facteurs notés comme importants (note de 8 à 10/10) sont la demande (le désir de montrer du bois en façade croît) et la réglementation, qui peut être aussi bien opportunité qu'une contrainte, selon les innovations. Par exemple la directive Biocides « 98/8/CE » travaille sur l'équilibre précaire efficacité-sûreté des produits de traitement.

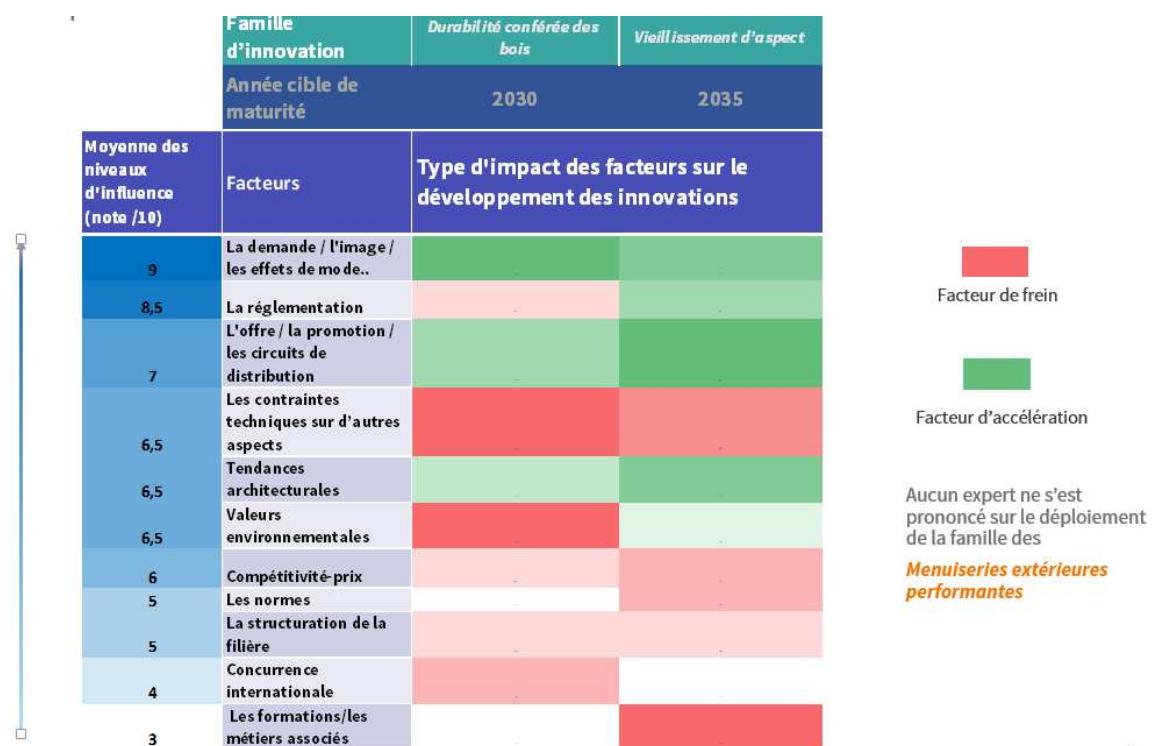
Les innovations de la famille **Durabilité conférée des bois** seront portées par la demande, l'image et les effets de mode (critères de durabilité et de garantie apportée très importants) l'offre, la promotion et les circuits de distribution et les tendances architecturales. Certains freins subsistent : les contraintes techniques (certains procédés chimiques ne sont pas assez encadrés, normalisés, certifiés et leurs coûts ne sont pas assez évalués), les valeurs environnementales (l'intégralité des données environnementales pour chaque procédé doit être prise en compte), la réglementation sur la préservation des bois qui est de plus en plus contraignante et la concurrence internationale.

Dans la famille **Vieillissement d'aspect**, les technologies, qui luttent contre la réticence à l'utilisation du bois lié au grisonnement, sont appelées à un déploiement modéré, portées par la demande, l'image et les effets de mode, l'offre, la promotion et les circuits de distribution, les tendances architecturales, la réglementation.

Des freins subsistent : Les contraintes techniques, la compétitivité-prix des nouveaux traitements, les formations aux nouveaux procédés de vieillissement d'aspect, les normes.

Aucun expert ne s'est prononcé sur la famille des **Menuiseries extérieures performantes**.

Tableau 45 Niveaux d'influence des facteurs de freins et d'accélération des innovations technologiques – Aménagement extérieur



Source : BIPE

Compte-tenu de ces différents facteurs d'accélération et de frein, quel impact ces différentes innovations auront-elles sur l'évolution des parts de marché du bois dans la construction ?

#### 4.6 Analyse des impacts possibles de ces innovations sur les parts de marché

Lorsque les experts ont estimé les dates de maturité des différentes familles de technologie, l'année 2035 a été le plus souvent mentionnée. Dès lors, le BIPE a décidé de considérer cette date comme point d'évolution des scénarios Volontariste et Alternatif.

Le BIPE a proposé aux différents experts une matrice visant à estimer l'effet qualitatif des bouquets de technologies de rupture sur les parts de marché du bois. À partir des parts de marché existantes (moyennes 2010-2015) les experts ont ainsi estimé deux évolutions de parts de marché, à pleine maturité des familles de technologies (en 2035) :

- **Potentiel technologique** maximal : il s'agissait de mesurer l'impact des innovations sur les parts de marché, dans un contexte très favorable du point de vue sociétal, réglementaire, normatif, de structuration de l'offre et sans considérer les freins et désavantages possibles de la famille d'innovations, mais en tenant compte des facteurs compétitivité/coûts avec les autres matériaux (sinon rien n'empêcherait d'atteindre 100% de part de marché). Cette donnée a été prise en compte dans le scénario **Volontariste**.
- **Impact attendu** : il s'agissait de modérer le potentiel technologique par la prise en compte des freins au développement des technologies (réglementaires, économiques ou de filières etc.). Cette donnée a été prise en compte dans le scénario **Alternatif**.

À noter : les experts ne se sont pas prononcés sur certains produits pour lesquels le BIPE a estimé directement les volumes de bois à partir de données de marché sans passer par des parts de marché (le plafelage ou les cuisines par exemple).

Le BIPE a reçu 5 réponses présentant une estimation de l'impact quantitatif des technologies sur l'évolution des parts de marché du bois, dont voici la synthèse.

**Dans les Éléments de Structure**, les familles de technologies qui devraient se développer le plus rapidement sont les Panneaux massifs structuraux et les Planchers préfabriqués.

Les parts de marché devraient donc, selon les experts, croître significativement pour le CLT : le potentiel technologique maximum des innovations, qui serviraient les projets de moyenne et grande hauteur, ferait passer sa part de marché dans le logement collectif de moins de 0,2% à près de 7% en 2035, une belle croissance étant prévue également dans les bâtiments tertiaires. L'ossature bois bénéficierait aussi des technologies et leur part de marché passerait de 1 à 9% dans le logement collectif.

La construction mixte a également un bel avenir : alors que les planchers mixtes bois béton sont en développement, les parts de marché pourraient atteindre 5% à pleine maturité.

Enfin, le souci des performances énergétiques et les incitations à l'usage de matériaux biosourcés devraient profiter à la laine de bois en tant qu'isolant, dont la part de marché triplerait presque en maison individuelle pour atteindre 11%.

Tableau 46 Impact des innovations technologiques – Éléments de structure

			MII+MIG			Logement collectif			Tertiaire			Industriel & stockage			Agricole									
			PDM 2015 max	Impact attendu	Potentiel MAX	PDM 2015 max	Impact attendu	Potentiel MAX	PDM 2015 max	Impact attendu	Potentiel MAX	PDM 2015 max	Impact attendu	Potentiel MAX	PDM 2015 max	Impact attendu	Potentiel MAX							
	Partie ouvrage	Produit "FCBA"																						
Éléments de structure	CLT	Parois porteuses de façades	0,3%	1,2%	2,0%	ε	3,0%	6,7%	0,3%	3,3%	6,3%	0,4%	2,3%	4,3%										
		Parois porteuses internes																						
		Planchers																						
	Ossature bois	Parois porteuses de façades	7%	10,7%	15,7%	1%	5,3%	9,3%	2%	4,0%	8,3%	4%	6,3%	9,0%										
		Parois porteuses internes																						
		Planchers																						
	Poteaux poutres	Porteurs verticaux	1%	1,4%	1,8%	1%	1,7%	2,3%	1%	2,7%	5,0%	1%	2,0%	4,3%										
		Parois ossatures de remplissage interne																						
		Planchers																						
Système constructif mixte	Système constructif mixte	Façade ossature bois sur supports hors filière bois	ε	0,0%	0,5%	ε	2,2%	5,3%	ε	2,2%	5,3%	ε	3,0%	6,5%										
		Planchers mixte bois-béton																						
Charpente	Charpente industrielle	Charpentes industrielles en bois	52%	53,0%	56,0%																			
		Pannes, fermes et chevrons bois																						
	Charpente traditionnelle	Pannes, fermes et chevrons en lamelle collé	31%	31,0%	35,7%	55%	53,3%	56,7%	20%	20,3%	22,7%	5%	5,3%	7,0%	32%	36,3%	43,3%							
		Système mixte chevrons bois /																						
Isolation	Isolation	Support bois de la toiture terrasse	2%	3,3%	4,7%	0%	1,3%	2,0%																
		Bois d'ITE																						
		Fibre de bois ITE																						

Source : BIPE

Ce document est également présenté en annexe pour d'avantage de lisibilité

**Dans l'aménagement intérieur**, les familles de technologies les plus impactantes sont les Parements peu émissifs, les Parements techniques et les Parements décoratifs

Les experts ne pensent pas que l'impact des technologies sur les parts de marché soit important, mais prédisent toutefois un impact notable de celles-ci sur le marché des revêtements de sol : ainsi pour les parquets et stratifiés la part du bois passerait de 16 à 20% en logement collectif et pour les stratifiés en bâtiments tertiaire, la part de marché passerait de 0 à 15%. Les lambris en maison individuelle croîtraient eux plus modérément.

Tableau 47 Impact des innovations technologiques – Aménagement intérieur

Période de maturité attendue :	Unité Logement	MII+MIG			LC			Unité BNR	Tertiaire			Industriel et stockage			Agricole		
		PDM 2010-2015		Impact attendu	Potentiel MAX	PDM 2010-2015		Impact attendu	Potentiel MAX	PDM 2010-2015		Impact attendu	Potentiel MAX	PDM 2010-2015		Impact attendu	Potentiel MAX
	Partie ouvrage	Partie ouvrage	Partie ouvrage	Partie ouvrage	Partie ouvrage	Partie ouvrage	Partie ouvrage	Partie ouvrage	Partie ouvrage	Partie ouvrage	Partie ouvrage	Partie ouvrage	Partie ouvrage	Partie ouvrage	Partie ouvrage	Partie ouvrage	
<b>Revêtement des sols</b>	Parquets	m <sup>2</sup> plancher équipée / m <sup>2</sup> construit	22%	22%	25%	16%	16%	20%	m <sup>2</sup> plancher équipée / m <sup>2</sup> construit	0%	10%	15%	0%	0%	0%	0%	0%
	Stratifiés									2%	2%	2%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>Escaliers</b>	Planchers-plaque								n° bât équipés / n° bât construits	2%			1%				
	Escaliers mixtes bois/acier (garde-corps ou moins)	nb bât équipés / nb bât construits	40%	40%	40%	1%	1%	1%		1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
<b>Garde corps</b>	Escaliers bois 100% (garde-corps ou moins courantes)																
<b>Portes</b>	Portes pallières (bois)	nb logts avec portes				77%	77%	77%									
	Porte coupe-feu (bois)	nb portes coupe-feu bois / nb				86%	86%	86%									
	Portes intérieures non techniques	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	n° portes intérieures bois /	80%	80%	80%					
	Porte d'hôtel (isolation acoustique et coupe-feu)																
	Portes de bureau (isolation acoustique)																
<b>Cloisons</b>	Cloisons non porteuses bois massif (dans les bâtiments fixe ou démontable)	m <sup>3</sup> bois / m <sup>2</sup> cloisons	3%	3%	4%	0%	1%	1%		1%	1%	2%	1%	1%	2%		
	Cloisons des pièces humides									1%	1%	2%	0%	0%	0%		
	Cloisons coupe-feu									0%			0%	0%	0%		
<b>Lambris</b>	Plafonds en bois équipés / m <sup>2</sup> plafond	m <sup>2</sup> plafond équipés / m <sup>2</sup> plafond	4%	4%	5%	1%	1%	1%		2%	2%	3%	0%	0%	0%		
	Doublage intérieur bois des murs	m <sup>2</sup> mur équipés / m <sup>2</sup> mur	3%	3%	4%	0%	0%	1%		2%	2%	3%	0%	0%	0%		
<b>Aménagement intérieur</b>	Cuisine																
	Salle de bain																
	Placard																
<b>Profils d'intérieur (plinthes, etc.)</b>																	

Source : BIPE

Ce document est également présenté en annexe pour d'avantage de lisibilité

**Enfin, dans l'aménagement extérieur**, un doublement des parts de marché du bois est attendu dans le secteur des fenêtres (portées par la transition énergétique et le design) dans les segments des maisons individuelles, du logement collectif et du tertiaire. Les parts de marché des revêtements de façade et bardages bois, portés par les innovations de la famille « Vieillissement d'aspect », croîtront également.

Tableau 48 Impact des innovations technologiques – Aménagements extérieurs

		MII+MIG			Logement collectif			Tertiaire			Industriel & stockage			Agricole		
		PDM 2010-2015	Impact attendu	Potentiel MAX	PDM 2010-2015	Impact attendu	Potentiel MAX	PDM 2010-2015	Impact attendu	Potentiel MAX	PDM 2010-2015	Impact attendu	Potentiel MAX	PDM 2010-2015	Impact attendu	Potentiel MAX
		Partie ouvrage														
Fenêtres et portes	Fenêtres bois	6%	7,0%	12,0%	6%	7,0%	12,0%	6%	7,0%	12,0%	3%	4,0%	5,0%			
	Fenêtres mixte bois/aluminium	2%	4,0%	12,0%	3%	4,0%	12,0%	4%	4,0%	12,0%	1%	2,0%	3,0%			
	Fenêtres de toits en bois	0%	0,0%	0,0%	0%	0,0%	0,0%									
	Volets	9%	10,0%	11,0%	6%	7,0%	8,0%									
	Portes d'entrées (bois & mixte bois/verre)	18%	19,0%	20,0%	5%	6,0%	7,0%									
	Portes de garage	4%	5,0%	6,0%												
Platelage	Toiture terrasse revêtement bois				2%	3,0%	4,0%	2%	3,0%	4,0%	0%	1,0%	2,0%	0%		
	Platelage au sol															
Parements verticaux extérieurs	Revêtements en bois des façades / Bardage bois	9%	10,0%	15,0%	7%	7,0%	10,0%	14%	14,0%	14,0%	3%	3,0%	3,0%	19%		
Habillages	Brises-soleil															
Clôtures	Portails bois															
	Panneaux pare-vue															
Balcons	Balcons															

Source : BIPE

Ce document est également présenté en annexe pour d'avantage de lisibilité

Pour construire le scénario « Objectif Neutralité Carbone », la DGEC a demandé au BIPE de simuler des parts de marchés spécifiques du bois pour certains produits de la construction. Ces parts de marché sont obtenues par transformation des parts de marché du bois établies dans le scénario Tendanciel (iso 2015) comme suit (dans la limite de 100% de part de marché).

Les parts de marchés cibles seront atteintes en 2050, avec une évolution progressive entre 2020 et 2050. Pour le point de passage 2020, le scénario Objectif Neutralité Carbone reprendra les mêmes parts de marché que le scénario Volontariste.

Tableau 49 Impact des innovations technologiques – Parts de marché cible du scénario Objectif Neutralité Carbone

Type de produit	Segment de bâtiment neuf	Fourchettes des PDM constatées en 2015 (varie selon le produit et le segment de bâtiment)	Part de marché cible à horizon 2050 (par rapport à 2015)
Tous les systèmes constructifs bois	Tous	[ε-7] %	x10
Charpentes	MI <sup>10</sup>	[31-52] %	100%
	Autres bâtiments	[5-55] %	Moitié du chemin à parcourir pour atteindre 100%. Exemple si PDM d'origine =50%, alors afficher 75%
Parquets	MI et COLL <sup>11</sup>	[16-22] %	x3
	Autres bâtiments	[0-2] %	x10
Fenêtres (hors volets et portes)	tous	[0-18] %	x10
Bardages	tous	[3-19] %	Moitié du chemin à parcourir pour atteindre 100%. Exemple si PDM d'origine =50%, alors afficher 75%
Autres produits	tous	NC	Pas de modification de la PDM bois

Sources : BIPE, BatiEtude, DGEC - MTES

Le CLT est un cas particulier car sa part de marché était quasi nulle en 2015. En la multipliant par 10 on obtient une part de marché inférieure à celle prédictive par les experts. Ceci pourra expliquer certains résultats ultérieurs.

## 5/ Méthodologie d'évaluation de la demande en bois dans la rénovation

### 5.1 Point de référence historique

Pour des raisons de disponibilité des données, la méthodologie abordée dans cette partie diffère de celle utilisée pour la demande en bois dans la construction neuve.

Deux méthodes différentes ont été utilisées pour la rénovation en fonction de la disponibilité des données.

Lorsque pour un produit (ou famille de produit) j, le volume total de bois consommé en 2015 est disponible (indicateur de consommation apparente, qui est le delta entre la production et le solde commercial, modulo la variation de stocks), à travers la VEM-FB (Veille Économique Mutualisée de

<sup>10</sup> MI : Maison individuelle

<sup>11</sup> COLL : Logement collectif (appartements)

la filière Forêt-Bois), le volume de bois utilisé pour la rénovation est alors calculé de la façon suivante :

$$V_j^{reno} = V_j^{TOTAL} - V_j^{neuf} \quad (1)$$

Cette méthode (1) a été utilisée pour les produits suivants

Tableau 50 Liste des produits bois disposant d'un volume total de consommation de référence

Famille de produits	Ouvrage	Produit
Système constructif	Ossature bois	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Parois porteuses de façades</li> <li>▪ Parois porteuses internes</li> </ul>
	Poteaux poutres	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Porteurs verticaux</li> <li>▪ Parois ossatures de remplissage interne <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Planchers</li> </ul> </li> <li>▪ Parois ossatures de remplissage en façades (non porteuses)</li> </ul>
Parquets	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Parquets en bois massifs cloués sur profils bois (lambourdes ou solives)</li> <li>■ Parquets contre collés posés,</li> <li>■ Parquets collés en bois massif</li> </ul>	
Escaliers	Escaliers bois 100% (garde-corps ou mains courantes simple face)	
Portes	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Portes palières (bois)</li> <li>■ Porte coupe-feu (bois)</li> <li>■ Portes intérieures non techniques</li> <li>■ Porte d'hôtel (isolation acoustique et coupe-feu)</li> <li>■ Portes de bureau (isolation acoustique)</li> <li>■ Portes d'entrées (bois &amp; mixte bois/verre)</li> </ul>	
Lambris	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Plafonds en bois (bois massif)</li> <li>■ Doublage intérieur bois des murs (bois massif)</li> </ul>	
Produits profilés et moulurés	Planches de rive, tasseaux, moulures, baguette, plinthes)	
Platelage	Platelage au sol	
Parement verticaux extérieurs	Revêtements en bois des façades / Bardage bois	Bardage lame
Clôtures	Portail bois	

Source : BIPE

Lorsque le volume total de bois consommé n'est pas disponible, on utilise la répartition entre neuf et rénovation pour un produit spécifique. Le volume de bois utilisé en rénovation est alors calculé de la manière suivante :

$$V_j^{réno} = V_j^{neuf} \cdot \frac{\%_j^{réno}}{1 - \%_j^{réno}} = V_j^{neuf} \cdot \frac{\%_j^{réno}}{\%_j^{neuf}}$$

La demande finale de bois dans la rénovation est alors la somme des demandes de bois pour chaque famille de produits :

$$V_{TOTAL}^{réno} = \sum_j V_j^{réno} \quad (2)$$

Cette méthode (2) a été utilisée pour les produits suivants :

Tableau 51 Liste des produits bois ne disposant pas d'un volume total de consommation de référence

Famille de produits	Ouvrage	Produit	Hypothèse Neuf/Rénovation
Système constructif	CLT	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parois porteuses de façades</li> <li>Parois porteuse interne</li> <li>Planchers</li> </ul>	85% Neuf 15% Rénovation Source : UICB
	Ossature bois	Planchers	40% Neuf/ 60% Rénovation Hypothèse BIPE, même ratio que pour les autres produits ossature bois
Charpentes	Charpente industrielle	Charpente industrielle en bois	90% Neuf/10% Rénovation Source : FFB
	Charpente traditionnelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pannes, fermes et chevrons bois</li> <li>Pannes, fermes et chevrons en lamellé collé</li> <li>Système mixte chevrons bois / pannes et fermes autres</li> </ul>	90% Neuf/10% Rénovation Source : FFB
	Structure porteuse de la toiture-terrasse	Support bois de la toiture terrasse	80% Neuf/20% Rénovation Source : UICB
Bois dans l'isolation	Fibre bois isolante		80% Neuf/20% Rénovation Source : BIPE
Revêtement des sols	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stratifiés</li> <li>Plancher-Plaque</li> </ul>		40% Neuf/ 60% Rénovation Hypothèse BIPE, même ratio que pour les parquets

Escaliers	Escaliers mixtes bois/acier (garde-corps ou mains courantes simple face)	43% Neuf/ 57% Rénovation Hypothèse BIPE, même ratio que pour les escaliers bois
Cloisons	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cloisons non porteuses bois massif (dans les chalets)</li> <li>• Cloisons non porteuses distributives (bois) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cloisonnement du bâtiment (fixe ou démontable)</li> <li>• Cloisons des pièces humides</li> </ul> </li> <li>• Cloisons coupe-feu</li> </ul>	50% Neuf/ 50% Rénovation Hypothèse BIPE
Lambris	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plafonds en bois (panneaux)</li> <li>• Doublage intérieur bois des murs (panneaux)</li> </ul>	6% Neuf/ 94% Rénovation Hypothèse BIPE, même ratio que pour les lambris en bois massif
Aménagement intérieur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuisine</li> <li>• Salle de bain</li> </ul>	30% Neuf/70% rénovation Source : Ameublement Français
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Placard</li> </ul>	50% Neuf/50% rénovation Source : Ameublement Français
Fenêtres	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fenêtres mixte bois/aluminium</li> <li>• Fenêtres de toits en bois</li> <li>• Volets (battants, coulissants, roulants, Persiennes/Jalousies)</li> </ul>	6% Neuf/ 94% Rénovation Hypothèse BIPE, même ratio que pour les fenêtres en bois massif
Porte	Porte de garage	30% Neuf/70% rénovation Hypothèse BIPE
Parement verticaux extérieurs	Revêtements en bois des façades / Bardage bois (panneaux)	21% Neuf/79% rénovation Hypothèse BIPE, même ratio que pour les parements verticaux en bois massif

Source : BIPE

## 5.2 Prospective de la demande en bois dans la rénovation

Afin de projeter les volumes de bois utilisés pour la rénovation en 2020, 2035 et 2050 nous avons retenu l'hypothèse, en accord avec le comité de pilotage, que les parts de marché du bois dans la rénovation sont constantes au cours du temps, tout comme le coefficient technique de rénovation du produit ( $m^3_{bois}/m^2_{rénové}$ ). Les raisons de cette hypothèse, outre la difficulté d'estimer avec un degré de certitude suffisant l'évolution des parts de marché du bois dans la rénovation, résident dans le fait que les plus gros volumes de bois utilisés aujourd'hui en rénovation sont en aménagement intérieurs (les cuisines principalement) et en éléments de structure (les charpentes particulièrement). Les premiers ont déjà une part de marché du bois écrasante et donc à faible potentiel de développement du « taux de recours au bois ». Les éléments de structure quant à eux peuvent difficilement être substitués (passage dans un bâtiment existant d'éléments de structure béton ou acier à des éléments en bois).

De la sorte, la variation de volume de bois consommé en 2020, 2035 et 2050 par rapport à 2015 n'est fonction que de l'évolution des surfaces rénovées.

Ainsi pour l'année i et le produit j, le volume total de bois consommé s'obtient grâce à l'équation suivante :

$$V_{i,j}^{réno\ total} = V_{2015,j}^{réno\ total} \times \frac{S_i^{réno\ total}}{S_{2015}^{réno\ total}} \quad (3)$$

Pour le logement nous pouvons simplifier l'équation

$$V_{i,j}^{réno\ logement} = V_{2015,j}^{réno\ logement} \times \frac{Nb_i^{réno\ logement\ total} \times S_{logement}^{moyenne\ 2015}}{Nb_{2015}^{réno\ logement} \times S_{logement}^{moyenne\ i}}$$

Comme explicité dans la partie précédente, la surface moyenne d'un logement au sein d'une catégorie (logement individuel Vs collectif) est supposée constante au cours du temps.

$$V_{i,j}^{réno\ logement} = V_{2015,j}^{réno\ logement} \times \frac{Nb_i^{réno}}{Nb_{2015}^{réno\ total}}$$

Comme l'explique l'équation ci-dessus la surface moyenne des logements n'a pas d'influence sur le volume de bois consommé pour la rénovation de logements. Par hypothèse le mix de type de logements rénovés ne varie pas dès lors que les trajectoires d'actes de rénovation énergétiques de la SNBC ne distinguent pas les logements individuels et collectifs. Ainsi le volume de bois consommé pour la rénovation de logement est directement proportionnel au nombre d'actes de rénovation (à une constante près qui représente les surfaces résidentielles rénovées sans amélioration de la performance énergétique).

## 6/ Résultats de la demande en bois dans le secteur du bâtiment

Nous présentons ci-dessous des résultats agrégés par famille de produits. Pour les résultats détaillés, se référer au fichier excel en annexe.

### 6.1 Situation en 2015

Tableau 52 Volumes de bois pour chaque famille de produits en 2015

Famille de produit	Total (en milliers de m <sup>3</sup> )	Neuf (en milliers de m <sup>3</sup> )	Rénovation (en milliers de m <sup>3</sup> )	% Neuf	% Réno
Systèmes constructifs	310	133	177	43%	57%
Charpentes	831	692	139	83%	17%
Bois dans l'isolation	289	58	231	20%	80%
Revêtements des sols	294	126	168	43%	57%
Escaliers (& garde-corps)	214	92	122	81%	19%
Portes intérieures et extérieures	80	65	15	81%	19%
Cloisons	6	3	3	50%	50%
Lambris	200	11	189	6%	94%
Aménagements intérieurs	1076	352	724	33%	67%
Produits profilés et moulurés	158	79	79	50%	50%
Fenêtres et portes de garage	247	15	232	6	94
Platelages	238	44	194	18	82
Parement verticaux extérieurs	267	56	211	21	79
Clôture	13	3	10	20	80
<b>Total tous produits</b>	<b>4223</b>	<b>1729</b>	<b>2494</b>	<b>41%</b>	<b>59%</b>
<b>Dont bois massif (BO)</b>	<b>2733</b>	<b>1305</b>	<b>1428</b>	<b>48%</b>	<b>52%</b>
<b>Dont Panneaux (Bl)</b>	<b>1490</b>	<b>424</b>	<b>1066</b>	<b>28%</b>	<b>72%</b>

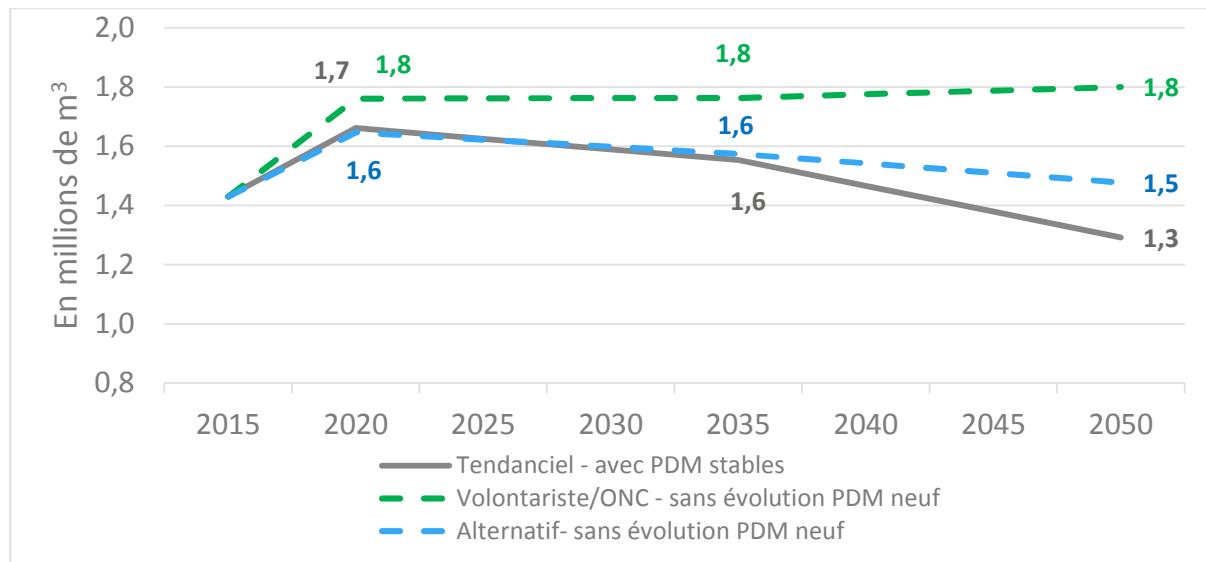
Le total des sections peut être différent du total affiché en raison des arrondis

Source : BIPE

## 6.2 Résultats des projections par famille de produits

### 6.2.1 Éléments de structure et isolation

Figure 35 Volumes totaux (neuf + rénovation) de bois pour les éléments de structure et fibre de bois isolante - effet marché du bâtiment seul



Source : BIPE

Le graphique ci-dessus présente les volumes de bois consommés sur la période projetée pour les trois scénarios sans évolution des parts de marché de bois. Ainsi il est possible de mesurer l'effet de l'évolution des surfaces construites et rénovées au cours du temps sur la demande en bois, c'est-à-dire l'« effet du marché » seul.

Pour rappel, entre 2015 et 2020, bien que les surfaces totales de bâtiments neufs soient quasiment identiques entre les scénarios Tendanciel et Alternatif, les surfaces de logements neufs sont plus importantes dans le premier scénario que dans le second (33 Mm<sup>2</sup> vs 27 Mm<sup>2</sup> par an entre 2016 et 2020).

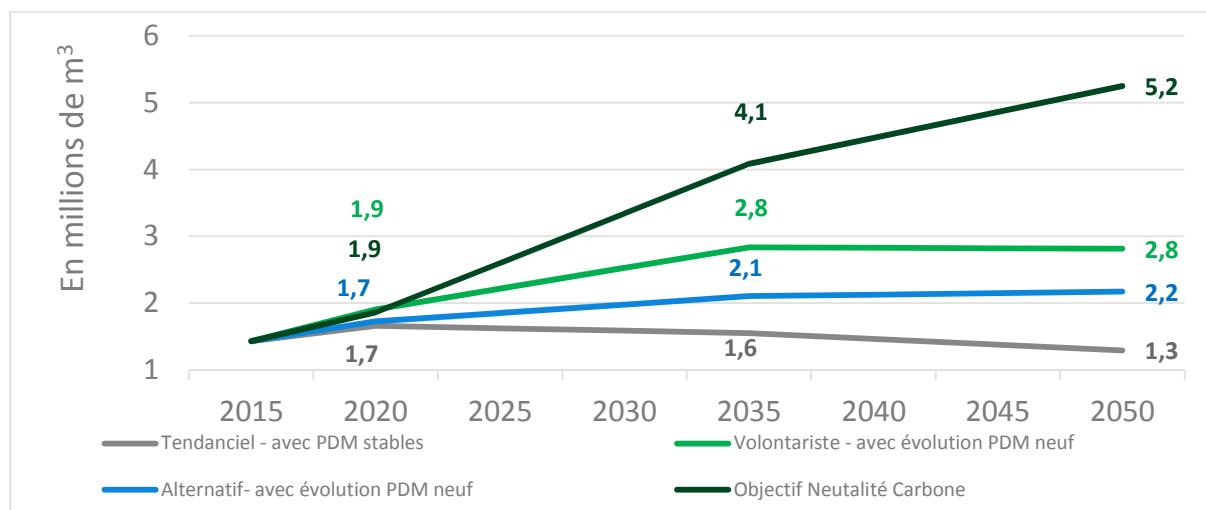
Au contraire les surfaces rénovées sont plus faibles dans le scénario Tendanciel que dans le scénario Volontariste (176 vs 179 Mm<sup>2</sup> par an entre 2016 et 2020).

Par ailleurs au sein des éléments de structure, ce sont les charpentes qui représentent le plus gros volume de bois et donc qui déterminent la tendance. De plus les charpentes en bois sont posées bien plus souvent lors de la construction d'un bâtiment que lors de sa rénovation (83% des volumes de bois de charpente sont posés lors de la construction neuve en 2015).

Ces deux facteurs cumulés expliquent qu'en 2020 les volumes de bois des Éléments de structure et isolation soient plus importants dans le scénario Tendanciel que dans le scénario Alternatif. L'inversion de tendance après 2020 s'explique par une baisse plus importante des surfaces neuves construites dans le scénario Tendanciel que dans le scénario Alternatif, et en particulier des surfaces de logements.

Le scénario Volontariste permet quant à lui un accroissement plus important des volumes annuels, acquis principalement entre 2015 et 2020 grâce à une augmentation plus forte des surfaces rénovées avec efficacité énergétique.

Figure 36 Volumes de bois totaux (neuf + rénovation) pour les éléments de structure et fibre de bois isolante - effet marché du bâtiment et effet parts de marché combinés



Source : BPIE

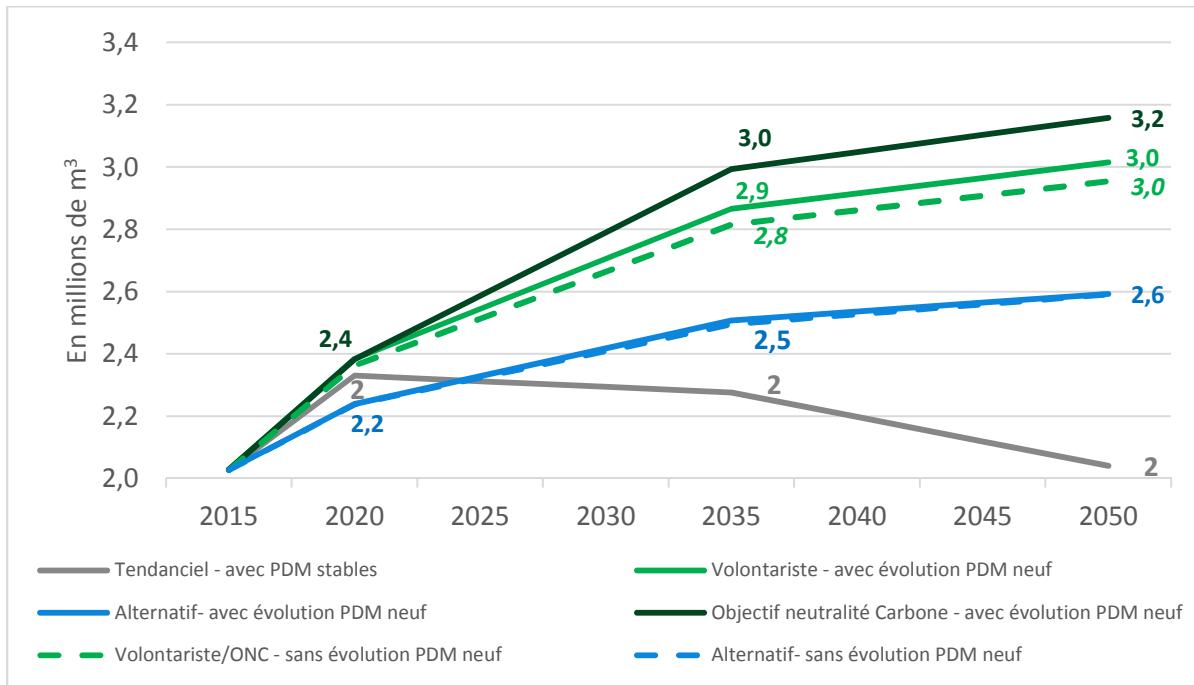
Le scénario Tendanciel, dans lequel les parts de marché sont stables subit la baisse du marché du bâtiment. En revanche grâce à l'évolution des parts de marché, les scénarios Alternatif et Volontariste, progressent fortement jusqu'en 2035 avant de ralentir jusqu'en 2050 en raison de la stabilité des parts de marché du bois dans la construction neuve sur cette période.

En comparant les deux cas de figure (avec et sans évolution des parts de marché), nous observons que les gains importants de part de marché des Éléments de structure ont une répercussion importante en gain de volumes de bois. Dans le scénario Volontariste, sur les près de 1500 milliers de m<sup>3</sup> d'Éléments de structure et d'isolation bois supplémentaires nécessaires pour la construction en 2050 par rapport à l'année 2015, 400 milliers de m<sup>3</sup> de l'accroissement du marché du bâtiment quand 1100 milliers de m<sup>3</sup> proviennent de l'augmentation de la part de marché du bois au sein des éléments de structure et de l'isolation.

De par la construction du scénario à Objectif neutralité Carbone, les parts de marchés des éléments de structure deviennent très importantes (jusqu'à 100%) permettant ainsi la consommation de plus de 5 millions de m<sup>3</sup> de bois pour cette seule famille de produits des éléments de structure, soit plus de deux fois le volume du scénario Volontariste.

## 6.2.2 Aménagement intérieur

Figure 37 Volumes de bois pour les produits d'aménagement intérieur - effet marché du bâtiment et effet parts de marché combinés

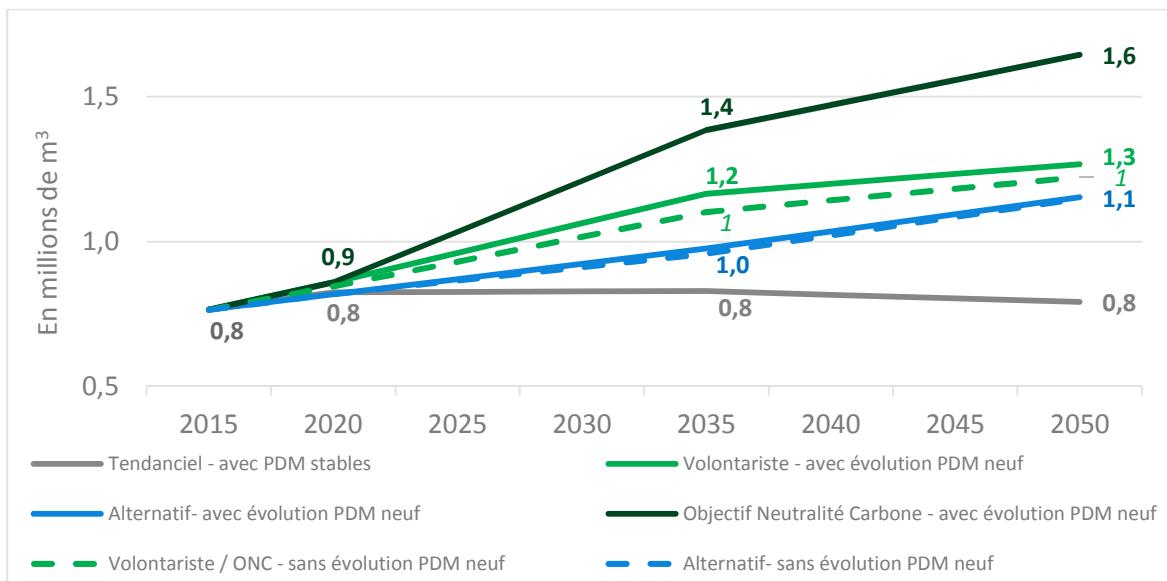


Source : BPIE

Dans les produits d'aménagements intérieurs, la part de marché du bois est déjà très élevée et ne présente pas beaucoup de marge de progression. C'est pourquoi les volumes fournis par les sous scénarios avec et sans évolution de parts de marché sont relativement proches. Par ailleurs dans cette famille de produits bois ce sont les cuisines qui représentent la majorité des volumes de bois consommés et la part de marché du bois dans les cuisines est identique pour tous les scénarios.

## 6.2.3 Aménagement extérieur

Figure 38 Volumes de bois pour les produits d'aménagement extérieur - effet marché du bâtiment et effet parts de marché combinés



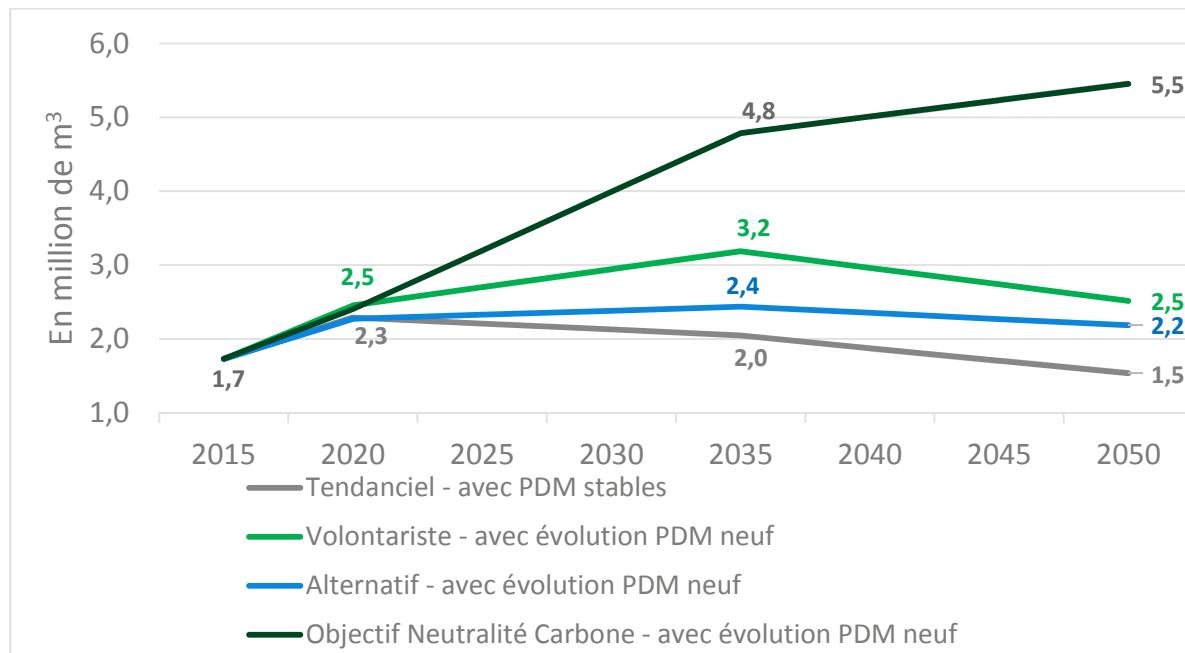
Source : BPIE

Dans le scénario Alternatif, l'évolution des parts de marché pour cette famille de produits bois est relativement modérée avec le plus souvent un à deux points de pourcentage supplémentaires. Ce qui explique que l'effet part de marché joue peu. Dans le scénario Objectif Neutralité Carbone la consommation supplémentaire de bois avoisine les 400 000 m<sup>3</sup> par rapport au scénario Volontariste principalement grâce à l'augmentation de la part de marché du bois dans les bardages.

### 6.3 Résultats des projections tous produits

#### 6.3.1 Neuf

Figure 39 Volumes de bois pour la construction neuve de bâtiments pour l'ensemble des produits couverts



Source : BIPE

La consommation de bois dans la construction neuve est principalement expliquée par les éléments de structure et l'isolation et c'est dans la construction de logements neufs qu'est souvent consommée la grande majorité des volumes de bois pour les éléments de structure.

Pour rappel, à court terme, les surfaces de logements neufs construites sont plus importantes dans les scénarios Volontariste et Tendanciel que dans le scénario Alternatif en raison de la part plus importante de la maison individuelle (plus grande) dans les logements construits.

Jusqu'en 2020, l'accroissement des parts de marché du bois dans la construction neuve, simultanément à l'accroissement des surfaces neuves totales construites, implique un accroissement des volumes de bois rapide sur cette période dans l'ensemble des scénarios.

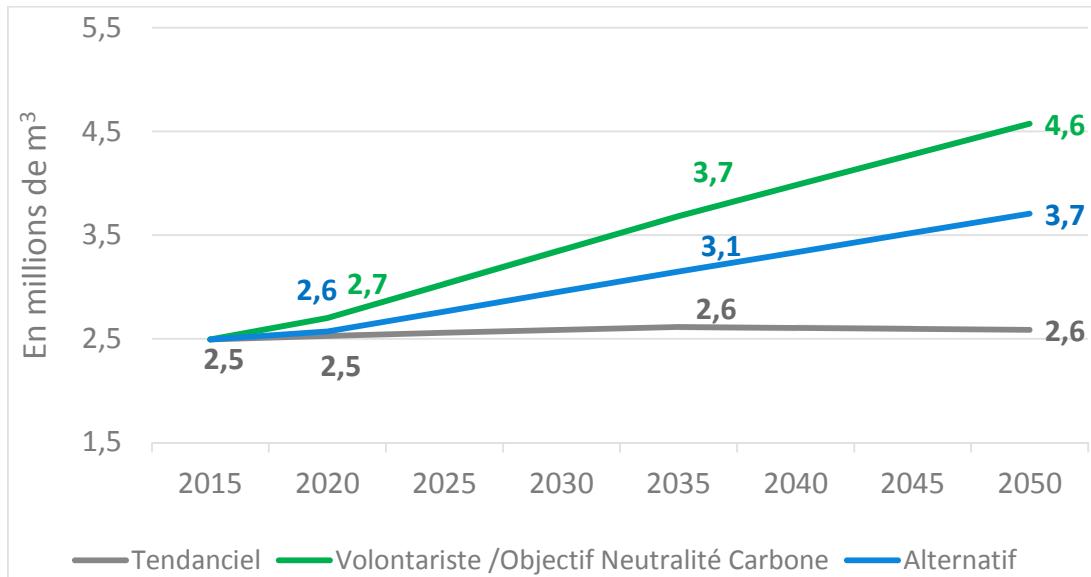
Entre 2020 et 2035, la réduction du marché de la construction neuve associée à une stabilisation des parts de marché dans le scénario Tendanciel entraîne une baisse des volumes de bois consommés. Dans les trois autres scénarios, la hausse de part de marché sur cette période permet un accroissement de la consommation de bois dans la construction neuve, toutefois sur un rythme plus modéré dans les scénarios Volontariste et Alternatif par rapport à la période 2015 et 2020.

À partir de 2035, la baisse des surfaces neuves, plus forte qu'entre 2020 et 2035, et la stabilisation des parts de marché dans les scénarios Volontariste et Alternatif provoquent la baisse de la consommation de bois dans ces deux scénarios. Grâce à l'augmentation des parts de marché du

bois dans la construction neuve, le volume de bois consommé continue de croître dans le scénario Objectif Neutralité Carbone permettant un gain additionnel de près de trois millions de m<sup>3</sup> de bois en construction neuve par rapport au scénario Volontariste à l'horizon 2050.

### 6.3.2 Rénovation

Figure 40 Volumes de bois pour la rénovation de bâtiments pour l'ensemble des produits couverts



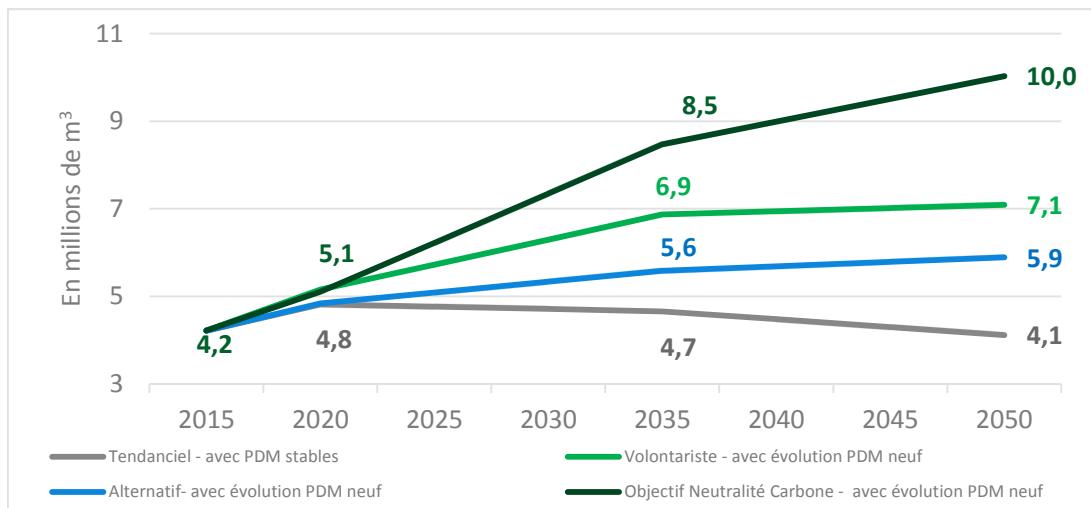
Source : BIPE

Dans la rénovation, les « parts de marchés du bois » et les « taux de recours unitaires au bois » (c'est-à-dire le volume de bois par m<sup>2</sup> rénové) étant stables, l'évolution des volumes de demande de bois sont donc directement proportionnels à l'évolution des surfaces rénovées.

Les surfaces rénovées étant beaucoup plus fortes dans les scénarios Volontariste / Objectif Neutralité Carbone (confondus dans le graphique ci-dessus) et dans une moindre mesure Alternatif que dans le scénario Tendanciel, l'accroissement du volume de demande en bois s'en ressent d'autant.

### 6.3.3 Total

Figure 41 Volume de bois pour le marché total du bâtiment pour l'ensemble des produits couverts



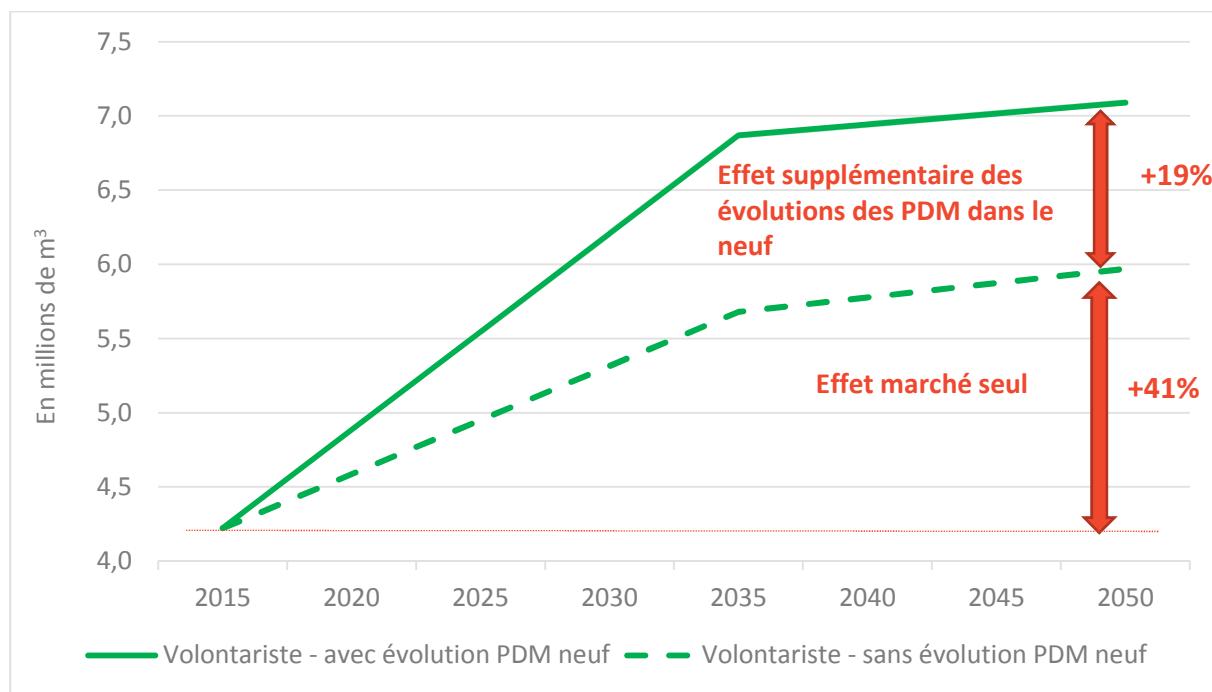
Source : BIPE

Le scénario Alternatif constitue un scénario sans doute plus probable d'évolution tant du marché du bâtiment que des parts de marché du bois. Il permet une augmentation de 40% du volume de bois consommé dans la construction neuve et la rénovation en 2050 par rapport au point de référence 2015, soit 1,7 millions de m<sup>3</sup> supplémentaires.

En mettant en œuvre les actions et mesures prévues pour le scénario Volontariste, tant pour le marché du bâtiment que pour l'amélioration de la part de marché des produits bois, le volume de bois consommé progresserait de près de 2,9 millions de m<sup>3</sup> soit 68% d'augmentation par rapport à 2015.

Dans le cadre du scénario Objectif Neutralité Carbone tel qu'il a été construit, le bois dans la construction devrait représenter 8 470 m<sup>3</sup> en 2035 et 10 031 m<sup>3</sup> en 2050, ce qui représente un volume près de 2,5 fois supérieur à la demande en bois pour ce scénario si les parts de marchés n'évoluaient pas (c'est-à-dire avec l'effet de marché du bâtiment seul). En 2050, aussi bien dans le scénario Volontariste que dans le scénario Alternatif, la rénovation contribue à environ 70% de l'accroissement du volume de bois consommé par rapport à 2015, alors que sa contribution n'est que de, respectivement, 46% et 44% en 2035.

Figure 42 Mesure de la contribution des effets de marché et effet supplémentaire de l'évolution des parts de marchés sur le volume de bois pour le marché total du bâtiment pour l'ensemble des produits couverts dans le scénario Volontariste

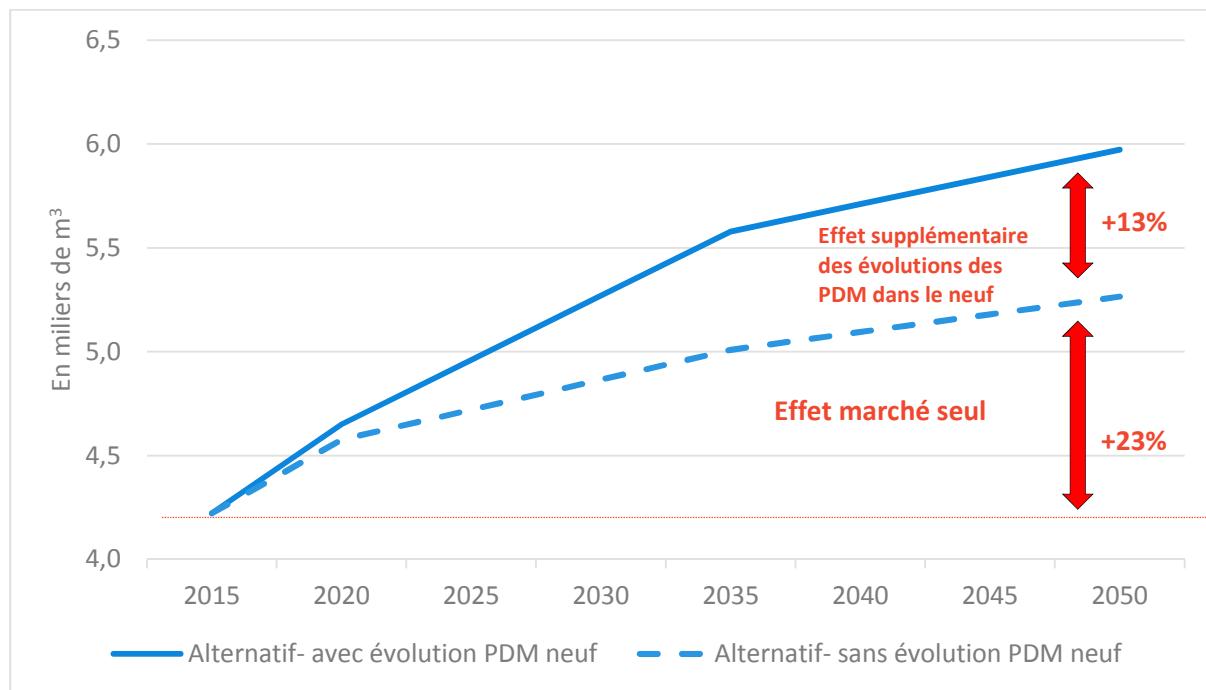


Source : BIPE

Dans le scénario Volontariste, la croissance du marché du bâtiment permet une croissance de 41% du volume de bois entre 2015 et 2050. Grâce à la hausse des parts de marché, un gain supplémentaire de 19% de volume de bois est attendu (par rapport à un scénario où les parts de marché sont stables).

L'évolution des parts de marché contribue à près d'un tiers à la croissance totale des volumes.

Figure 43 Mesure de la contribution des effets de marché et effet supplémentaire de l'évolution des parts de marchés sur le volume de bois pour le marché total du bâtiment pour l'ensemble des produits couverts dans le scénario Alternatif

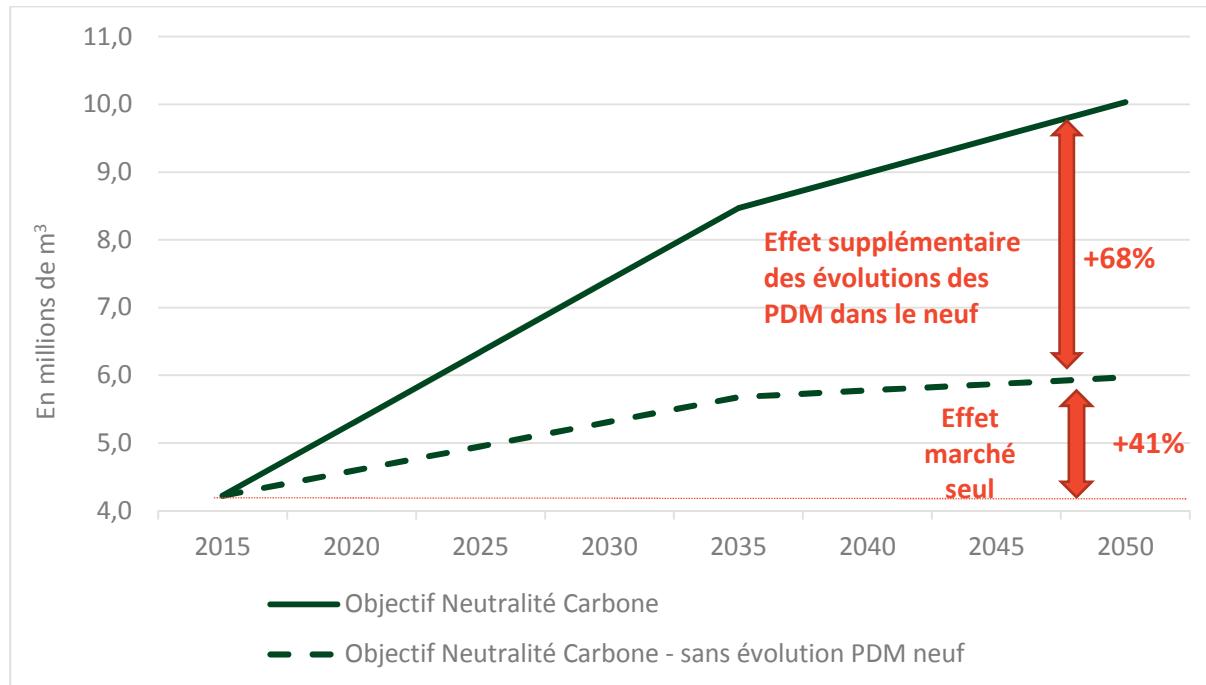


Source : BIPE

Dans le scénario Alternatif, la croissance du marché du bâtiment permet une croissance de 23% du volume de bois consommé entre 2015 et 2050. Grâce à la hausse des parts de marché, un gain supplémentaire de 13% de volume est attendu (par rapport à un scénario où les parts de marché seraient stables).

L'évolution des parts de marché contribue à près d'un tiers à la croissance totale des volumes.

Figure 44 Mesure de la contribution des effets de marché et effet supplémentaire de l'évolution des parts de marchés sur le volume de bois pour le marché total du bâtiment pour l'ensemble des produits couverts dans le scénario Objectif Neutralité Carbone



Source : BIPE

Pour rappel le marché du bâtiment est le même entre le scénario Volontariste et le scénario Objectif Neutralité Carbone.

Dans le scénario Objectif Neutralité Carbone, la croissance du marché du bâtiment permet une croissance de 42% du volume de bois entre 2015 et 2050. Grâce à la hausse des parts de marché, un gain supplémentaire de 68% (par rapport à un scénario où les parts de marché sont stables) de volume est attendu, un gain plus de trois fois supérieur au gain permis par l'évolution des parts de marché dans le scénario Volontariste.

Tableau 53 Effet de l'évolution du marché et des parts de marché sur le gain de volumes de bois en pourcentage

	Effet marché seul	Effet supplémentaire des évolutions des parts de marché dans le neuf	Effet total
Tendanciel	-2%		-2%
Volontariste	+41%	+19%	+68%
Alternatif	+23%	+13%	+40%
Objectif neutralité carbone	+41%	+68%	+138%

L'effet marché seul est calculé par rapport à 2015 pour un scénario où les parts de marché du bois dans la construction sont stables (Volume<sub>2050</sub> avec parts de marché stables /Volume<sub>2015</sub>)

L'effet supplémentaire des évolutions des parts de marché dans le neuf est calculé par rapport au scénario sans évolution de parts de marché en 2050 (Volume<sub>2050</sub> avec évolution de parts de marché/Volume<sub>2050</sub> avec parts de marché stables)

Les deux effets n'ayant pas la même année comme de calcul, il n'est pas possible de les sommer pour obtenir l'effet total. Celui-ci est calculé en rapportant le volume de bois consommé par la construction en 2050 à celui consommé en 2015.

Tableau 54 Effet de l'évolution du marché et des parts de marché sur le gain de volumes de bois en millions de m<sup>3</sup>

En millions de m <sup>3</sup>	Effet marché seul	Effet supplémentaire des évolutions des parts de marché dans le neuf	Effet total
Tendanciel	-102		-102
Volontariste	+1 749	+1 119	+2 868
Alternatif	+986	+685	+1 670
Objectif neutralité carbone	+1 749	+4 060	+5 809

#### 6.4 Résultats des projections par type de produits bois (bois massif ou panneaux)

Les bois d'œuvre (B.O), ou bois plein, et les bois d'industries (B.I), ou panneaux, n'étant pas produits à partir des mêmes parties de l'arbre, et n'ayant pas la même densité, la répartition de la demande entre ces deux types de produits bois s'avère nécessaire en particulier pour les phases 3 et 4 de l'étude.

La répartition entre bois et panneaux n'est pas issue de l'application d'une proportion arbitraire au volume de bois consommé dans les différents scénarios calculés mais bien d'une prise en compte à chaque étape de la modélisation et ce dès l'origine du projet, c'est-à-dire la construction de la matrice produit<sup>12</sup>. Il est nécessaire de distinguer les deux catégories de bois lors des calculs de coefficients techniques<sup>13</sup> (en dm<sup>3</sup>bois /m<sup>2</sup> de produit).

Pour le calcul des parts de marché il a fallu distinguer les cas où le bois et le panneau sont présents en même temps dans le produit (les planchers, les parois porteuses de façades...) des cas où le bois et le panneau se font concurrence (pannes, fermes et chevrons en bois ou en lamellé-collé). Dans le premier cas ils partagent la même part de marché. Dans le second cas une part de marché du bois plein, respectivement panneau, au sein du produit a été déterminée à partir de la bibliographie disponible ou arbitrairement de 50% chacune lorsqu'aucune information n'était disponible, à savoir pour le Bois support de couverture, le Doublage intérieur bois des murs et les Plafonds en bois.

Tableau 55 Volumes de bois et de panneaux pour les différents horizons de projection pour le scénario Tendanciel

Scénario Tendanciel milliers de m <sup>3</sup>	2015	2020	2035	2050
Bois (B.O)	2 733	3 195	3 053	2 653
Panneaux (B.I)	1 490	1 626	1 606	1 468
<b>Total</b>	<b>4 223</b>	<b>4 821</b>	<b>4 660</b>	<b>4 120</b>

<sup>12</sup> Voir paragraphe sur la [construction de la matrice](#)

<sup>13</sup> Voir paragraphe sur le calcul [des coefficients techniques](#)

Tableau 56 Volumes de bois et de panneaux pour les différents horizons de projection pour le scénario Alternatif

Scénario Alternatif milliers de m <sup>3</sup>	2015	2020	2035	2050
Bois	2 733	3 222	3 789	3 932
Panneaux	1 490	1 620	1 798	1 962
<b>Total</b>	<b>4 223</b>	<b>4 842</b>	<b>5 587</b>	<b>5 893</b>

Tableau 57 Volumes de bois et de panneaux pour les différents horizons de projection pour le scénario Volontariste

Scénario Volontariste milliers de m <sup>3</sup>	2015	2020	2035	2050
Bois	2 733	3 392	4 707	4 663
Panneaux	1 490	1 763	2 163	2 428
<b>Total</b>	<b>4 223</b>	<b>5 155</b>	<b>6 870</b>	<b>7 091</b>

Tableau 58 Volumes de bois et de panneaux pour les différents horizons de projection pour le scénario Objectif Neutralité Carbone

Scénario Objectif Neutralité Carbone milliers de m <sup>3</sup>	2015	2020	2035	2050
Bois	2 733	3 338	6 194	7 374
Panneaux	1 490	1 763	2 277	2 657
<b>Total</b>	<b>4 223</b>	<b>5 101</b>	<b>8 471</b>	<b>10 032</b>

Pour plus de détail sur les différences entre les différences entre les scénarios et leur évolution au cours du temps, se référer à la partie [6.2.](#)

Dans l'ensemble des scénarios, le bois plein représente deux tiers, en volume, du bois consommé dans la construction alors que le panneau ne représente qu'un tiers. Cette répartition est relativement stable dans le temps dans les scénarios Tendanciel, Alternatif et Volontariste. En revanche dans le scénario Objectif Neutralité Carbone le volume de bois plein consommé prend de l'importance au détriment du panneau puisqu'il représente trois quarts de la consommation, en volume en 2035 et 2050. Cette évolution est due à l'importante augmentation des parts de marchés du bois dans les charpentes, qui représente les plus gros volumes de bois plein, alors que la part de marché du bois dans les cuisines, le segment de plus consommateur de panneaux, étant déjà à prêt de 100% ne peut représenter un important relais de croissance.

## Annexes

### Fichiers annexés (fichiers Excel)

FCBA – Matrice des coefficients techniques NEUF & RENOVATION

BIPE – Coefficients de passage bois

BIPE – Bilan Parts de Marché

BIPE – Fiches Hypothèses Produits

BIPE – Surfaces rénovées par scénario

Récapitulatif des parts de marché du bois - Construction neuve - 2010-2015

### Groupe de travail 1 : Éléments de structure – Systèmes constructifs

#### Source Batiétude + réajustements BIPE

$\epsilon = pdm < 0,2\%$

			Logement			BNR			
Famille de produits (correspond à une fonction)	Ouvrage	Produit "FCBA"	Collectif	MII + MIG	Unité	Tertiaire	Industriel + Stockage	Agricole	Unité
Systèmes constructif	CLT	Parois porteuses de façades	$\epsilon$	0,3%	m3 / m <sup>2</sup> construit	0,3%	$\epsilon$		m3 / m <sup>2</sup> construit
		Parois porteuses internes	$\epsilon$	$\epsilon$		0,3%	0,4%		
		Planchers	$\epsilon$	0,2%		$\epsilon$	$\epsilon$		
	Ossature bois	Parois porteuses de façades	1,2%	7,3%		2,3%	1,0%		
		Parois porteuses internes	1,0%	2,0%		2,3%	3,5%		
		Planchers	0,4%	5,6%		1,3%	$\epsilon$		
	Poteaux poutres	Porteurs verticaux	$\epsilon$	0,8%		0,6%	0,3%		
		Parois ossatures de remplissage interne	$\epsilon$	0,2%		0,6%	0,9%		
		Planchers	$\epsilon$	0,6%		0,3%	$\epsilon$		
		Parois ossatures de remplissage en façades (non porteuses)	0,8%	4,9%		2,9%	1,2%		
Système constructif mixte	Système constructif mixte	Façade ossature bois sur supports hors filière bois	$\epsilon$	$\epsilon$		$\epsilon$	$\epsilon$		
		Planchers mixte bois-béton	$\epsilon$	$\epsilon$		$\epsilon$	$\epsilon$		

			Logement			BNR			
Famille de produits (correspond à une fonction)	Ouvrage	Produit "FCBA"	Collectif	MII + MIG	Unité	Tertiaire	Industriel + Stockage	Agricole	Unité
Charpentes	Charpente industrielle	Charpentes industrielles en bois	51,6%	55,1%	m <sup>2</sup> bois / m <sup>2</sup> toiture construit				m <sup>2</sup> bois / m <sup>2</sup> toiture construit
		Pannes, fermes et chevrons bois				19,8%	4,9%	32,2%	
	Charpente traditionnelle	Pannes, fermes et chevrons en lamellé collé	31,3%			6,7%	5,8%	5,4%	
		Système mixte chevrons bois / pannes et fermes autres	ND	ND		ND	ND	ND	
		Structure porteuse de la toiture-terrasse	Support bois de la toiture terrasse	0,3%		compris dans la charpente traditionnelle	compris dans la charpente traditionnelle	compris dans la charpente traditionnelle	
Bois dans l'isolation	Bois d'ITE								
	Fibre de bois isolante			3,7%	surface des murs (m <sup>2</sup> )	0,7%	0,3 %		surface des murs (m <sup>2</sup> )

## Groupe de travail 2 : Menuiseries et aménagements intérieurs

Famille de produits (correspond à une fonction)	Ouvrage	Produit "FCBA"	Logement		Unité	BNR			Unité
			Collectif	MII + MIG		Tertiaire	Industriel + Stockage	Agricole	
Revêtement des sols	Parquets	Regroupe a) les parquets en bois massifs cloués sur profils bois (lambourdes ou solives), b) les parquets contre collés posés, c) Les parquets collés en bois massif	16,2%	22,0%	$m^2$ plancher équipé / $m^2$ construit				
	Stratifiés					0,2%	0,00%		$m^2$ plancher équipé / $m^2$ construit
	Planchers-plaque					1,8%	0,1%		
Escaliers	Escaliers mixtes bois/acier (garde-corps ou mains courantes simple face)		Hypothèse : pas d'escalier mixte dans le logement			2,1%	1,4%		$m^2$ plancher équipé / $m^2$ construit
	Escaliers bois 100% (garde-corps ou mains courantes simple face)		1,4%	39,7%	nb bât équipés / nb bât construit	1,3%	0,6%		
Garde corps	Garde corps								
Portes	Portes palières (bois)		77,2%		nb portes bois / nb portes				nb portes bois / nb portes
	Porte coupe-feu (bois)		86,3%			86,3%	86,3%		
	Portes intérieures non techniques		80%	80%		80%	80%		
	Porte d'hôtel (isolation acoustique et coupe-feu)					80%			
	Portes de bureau (isolation acoustique)					80%	80%		

Famille de produits (correspond à une fonction)	Ouvrage	Produit "FCBA"	Logement		Unité	BNR			Unité
			Collectif	MII + MIG		Tertiaire	Industriel + Stockage	Agricole	
Cloisons	Cloisons non porteuses (bois)	Ossature non porteuse bois	0,23%	2,73%	$m^2$ bois / $m^2$ cloisons				$m^2$ plancher équipé / $m^2$ construit
	Cloisonnement du bâtiment (fixe ou démontable)					0,72%	0,66%		
	Cloisons des pièces humides					0,94%	0,24%		
	Cloisons coupe-feu					0,18%	0,11%		
Lambris	Plafonds en bois		0,66%	3,92%	$m^2$ plafond équipé / $m^2$ plafond construit	1,54%	0,16%		$m^2$ plafond équipé / $m^2$ plancher construit
	Doublage intérieur bois des murs		0,26%	2,73%	$m^2$ mur équipé / $m^2$ mur construit	1,57%	0,38%		$m^2$ mur équipé / $m^2$ mur construit
Aménagement intérieur	Cuisine		90 (= 67/0,75)		$L$ de bois / $m^2$ cuisine				
	Salle de bain		Meuble sous vasque = 40kg		$L$ de bois / salle de bain				
	Placard		200 (= 150/0,75)		$L$ de bois / $m^2$ dressing				
Profils d'intérieur (plinthes, etc.)	Profils d'intérieur (plinthes, etc.)								

## Groupe de travail 3 : Menuiseries et aménagements extérieurs et Éléments architecturaux spécifiques

Famille de produits (correspond à une fonction)	Ouvrage	Produit "FCBA"	Logement		Unité	BNR			Unité
			Collectif	MII + MIG		Tertiaire	Industriel + Stockage	Agricole	
Fenêtres et portes	Fenêtres bois		6,0%	6,0%	nb fenêtres bois / nb fenêtres	6,2%	3,2%		nb fenêtres bois / nb fenêtres
	Fenêtres mixte bois/aluminium		2,9%	2,4%		4,1%	0,7%		
	Fenêtres de toits en bois		0,1%	0,2%					
	Volets (battants, coulissants, roulants, Persiennes/Jalousies)		6,2%	8,7%	nb fenêtres équipés / nb fenêtres				
	Portes d'entrées (bois & mixte bois/verre)		4,6%	18,2%	nb portes bois / nb portes				
	Portes de garage			4,3%					
Platelage	Toiture terrasse revêtement bois		2,2%		m <sup>2</sup> bois / m <sup>2</sup> toiture	1,5%	0,1%	0,1%	m <sup>2</sup> bois / m <sup>2</sup> toiture
	Platelage au sol		estimation du marché						
Parement verticaux extérieurs	Revêtements en bois des façades / Bardage bois	Regroupe bardage lame et plaque	7,2%	8,8%	m <sup>2</sup> bois / m <sup>2</sup> façade	13,8%	3,1%	19,1%	m <sup>2</sup> bois / m <sup>2</sup> façade
Habillements	Éléments rapportés en façade et brise-soleils								
	Planches de rives								
Clôtures	Sous-faces / avancée de toiture		Compris dans la charpente ?			Compris dans la charpente ?			
	Portails bois		Estimation du marché						
	Panneaux pare-vue								
Balcons	Balcons								

### Liste des experts ayant répondu aux questionnaires sur les technologies

#### **Michel SARRAZIN**

Économiste de la construction

UNTEC

5 rue Guy Pellerin

ZAC EYRIALIS

33114 LE BARP

Enquête freins : GT1, GT2

Enquête impacts : GT1, GT2

#### **Rodolphe MAUFRO**

Responsable technique Charpente – Construction bois

Union des Métiers du Bois

Fédération Française du Bâtiment

7-9 Rue La Pérouse - 75784 PARIS Cedex 16

Enquête freins : GT1

Enquête impacts : GT1

#### **Marlène MIVIELLE**

Chargée de mission 2<sup>ème</sup> transformation et normalisation

Fédération Nationale du Bois

6 rue François 1er

75008 PARIS

Enquête freins : GT1, GT2, GT3

**Sylvain ROCHET**

Teckicéa – Ingénierie du Bois  
18, rue Denis Papin  
25300 Pontarlier

Enquête impact : GT1 & GT3

**Éric DIBLING**

Dirigeant - INGENECO Technologies  
Assistance à Maîtrise d’Ouvrage-Ingénierie  
Conseil-Expertise-Innovation - Formation  
20 Rue d'AGEN  
Centre d'Affaires MILUPA  
68 000 COLMAR

Enquête freins : GT1

**Éric BOILLEY**

Directeur LCB  
Le Commerce du Bois  
Tour Maine Montparnasse  
33 avenue du Maine  
BP 163  
75755 Paris Cedex 15

Enquête freins : GT3

Autres experts consultés dans le cadre de l'étude**Elodie Lavigne**

Managing Director  
Versowood France Sarl  
8 rue des Cerisiers 37000 Tours

**Bertrand Demarne**

Directeur des affaires techniques et environnementales  
Union nationale des industries de l'Ameublement français  
120, avenue Ledru-Rollin  
75011 Paris

**Cécile Richard**

Secrétaire Générale  
Union des Métiers du Bois  
Fédération Française du Bâtiment  
7-9 Rue La Pérouse - 75784 PARIS Cedex 16

**Thomas Garnesson**

Ingénieur Construction Bois  
Équipe Matériaux et Systèmes Constructifs  
NOBATEK  
Siège social / 67, rue de Mirambeau / 64600 ANGLET

## Bibliographie (principales études consultées, liste non exhaustive)

VEM-FB (Serge Lochu Consultant) - Synthèse sciage et produits techniques FNB, 2015 et 2016

CODIFAB : Enquête nationale construction bois (2013, 2015, 2017)

CODIFAB : Enquête nationale - Le bois dans la construction neuve, 2017

Axiome Media (BatiEtude) : Étude détaillée du marché de la fenêtre en France en 2015

Industries européennes du Parquet : Synthèse statistiques 2017 et prévisions 2018 - 2019

UFFEP : Image et perception du parquet français, 2017

Axiome Media (BatiEtude) : Le bois dans la construction Neuf : résultats exclusifs Tertiaire (hors agricole) 2010-1S 2016, 2017

KPMG : L'industrie hôtelière en 2017

UMB-FFB : Plan Bois 3 Plan Stratégique axe 1 – Accompagnement de la maîtrise d'ouvrage - Comité de pilotage 19 décembre 2017

Ministère de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Énergie : La Stratégie Nationale Bas Carbone, la France en action, 2015. Travaux mobilisés principalement pour :

- prévision de la construction de logements et du nombre de rénovations énergétiques à 2050 pour l'AME (en collaboration avec les équipes de la DHUP)
- prévision de la construction de bâtiments tertiaires et des surfaces rénovées à 2050 pour l'AME (en collaboration avec les équipes de la DHUP)
- prévision des valeurs ajoutées dans l'industrie à 2050 (AME et AMS2)
- approfondissement sur le secteur agricole à 2050 : MAA

ADEME : Enquête OPEN 2015 : montant des rénovations et nombre de rénovation en 2014

CSTB - Obstacles au développement des filières de matériaux et produits biosourcés ; MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT - Mai 2011

CSTB/FCBA - DEVELOPPEMENT DE L'USAGE DU BOIS DANS LA CONSTRUCTION - Obstacles Réglementaires & Normatifs Bois Construction - Août 2009

CGEDD - Rapport de mission de la délégation interministérielle à la forêt et au bois – mars 2017

CGEDD - « Compte du logement 2016 - Rapport de la commission des comptes du logement [Publications, Datalab, 2017] : Observation et statistiques ».

Neolife - « Document d'information - Transfert sur Alternext Paris », Décembre 2016





**Juillet 2019**

## **Étude prospective : Évolution de la demande finale du bois dans la construction, la rénovation et l'aménagement des bâtiments**

le **BPE**



### **Partie 3 relative à l'analyse de la compétitivité et de l'adaptation de l'offre aux évolutions attendues de la demande**

Auteur(s) - FCBA	Version	Date
Anne-Laure LEVET Alain THIVOLLE-CAZAT	3.0	12/06/2019
Relecteur - FCBA		Date
Gérard DERROUBAIX		12/06/2019

## Table des matières

<u>1. INTRODUCTION</u>	<u>4</u>
<u>2. ADEQUATION DE LA RESSOURCE DISPONIBLE AUX EVOLUTIONS ATTENDUES DE LA DEMANDE DE BOIS</u>	<u>4</u>
A) METHODOLOGIE	4
B) RESULTATS	7
<u>3. COMPETITIVITE DES PRODUITS ET DES INDUSTRIES BOIS CONSTRUCTION</u>	<u>11</u>
A) INDICATEURS DE COMPETITIVITE DES PRODUITS TRANSFORMES	11
B) INDICATEURS STRUCTURELS ET DE PERFORMANCE DES INDUSTRIES DU BOIS	15
<u>4. LEVIERS D'ADAPTATION DE L'OFFRE</u>	<u>21</u>
A) DYNAMIQUES DE MARCHE	21
B) ADAPTATION DES CAPACITES DE PRODUCTION	24
C) VALORISATION DES FEUILLUS EN CONSTRUCTION	28
D) AUTRES MESURES D'ADAPTATION	29
<u>5. CONCLUSION</u>	<u>31</u>
<u>6. BIBLIOGRAPHIE</u>	<u>33</u>
<u>7. ANNEXES</u>	<u>34</u>
A) RENDEMENTS SCIAGE ET PANNEAU UTILISES DANS L'ETUDE	34
B) EVOLUTION DE LA DEMANDE DE SCIAGES ET DE PANNEAUX	39
C) TAUX DE PRODUCTION NATIONALE DES PRODUITS BOIS DESTINES AU MARCHE DE LA CONSTRUCTION	40
D) DYNAMIQUES DE MARCHE	41
E) LISTE DES PERSONNES RENCONTREES	42

## Figures

Figure 1 : Evaluation de la demande supplémentaire de bois .....	5
Figure 2 : Evolution de la demande de produits semi-transformés .....	7
Figure 3 : Evolution de la demande de sciages résineux et feuillus .....	8
Figure 4 : Equilibre offre / demande de bois d'œuvre résineux .....	9
Figure 5 : Equilibre offre / demande de bois d'œuvre feuillus .....	9
Figure 6 : Equilibre offre et demande de bois d'industrie .....	10
Figure 7 : Evolution du solde commercial des produits bois .....	12
Figure 8 : Taux de production nationale des produits bois destinés au marché de la construction .....	13
Figure 9 : Origine géographique des produits bois importés .....	15
Figure 10 : Chiffre d'affaires moyen par entreprise .....	17
Figure 11: Taux de marge brute d'exploitation.....	17
Figure 12 : Indicateurs d'investissement – Sciage et rabotage.....	19
Figure 13: Indicateurs d'investissement – Travail du bois .....	19

<i>Figure 14: Coûts moyens de personnel – Sciage et rabotage .....</i>	20
<i>Figure 15: Coûts moyens de personnel – Travail du bois .....</i>	20
<i>Figure 16: Dynamiques de marché du scénario Tendanciel.....</i>	21
<i>Figure 17 : Dynamiques de marché du scénario Volontariste .....</i>	22
<i>Figure 18 : Dynamiques de marché du scénario Alternatif.....</i>	22
<i>Figure 19: Dynamiques de marché du scénario Objectif Neutralité Carbone.....</i>	23
<i>Figure 20: Besoins supplémentaires de capacités de production de CLT à l'horizon 2035 .....</i>	25
<i>Figure 21: Besoins supplémentaires de capacités de production d'ossature bois à l'horizon 2035.....</i>	26
<i>Figure 22: Besoins supplémentaires de capacités de production de sciages résineux à l'horizon 2035 .....</i>	28

## Glossaire

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

BE : Bois énergie

BI : Bois d'industrie

BO : Bois d'œuvre / BOR : Bois d'œuvre résineux / BOF : Bois d'œuvre feuillus

BMA : Bois massif abouté

BMR : Bois massif reconstitué

CLT : Cross Laminated Timber (panneau contrecollé-croisé)

EAB : Enquête Annuelle de Branche

FCBA : Institut technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement

IGN : Institut national de l'information géographique et forestière

PCS : Produits connexes de scierie

VEM-FB : Veille Economique Mutualisée de la filière Forêt-Bois

## 1. Introduction

A partir des évolutions attendues de la demande de bois construction établies aux horizons 2020, 2035 et 2050, il s'agit dans cette partie d'évaluer la capacité de l'offre nationale à y répondre, en termes de ressources et de produits transformés et mis en œuvre. Sur la base d'un diagnostic de compétitivité des produits bois et de leurs industries, des mesures d'adaptation seront identifiées pour répondre aux évolutions attendues de la demande sans détériorer le solde commercial des produits bois.

L'analyse de la compétitivité se concentre principalement ici sur la concurrence internationale (produits nationaux versus produits importés), la concurrence inter-matériaux étant implicitement prise en compte dans les projections de demande préalablement établies à l'étape 2 via les évolutions des parts de marché du bois.

La question centrale dans cette partie est donc d'analyser si, compte tenu des projections de demande bois construction, l'offre nationale est en mesure d'y répondre en termes :

- d'adéquation de la disponibilité de la ressource aux évolutions attendues de la demande de bois ;
- de compétitivité des produits transformés et des industries bois construction ;
- de mesures d'adaptation nécessaires de l'offre en particulier en termes de capacités de production.

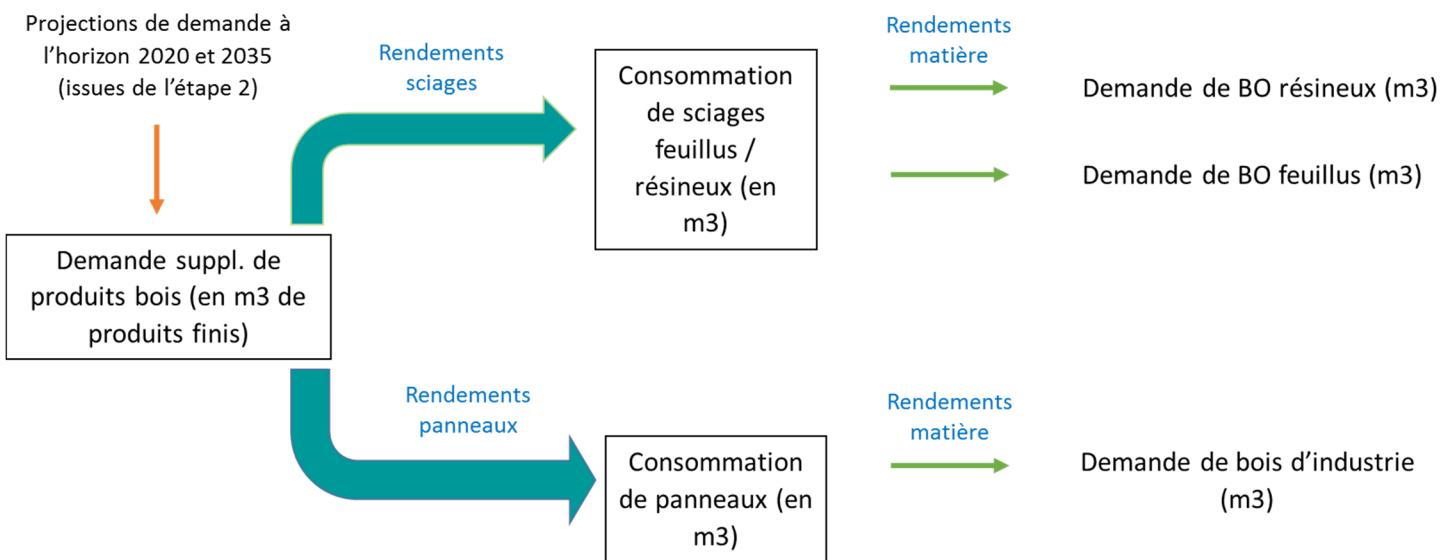
## 2. Adéquation de la ressource disponible aux évolutions attendues de la demande de bois

### a) Méthodologie

On cherche ici à évaluer si la ressource forestière est suffisante pour répondre aux évolutions attendues de la demande en bois construction, en distinguant les besoins en ressource pour les sciages selon le type d'essences (résineux et feuillus). Cette évaluation repose sur l'analyse de l'équilibre entre une demande supplémentaire de bois et une disponibilité supplémentaire de la ressource compte tenu de la récolte actuelle.

Les projections de demande établies à l'étape 2 ont permis de calculer une demande supplémentaire de produits bois exprimée en m<sup>3</sup> de produits finis en distinguant le type de matériau bois (massif ou panneau). Ces volumes ont ensuite été traduits en consommation de sciages et de panneaux en tenant compte de rendements matière spécifiques à chaque produit bois ([voir annexe 7.a](#)). Enfin, la consommation en produits de 1<sup>ère</sup> transformation a été convertie en demande de bois d'œuvre (BO) résineux et feuillus et en demande de bois d'industrie (BI) en appliquant des rendements matière (figure 1).

Figure 1 : Evaluation de la demande supplémentaire de bois



La demande supplémentaire de bois d'œuvre (BO) et de bois d'industrie (BI) a ensuite été comparée à la disponibilité de la ressource supplémentaire évaluée dans le cadre de l'étude de ressources menée en 2015-2016 par FCBA et l'IGN pour l'ADEME<sup>1</sup> et révisée selon la méthodologie explicitée dans l'encadré ci-dessous.

<sup>1</sup> Colin A., Thivolle-Cazat A. (2016), Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035, étude réalisée pour l'ADEME.

## Evaluation de la ressource disponible supplémentaire (étude de ressources)

L'étude ADEME/IGN/FCBA (2016) a estimé la disponibilité technico-économique et supplémentaire en bois pour les matériaux et l'énergie à l'horizon 2035.

La disponibilité technico-économique est la récolte potentielle réalisable compte tenu de l'état initial des peuplements, des conditions techniques d'exploitation, de la disposition à vendre des propriétaires et des conditions économiques au moment de l'étude. Cette disponibilité technico-économique a été estimée par pas de 5 ans jusqu'en 2035 selon deux scénarios sylvicoles : sylviculture constante et sylviculture dynamique. Le scénario à sylviculture constante a été constitué en calculant un taux de prélèvement par essence et classe de diamètre, à partir des relevés de coupe observés sur l'ensemble des placettes de l'inventaire forestier de l'IGN. Pour définir le scénario dynamique, on a retenu la moitié des placettes où le taux de coupe était le plus élevé pour calculer un nouveau taux de coupe par essence et classe de diamètre. Le scénario dynamique représente la gestion la plus intensive qui ait été observée en forêt tout en ne prélevant qu'environ 70 % de l'accroissement biologique.

La disponibilité supplémentaire est la différence entre la disponibilité technico-économique à un moment donné de la simulation et la récolte observée par l'IGN au moment de l'étude, c'est-à-dire pendant la période 2011-2015.

Dans l'étude ADEME 2015, la disponibilité technico-économique avait été répartie entre le bois d'œuvre et le bois d'industrie/énergie. On avait considéré que le bois d'œuvre était constitué des arbres de plus de 22,5 cm de diamètre, jusqu'à une découpe de 20 cm ; le reste de l'arbre, tige et branche jusqu'à la découpe 7 cm, était réputé constituer le bois d'industrie/énergie (BIBE). La comparaison avec les résultats de l'Enquête Annuelle de Branche (EAB) - exploitation forestière et scierie avait montré une surestimation moyenne du volume de BO de l'étude de plus de 50 % pour les feuillus.

Une étude financée par France Bois Forêt est en cours de réalisation à l'heure de la rédaction de ce rapport pour ré-estimer, en concertation avec les professionnels, la proportion de bois d'œuvre dans la disponibilité selon les essences et les régions.

Comme les résultats de cette étude ne sont pas encore disponibles, il a été réalisé pour la présente étude prospective un ajustement de la quantité de bois d'œuvre. Pour ce faire, la quantité de bois d'œuvre (chêne, hêtre, autres feuillus) estimée dans l'étude ADEME a été rapportée à la quantité de bois d'œuvre recensée par l'EAB, pour les mêmes groupes d'essence par région administrative et pour la période 2011-2015. Le ratio entre la quantité de BO feuillu initial de l'étude ADEME (qui est un BO potentiel) et la quantité utilisée pour la présente étude prospective s'établit en moyenne à 41%. Il a été considéré que l'écart pour les résineux n'était pas suffisamment important pour justifier un réajustement.

Un rapport [récolte BO EAB] / [disponibilité BO étude ADEME] a ainsi été calculé.

Ce rapport a été appliqué à la disponibilité technico-économique et supplémentaire de l'étude ADEME pour réévaluer la quantité de bois d'œuvre disponible en feuillus aux horizons 2020 et 2035.

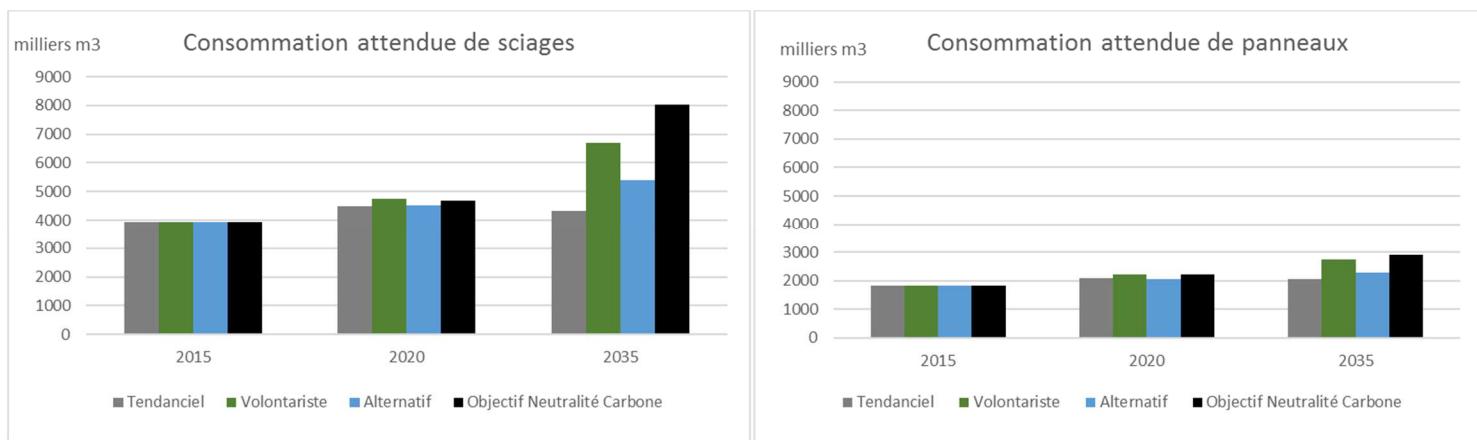
Pour permettre le rapprochement entre l'offre et la demande, deux horizons temporels ont été analysés, à 2020 et 2035, l'échéance à 2050 n'ayant pas été traitée dans l'étude de ressources<sup>2</sup>. Pour la demande de bois, les quatre scénarios étudiés dans l'étape 2 de la présente étude ont été repris : Tendanciel (T), Volontariste (V), Alternatif (A) et Objectif Neutralité Carbone (ONC). Pour l'offre de bois, deux scénarios sont définis dans l'étude de ressources : sylviculture constante (C) et sylviculture dynamique (D).

## b) Résultats

### i. Evolution de la demande de produits semi-transformés

La figure 2 montre l'évolution de la demande de sciages et de panneaux induite par les changements de la demande de produits bois construction selon les quatre scénarios étudiés (Tendanciel, Volontariste, Alternatif et Objectif Neutralité Carbone). L'augmentation de la demande de sciages est la plus forte pour les scénarios Volontariste et Objectif Neutralité Carbone avec une accélération entre 2020 et 2035. Sur l'ensemble de la période 2015-2035, la hausse atteindrait respectivement +71 % et +105 % pour ces deux scénarios. Selon le scénario retenu, la demande de sciages destinés aux produits de construction tels que définis dans le périmètre de l'étude pourrait varier entre 4,3 millions de m<sup>3</sup> et 8 millions de m<sup>3</sup> à l'horizon 2035. Concernant la demande de panneaux, l'augmentation la plus élevée est également enregistrée pour les scénarios Volontariste et Objectif Neutralité Carbone mais avec un rythme moins soutenu (respectivement +48 % et +57 %). A échéance 2035, la consommation de panneaux atteindrait entre 2 millions de m<sup>3</sup> et près de 3 millions de m<sup>3</sup> selon le scénario.

Figure 2 : Evolution de la demande de produits semi-transformés



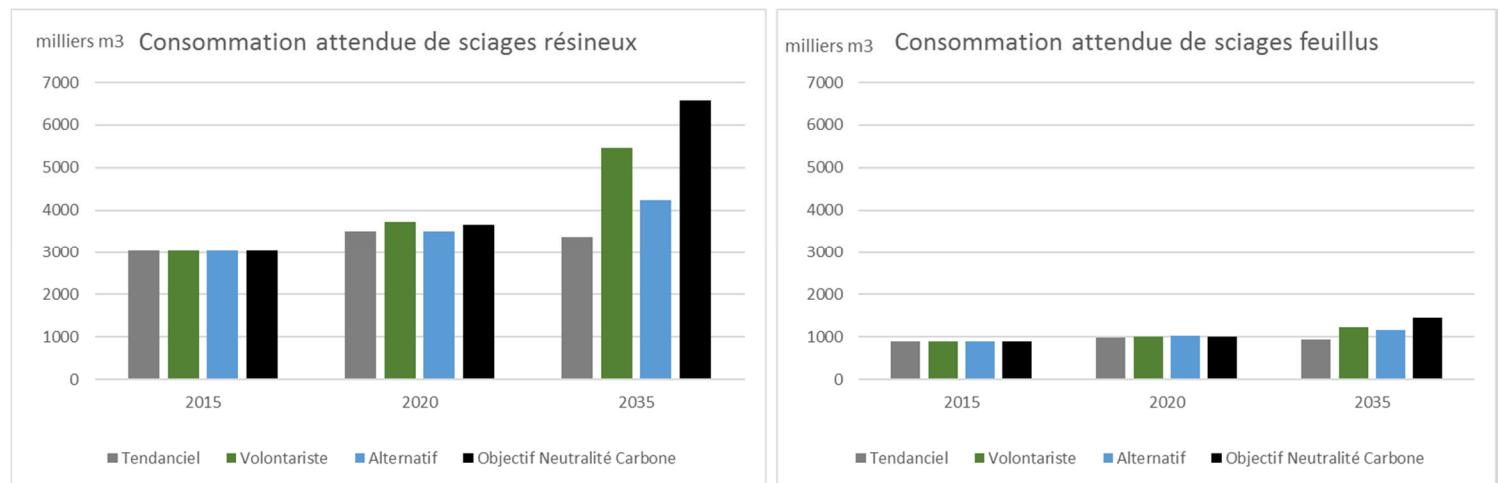
Source : calculs FCBA à partir des projections de demande de produits bois de la phase 2

[Voir l'annexe 7.b pour les tableaux de valeur correspondants](#)

<sup>2</sup> Ceci constitue une limite à la phase 3. Cependant, les phases 1 et 2 ont montré que les écarts de consommation des produits bois les plus importants étaient entre 2020 et 2035.

Pour l'année de référence 2015, la consommation de sciages se répartit à 77 % pour les résineux et 23 % pour les feuillus (figure 3). La hausse de la demande attendue dans les scénarios les plus dynamiques (Volontariste et Objectif Neutralité Carbone) portera le plus sur les résineux (respectivement +80 % et +117 % à l'horizon 2035) du fait de l'augmentation anticipée des volumes des systèmes constructifs et des charpentes. La hausse de la consommation de sciages feuillus atteindra quant à elle respectivement +39 % et +64 % à l'horizon 2035 pour les scénarios Volontariste et Objectif Neutralité Carbone. Elle sera surtout portée par l'aménagement intérieur et les menuiseries.

Figure 3 : Evolution de la demande de sciages résineux et feuillus



Source : calculs FCBA à partir des projections de demande de produits bois de la phase 2

[Voir l'annexe 7.b pour les tableaux de valeur correspondants](#)

## ii. Equilibre entre l'offre et la demande de bois

A partir de la consommation attendue de sciages et de panneaux, une demande supplémentaire de bois d'œuvre résineux et feuillus d'une part et de bois d'industrie d'autre part a été estimée aux horizons 2020 et 2035 par rapport à l'année de référence 2015. Les rendements matière pour la conversion des volumes de sciages en bois d'œuvre ont été différenciés selon le type d'essences, à savoir 1,9 pour les résineux<sup>3</sup> et 2,3 pour les feuillus<sup>4</sup>. Pour la conversion des volumes de panneaux en bois d'industrie, nous avons retenu le rapport de 1,7<sup>5</sup>.

Pour le BO résineux, la figure 4 montre que même un scénario sylvicole dynamique, tel que défini dans les études de ressources, ne permettra pas de répondre à l'horizon 2035 à la totalité de la

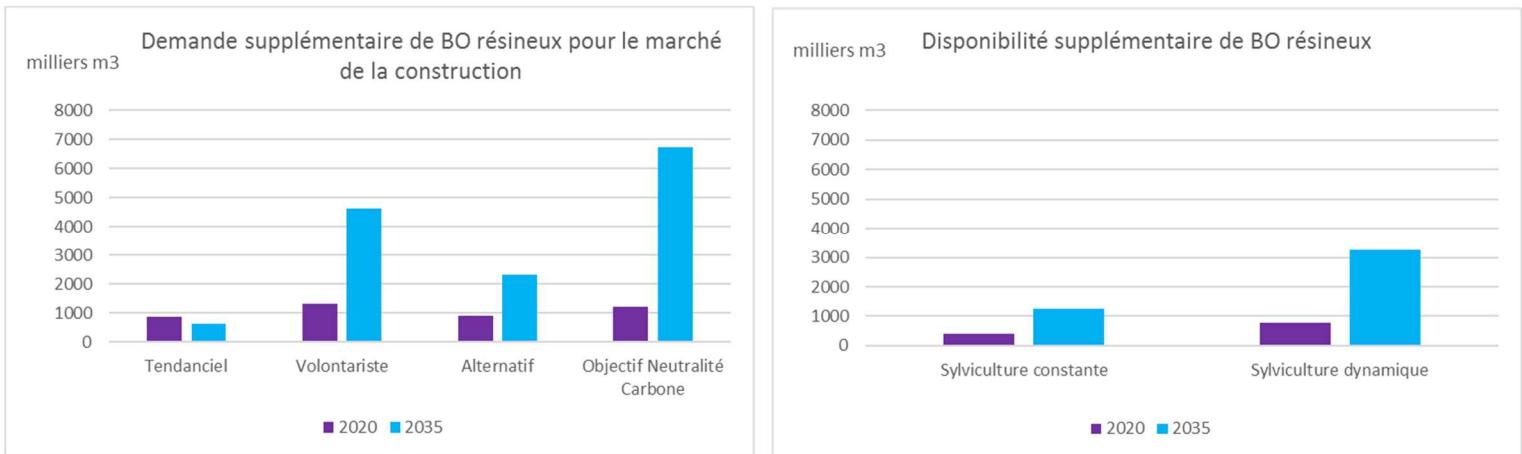
<sup>3</sup> Rendement matière retenu : 1,9 m<sup>3</sup> de grumes sur écorce pour 1 m<sup>3</sup> de sciages, soit la fourchette haute du sapin-épicea (source : mémento FCBA).

<sup>4</sup> Rendement matière retenu : 2,3 m<sup>3</sup> de grumes sur écorce pour 1 m<sup>3</sup> de sciages, soit la moyenne du chêne (source : mémento FCBA).

<sup>5</sup> Source : UNECE/FAO.

consommation attendue dans les scénarios de demande Volontariste et Objectif Neutralité Carbone. Seule la demande supplémentaire de BO résineux dans les scénarios Tendanciel et Alternatif pourrait être satisfaite par la disponibilité supplémentaire prévue par le scénario sylvicole dynamique. Le scénario à sylviculture constante ne satisfait, quant à lui, que le scénario Tendanciel de demande de bois à l'horizon 2035.

Figure 4 : Equilibre offre / demande de bois d'œuvre résineux

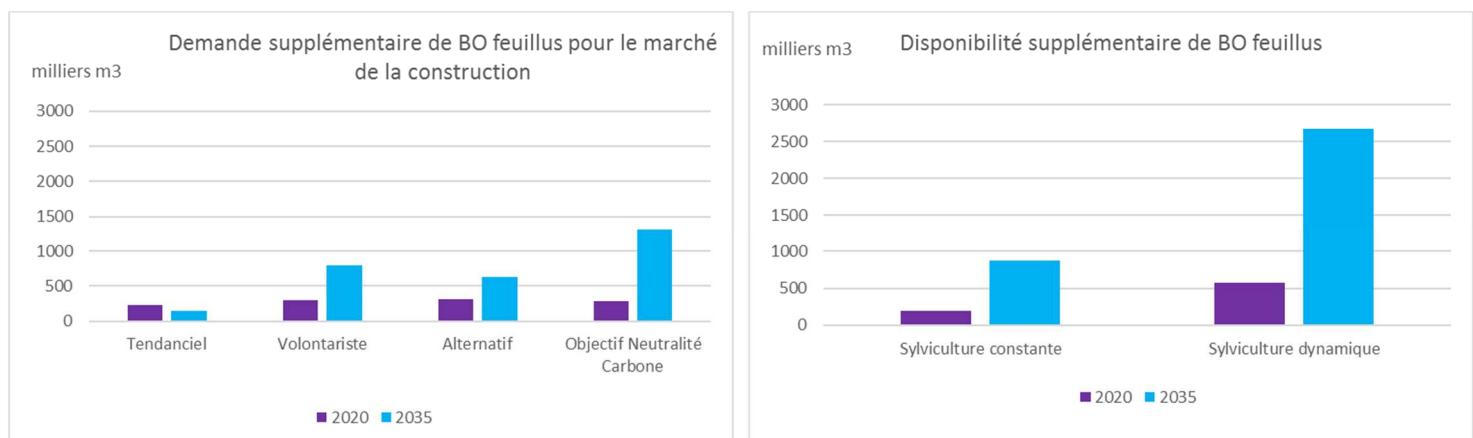


Source : calculs FCBA

Voir également le tableau de synthèse ci-dessous (tableau 1)

En revanche, concernant le bois d'œuvre feuillus, si le scénario à sylviculture constante ne permettrait pas de répondre au scénario de demande Objectif Neutralité Carbone à l'horizon 2035, le scénario sylvicole dynamique permettrait lui de satisfaire les 4 scénarios de demande étudiés (figure 5).

Figure 5 : Equilibre offre / demande de bois d'œuvre feuillus

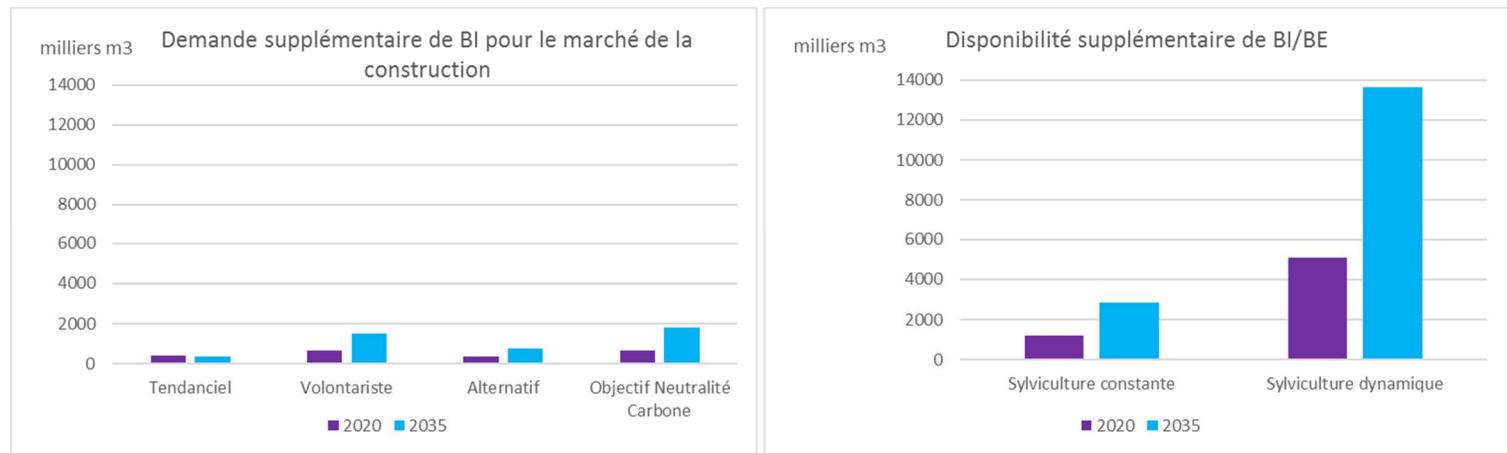


Source : calculs FCBA

Voir également le tableau de synthèse ci-dessous (tableau 1)

La disponibilité supplémentaire de BI/BE, en particulier dans le cadre du scénario sylvicole dynamique, permettrait globalement de répondre aux évolutions attendues de la demande pour le marché de la construction (figure 6). Il pourrait toutefois y avoir des difficultés d'approvisionnement en cas de forte hausse de la demande d'autres secteurs, notamment l'énergie, dont l'évolution n'a pas été évaluée dans le cadre de cette étude. L'étude ADEME/IGN/FCBA (2016) indique que la demande de bois énergie pourrait augmenter de +18% à +73% entre 2015 et 2035 selon les hypothèses d'évolution de la demande adoptées.

Figure 6 : Equilibre offre et demande de bois d'industrie



Source : calculs FCBA

Voir également le tableau de synthèse ci-dessous (tableau 1)

En conclusion de cette partie, l'analyse de l'équilibre entre la ressource et la demande de bois montre de possibles tensions à venir sur le BO résineux, en raison principalement de l'orientation du marché vers cette catégorie de bois. Le risque serait, dans ces conditions, qu'une hausse de la demande nécessite de recourir davantage aux importations. Concernant le bois d'industrie/énergie (BIBE), même si l'évolution potentielle de la demande énergétique peut concurrencer la demande matériau, l'augmentation de l'utilisation de BO (feuillu ou résineux), scié en France, entraînerait la production de PCS (connexes de scierie), ce qui augmenterait la disponibilité globale de BIBE. L'enjeu, en termes de disponibilité de la ressource, porte donc essentiellement sur le BO résineux (tableau 1). Pour y faire face, plusieurs pistes non exclusives peuvent être mobilisées ou explorées, dont certaines sont approfondies dans les sections ci-dessous :

- Développer des plantations pour produire plus de BO résineux.
- Substituer du BO résineux par du BO feuillu, et plus largement développer l'usage du feuillu en construction.

Par ailleurs, on peut se poser la question de réorienter une partie des exportations de résineux (bois d'œuvre, sciages) vers le marché domestique pour réduire la tension sur les approvisionnements. Néanmoins, les données disponibles (Agreste, VEM-FB, French Timber) montrent que le taux d'exportation sur les bois bruts ou sciés résineux est relativement faible (inférieur à 15%). De plus, il conviendrait d'analyser plus en profondeur l'adéquation de ces produits au marché de la construction. En conséquence, si cette piste mérite d'être davantage explorée, elle porterait vraisemblablement sur des volumes limités.

Tableau 1 : Ecarts entre la disponibilité supplémentaire et la demande supplémentaire de bois

Milliers m3	2020						2035					
	BOR		BOF		BI		BOR		BOF		BI	
Scénarios	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
T	-485	-104	-34	342	806	2442	631	2626	734	2538	4735	13262
V	-927	-546	-106	270	538	2174	-3379	-1384	82	1886	3570	12097
A	-510	-129	-113	263	835	2471	-1048	947	252	2056	4327	12854
ONC	-811	-430	-92	284	538	2174	-5489	-3494	-431	1373	3283	11810

Source : calculs FCBA

BOR : Bois d'œuvre résineux / BOF : Bois d'œuvre feuillus

### 3. Compétitivité des produits et des industries bois construction

Au-delà de la ressource disponible, se pose aussi la question de l'adéquation de l'offre de produits transformés à la demande à travers une analyse de la compétitivité des produits bois construction fabriqués en France. L'objectif ici est de mettre en évidence où se situent les enjeux de (re)conquête des parts de marché par rapport aux produits importés et de souligner les forces et les faiblesses des entreprises des secteurs bois construction dans le cadre d'une comparaison européenne.

#### a) Indicateurs de compétitivité des produits transformés

La figure 7 permet d'observer l'évolution depuis 2000 du solde commercial des principales familles de produits utilisés en construction. En 2018, l'ensemble de ces produits (sciages conifères bruts, sciages conifères rabotés et collés, placages et panneaux à base de bois, parquets contrecollés, charpentes et menuiseries) représentait un solde commercial négatif de -1,2 milliard d'euros, soit un accroissement d'environ 100 millions d'euros depuis 2009. L'évolution est toutefois contrastée selon les produits. Après avoir atteint un point bas en 2007 à près de -700 millions d'euros, les sciages conifères bruts ont résorbé leur déficit de moitié pour atteindre un solde de -350 millions d'euros en 2018. Cette évolution s'explique avant tout par la baisse significative des importations qui a atteint -42 % entre 2007 et 2018, alors que les exportations sont restées quasi-stables sur cette période (-1,6 %). La baisse des importations de sciages conifères bruts peut s'expliquer en partie par la crise économique de 2008-2009 qui a réduit la demande intérieure. Elle résulte également d'une amélioration de la qualité des sciages français qui a permis de réduire le taux d'importation même si cette amélioration est surtout le fait des plus grosses scieries. De plus, un phénomène de concentration s'est opéré depuis une dizaine d'années à travers des rachats et de la croissance interne, permettant une amélioration de la productivité et de la compétitivité des scieries françaises. Une autre explication à la baisse des importations de sciages bruts est le possible transfert d'une partie de la demande de sciages bruts (qui réduit mécaniquement le recours aux importations) vers les produits techniques à partir des années 2000. Cette hypothèse, mise en avant

lors des interviews réalisées pour l'étude, est confortée par l'évolution du solde commercial des sciages conifères rabotés ou collés (courbe en bleu clair), qui s'est dégradé depuis 2005-2007 pour atteindre un déficit de -170 millions d'euros en 2018.

Autre évolution marquée, le solde commercial des placages et panneaux à base de bois est devenu négatif à partir de 2008 et enregistre en 2018 un déficit de -245 millions d'euros. A noter que le secteur des panneaux est à la fois fortement exportateur (taux d'export = 55 %) et importateur (taux d'import = 61 %). Les échanges commerciaux sont aussi, dans ce cas, le reflet des stratégies des groupes panneautiers qui, pour la plupart sont des groupes internationaux implantés dans plusieurs pays européens. Les principaux pays d'exportation et d'importation de panneaux sont ainsi essentiellement des voisins limitrophes de la France (Allemagne, Belgique, Espagne, Italie, Autriche) où sont également implantées d'importantes usines de panneaux.

Figure 7 : Evolution du solde commercial des produits bois

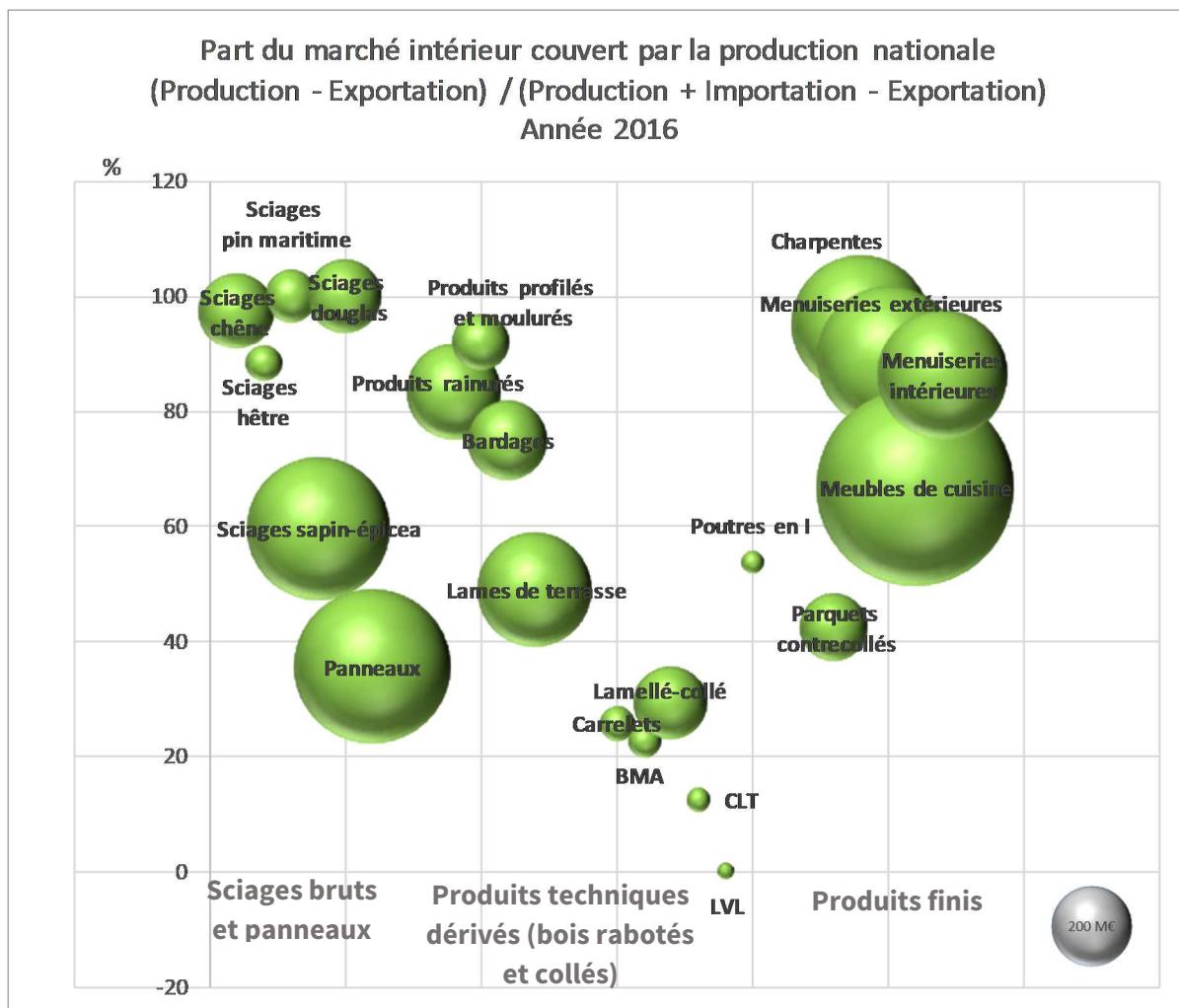


Source : données douanes – calculs FCBA

Les données douanes utilisées ci-dessus pour le calcul du solde commercial sont utiles pour suivre l'évolution des flux d'importations et d'exportations sur une longue période. Elles ne permettent toutefois pas d'isoler la part du solde commercial de certains produits bois imputable au marché

de la construction. C'est le cas pour les sciages et les panneaux qui peuvent avoir d'autres débouchés que la construction. Pour cela, il est possible de construire un autre indicateur de compétitivité à partir des données issues de la Veille Economique Mutualisée de la filière Forêt-Bois (VEM-FB), qui permettent de déterminer pour chaque famille de produits (ou branches) leurs débouchés en distinguant la part de la production nationale et celle des importations. On peut ainsi calculer pour chaque famille de produits bois destinés à la construction leur taux de production nationale (figure 8).

Figure 8 : Taux de production nationale des produits bois destinés au marché de la construction



Note de lecture : l'axe des ordonnées indique en pourcentage la part du marché intérieur (= consommation apparente) couvert par la production nationale, ce que l'on appelle « taux de

production nationale ». Les bulles sont proportionnelles à la taille des marchés en valeur monétaire. Le marché intérieur est calculé de la façon suivante : production + importation – exportation.

Source : données VEM et Serge Lochu Consultant – calculs FCBA

[Voir l'annexe 7.c pour les tableaux de valeur correspondants](#)

La figure 8 montre pour chaque produit bois destiné au marché de la construction la part de la consommation apparente de ce produit couverte par la production nationale. A noter que pour les produits pouvant avoir d'autres débouchés que le marché de la construction (emballage, meubles...), les données ci-dessus ne portent que sur la construction. Cela concerne les différents sciages bruts (hors sciages de douglas) et les panneaux. Cela signifie, par exemple, que la production française de sciages sapin-épicéa couvre 60 % de la consommation de sciages sapin-épicéa utilisés en construction. Par ailleurs, certaines familles de produits n'ont pas pu être prises en compte, ou du moins partiellement (par exemple, l'aménagement intérieur) du fait des données disponibles pour calculer cet indicateur.

Globalement, le taux de production nationale est le plus élevé pour les charpentes et menuiseries, les sciages de chêne, douglas et pin maritime, ainsi que pour certains produits rabotés (profilés et rainurés). Il est en revanche faible voire égal à zéro pour les produits collés, même si ces marchés représentent aujourd’hui une taille limitée (hormis pour le lamellé-collé). Enfin, les sciages sapin-épicéa et les panneaux présentent des enjeux importants de (re)conquête de parts de marché face aux importations car ils cumulent à la fois un taux de production nationale moyen (respectivement 60 % et 36 %) et une taille de marché importante en valeur monétaire.

Les produits bois importés en France pour le marché de la construction ont principalement pour origine d’autres pays de l’Union Européenne (figure 9). L’Allemagne est de loin le premier pays d’importation en valeur monétaire, ce pays représentant par exemple près d’un tiers des importations françaises de sciages conifères rabotés ou collés et environ un quart des importations de panneaux et de parquets contre-collés. La Belgique, l’Espagne et l’Italie pour les panneaux et les charpentes & menuiseries, la Pologne pour les sciages rabotés ou collés et les parquets ainsi que la Suède et la Finlande pour les sciages conifères bruts représentent également d’importants fournisseurs de produits bois destinés au marché français de la construction. Hors Union Européenne, on note principalement la présence de la Russie pour les sciages bruts et de la Chine pour les produits finis (parquets contre-collés).

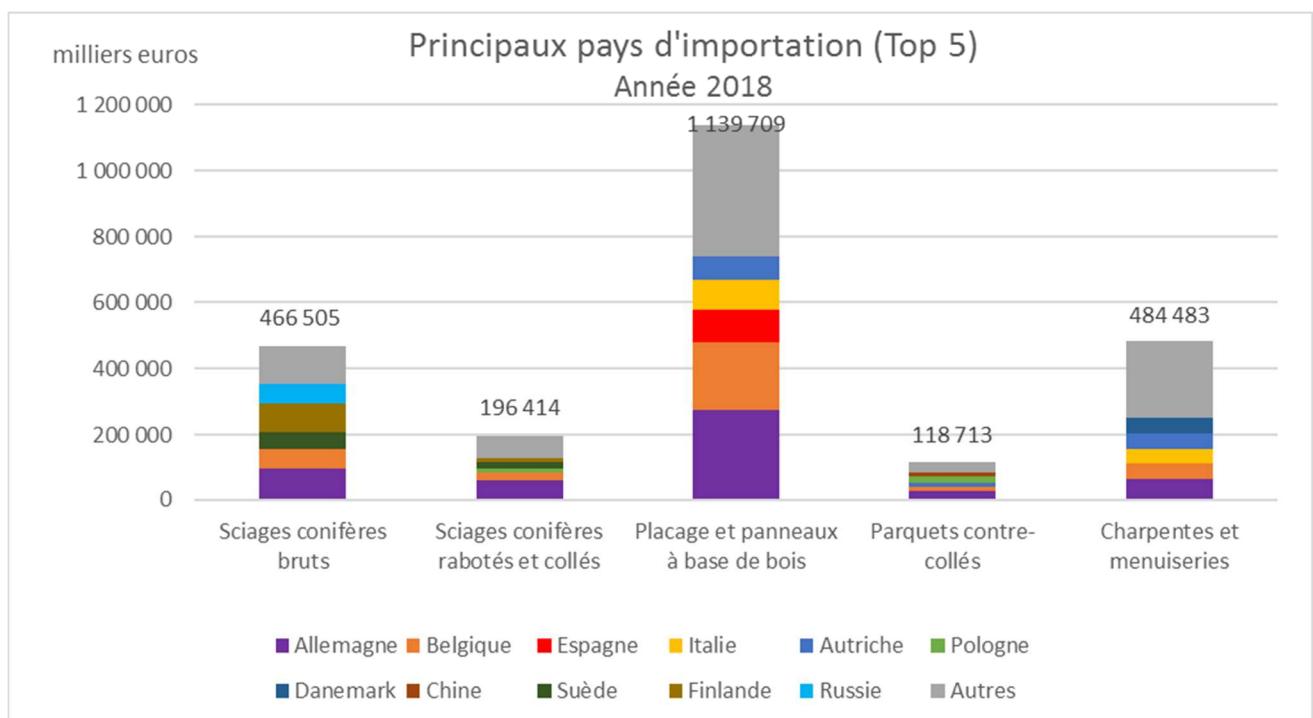
Il est important de souligner ici la distinction faite par les Douanes entre l’origine et la provenance d’un produit importé, lorsque celui-ci transite par certains pays de l’UE avant d’arriver à sa destination finale. Par exemple, un parquet fabriqué en Chine et importé en France en transitant au préalable par la Belgique sera déclaré aux Douanes comme une importation origine Chine et provenance Belgique. Les statistiques douanières françaises consultables sur le portail *DataDouane* renseignent les importations selon le pays d’origine<sup>6</sup>. Dans notre exemple ci-dessus, le parquet apparaîtra ainsi comme un produit importé de Chine (son pays d’origine). Toutefois, des erreurs de déclaration ou des pertes d’information sur le pays d’origine sont possibles et peuvent entraîner

---

<sup>6</sup> Ce n'est pas nécessairement le cas dans tous les pays de l'Union Européenne. D'autre part, les données de commerce extérieur fournies par Eurostat sont quant à elle établies selon le pays de provenance.

des biais dans les statistiques douanières, qu'il est difficile d'évaluer a priori. Une étude spécifique serait nécessaire pour quantifier plus précisément les volumes d'importation faisant l'objet de transit (notamment via les grands ports européens Anvers, Hambourg...) avant d'arriver en France.

Figure 9 : Origine géographique des produits bois importés



Top 5 des pays d'importation en pourcentage, année 2018									
en %	Sciages conifères bruts		Sciages conifères rabotés et collés		Placage et panneaux à base de bois		Parquets contre-collés		Charpentes et menuiseries
Allemagne	20,9	Allemagne	31,9	Allemagne	24,2	Allemagne	23,7	Allemagne	13,6
Finlande	18,1	Belgique	11,7	Belgique	17,8	Pologne	18,5	Autriche	9,8
Russie	13,1	Suède	9,0	Espagne	8,6	Belgique	14,0	Belgique	9,8
Belgique	12,8	Pologne	7,0	Italie	7,9	Chine	10,6	Danemark	9,4
Suède	10,8	Finlande	6,0	Autriche	6,3	Autriche	6,7	Italie	9,0
Autres	24,2	Autres	34,6	Autres	35,2	Autres	26,4	Autres	48,4
Total	100,0	Total	100,0	Total	100,0	Total	100,0	Total	100,0

Source : données douanes – calculs FCBA

## b) Indicateurs structurels et de performance des industries du bois

La compétitivité des industries du bois construction face à la concurrence étrangère peut s'analyser à travers des indicateurs reflétant la structure de production et la performance économique des entreprises. Les données Eurostat relatives aux statistiques structurelles d'entreprise permettent une comparaison de ces indicateurs à l'échelle européenne, montrant ainsi la position de la France par rapport à ses principaux concurrents et son évolution sur les dix dernières années. Pour cela, nous avons identifié les secteurs d'activité en lien avec le marché du bois dans la construction, sachant que le secteur bois construction n'existe pas en tant que tel dans les statistiques publiques. Nous avons retenu le secteur du Sciage et rabotage du bois (16.1) et celui du Travail du bois<sup>7</sup> (16.2). Ces deux secteurs peuvent certes intégrer des entreprises dont l'activité principale ou secondaire peut être en dehors du marché de la construction mais ils sont néanmoins représentatifs de la performance économique des entreprises intervenant sur le marché du bois construction. Par ailleurs, nous nous sommes focalisés ici sur les industries de transformation considérant que la mise en œuvre est moins exposée à la concurrence internationale.

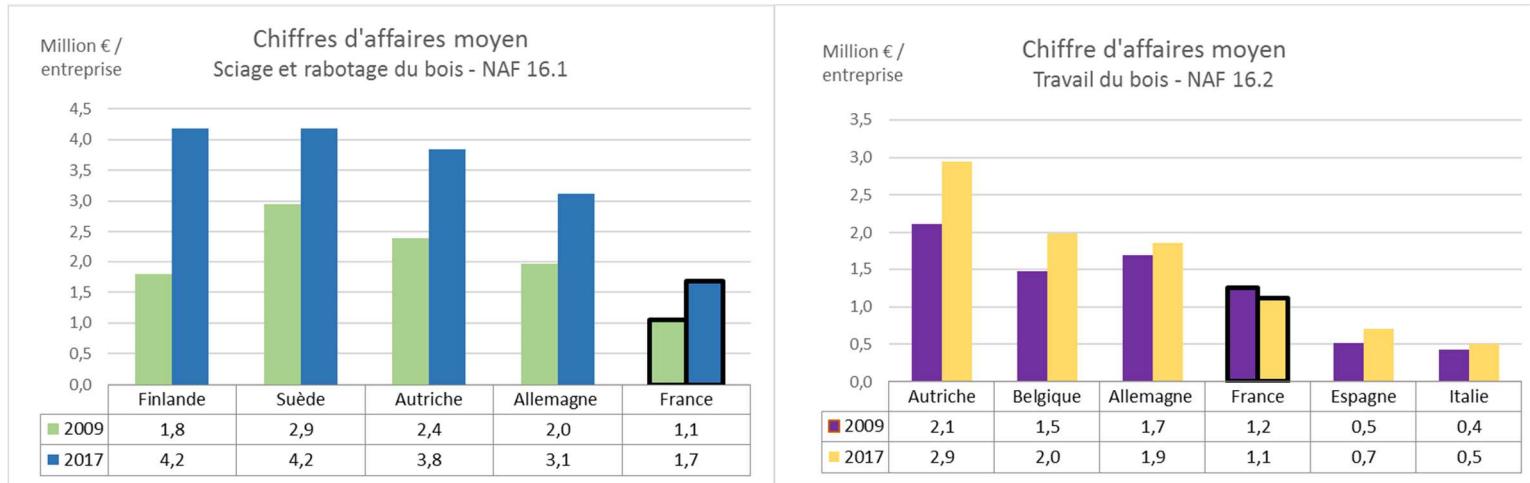
Les pays considérés pour la comparaison européenne ont été différenciés selon le secteur et reflètent leur pertinence par rapport à leur degré de concurrence, mis en évidence dans le paragraphe précédent à travers l'origine géographique des importations françaises.

La figure 10 indique **le chiffre d'affaires moyen** par entreprise pour les secteurs 16.1 et 16.2. Comparé aux autres pays européens (Allemagne, Autriche, Suède, Finlande), le chiffre d'affaires moyen des entreprises françaises de sciage et rabotage apparaît relativement faible (1,5 million d'euros par entreprise en 2017). Ce ratio a certes augmenté depuis 2009, reflétant le processus de concentration des scieries depuis une dizaine d'années, mais il reste à un niveau sensiblement inférieur au chiffre d'affaires moyen affiché en Finlande et en Suède (4 millions d'euros par entreprise). Pour le secteur du Travail du bois (16.2), la France affiche une position intermédiaire entre les pays où le secteur est très concentré (Autriche) et ceux où le chiffre d'affaires moyen est à un niveau bas (Espagne, Italie). La France est toutefois le seul pays de l'échantillon à connaître une baisse du chiffre d'affaires moyen entre 2009 et 2017.

---

<sup>7</sup> Le secteur du Travail du bois (16.2) rassemble les entreprises dont l'activité principale relève d'un des secteurs suivants : Panneaux et placages à base de bois, Parquets assemblés, Charpentes & menuiseries, Emballages, Objets divers en bois.

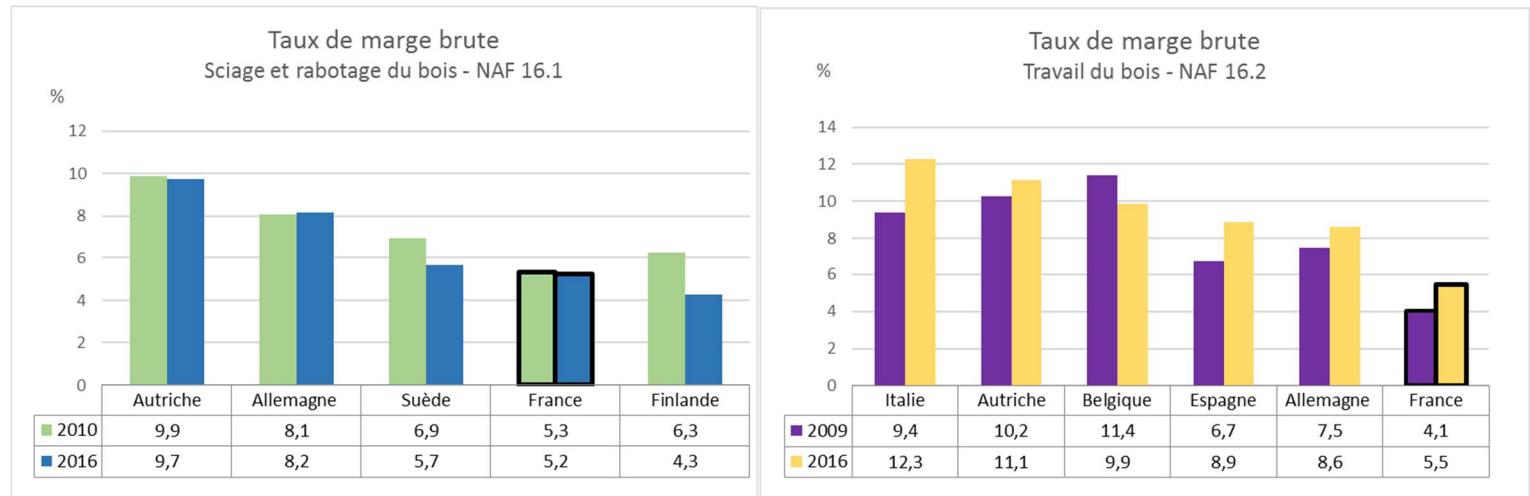
Figure 10 : Chiffre d'affaires moyen par entreprise



Source : Eurostat

**Le taux de marge brute**, exprimé comme le rapport entre l'excédent brut d'exploitation et le chiffre d'affaires, mesure l'efficacité d'exploitation d'une entreprise indépendamment des éléments financiers ou exceptionnels. Il reflète la capacité à dégager des bénéfices et à investir. La figure 11 montre un taux de marge brute des entreprises françaises de sciage et rabotage se situant autour de 5 %, loin des niveaux atteints en Autriche (près de 10 %) ou en Allemagne (8 %) mais proche de la Suède et au-dessus de la Finlande (4 %). Il est intéressant de noter que ce taux n'a pas progressé dans les pays considérés entre 2010 et 2016, voire a baissé en Suède et en Finlande. A l'inverse, le taux de marge brute s'est amélioré pour les secteurs du Travail du bois (excepté en Belgique) sur la période 2009-2016. Cependant, pour la France, ce taux reste faible (5,5 %) comparé à ses principaux concurrents.

Figure 11: Taux de marge brute d'exploitation

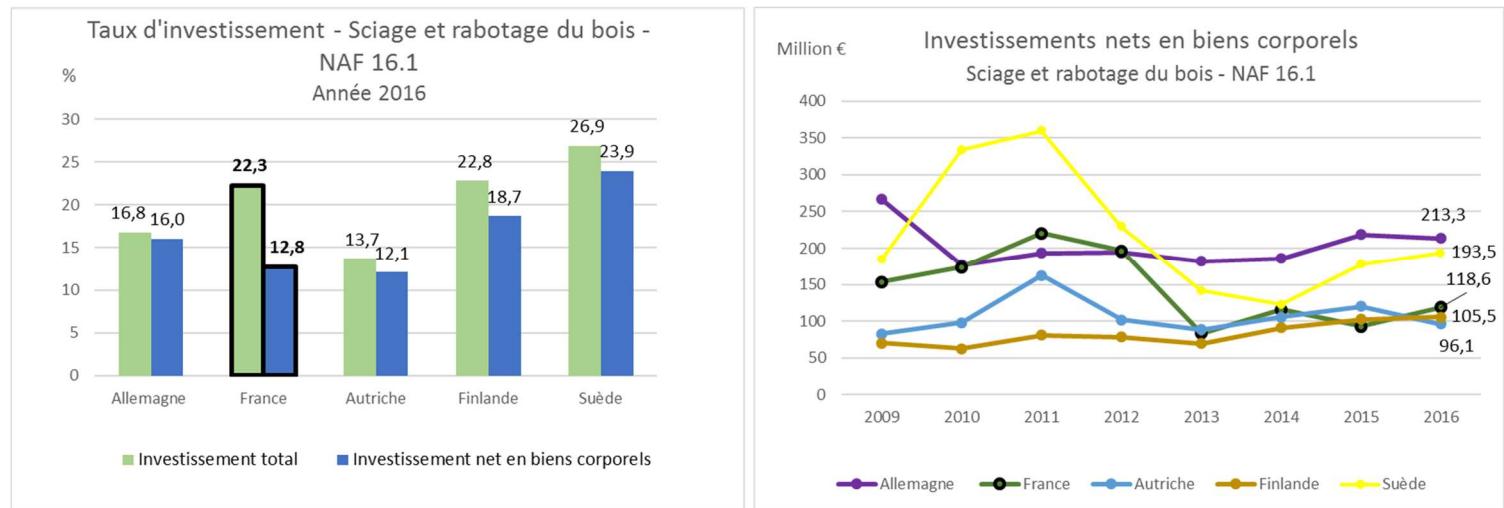


Source : Eurostat

**Le taux d'investissement total** (calculé par rapport à la valeur ajoutée) des entreprises françaises du sciage et rabotage est relativement élevé (22 %), proche du niveau suédois et nettement au-

dessus de celui enregistré en Allemagne (16 %) et en Autriche (13 %). Toutefois, si l'on considère uniquement l'investissement net en biens corporels, qui reflète l'acquisition de nouveaux équipements ou de machines, le taux enregistré en France est l'un des plus faibles de l'échantillon considéré. En valeur absolue, les investissements corporels des scieries françaises ont surtout progressé dans les années qui ont suivi le déclenchement de la crise économique, accompagnant le processus de modernisation de certaines d'entre elles, mais ils se situent depuis 2013 dans la fourchette basse de l'échantillon étudié (figure 12).

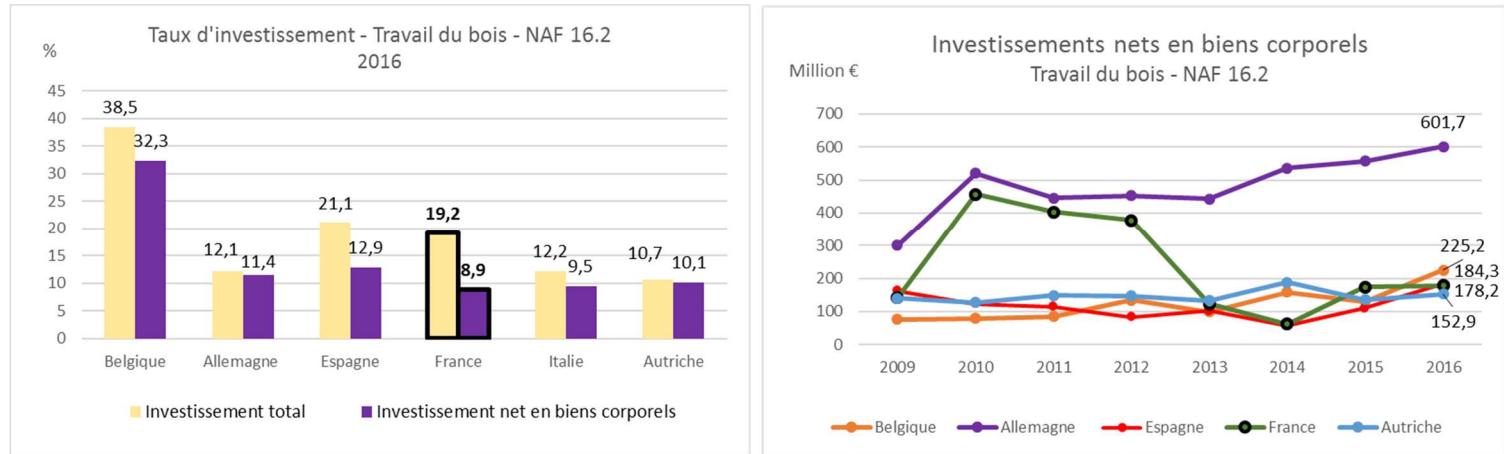
Figure 12 : Indicateurs d'investissement – Sciage et rabotage



Source : Eurostat

Une tendance similaire est également observée pour le secteur du Travail du bois (16.2) avec un écart entre le taux d'investissement total et le taux d'investissement en biens corporels relativement plus important en France comparé aux autres pays européens (figure 13).

Figure 13: Indicateurs d'investissement – Travail du bois

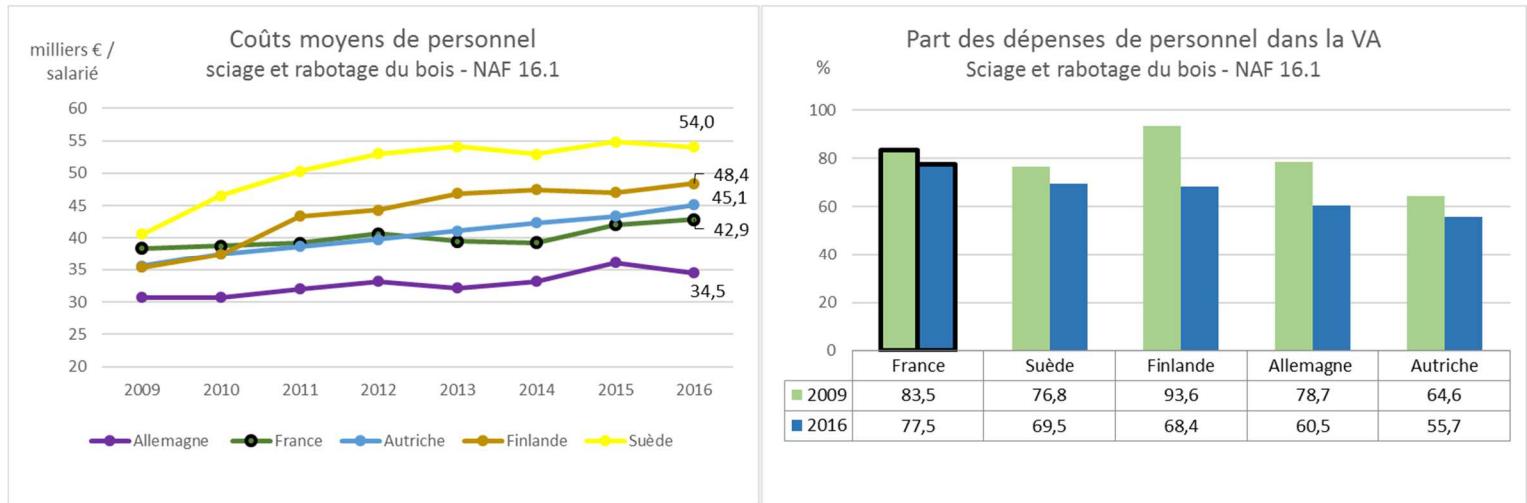


Source : Eurostat

Enfin, les coûts moyens de personnel du secteur Scie et rabotage, qui intègrent les salaires et les charges sociales, se situent en France à un niveau intermédiaire dans l'échantillon considéré, à savoir au-dessus de ceux enregistrés en Allemagne mais en-dessous de ceux des trois autres pays européens (Autriche, Finlande et Suède). Cependant, la part de ces coûts dans la valeur ajoutée du secteur 16.1 est relativement plus forte en France que dans les autres pays considérés (figure 14). Cela signifie que la rémunération du facteur travail (à travers les salaires et les cotisations sociales) pèse relativement plus en France sur la valeur ajoutée que dans les autres pays, au détriment de la rémunération du facteur capital (qui peut être mesurée par l'excédent brut d'exploitation). Ce

Le résultat est cohérent avec le niveau relativement faible du taux de marge brute enregistré en France (figure 11).

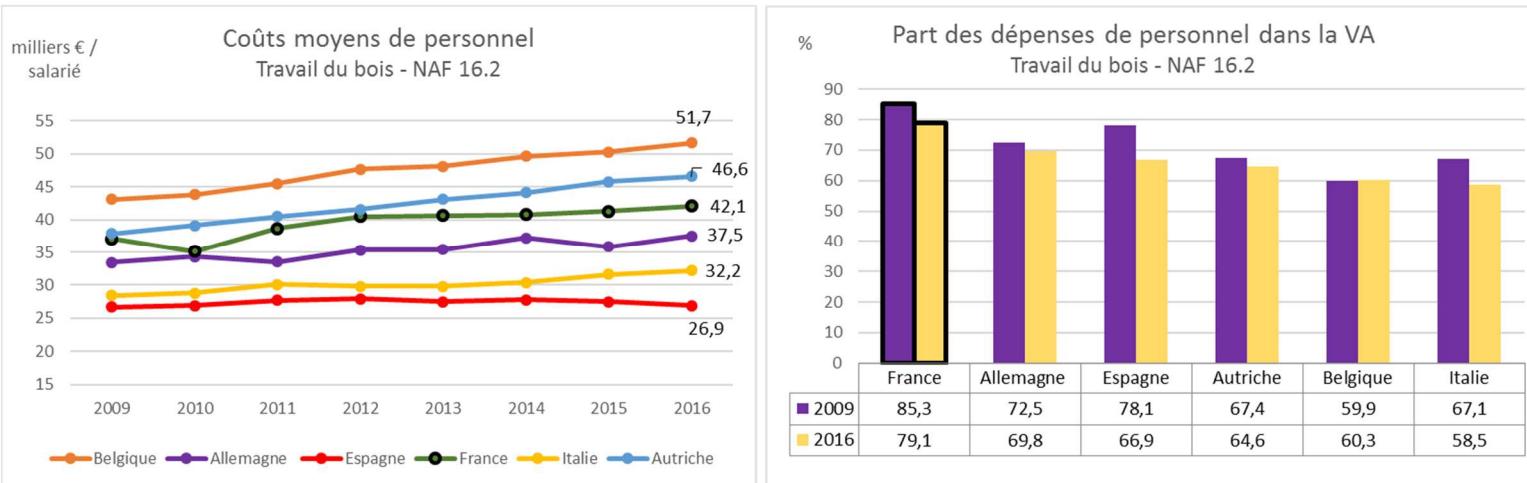
Figure 14: Coûts moyens de personnel – Sciage et rabotage



Source : Eurostat

La tendance est sensiblement la même pour le secteur du Travail du bois, même si les coûts moyens de personnel se situent plutôt dans la fourchette haute de l'échantillon observé (figure 15).

Figure 15: Coûts moyens de personnel – Travail du bois



Source : Eurostat

En résumé, même si la filière bois construction a renforcé sa compétitivité ces dernières années, à travers notamment l'amélioration de la qualité des sciages et le développement d'une offre sur les produits techniques collés, la comparaison des indicateurs de performance à l'échelle européenne souligne encore les faiblesses de l'industrie française. En particulier, la relative petite taille des entreprises françaises ne leur permet pas de bénéficier pleinement des économies d'échelle sur un marché où globalement l'effet de taille joue un rôle important (notamment sur les produits techniques). Les faibles taux de marge limitent par ailleurs leur capacité d'investissement.

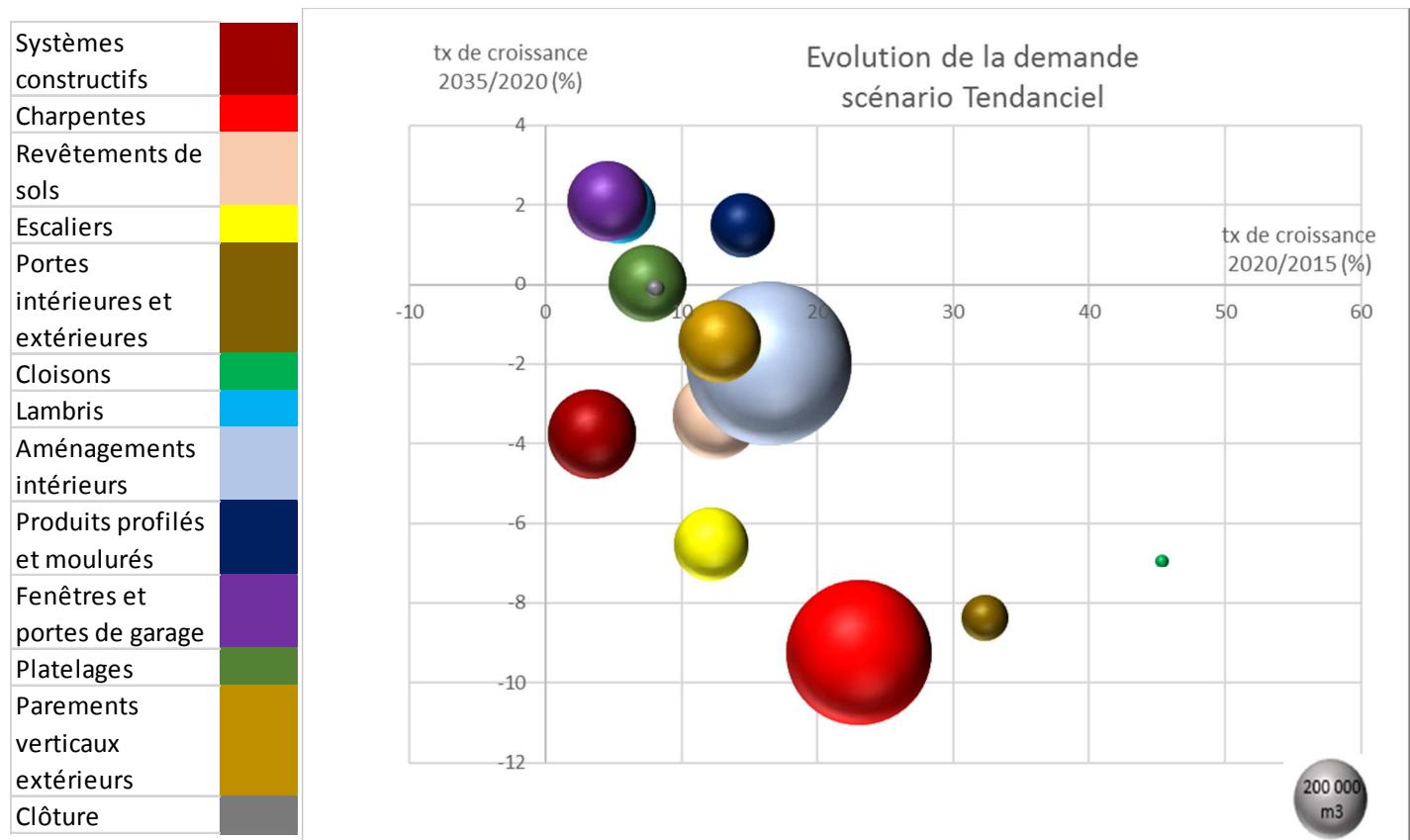
## 4. Leviers d'adaptation de l'offre

Dans cette dernière partie, on cherche à mettre en évidence les adaptations nécessaires de l'offre de façon à pouvoir répondre aux évolutions attendues de la demande sans détériorer le solde commercial des produits bois construction. En particulier, il s'agit d'identifier les familles de produits où il sera nécessaire de développer des capacités de production pour répondre à la croissance du marché.

### a) Dynamiques de marché

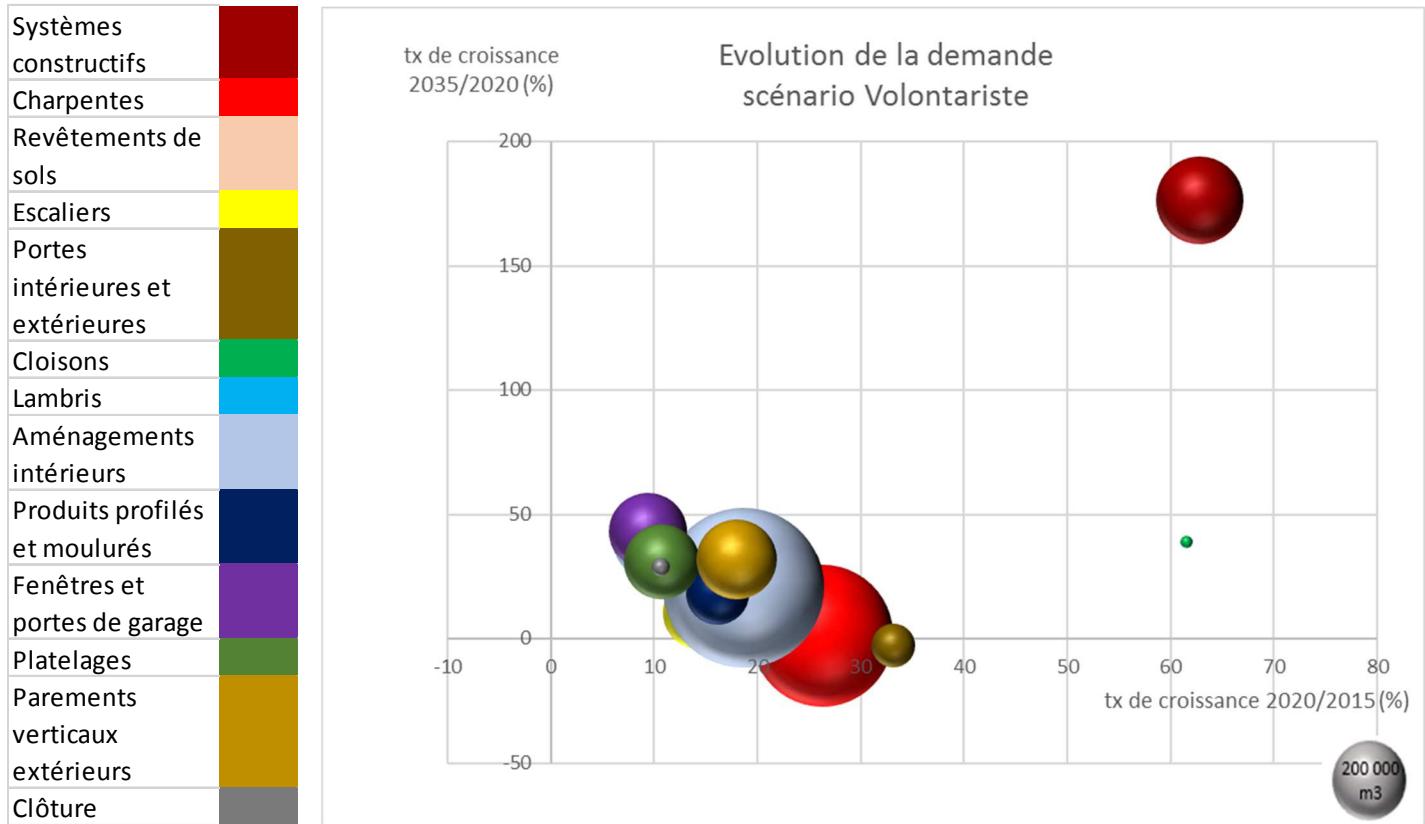
Les dynamiques de marché attendues pour chacune des familles de produits bois construction entre 2015 et 2035 sont synthétisées à travers les figures 16 à 19. Plus précisément, les graphiques ci-dessous indiquent pour chaque famille de produit son taux de croissance attendu en volume, d'une part pour la période 2015-2020 (lecture en abscisse) et, d'autre part, pour la période 2020-2035 (lecture en ordonnée). Par ailleurs, la taille des bulles est proportionnelle à la taille du marché en volume (m<sup>3</sup>) pour l'année de référence 2015. Les tableaux de valeurs correspondants sont présentés en [annexe 7.d](#).

Figure 16: Dynamiques de marché du scénario Tendanciel



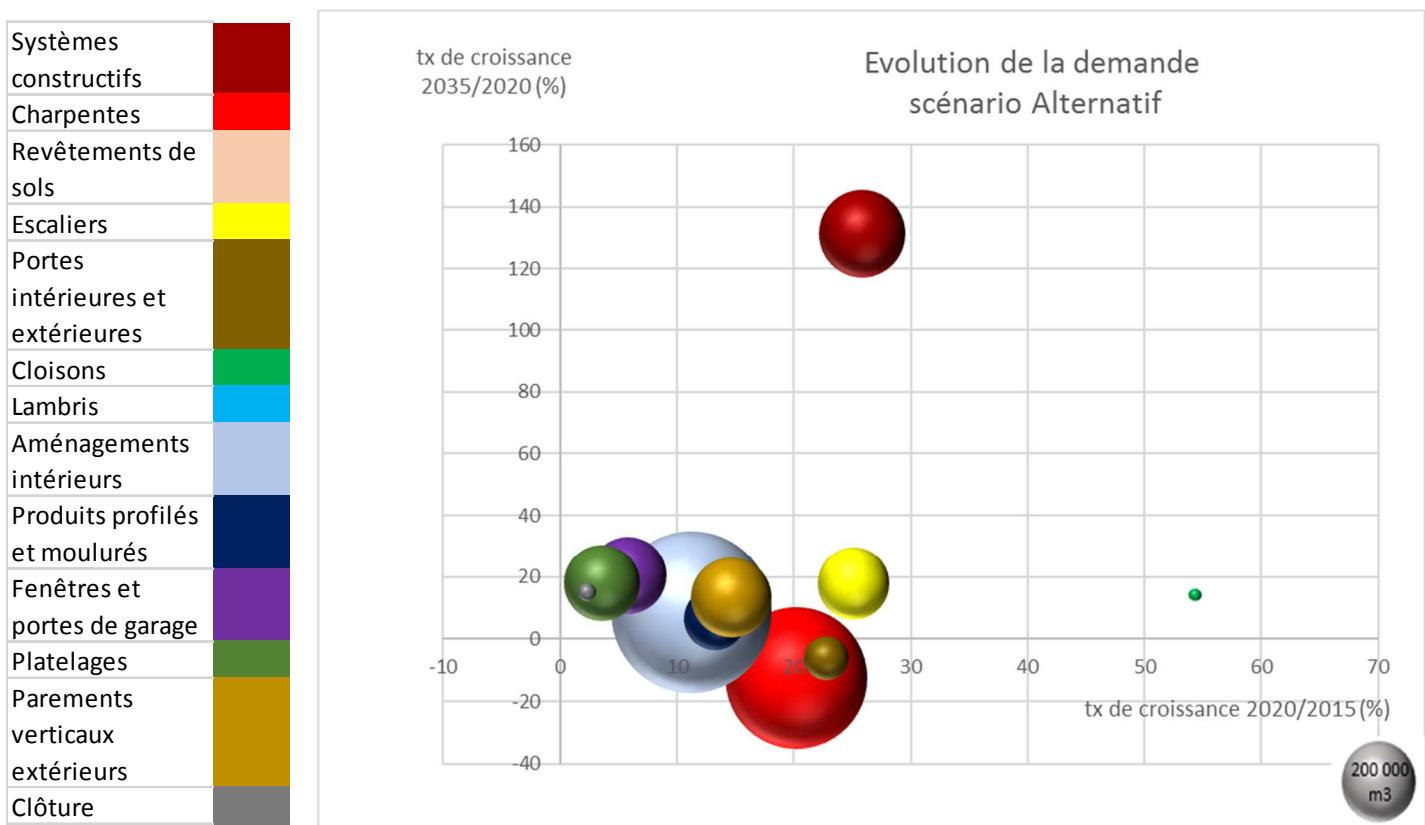
Source : calculs FCBA à partir des projections de demande de produits bois de la phase 2

Figure 17 : Dynamiques de marché du scénario Volontariste



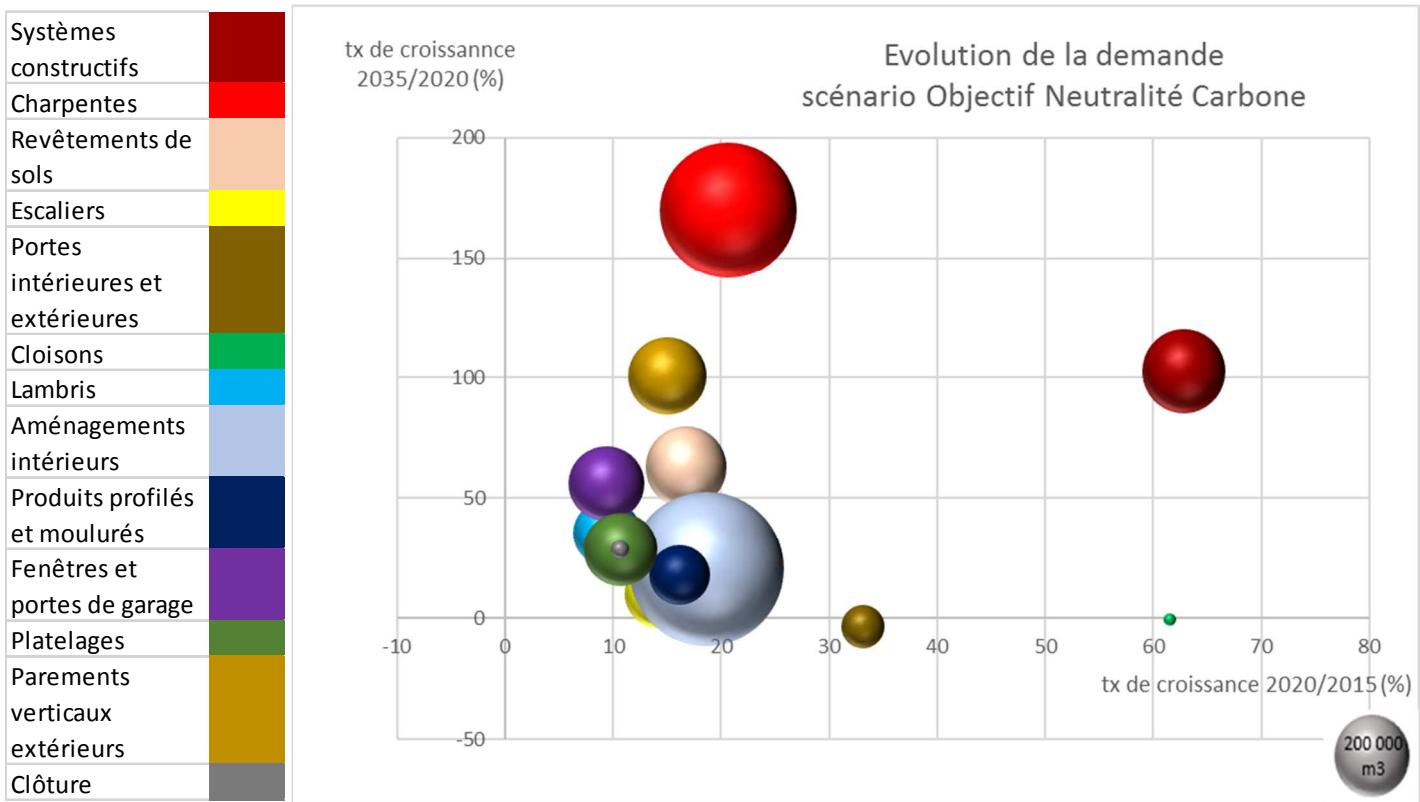
Source : calculs FCBA à partir des projections de demande de produits bois de la phase 2

Figure 18 : Dynamiques de marché du scénario Alternatif



Source : calculs FCBA à partir des projections de demande de produits bois de la phase 2

Figure 19: Dynamiques de marché du scénario Objectif Neutralité Carbone



Source : calculs FCBA à partir des projections de demande de produits bois de la phase 2

Pour l'année de référence 2015, les marchés les plus importants en volume sont ceux des aménagements intérieurs (cuisine, salle de bain, placards), des charpentes et des systèmes constructifs (CLT, ossature bois, poteaux poutres). Dans **le scénario Tendanciel** (figure 16), l'ensemble des familles de produits connaît une croissance de la demande entre 2015 et 2020, comprise entre +3 % et +45 % selon les produits. Cependant, sur la deuxième période (2020-2035), l'évolution des différents marchés devient négative (ou stable) sous l'effet conjugué du ralentissement du marché du bâtiment et de parts de marché stables.

**Le scénario Volontariste** (figure 17) projette quant à lui un fort potentiel de développement des produits bois, notamment à travers l'évolution des parts de marché du bois. Cela se traduit par des taux de croissance à deux chiffres pour la plupart des familles de produits sur les deux périodes (2015-2020 et 2020-2035). La hausse de la consommation la plus forte est attendue pour les systèmes constructifs dont les volumes seraient multipliés par dix sur l'ensemble de la période pour atteindre près de 1,4 million de m<sup>3</sup> (de produits finis) en 2035. A noter que, si la demande en charpentes devrait augmenter de plus de 25 % sur la période 2015-2020, celle-ci serait ensuite stable sur la deuxième période (2020-2035).

Dans **le scénario Alternatif** (figure 18), qui intègre une évolution des parts de marché du bois intermédiaire entre le scénario tendanciel et le scénario volontariste, l'évolution attendue des différents marchés sera globalement positive sur l'ensemble de la période 2015-2035 mais à un rythme moins soutenu que dans le scénario volontariste. La croissance la plus forte sera également portée par les systèmes constructifs dont les volumes devraient cette fois être multipliés par trois

pour atteindre plus de 900 000 m<sup>3</sup> en 2035. Le marché des charpentes augmenterait de 20 % sur la période 2015-2020 mais baisserait ensuite de 12 % sur la période 2020-2035.

Enfin, le **scénario Objectif Neutralité Carbone** (figure 19) reflète les projections de parts de marché du bois pour que le secteur de la construction remplisse sa part de contribution à l'atteinte de neutralité carbone. Il en résulte des taux de croissance à deux chiffres pour la plupart des familles de produits sur les deux périodes étudiées. En particulier, il est attendu une forte croissance de la consommation de charpentes dont les volumes seraient multipliés par plus de trois entre 2015 et 2035.

Les dynamiques de marché présentées ci-dessus selon les quatre scénarios de demande permettent de mettre en évidence les besoins d'adaptation des capacités de production de façon à ce que les hausses attendues de la demande ne se traduisent pas par des importations massives de produits bois et une détérioration du solde commercial.

Les besoins d'adaptation diffèrent toutefois selon les scénarios de demande :

Le scénario Tendanciel ne nécessitera pas de changement d'échelle de l'outil de production, dans la mesure où, après avoir augmenté entre 2015 et 2020, les volumes consommés diminueront ensuite pour atteindre en 2035 un niveau proche de 2015 et même un peu inférieur à l'horizon 2050. L'enjeu sera davantage ici de réduire la dépendance aux importations, en particulier pour les produits techniques (produits collés) et certains sciages (sapin-épicéa).

Dans le scénario Alternatif, seule la famille des systèmes constructifs (CLT, ossature bois, poteaux-poutres) demandera une forte hausse des capacités de production, les besoins supplémentaires étant estimés à +600 000 m<sup>3</sup> de produits finis à l'horizon 2035.

Les scénarios Volontariste et Objectif Neutralité Carbone nécessiteront les adaptations les plus importantes des capacités de production. Celles-ci devront en priorité porter sur les systèmes constructifs, les charpentes et, dans une moindre mesure, les parements verticaux extérieurs (bardages).

## b) Adaptation des capacités de production

L'analyse des scénarios de demande ainsi que les entretiens réalisés dans le cadre de cette étude soulignent la nécessité de développer les capacités de production des produits techniques et des produits de sciage. En effet, le manque de capacités de production apparaît aujourd'hui comme la principale raison du recours aux importations sur certains de ces produits.

Ci-dessous, nous proposons une estimation des besoins supplémentaires de capacités de production pour quelques produits dont la demande pourrait fortement augmenter par rapport à la situation actuelle.

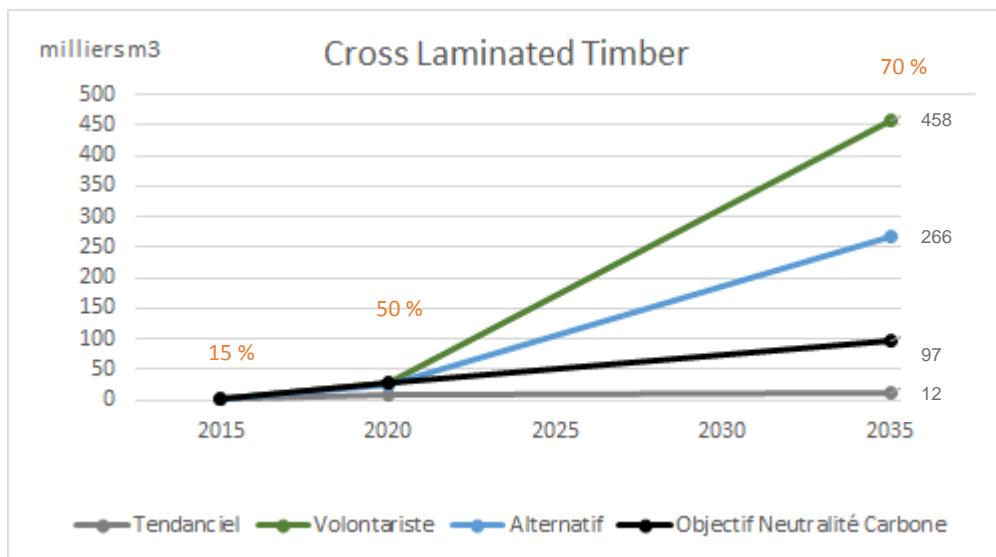
### i. Cross Laminated Timber (CLT)

Même si le Cross Laminated Timber (CLT) représente actuellement une taille de marché encore limitée et n'est pas adapté à tous les segments de la construction, il fait l'objet d'un certain

engouement depuis quelques années et, selon les scénarios, sa demande pourrait augmenter fortement. Jusqu'à récemment, le CLT utilisé en France était quasiment exclusivement importé (son taux de production nationale était estimé à 15 % pour 2016). Les investissements réalisés récemment dans des lignes de production de CLT devraient permettre d'augmenter ce taux de couverture<sup>8</sup>. Néanmoins, pour répondre au double enjeu de satisfaire la croissance attendue du marché et d'augmenter la part de la production nationale, les capacités de production devront encore augmenter. La figure 20 indique les besoins supplémentaires en capacités de production selon les quatre scénarios de demande en tenant compte de l'évolution du taux d'importation anticipée.

On suppose pour cela une capacité de production de quelques milliers de m<sup>3</sup> (3 000 m<sup>3</sup>) pour l'année de référence 2015<sup>9</sup>. En fixant un objectif de taux de production nationale de 50 % en 2020, les capacités de production en CLT devraient atteindre entre 10 000 et 30 000 m<sup>3</sup> selon les quatre scénarios de demande, ce qui semble atteignable compte tenu des investissements réalisés dernièrement. A l'horizon 2035, avec un objectif de taux de production nationale de 70 %, les capacités de production devraient fortement augmenter pour répondre à la demande attendue. Hormis le scénario Tendanciel, elles devraient ainsi atteindre entre 100 000 et 450 000 m<sup>3</sup> d'ici 2035, la fourchette haute correspondant au marché européen actuel. En termes d'investissements, sur la base de ceux réalisés récemment, cela pourrait représenter des besoins estimés entre 40 et 170 millions d'euros sur vingt ans.

Figure 20: Besoins supplémentaires de capacités de production de CLT à l'horizon 2035



Les % indiquent les hypothèses adoptées sur le taux de production nationale du CLT.

Source : calculs FCBA à partir des projections de demande de produits bois de la phase 2

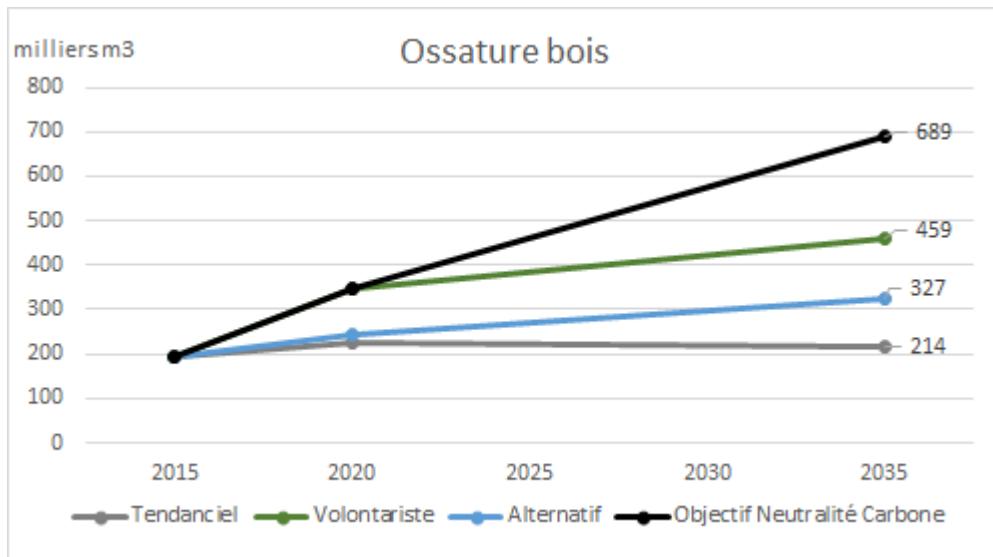
## ii. L'ossature bois

<sup>8</sup> Selon l'UICB, il aurait déjà augmenté et serait en 2018 de l'ordre de 25 % (source : Chalayer, 2019).

<sup>9</sup> Source : Actualisation des études « sciage » et « produits techniques dérivés », étude réalisée par Serge Lochu pour FBF/FNB/Le Commerce du Bois (2016).

Si l'utilisation du CLT est surtout pertinente aujourd'hui pour les bâtiments de moyenne et grande hauteur (à partir de 4-5 étages), l'ossature bois est en revanche bien adaptée au marché de la maison individuelle et du petit collectif (jusqu'à 4 niveaux) où elle peut par exemple être utilisée en mixte avec du CLT. Selon les scénarios, la demande en ossature bois pourrait ainsi fortement augmenter, entre +10 % et +250 % d'ici 2035. En faisant l'hypothèse que les importations (en termes de produits finis) sont négligeables (même si le bois utilisé provient aujourd'hui en partie de l'étranger), cela implique des besoins supplémentaires en capacités de production comprises entre +20 000 m<sup>3</sup> et + 500 000 m<sup>3</sup> à l'horizon 2035 (figure 21).

Figure 21: Besoins supplémentaires de capacités de production d'ossature bois à l'horizon 2035



Source : calculs FCBA à partir des projections de demande de produits bois de la phase 2

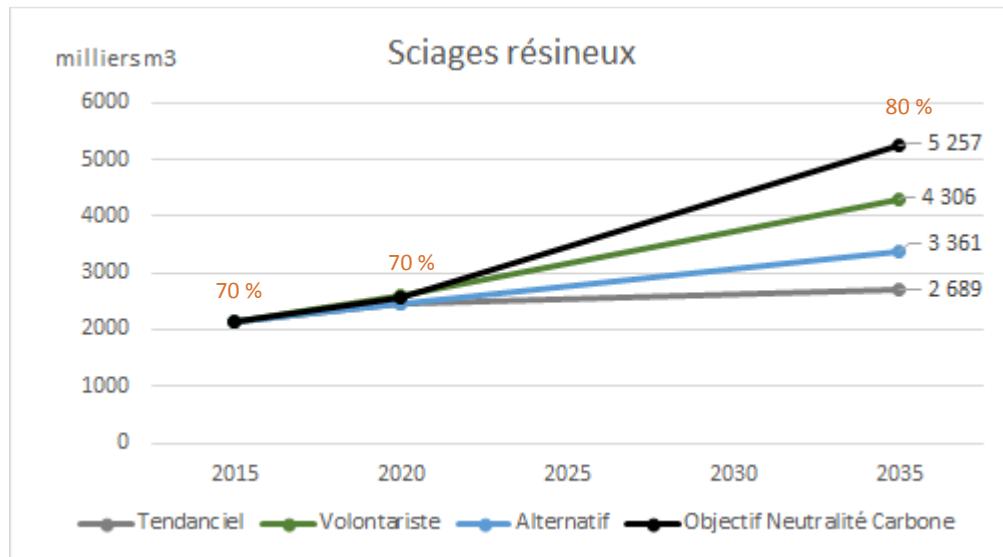
### iii. Les sciages résineux

Les sciages résineux représentent en volume plus des trois quarts des sciages utilisés en construction tels qu'estimés dans le cadre du périmètre de cette étude. La forte hausse attendue de la demande des systèmes constructifs et des charpentes, excepté pour le scénario Tendanciel, nécessitera donc également des besoins supplémentaires en sciages résineux.

En considérant tous les produits de construction (systèmes constructifs, charpentes...), la hausse de la demande de sciages résineux devrait être comprise entre +11 % et +117 % d'ici 2035 selon les scénarios de demande. Si certains produits de construction utilisent quasiment exclusivement du sciage français (CLT...), d'autres incorporent encore une part importante de sciage importé (ossature bois...). Pour répondre au double objectif de satisfaire la demande anticipée et de maintenir voire d'améliorer le taux de production nationale de sciages résineux, celle-ci devra augmenter ses capacités de production. La figure 22 indique les besoins supplémentaires des capacités de production de sciages résineux en fonction des évolutions attendues de la demande et du taux de production nationale. En supposant que celui-ci se situe autour de 70 % en 2015 (en prenant en compte les trois essences principales : sapin-épicéa, douglas et pin maritime) et en fixant un objectif de maintien de ce taux en 2020 puis de progression jusqu'à 80 % en 2035, les besoins supplémentaires en capacités de production de sciages résineux atteindraient entre +

500 000 m<sup>3</sup> (scénario Tendanciel) et + 3 millions de m<sup>3</sup> (scénario ONC) entre 2015 et 2035. A titre indicatif, le développement d'une nouvelle unité de production correspondant à une capacité de 50 000 m<sup>3</sup> de sciages nécessite un investissement compris entre 10 et 25 millions d'euros. Compte tenu des tensions à venir possibles sur la ressource en résineux, mises en évidence plus haut, cet objectif pourrait être difficilement atteignable. Cela signifie que, parallèlement à des investissements nécessaires pour développer l'outil de production, des investissements devront également être réalisés sur l'amont forestier (plantations, ...) de façon à sécuriser les approvisionnements industriels. Cela pose aussi la question de la substitution du BO résineux par du BO feuillu, traitée dans le paragraphe suivant.

Figure 22: Besoins supplémentaires de capacités de production de sciages résineux à l'horizon 2035



Les % indiquent les hypothèses adoptées sur le taux de production nationale des sciages résineux utilisés en construction.

Source : calculs FCBA à partir des projections de demande de produits bois de la phase 2

### c) Valorisation des feuillus en construction

L'analyse de l'équilibre offre / demande de la ressource a montré les possibles tensions à venir sur le bois d'œuvre résineux en raison de l'orientation du marché vers ce type d'essences. Compte tenu de la richesse de la forêt française en essences feuillues et des besoins attendus du marché, la question se pose de pouvoir valoriser une partie de cette ressource feuillus en construction, notamment en substitution du résineux pour certains usages en structure. Par exemple, le CLT pourrait être un levier de valorisation d'essences diverses. Une étude menée en 2011 à la demande du Ministère de l'Agriculture avait permis de dresser un premier état des lieux sur la place des essences feuillues sur différents segments de marché de la construction et leurs perspectives de développement<sup>10</sup>. Depuis 2012, plusieurs projets financés France Bois Forêt, le CODIFAB et le Ministère de l'Agriculture ont été menés pour favoriser le développement de l'usage des feuillus en construction, y compris sur les éléments de structure. Ces projets ont en particulier porté sur l'évaluation mécanique des essences feuillues et leur positionnement dans les normes de construction. On peut citer parmi eux et de façon non exhaustive :

- La qualification du hêtre et du châtaignier pour un usage en structure
- La qualification des bois feuillus modifiés thermiquement
- Le traitement des tanins du chêne et du châtaignier

<sup>10</sup> Perspectives de valorisation de la ressource de bois d'œuvre feuillus en France, étude réalisée par FCBA pour le Ministère de l'Agriculture.

- Le classement mécanique du peuplier et son utilisation dans des produits reconstitués<sup>11</sup>

Parallèlement, plusieurs projets démonstrateurs ont permis ces dernières années de montrer qu'il est possible de construire avec des essences feuillues. A titre d'exemple, on peut citer la maison du vélo à Epinal (2016) utilisant des poteaux en lamellé-collé de hêtre ou encore la maison de l'énergie solaire en Meurthe et Moselle (2015) dont la structure utilise des caissons en peuplier<sup>12</sup>. Dans le cadre du projet européen EU Hardwoods (2014-2016), un nouveau type de CLT hybride résineux (épicéa) / feuillu (hêtre) a été développé, fabriqué et caractérisé avec l'entreprise Holz Schiller.

Si ces démonstrateurs montrent la faisabilité technique et l'intérêt d'utiliser du feuillu notamment pour ses qualités en compression verticale, il n'a pas encore véritablement de marché. En effet, le coût est aujourd'hui le principal frein à l'utilisation du feuillu en structure, en raison d'un prix de la matière première et de coûts de transformation plus élevés comparés aux essences résineuses. En conséquence, s'il existe une marge de progression sur l'utilisation du feuillu en bois de structure, il est vraisemblable qu'elle se limite pour le moment à des marchés de niche sur des produits à forte valeur ajoutée permettant de justifier un prix relativement plus élevé. De plus, il sera nécessaire d'organiser une filière de transformation depuis la ressource et d'adapter l'outil de production, ce qui impliquera des investissements importants qu'il reste à évaluer.

Enfin, au-delà du renforcement de son utilisation en structure, le feuillu pourrait être encore davantage valorisé pour des usages liés au cadre de vie intérieur ou pour certains aménagements extérieurs (terrasses, bardages).

## d) Autres mesures d'adaptation

Pour accompagner le développement des capacités de production, les entretiens menés dans le cadre de l'étude mettent aussi en évidence d'autres mesures d'adaptation nécessaires pour que la filière bois construction puisse répondre aux évolutions attendues de la demande, en particulier pour les scénarios les plus dynamiques.

### i. Poursuivre la modernisation du tissu industriel et le processus de concentration

Si le processus de modernisation enclenché par certaines scieries depuis une dizaine d'années est reconnu (notamment à travers des investissements dans des séchoirs, des lignes de cantérisation, le triage...), la nécessité de poursuivre ce changement à une échelle plus large est également soulignée. D'autre part, le secteur du sciage apparaît encore très éclaté, avec un volume produit

---

<sup>11</sup> Pour plus de détails sur ces projets, le lecteur est invité à consulter les articles de synthèse rédigés sur ces différentes actions (FCBA Infos 2017 et 2018).

<sup>12</sup> Forêt de France, Construction bois – la révolution des produits d'ingénierie, avril 2019.

moyen relativement faible<sup>13</sup> au niveau européen, ce qui ne permet pas de bénéficier des effets d'échelle potentiels et limite les gains de productivité.

Sur les produits techniques, plusieurs investissements ont permis ces dernières années de développer une offre sur les bois collés (CLT, Bois Massif Abouté, Bois Massif Reconstitué, Bois Lamellé-Collé...). Cependant, les entreprises françaises doivent faire face à une forte concurrence européenne qui a pris de l'avance et dont certaines entreprises produisent à grande échelle (> 100 000 m<sup>3</sup>). Or, la compétitivité des produits techniques passe en partie par l'effet de taille et les économies d'échelle. Ainsi, sur un marché européen qui devrait représenter 1 million de m<sup>3</sup> d'ici 2020, la production française ne représenterait que quelques dizaines de milliers de m<sup>3</sup> (Chalayer, 2019).

## ii. Connaître les marchés et les besoins des clients

Traditionnellement plutôt tournés vers les problématiques d'approvisionnement, les acteurs de la filière bois (notamment de la 1ère transformation) prennent conscience de l'importance de connaître les marchés et les besoins des clients. Sur ce point, la Veille Economique Mutualisée apportera une meilleure connaissance globale des marchés des produits bois avec des éléments chiffrés à un niveau relativement fin.

Au niveau des entreprises, l'écoute des attentes du marché apparaît comme essentielle pour répondre au mieux aux besoins des clients. Si des progrès ont été observés ces dernières années, cette tendance demande encore à être généralisée.

Avec le développement des bois techniques, le marché de la construction réclame notamment de plus en plus des produits standardisés, séchés, calibrés. C'est particulièrement le cas pour des produits tels que les carrelets de menuiserie, le lamellé-collé ou les charpentes industrielles. La standardisation permet en effet une utilisation plus simple et plus rapide du produit, et donc des gains de productivité.

## iii. Encourager le développement des entreprises générales

Au cours de cette étude, plusieurs personnes interrogées ont également mentionné l'importance de développer au sein de la filière bois construction des entreprises générales, qui soient en mesure d'être en prise directe avec la maîtrise d'ouvrage et de ne pas être uniquement prestataire d'une entreprise générale et se limiter au lot bois. Pour cela, il est nécessaire que les entreprises de la construction puissent se structurer en PME et deviennent des entreprises tout corps d'état, quitte à sous-traiter certaines activités. Certaines entreprises ont amorcé ce mouvement (Mathis, Piveteau) mais il demande encore à être amplifié.

La reconnaissance du métier de constructeur bois apparaît également comme un enjeu important car cela faciliterait la réponse des entreprises aux appels d'offre. A ce titre, la reconnaissance de la

---

<sup>13</sup> Il est d'environ 57 000 m<sup>3</sup> par an pour une scierie industrielle, d'après l'Observatoire du métier de la scierie.

préfabrication dans la loi ELAN, adoptée fin 2018, représente une évolution positive car elle devrait permettre au maître d'ouvrage de faire des appels d'offre en macro lots et non plus en lots séparés.

#### iv. Développer la compétitivité hors coût

Si la question du prix est déterminante dans le jeu concurrentiel, en particulier sur certains produits très standardisés comme les parquets contre-collés, les menuiseries ou certains produits rabotés, il apparaît nécessaire de ne pas porter l'effort uniquement sur la compétitivité coût en raison des retards importants pris sur la concurrence. D'autres facteurs de compétitivité peuvent être mis en avant, en particulier la qualité des produits mais aussi de la mise en œuvre, dont le marché reste très atomisé et hétérogène. Cela peut passer par exemple par la mise en place ou le renforcement de standards de qualité. Ce besoin sera d'autant plus nécessaire si les parts de marché du bois augmentent et que le marché attire de nouveaux acteurs non spécialistes.

Le développement de services constitue également un levier de compétitivité. Par exemple, la possibilité de proposer une offre panachée (livraison par un même camion de sciages et de bois collés) représente un moyen de différenciation pour les entreprises.

#### v. Valoriser la proximité

Le marché de la construction est un marché de proximité qui s'intègre dans un écosystème alliant la ressource, les entreprises de transformation et de mise en œuvre ainsi que les politiques publiques (en particulier territoriales) incitatives. Cette dimension de proximité, qui favorise les entreprises locales, pourrait se renforcer si la neutralité carbone s'impose à l'horizon 2050. Dans ce cas, l'effet de proximité pourrait contrebalancer le modèle basé sur l'effet de taille qui prédomine aujourd'hui en Europe. Les entreprises françaises qui auront du mal, pour un certain nombre d'entre elles, à rattraper leur retard sur leurs concurrentes européennes pourraient alors bénéficier de cet avantage concurrentiel.

## 5. Conclusion

La phase 3 de l'étude avait pour objectif d'analyser au regard des perspectives d'évolution de la demande de bois construction, mises en évidence dans les phases 1 et 2, la capacité de l'offre à y répondre tant en termes de ressource disponible que de capacités de transformation.

Concernant la ressource, les évaluations menées pour confronter l'offre et la demande de bois font apparaître une tension potentielle sur le bois d'œuvre résineux faisant peser le risque d'aggraver le déficit commercial des produits bois construction. Pour y faire face, plusieurs actions devront certainement être menées en parallèle, en particulier : mobiliser davantage de ressource résineuse et améliorer la substitution du BO résineux par du BO feuillu pour certains usages en structure. Dans les deux cas, des investissements seront nécessaires et qu'il reste à évaluer : plantations d'essences résineuses, travaux normatifs pour les feuillus... Par ailleurs, les difficultés d'approvisionnement en bois pourraient diminuer grâce à l'amélioration d'encore quelques points de certains rendements

matière et du taux d'utilisation du bois recyclé dans certains produits bois (panneaux). Enfin, si certaines importations seront peut-être inévitables, il est important d'avoir à l'esprit que celles situées en amont de la chaîne de transformation (bois brut ou 1<sup>ère</sup> transformation) contribuent aussi à créer de la valeur ajoutée sur le territoire national, et que la balance commerciale peut être rééquilibrée par une amélioration du taux d'exportation.

La question de la compétitivité de la filière bois construction ne se réduit toutefois pas à la seule question de la ressource. L'adaptation de l'offre doit porter sur toute la chaîne de transformation, de la ressource jusqu'à sa transformation et sa mise en œuvre. Les travaux menés ont notamment montré qu'il était nécessaire de développer des capacités de production supplémentaires en particulier sur les produits techniques.

## 6. Bibliographie

Agreste (2018), Récolte et production de sciages en 2017, Série Agriculture n° 249.

Chalayer, M. (2019), Les évolutions de la scierie française, L'Harmattan.

Colin A., Thivolle-Cazat A. (2016), Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035, étude réalisée pour l'ADEME.

Douanes, Statistiques du commerce extérieur. <https://www.douane.gouv.fr/articles/a11899-consultez-les-statistiques-du-commerce-exterieur-de-la-france>

Eurostat, Statistiques structurelles d'entreprise. <https://ec.europa.eu/eurostat/fr/data/database>

Perspectives de valorisation de la ressource de bois d'œuvre feuillus en France, étude réalisée par FCBA pour le Ministère de l'Agriculture, 2011.

FCBA Info (2016), Etude de disponibilité en bois pour l'énergie et les matériaux en France à l'horizon 2035.

FCBA Info (2017), Valorisation des feuillus dans la construction. [https://www.fcba.fr/sites/default/files/fcbainfo\\_2017\\_8\\_valorisation\\_feuillus\\_construction\\_guillaume\\_legrand\\_morgan\\_vuillermoz.pdf](https://www.fcba.fr/sites/default/files/fcbainfo_2017_8_valorisation_feuillus_construction_guillaume_legrand_morgan_vuillermoz.pdf)

FCBA Info (2018), Les projets de valorisation des feuillus par FCBA. <https://www.fcba.fr/sites/default/files/fcbainfo-2018-25-projets-valorisation-feuillus-richter.pdf>

Forêt de France (2019), Construction bois – La révolution des produits d'ingénierie, avril 2019, p.19-32.

Lochu, S. (2016), Actualisation des études sciage et produits techniques dérivés, étude réalisée pour France Bois Forêt, la Fédération Nationale du Bois et Le Commerce du Bois.

Sergent, A. et al. (2018), La compétitivité des filières locales pour la construction bois : état des lieux, enjeux et perspectives d'évolution, rapport pour le Centre d'Etudes et de Prospective du Ministère de l'Agriculture.

SMABTP (2016), La construction bois de grande hauteur, Actes du colloque du 5 octobre 2016.

## 7. Annexes

### a) Rendements sciage et panneau utilisés dans l'étude

Famille de produits	Ouvrage	Produit	Bois (0) / Panneaux (1)	Conso totale en 2015 (milliers m <sup>3</sup> )	Taux de rendement sur sciage	dont Feuillus %	dont Résineux %	Taux de rendement sur panneau
Systèmes constructif	CLT	Parois porteuses de façades	0	17	0,66 (1)		100%	
		Parois porteuses internes						
		Planchers						
	Ossature bois	Parois porteuses de façades BOIS	0	70	0,96		100%	
		Parois porteuses de façades PANNEAUX	1	39				0,86 (2)
		Parois porteuses internes BOIS	0	16	0,96		100%	
		Parois porteuses internes PANNEAUX	1	14				0,86
		Planchers BOIS	0	28	0,88		100%	
		Planchers PANNEAUX	1	26				0,85
		Porteurs verticaux	0	12	0,81		100%	
	Poteaux poutres	Parois ossatures de remplissage interne BOIS	0	3	0,96		100%	
		Parois ossatures de remplissage interne PANNEAUX	1	3				0,86
		Planchers BOIS	0	7	0,88		100%	
		Planchers PANNEAUX	1	3				0,85
		Parois ossatures de remplissage en façades (non)	0	44	0,96		100%	

Famille de produits	Ouvrage	Produit	Bois (0) / Panneaux (1)	Conso totale en 2015 (milliers m3)	Taux de rendement sur sciage	dont Feuillus %	dont Résineux %	Taux de rendement sur panneau
		porteuses) bois						
		Parois ossatures de remplissage en façades (non porteuses) panneaux	1	28				0,86
Système constructif mixte	Système constructif mixte	Façade ossature bois sur supports hors filière bois BOIS	0	nd	0,96		100%	
		Façade ossature bois sur supports hors filière bois PANNEAUX	1	nd				0,86
		Planchers mixte bois-béton BOIS	0	nd	0,96		100%	
		Planchers mixte bois-béton PANNEAUX	1	nd				0,86
Charpentes	Charpente industrielle	Charpentes industrielles en bois	0	274	0,9		100%	
	Charpente traditionnelle	Pannes, fermes et chevrons bois	0	399	0,81	10%	90%	
		Pannes, fermes et chevrons en lamellé collé	0	156				
		Système mixte chevrons bois / pannes et fermes autres	0	nd	0,81	10%	90%	
		Bois support de couverture LATTIS	0	nd	0,81	10%	90%	
		Bois support de couverture VOLIGE	0	nd	0,81	10%	90%	
	Structure porteuse de la toiture-terrasse	Support bois de la toiture terrasse BOIS	0	2	0,81		100%	

Famille de produits	Ouvrage	Produit	Bois (0) / Panneaux (1)	Conso totale en 2015 (milliers m3)	Taux de rendement sur sciage	dont Feuillus %	dont Résineux %	Taux de rendement sur panneau
		Support bois de la toiture terrasse PANNEAUX	1	1				0,85
		Support lamellé collé de la toiture terrasse	0	nd	0,75		100%	
Bois dans l'isolation	Bois d'ITE	Bois d'ITE	0	nd	0,81		100%	
	Fibre bois isolante	Fibre bois isolante	1	289				1
Revêtement des sols	Parquets	Regroupe a) les parquets en bois massifs cloués sur profils bois (lambourdes ou solives), b) les parquets contre collés posés, c) Les parquets collés en bois massif	0	182	0,65	45%	55%	
	Stratifiés		0	91	0,65	45%	55%	
	Planchers-plaque		0	21				0,85
Escaliers	Escaliers mixtes bois/acier (garde-corps ou mains courantes simple face)		0	184	0,6	100%		
	Escaliers bois 100% (garde-corps ou mains courantes simple face) BOIS		0	30	0,6	100%		
	Escaliers bois 100% (garde-corps ou mains courantes simple face) PANNEAUX							
Garde corps	Garde corps							
Portes	Portes palières (bois) BOIS		0	40	0,7	30%	70%	
	Porte coupe-feu (bois) BOIS							
	Portes intérieures non techniques BOIS							
	Porte d'hôtel (isolation acoustique et coupe-feu) BOIS							

Famille de produits	Ouvrage	Produit	Bois (0) / Panneaux (1)	Conso totale en 2015 (milliers m3)	Taux de rendement sur sciage	dont Feuillus %	dont Résineux %	Taux de rendement sur panneau
	Portes de bureau (isolation acoustique) BOIS							
Portes d'entrées	Portes d'entrées (bois & mixte bois/verre) BOIS							
Portes	Portes palières (bois) PANNEAUX		1	40				0,85
	Porte coupe-feu (bois) PANNEAUX							0,85
	Portes intérieures non techniques PANNEAUX							0,85
	Porte d'hôtel (isolation acoustique et coupe-feu) PANNEAUX							0,85
	Portes de bureau (isolation acoustique) PANNEAUX							0,85
Portes d'entrées	Portes d'entrées (bois & mixte bois/verre) PANNEAUX							1
Cloisons	Cloisons non porteuses (bois)	Ossature non porteuse bois BOIS	0	4	0,96		100%	
		Ossature non porteuse bois PANNEAUX	1	0				0,86
	Cloisonnement du bâtiment (fixe ou démontable)		0	1	0,96		100%	
	Cloisons des pièces humides		0	0	0,96		100%	
	Cloisons coupe-feu BOIS		0	0	0,96		100%	
	Cloisons coupe-feu PANNEAUX		1	0				0,86
Lambris	Plafonds en bois BOIS		0	90	0,5		100%	
	Doublage intérieur bois des murs BOIS							
	Plafonds en bois PANNEAUX		1	110				0,85
	Doublage intérieur bois des murs PANNEAUX							0,85
Aménagement intérieur	Cuisine		1	872				0,77
	Salle de bain		1	58				0,77
	Placard		0	147	0,66		100%	

Famille de produits	Ouvrage	Produit	Bois (0) / Panneaux (1)	Conso totale en 2015 (milliers m3)	Taux de rendement sur sciage	dont Feuillus %	dont Résineux %	Taux de rendement sur panneau
Produits profilés et moulurés	Planches de rive, tasseaux, moulures, baguette, plinthes) BOIS		0	158	0,5	6%	94%	
Fenêtres et portes	<i>Fenêtres bois</i>		0	100	0,35	50%	50%	
	<i>Fenêtres mixte bois/aluminium</i>		0	42	0,35	50%	50%	
	<i>Fenêtres de toits en bois</i>		0	2	0,35	50%	50%	
	<i>Volets (battants, coulissants, roulants, Persiennes/Jalousies)</i>		0	103	0,86		100%	
	<i>Portes de garage</i>		0	1	0,86		100%	
Platelage	<i>Toiture terrasse revêtement bois</i>		0	4	0,85	12%	88%	
	<i>Platelage au sol</i>		0	234	0,85	12%	88%	
Parement verticaux extérieurs	<i>Revêtements en bois des façades / Bardage bois</i>	<i>Regroupe bardage lame et plaque BOIS</i>	0	260	0,8		100%	
		<i>Regroupe bardage lame et plaque PANNEAUX</i>	1	7				0,9
Habillages	<i>Éléments rapportés en façade et brise-soleils</i>		0	nd	-			-
	<i>Sous-faces / avancée de toiture</i>		0	nd	-			-
Clôtures	<i>Portails bois</i>		0	13	0,7		100%	
	<i>Panneaux pare-vue</i>		0	nd	-			-
Balcons	<i>Balcons</i>		0	nd	-			-

(1) : 1 m3 de sciage = 0,66 m3 de CLT

(2) : 1 m3 de panneau = 0,86 M3 de paroi porteuse de façade

Source : FCBA

## b) Evolution de la demande de sciages et de panneaux

Ci-dessous, sont présentés les tableaux de valeur correspondant aux figures 2 et 3.

### Evolution de la demande de sciages

milliers m3	2015	2020	2035
Tendanciel	3921	4479	4312
Volontariste	3921	4744	6706
Alternatif	3921	4527	5405
Objectif Neutralité Carbone	3921	4677	8040

### Evolution de la demande de sciages résineux et feuillus

milliers m3	2015		2020		2035	
	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux
Tendanciel	889	3032	987	3492	950	3362
Volontariste	889	3032	1019	3725	1234	5472
Alternatif	889	3032	1022	3505	1160	4245
Objectif Neutralité Carbone	889	3032	1013	3664	1457	6583

### Evolution de la demande de panneaux

milliers m3	2015	2020	2035
Tendanciel	1838	2072	2040
Volontariste	1838	2229	2725
Alternatif	1838	2054	2280
Objectif Neutralité Carbone	1838	2229	2894

Source : calculs FCBA à partir des projections de demande de la phase 2

### c) Taux de production nationale des produits bois destinés au marché de la construction

Ci-dessous, sont présentés les tableaux de valeur correspondant à la figure 8.

	Taux de production nationale (%)	Consommation apparente (M€)
<b><i>Sciages bruts et panneaux</i></b>		
Sciages bruts de chêne	97	186,8
Sciages bruts de hêtre	88	37,9
Sciages bruts de pin maritime	100	83,0
Sciages bruts de sapin-épicéa	60	663,4
Sciages bruts de douglas	100	173,5
Panneaux à base de bois	36	804,1
<b><i>Produits rabotés</i></b>		
Produits rainurés (parquets massifs, lambris...)	83	289,0
Produits profilés et moulurés	92	100,0
Bardages	75	199,0
Lames de terrasse	49	412,0
<b><i>Produits collés</i></b>		
Carrelets	26	35,0
Bois massif abouté (BMA)	23	31,0
Lamellé-collé	29	173,0
CLT	13	16,0
LVL	0	7,0
Poutres en I	54	13,0
<b><i>Produits finis</i></b>		
Parquets contrecollés	42	143,7
Charpentes	95	627,1
Menuiseries extérieures	89	684,3
Menuiseries intérieures	86	547,3
Meubles de cuisine	67	1280,9

Source : données VEM et Serge Lochu Consultant – calculs FCBA

## d) Dynamiques de marché

Ci-dessous, sont présentés les tableaux de valeur correspondant aux figures 16 à 19.

Consommation attendue de produits bois, en milliers de m <sup>3</sup> produits finis													
Famille ou produit	Année de référence	Scénario Tendanciel			Scénario Volontariste			Sénario Alternatif			Scénario Objectif Neutralité Carbone		
		2015	2020	2035	2035/15	2020	2035	2035/15	2020	2035	2035/15	2020	2035
Systèmes constructifs (y.c. systèmes mixtes)	310	321	308	-2	505	1394	1084	390	903	593	505	1024	714
Charpentes	831	1023	928	97	1049	1059	228	999	874	43	1003	2705	1874
Revêtements de sols	294	331	320	26	343	422	128	322	346	52	343	559	265
Escaliers	214	240	224	10	245	269	55	268	315	101	245	269	55
Portes intérieures et extérieures	80	106	97	17	107	103	23	98	92	12	107	103	23
Cloisons	6	9	8	2	10	13	7	9	11	5	10	10	4
Lambris	200	211	215	15	219	303	103	215	258	58	219	296	96
Aménagements intérieurs	1076	1253	1228	152	1277	1538	462	1197	1301	225	1277	1538	462
Produits profilés et moulurés	158	181	184	26	184	216	58	179	191	33	184	216	58
Fenêtres et portes de garage	247	258	264	17	270	387	140	261	315	68	270	421	174
Platelages	238	256	256	18	264	345	107	247	291	53	264	339	101
Parements verticaux extérieurs	267	301	297	30	315	416	149	306	347	80	307	617	350
Clôture	13	14	14	1	14	18	5	13	15	2	14	18	5

Source : projections de demande de produits bois de la phase 2

## e) Liste des personnes rencontrées

Plusieurs entretiens ont été réalisés au cours de l'étude. Les auteurs tiennent à remercier ici les personnes contactées pour leur disponibilité et la richesse des échanges :

Cécile Richard, Secrétaire Générale, Union des Métiers du Bois, FFB

Loïc de Saint-Quentin, Secrétaire Général d'AFCOBOIS (Syndicat français de la construction bois)

Romain Canler, Délégué Général, Union des Industriels et Constructeurs Bois (UICB)

Jean-Luc Dunoyer, Coordinateur du Comité Stratégique de Filière (CSF) bois

Serge Lochu, consultant

Frédéric Staat, Directeur du pôle Industrie Bois Construction (IBC), FCBA

Serge Le Nevé, Responsable du CIAT/IBC, FCBA

André Richter, Adjoint au Directeur, Directeur des programmes, FCBA

Par ailleurs, l'étude a également bénéficié de nombreux échanges avec les intervenants du Comité de pilotage, qui ont eu lieu en dehors du cadre formel des entretiens.



**Juillet 2019**

# **Étude prospective : Évolution de la demande finale du bois dans la construction, la rénovation et l'aménagement des bâtiments**

le **B<sup>3</sup>PE**

**Partie 4 relative à l'évaluation des perspectives  
d'amélioration de la performance environnementale du  
secteur du bâtiment, neuf et existant, permises par l'emploi  
de solutions en bois ou utilisant du bois**

Auteur(s) - FCBA	Version	Date
Estelle Vial Romain Radziminski	1.4	04/07/2019
Relecteur - FCBA		Date
Gérard DEROUBAIX		04/07/2019

## Table des matières

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>BASES DE CALCUL.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>ROLE DE LA FORET ET DES PRODUITS BOIS DANS L'ATTENUATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE</b>	<b>13</b>
2.1.1	CONTENU EN CARBONE BIOGENIQUE DES PRODUITS BOIS.....	13
2.1.2	CONTENU ENERGETIQUE DES PRODUITS BOIS .....	14
<b>2.2</b>	<b>CONSOLIDATION DES FLUX DE PRODUITS BOIS</b>	<b>14</b>
2.2.1	CONSOLIDATION DES FLUX.....	14
2.2.2	CONVERSION D'UNITE ET EXTRAPOLATION.....	22
<b>3</b>	<b>STOCKAGE – HYPOTHESES ET METHODES DE CALCUL.....</b>	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>SEQUESTRATION ET STOCKAGE CARBONE</b>	<b>24</b>
<b>3.2</b>	<b>ESTIMATION DES STOCKS DE CARBONE DANS LES PRODUITS BOIS</b>	<b>24</b>
3.2.1	ESTIMATION DE L'EVOLUTION DES STOCKS DE CARBONE.....	25
3.2.2	COEFFICIENTS DE DEMI-VIE .....	25
3.2.3	ANALYSE DE SENSIBILITE : GESTION DES IMPORTS .....	26
<b>3.3</b>	<b>IMPACT SUR LE STOCK DE CARBONE EN FORET</b>	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>SUBSTITUTION – HYPOTHESES ET METHODES DE CALCUL .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1</b>	<b>SUBSTITUTION MATERIAUX ET ENERGIE</b>	<b>33</b>
<b>4.2</b>	<b>EVALUATION DES EFFETS DE SUBSTITUTION</b>	<b>33</b>
4.2.1	METHODOLOGIE GENERALE .....	33
4.2.2	PRODUITS CONCURRENTS ET EVALUATION DU MARCHE .....	35
4.2.3	CALCUL DES COEFFICIENTS DE SUBSTITUTION .....	42
4.2.4	COMPILATION DES COEFFICIENTS DE SUBSTITUTION ET DES FLUX DE PRODUITS .....	45
4.2.5	ETUDES DE SENSIBILITE FDES.....	46
<b>5</b>	<b>RESULTATS ET ANALYSES .....</b>	<b>51</b>
<b>5.1</b>	<b>STOCK DE L'ETUDE - RESULTATS ET ANALYSES</b>	<b>51</b>
5.1.1	RESULTATS FINAUX – COMPARAISON DES SCENARIOS .....	51
5.1.2	SCENARIO TENDANCIEL .....	59
5.1.3	SCENARIO VOLONTARISTE .....	62
5.1.4	SCENARIO ALTERNATIF.....	65
5.1.5	SCENARIO OBJECTIF NEUTRALITE CARBONE.....	68
<b>5.2</b>	<b>SUBSTITUTION MATERIAU - RESULTATS ET ANALYSE</b>	<b>72</b>
5.2.1	SUBSTITUTION MATERIAU - GAZ A EFFET DE SERRE (GES) .....	72
5.2.2	SUBSTITUTION MATERIAU - INDICATEUR DE CONSOMMATION D'ENERGIE NON RENOUVELABLE .....	77
<b>5.3</b>	<b>SUBSTITUTION - SENSIBILITE - UTILISATION DES COEFFICIENTS « LABEL E+/C- »</b>	<b>82</b>
5.3.1	SENSIBILITE -SUBSTITUTION MATERIAU - GAZ A EFFET DE SERRE (GES) .....	82
5.3.1	SENSIBILITE - SUBSTITUTION MATERIAU - INDICATEUR DE CONSOMMATION D'ENERGIE NON RENOUVELABLE.	86
<b>5.4</b>	<b>RESULTATS CUMULES</b>	<b>91</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>97</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>99</b>

<b>8 ANNEXES .....</b>	<b>100</b>
<b>8.1 PARAMETRAGE DE LA BASE DE DONNEES DE CALCULS DE SUBSTITUTION</b>	<b>100</b>
<b>8.2 MODELISATION DE LA SUBSTITUTION DU PLANCHER</b>	<b>111</b>
8.2.1 ETABLISSEMENT DU COEFFICIENT D'EQUIVALENCE .....	111
8.2.2 INVENTAIRE DE CYCLE DE VIE (ICV) DU PLANCHER BOIS .....	113
8.2.3 INVENTAIRE DE CYCLE DE VIE DU PLANCHER EN BETON .....	115
<b>8.3 MODELISATION DE LA SUBSTITUTION DU CLT</b>	<b>116</b>
8.3.1 ETABLISSEMENT DU COEFFICIENT D'EQUIVALENCE .....	116
8.3.2 INVENTAIRE DE CYCLE DE VIE DU CLT .....	116
8.3.3 INVENTAIRE DE CYCLE DE VIE DE LA PAROI PORTEUSE EN BETON .....	118
<b>8.4 MODELISATION DE LA SUBSTITUTION DU SYSTEME CONSTRUCTIF MIXTE BOIS BETON</b>	<b>119</b>
8.4.1 ETABLISSEMENT DU COEFFICIENT D'EQUIVALENCE .....	119
8.4.2 INVENTAIRE DE CYCLE DE VIE DU PLANCHER MIXTE BOIS BETON .....	121
8.4.3 INVENTAIRE DE CYCLE DE VIE DU PLANCHER BETON .....	121
<b>8.5 COEFFICIENTS DE SUBSTITUTION UTILISES DANS CETTE ETUDE</b>	<b>122</b>
<b>8.6 QUANTITE D'ENERGIE POTENTIELLE GENEREE PAR LES DIFFERENTS SCENARIOS</b>	<b>132</b>
8.6.1 CONNEXES DE SCIERIE .....	132
8.6.1 CONNEXE DE SECONDE TRANSFORMATION .....	139
8.6.1 PRODUITS EN FIN DE VIE .....	144
<b>8.7 DETAIL DES IMPACTS DE LA SUBSTITUTION ENTRE PRODUCTION ET FIN DE VIE</b>	<b>145</b>
8.7.1 SUBSTITUTION MATERIAU - GES .....	145
8.7.2 SUBSTITUTION MATERIAU - CONSOMMATION D'ENERGIE NON RENOUVELABLE .....	146

## FIGURES

Figure 1 - Schéma – Séquestration et stockage carbone .....	24
Figure 2 - Schéma – Substitution matériaux et énergie .....	33
Figure 3 - Coefficients de substitution pour les émissions de GES pour 2050 .....	44
Figure 4 - Comparaison des coefficients de substitution obtenus à partir des FDES avec les coefficients des projets FORMIT/GESFOR (module A-D).....	50
Figure 5 - Stock carbone de l'étude - Comparaison scénarios - Valeurs absolues.....	51
Figure 6 - Stock carbone de l'étude - Comparaison scénarios - Valeurs différentielles.....	52
Figure 7 - Stock carbone de l'étude - Scénario Tendanciel - 2050 - Production nationale vs imports .....	57
Figure 8 - Stock carbone de l'étude - Scénario Volontariste - 2050 - Production nationale vs imports .....	57
Figure 9 - Stock carbone de l'étude - Scénario Alternatif - 2050 - Production nationale vs imports .....	58
Figure 10 - Stock carbone de l'étude - Scénario ONC - 2050 - Production nationale vs imports .....	58
Figure 11 - Stock carbone de l'étude – 2050 – Scénario Tendanciel – Contribution par familles .....	61
Figure 12 - Stock carbone de l'étude – 2050 – Scénario Tendanciel - Contribution supérieure à 2%.....	61
Figure 13 - Stock carbone de l'étude – 2050 – Scénario Volontariste – Contribution par familles .....	64
Figure 14 - Stock carbone de l'étude – 2050 – Scénario Volontariste - Contribution supérieure à 2%.....	64
Figure 15 - Stock carbone de l'étude – 2050 – Scénario Alternatif – Contribution par familles .....	67
Figure 16 - Stock carbone de l'étude – 2050 – Scénario Alternatif - Contribution supérieure à 2%.....	67
Figure 17 - Stock carbone de l'étude – 2050 – Scénario ONC – Contribution par familles....	70
Figure 18 - Stock carbone de l'étude – 2050 – Scénario ONC - Contribution supérieure à 2% .....	70
Figure 19 - Substitution matièreu - GES- Comparaisons scénarios - Valeurs différentielles .	72
Figure 20 - Substitution matièreu - GES - 2050 - Scénario Volontariste vs Tendanciel.....	75
Figure 21 - Substitution matièreu - GES - 2050 - Scénario Alternatif vs Tendanciel .....	75
Figure 22 - Substitution matièreu - GES - 2050 - Scénario ONC vs Tendanciel .....	76

Figure 23 - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - Comparaison scénarios - Valeurs différentielles .....	77
Figure 24 - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - 2050 - Scénario Volontariste vs Tendanciel.....	80
Figure 25 - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - 2050 - Scénario Alternatif vs Tendanciel .....	80
Figure 26 - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - 2050 - Scénario ONC vs Tendanciel .....	81
Figure 27 – Sensibilité – Substitution matériau - GES - Comparaisons scénarios - Valeurs différentes - Coefficients « label E+/C- » .....	82
Figure 28 - Sensibilité - Substitution matériau - GES - 2050 - Scénario Volontariste vs Tendanciel.....	85
Figure 29 - Sensibilité - Substitution matériau - GES - 2050 - Scénario Alternatif vs Tendanciel .....	85
Figure 30 - Sensibilité - Substitution matériau - GES - 2050 -Scénario ONC vs Tendanciel .	86
Figure 31 - Sensibilité- Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - Comparaison scénarios - Valeurs différentes.....	87
Figure 32 - Sensibilité - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - 2050 - Scénario Volontariste vs Tendanciel.....	89
Figure 33 - Sensibilité - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - 2050 - Scénario Alternatif vs Tendanciel .....	89
Figure 34 - Sensibilité - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - 2050 - Scénario ONC vs Tendanciel .....	90
Figure 35 - Résultats cumulés – Stock de l'étude et substitution matériau GES - Comparaison scénarios.....	91
Figure 36 - Résultats cumulés - Stock carbone de l'étude et substitution GES - Scénario Volontariste vs Tendanciel .....	93
Figure 37 - Résultats cumulés –Stock carbone de l'étude et substitution GES - Scénario Alternatif vs Tendanciel .....	93
Figure 38 - Résultats cumulés - Stock carbone de l'étude et substitution GES - Scénario ONC vs Tendanciel .....	94
Figure 39 - Résultats cumulés - Stock carbone de l'étude et substitution GES - Scénario Volontariste vs Tendanciel – Hors imports pour stock de l'étude - Mt CO <sub>2</sub> éq.....	95
Figure 40 - Résultats cumulés - Stock carbone de l'étude et substitution GES - Scénario Alternatif vs Tendanciel – Hors imports pour stock de l'étude - Mt CO <sub>2</sub> éq. ....	96
Figure 41 - Résultats cumulés - Stock carbone de l'étude et substitution GES - Scénario ONC vs Tendanciel – Hors imports pour stock de l'étude - Mt CO <sub>2</sub> éq. ....	96

<i>Figure 42 - Substitution carbone - Comparaisons scénarios - Valeurs différentielles - Phase de production .....</i>	145
<i>Figure 43 - Substitution carbone - Comparaisons scénarios - Valeurs différentielles - Phase de fin de vie.....</i>	146
<i>Figure 44 - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - Comparaison scénarios - Valeurs différentielles - Phase de production .....</i>	147
<i>Figure 45 - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - Comparaison scénarios – Valeurs différentielles - Phase de fin de vie .....</i>	147

## TABLEAUX

Tableau 1 – Flux - Catégorisation et découpage des flux de produits.....	15
Tableau 2 - Flux - Masses volumiques utilisées.....	22
Tableau 3 - Exemple - Produit CLT - Conversion d'unité et évolution annuelle.....	23
Tableau 4 - Stockage - Temps de demi-vie utilisés .....	26
Tableau 5 – Stock carbone de l'étude – Taux d'imports des produits étudiés.....	27
Tableau 6 - Exemple - Produit CLT – Stock carbone de l'étude – Scénario Alternatif.....	31
Tableau 7 - Substitution - Produits concurrents et parts de marché associées .....	36
Tableau 8 - Exemple - Produit « Ossature bois – Parois porteuses de façades - Bois » – Substitution – Coefficients et pondération marché.....	43
Tableau 9 - Exemple - Produit « CLT » – Substitution carbone .....	46
Tableau 10 - Comparaison des coefficients de substitution obtenus à partir des FDES avec les coefficients des projets FORMIT/GESFOR.....	48
Tableau 11 – Stock carbone de l'étude - Comparaison scénarios - Valeurs absolues .....	52
Tableau 12 - Stock carbone de l'étude - Comparaison scénarios - Valeurs différentielles ....	52
Tableau 13 - Stock carbone de l'étude - Comparaison scénarios - Valeurs absolues et contribution par familles de produits .....	54
Tableau 14 - Stock carbone de l'étude - Comparaison scénarios - Valeurs absolues – Production nationale et imports .....	56
Tableau 15 - Stock carbone de l'étude – Scénario Tendanciel - Valeurs absolues et contribution par familles de produits – 2020 / 2035 / 2050.....	60
Tableau 16 - Stock carbone de l'étude – Scénario Volontariste - Valeurs absolues et contribution par familles de produits – 2020 / 2035 / 2050.....	63
Tableau 17 - Stock carbone de l'étude – Scénario Alternatif - Valeurs absolues et contribution par familles de produits – 2020 / 2035 / 2050 .....	66
Tableau 18 - Stock carbone de l'étude – Scénario ONC - Valeurs absolues et contribution par familles de produits – 2020 / 2035 / 2050 .....	69
Tableau 19 - Substitution matériau - GES - Comparaison scénarios - Valeurs différentielles .....	73
Tableau 20 - Substitution matériau - GES -- Valeurs différentielles par rapport au scénario Tendanciel – Horizon 2050 et contribution par familles.....	74
Tableau 21 - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - Comparaison scénarios - Valeurs différentielles.....	77
Tableau 22 - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - Valeurs différentielles par rapport au scénario Tendanciel - Horizon 2050 et contribution par familles .....	79

Tableau 23 - Sensibilité - Substitution matériau - GES - Comparaison scénarios - Valeurs différentielles .....	83
Tableau 24 - Sensibilité - Substitution matériau - GES - Valeurs différentielles - Horizon 2050 et contribution par familles - Coefficients label E+/C-.....	84
Tableau 25 - Sensibilité - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - Comparaison scénarios - Valeurs différentes .....	87
Tableau 26 - Sensibilité - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - Valeurs différentes- Horizon 2050 et contribution par familles – Coefficients label E+/C- 88	
Tableau 27 - Résultats cumulés- Stock de l'étude et effets de substitution - GES- Comparaison scénarios - Valeurs différentes vs Tendanciel – Mt CO <sub>2</sub> éq.....	92
Tableau 28 - Résultats cumulés- Stock carbone de l'étude et effets de substitution - GES- Comparaison scénarios - Valeurs différentes vs Tendanciel – Hors imports pour stock de l'étude - Mt CO <sub>2</sub> éq .....	95
Tableau 29 - Liste des paramètres et valeurs associées de la base de données sur la substitution.....	101
Tableau 30 - Description des planchers bois et concurrents pour un plancher de maison individuelle .....	111
Tableau 31 - Description des planchers bois et concurrents pour un plancher de bureaux.	112
Tableau 32 - Composition d'une pré-dalle .....	112
Tableau 33 - Données d'Inventaire de Cycle de Vie (ICV) pour la fabrication d'1 m <sup>2</sup> de plancher bois .....	114
Tableau 34 - Données d'inventaire pour la fabrication d'1 m <sup>2</sup> de plancher béton.....	115
Tableau 35 - Description de la solution bois et de la solution béton pour le CLT .....	116
Tableau 36 - Données d'Inventaire de Cycle de Vie (ICV) pour la fabrication d'1 m <sup>3</sup> de CLT .....	117
Tableau 37 - Données d'Inventaire de Cycle de Vie (ICV) d'une paroi porteuse en béton pour 1 m <sup>2</sup> de surface habitable .....	118
Tableau 38 - Description de la solution bois et de la solution béton pour le système constructif mixte bois béton .....	120
Tableau 39 - Données d'Inventaire de Cycle de Vie (ICV) d'un plancher béton pour 1 m <sup>2</sup> de surface habitable .....	121
Tableau 40 - Ensemble des coefficients de substitution matériau utilisés dans l'étude .....	123
Tableau 41 – Coefficients de substitution GES matériau moyens par usage en 2050 .....	131
Tableau 42 - Connexes de scierie produits (France et Import, par scénario et année, feuillus / résineux) .....	133
Tableau 43 - Connexes de scierie produits (France et Import, par scénario et année, total feuillus et résineux) .....	134

Tableau 44 – Connexes de scierie utilisés en énergie (France et Import, par scénario et année, total feuillus et résineux).....	135
Tableau 45 - Connexes de scierie produits (France, par scénario et année, feuillus / résineux) .....	136
Tableau 46 - Connexes de scierie produits (France, par scénario et année, total feuillus et résineux) .....	137
Tableau 47 - Connexes de scierie utilisés en énergie (France et Import, par scénario et année, total feuillus et résineux).....	138
Tableau 48 - Connexes de seconde transformation issus de sciages (France et Import, par scénario et année, feuillus / résineux) .....	140
Tableau 49 - Connexes de seconde transformation issus de sciages (France et Import, par scénario et année, total feuillus et résineux).....	141
Tableau 50 - Connexes de seconde transformation issus de panneaux (France et Import, par scénario et année).....	142
Tableau 51 - Connexes de seconde transformation issus de panneaux et de sciages (France et Import, par scénario et année, total sciages et panneaux).....	143
Tableau 52 - Produits en fin de vie (France et Import, par scénario et année, total sciages et panneaux).....	144

## GLOSSAIRE

ACV	Analyse du Cycle de Vie
BIPE	Bureau d'Informations et de Prévisions Economiques
CIAT	Consultance, Innovation et Appui Technique du FCBA
CLT	<i>Cross Laminated Timber</i> (bois lamellé croisé)
DGEC	Direction Générale de l'Energie et du Climat
FCBA	Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement
FDES	Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire
HDF	<i>High Density Fiberboard</i> (panneau de fibres à haute densité)
ICV	Inventaire de cycle de vie
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
ITE	Isolation Thermique par l'Extérieur
LDF	<i>Light Density Fiberboard</i> (panneau de fibres à basse densité)
LTECV	Loi de transition énergétique pour la croissance verte
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i> (panneau de fibres à densité moyenne)
ONC	Objectif Neutralité Carbone
OSB	<i>Oriented Strand Board</i> (panneau de lamelles minces, longues et orientées)
PCI	Pouvoir Calorifique Inférieur
PP	Panneaux de Particules
SNBC	Stratégie Nationale Bas Carbone
UFRB	Unité Fonctionnelle de Référence Bois
UTCATF	Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie
VEM-FB	Veille Economique Mutualisée de la filière Forêt-Bois

## 1 Introduction

Dans cette étude prospective, la phase 4 porte sur l'impact de l'emploi de solutions bois sur la performance environnementale du secteur du bâtiment.

Dans la lignée de l'accord de Paris, l'État et les acteurs de la construction se sont engagés à produire des bâtiments à énergie positive et bas carbone. La loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV (1)) votée en 2015 prévoit la mise en place d'une nouvelle réglementation liée à la consommation énergétique des bâtiments et à leur empreinte carbone.

La loi Elan votée en 2018 a fixé l'entrée en vigueur de cette nouvelle réglementation pour 2020. Une expérimentation nationale a débuté à l'automne 2016 pour tester sur le terrain l'adéquation entre niveau d'ambition environnementale, maîtrise des coûts de construction, capacité des entreprises et des équipementiers à satisfaire ces ambitions. Elle est notamment portée par le label E+/C- et son référentiel « Energie – Carbone ». En 2018, une phase de travaux techniques préparatoires et une phase de concertation ont été lancés pour finaliser les seuils et les méthodes réglementaires. L'un des groupes d'expertise a travaillé sur la prise en compte du stockage temporaire de carbone dans l'évaluation de l'empreinte carbone du bâtiment. Cette prise en compte n'est pour l'instant pas effective dans le référentiel du label E+/C-.

L'étude se place également dans le cadre de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) qui prévoit une augmentation de la récolte de bois (80% de l'accroissement biologique à 2050) et de la proportion du bois destinée à des produits à longue durée de vie (25% en 2015 d'utilisation du bois en matériau par rapport à l'énergie contre 50% en 2050). Ceci se traduit par une réduction du rythme d'augmentation des stocks de carbone dans les forêts mais par une forte augmentation des stocks de carbone dans les produits (augmentation des stocks de carbone dans les produits égale à 20 Mt CO<sub>2</sub> par an en 2050).

Dans ce contexte encore mouvant, la phase 4 s'attache à quantifier l'impact environnemental de l'augmentation d'utilisation du bois, dans le secteur du bâtiment et les secteurs de transformation qui le fournissent, à travers, d'une part, l'évolution du stock de carbone biogénique contenu dans les produits bois et d'autre part, le différentiel d'empreinte carbone entre les produits bois et les produits de matériaux concurrents, soit l'impact de substitution. L'impact sur l'évolution des stocks de carbone en forêt selon la gestion sylvicole mise en place dans les différents scénarios d'utilisation du bois dans le bâtiment n'a pas été étudié dans le cadre de cette étude.

FCBA a proposé pour cette étude l'utilisation de coefficients de substitution issus des études FORMIT et GESFOR (Valada et al., 2016) et (Vial, Cornillier, Fortin, & Martel, 2018). Un complément a été apporté pour les produits importants dont les coefficients de substitution n'avaient pas été évalués dans ces études. Une deuxième simulation a été réalisée en considérant les coefficients de substitution calculés à partir des FDES issues de la base INIES, afin d'évaluer l'impact du développement de l'utilisation du bois sur les calculs de performance environnementale du bâtiment avec les méthodologies en vigueur.

Pour rappel, seuls les produits bois dédiés au secteur de la construction et une partie de l'ameublement ont été retenus dans le cadre de cette évaluation.

Les calculs effectués sont réalisés de la manière suivante :

- Bases de calcul :
  - Flux utilisés pour chaque scénario ;
  - Contenus carbone et énergétique des produits bois.
- Méthodologie spécifique liée :

- au calcul de l'évolution du stock ;
- aux effets de substitution.
- Sortie des résultats :
  - par scénario ;
  - en valeurs absolues et/ou différentiels ;
  - en cumulés.

Dans la phase calculatoire, une analyse par typologie de produits a également été utilisée afin d'améliorer la granulométrie des résultats présentés.

## 2 Bases de calcul

### 2.1 Rôle de la forêt et des produits bois dans l'atténuation du changement climatique

Le rôle de la forêt dans l'atténuation du changement climatique repose sur le concept des « 5S » (Picard, 2019) :

- Séquestration en forêt,
- Stockage de carbone dans les sols forestiers,
- Stockage dans les produits,
- Substitution à des énergies non renouvelables,
- Substitution à des matériaux minéraux ou fossiles.

La séquestration en forêt est réalisée par le mécanisme naturel de la photosynthèse. En effet, la forêt capte le dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) de l'atmosphère et le séquestre dans les feuilles, les branches, les troncs, les racines mais également dans le sol. Les différents modes de gestion sylvicoles impactent le niveau de séquestration du carbone dans les écosystèmes forestiers.

Les produits en bois contribuent également à la prolongation du stockage de carbone. Ce stockage peut être de l'ordre de quelques mois pour les usages type énergie mais peut atteindre des durées de plus de 100 ans pour le bois construction.

Enfin, il est également à signaler que l'utilisation du bois « en cascade », c'est-à-dire avec une première valorisation à forte valeur ajoutée puis un recyclage pour un autre usage (type panneau exemple) ou une valorisation énergétique permet d'optimiser le bilan carbone en cumulant les effets de substitution.

Cette section reprend les données de base utilisées pour effectuer l'ensemble des calculs liés au stockage dans les produits et à la substitution. Les variations de stock de carbone en forêt liées aux différents scénarios de gestion n'ont pas été évaluées dans le cadre de l'étude.

#### 2.1.1 Contenu en carbone biogénique des produits bois

Le contenu en carbone biogénique des produits est calculé selon la formule suivante :

$$Contenu \text{ } CO_2 = \text{masse anhydre de bois} \times cf \times \frac{44}{12}$$

Où :

- « masse anhydre de bois » peut être calculée en fonction des masses volumiques et des taux d'humidité par essence ;
- « cf » est la fraction carbonée de la masse anhydre du bois soit 49,4% ;
- « 44/12 » est le ratio des masses moléculaires entre le dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) et le carbone (C).

Les masses volumiques du bois diffèrent entre les feuillus et les résineux. Les données utilisées sont reprises dans le Tableau 2.

Par simplification le taux d'humidité considéré pour tous les produits est de 15%<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Masse d'eau / masse anhydre

L'unité utilisée est le kg. CO<sub>2</sub> éq.

### 2.1.2 Contenu énergétique des produits bois

Le contenu énergétique des produits est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Contenu énergétique} = \text{masse anhydre de bois} \times \text{PCI}_{\text{anhydre}}$$

Où :

- « masse anhydre de bois » peut être calculée en fonction des masses volumiques et des taux d'humidité par essence ;
- « PCI<sub>anhydre</sub> » est le PCI du bois anhydre. La valeur retenue est de 18,4 MJ par kg de bois sec.

L'unité utilisée est le MJ et l'énergie est considérée d'origine renouvelable.

## 2.2 Consolidation des flux de produits bois

FCBA a travaillé sur la consolidation des données fournies par le BIPE à l'issue de la phase 2 de l'étude, sur l'évolution des flux de produits à l'horizon 2020, 2035 et 2050 pour les scénarios suivants :

- Tendanciel ; ce scénario correspond au prolongement des tendances constatées du marché du logement et à la stagnation des parts de marché des produits bois,
- Volontariste ; ce scénario correspond à un fort développement des produits bois avec un objectif de forte réduction de gaz à effet de serre,
- Alternatif ; ce scénario est un scénario intermédiaire entre les deux précédents,
- ONC pour Objectif Neutralité Carbone. Ce scénario correspond au scénario pour la forêt et les produits bois de la Stratégie Nationale Bas Carbone et est au-delà du scénario Volontariste en terme de développement du bois matériau.

La description détaillée des scénarios est disponible dans le livrable des phases 1 et 2 de cette étude. La terminologie utilisée a été conservée. Néanmoins, les données relatives à ces flux ne sont pas reprises dans cette partie. Pour les obtenir, il convient de se référer à la partie dédiée du livrable.

### 2.2.1 Consolidation des flux

La première étape a été de consolider les flux mis à disposition par le BIPE afin de pouvoir récupérer les informations suivantes :

- famille de produits ;
- ouvrage ;
- produit ;
- flux associés aux années 2015, 2020, 2035 et 2050.

Le tableau suivant reprend le découpage des flux de produits étudiés dans le cadre de cette étude.

A noter que pour les produits concernés, une distinction entre la part en bois massifs (« Bois ») et les panneaux (« Panneaux ») a été effectuée par le BIPE.

Dans ce tableau, le terme « nc » pour « non concerné » signifie que, dans les données fournies par le BIPE, les valeurs n'étaient pas renseignées. En d'autres termes, cela signifie que la colonne « Produit » est vide.

Selon la granulométrie souhaitée, les résultats peuvent être exploités par famille de produits, par ouvrage ou par produit directement.

Tableau 1 – Flux - Catégorisation et découpage des flux de produits

Type d'usage des produits bois	Famille de produits	Ouvrage	Produit	Ouvrage - Produit
Eléments de structure	Systèmes constructif	CLT	Parois porteuses de façades	CLT - Parois porteuses de façades
Eléments de structure	Systèmes constructif	CLT	Parois porteuses internes	CLT - Parois porteuses internes
Eléments de structure	Systèmes constructif	CLT	Planchers	CLT - Planchers
Eléments de structure	Systèmes constructif	Ossature bois	Parois porteuses de façades - Bois	Ossature bois - Parois porteuses de façades - Bois
Eléments de structure	Systèmes constructif	Ossature bois	Parois porteuses de façades - Panneaux	Ossature bois - Parois porteuses de façades - Panneaux
Eléments de structure	Systèmes constructif	Ossature bois	Parois porteuses internes - Bois	Ossature bois - Parois porteuses internes - Bois
Eléments de structure	Systèmes constructif	Ossature bois	Parois porteuses internes - Panneaux	Ossature bois - Parois porteuses internes - Panneaux
Eléments de structure	Systèmes constructif	Ossature bois	Planchers - Bois	Ossature bois - Planchers - Bois
Eléments de structure	Systèmes constructif	Ossature bois	Planchers - Panneaux	Ossature bois - Planchers - Panneaux
Eléments de structure	Systèmes constructif	Poteaux poutres	Porteurs verticaux	Poteaux poutres - Porteurs verticaux
Eléments de structure	Systèmes constructif	Poteaux poutres	Parois ossatures de remplissage interne - Bois	Poteaux poutres - Parois ossatures de remplissage interne - Bois
Eléments de structure	Systèmes constructif	Poteaux poutres	Parois ossatures de remplissage interne - Panneaux	Poteaux poutres - Parois ossatures de remplissage interne - Panneaux
Eléments de structure	Systèmes constructif	Poteaux poutres	Planchers - Bois	Poteaux poutres - Planchers - Bois
Eléments de structure	Systèmes constructif	Poteaux poutres	Planchers - Panneaux	Poteaux poutres - Planchers - Panneaux
Eléments de structure	Systèmes constructif	Poteaux poutres	Parois ossatures de remplissage en façades (non porteuses) bois	Poteaux poutres - Parois ossatures de remplissage en façades (non porteuses) bois

Type d'usage des produits bois	Famille de produits	Ouvrage	Produit	Ouvrage - Produit
Eléments de structure	Systèmes constructif	Poteaux poutres	Parois ossatures de remplissage en façades (non porteuses) panneaux	Poteaux poutres - Parois ossatures de remplissage en façades (non porteuses) panneaux
Eléments de structure	Système constructif mixte	Système constructif mixte	Façade ossature bois sur supports hors filière bois - Bois	Système constructif mixte - Façade ossature bois sur supports hors filière bois - Bois
Eléments de structure	Système constructif mixte	Système constructif mixte	Façade ossature bois sur supports hors filière bois - Panneaux	Système constructif mixte - Façade ossature bois sur supports hors filière bois - Panneaux
Eléments de structure	Système constructif mixte	Système constructif mixte	Planchers mixte bois-béton - Bois	Système constructif mixte - Planchers mixte bois-béton - Bois
Eléments de structure	Système constructif mixte	Système constructif mixte	Planchers mixte bois-béton - Panneaux	Système constructif mixte - Planchers mixte bois-béton - Panneaux
Eléments de structure	Charpentes	Charpente industrielle	Charpentes industrielles en bois	Charpente industrielle - Charpentes industrielles en bois
Eléments de structure	Charpentes	Charpente traditionnelle	Pannes, fermes et chevrons bois	Charpente traditionnelle - Pannes, fermes et chevrons bois
Eléments de structure	Charpentes	Charpente traditionnelle	Pannes, fermes et chevrons en lamellé collé	Charpente traditionnelle - Pannes, fermes et chevrons en lamellé collé
Eléments de structure	Charpentes	Charpente traditionnelle	Système mixte chevrons bois / pannes et fermes autres	Charpente traditionnelle - Système mixte chevrons bois / pannes et fermes autres
Eléments de structure	Charpentes	Charpente traditionnelle	Bois support de couverture Lattis	Charpente traditionnelle - Bois support de couverture - Lattis
Eléments de structure	Charpentes	Charpente traditionnelle	Bois support de couverture Volige	Charpente traditionnelle - Bois support de couverture - Volige
Eléments de structure	Charpentes	Structure porteuse de la toiture-terrasse	Support bois de la toiture terrasse - Bois	Structure porteuse de la toiture-terrasse - Support bois de la toiture terrasse - Bois

Type d'usage des produits bois	Famille de produits	Ouvrage	Produit	Ouvrage - Produit
Eléments de structure	Charpentes	Structure porteuse de la toiture-terrasse	Support bois de la toiture terrasse - Panneaux	Structure porteuse de la toiture-terrasse - Support bois de la toiture terrasse - Panneaux
Eléments de structure	Charpentes	Structure porteuse de la toiture-terrasse	Support lamellé collé de la toiture terrasse	Structure porteuse de la toiture-terrasse - Support lamellé collé de la toiture terrasse
Bois dans l'isolation	Bois dans l'isolation	Bois d'ITE (Isolation Thermique par l'Extérieur)	Bois d'ITE	Bois d'ITE - Bois d'ITE
Bois dans l'isolation	Bois dans l'isolation	Fibre bois isolante	Fibre bois isolante	Fibre bois isolante - Fibre bois isolante
Aménagement intérieur	Revêtement des sols	Parquets	Regroupe a) les parquets en bois massifs cloués sur profils bois (lambourdes ou solives), b) les parquets contre collés posés, c) Les parquets collés en bois massif	Parquets - Regroupe a) les parquets en bois massifs cloués sur profils bois (lambourdes ou solives), b) les parquets contre collés posés, c) Les parquets collés en bois massif
Aménagement intérieur	Revêtement des sols	Stratifiés		Stratifiés - nc
Aménagement intérieur	Revêtement des sols	Planchers-plaque		Planchers-plaque - nc
Aménagement intérieur	Escaliers	Escaliers mixtes bois/acier (garde-corps ou mains courantes simple face)	Escaliers mixtes bois/acier (garde-corps ou mains courantes simple face) - nc	
Aménagement intérieur	Escaliers	Escaliers bois 100% (garde-corps ou mains courantes simple face) - Bois	Escaliers bois 100% (garde-corps ou mains courantes simple face) - Bois - nc	
Aménagement intérieur	Escaliers	Escaliers bois 100% (garde-corps ou mains courantes simple face) - Panneaux	Escaliers bois 100% (garde-corps ou mains courantes simple face) - Panneaux - nc	
Aménagement intérieur	Garde corps	Garde corps		Garde corps - nc

Type d'usage des produits bois	Famille de produits	Ouvrage	Produit	Ouvrage - Produit
Aménagement intérieur	Portes	Portes palières (bois) - Bois		Portes palières (bois) - Bois - nc
Aménagement intérieur	Portes	Porte coupe-feu (bois) - Bois		Porte coupe-feu (bois) - Bois - nc
Aménagement intérieur	Portes	Portes intérieures non techniques - Bois		Portes intérieures non techniques - Bois - nc
Aménagement intérieur	Portes	Porte d'hôtel (isolation acoustique et coupe-feu) - Bois		Porte d'hôtel (isolation acoustique et coupe-feu) - Bois - nc
Aménagement intérieur	Portes	Portes de bureau (isolation acoustique) - Bois		Portes de bureau (isolation acoustique) - Bois - nc
Aménagement intérieur	Portes d'entrées	Portes d'entrées (bois & mixte bois/verre) - Bois		Portes d'entrées (bois & mixte bois/verre) - Bois - nc
Aménagement intérieur	Portes	Portes palières (bois) - Panneaux		Portes palières (bois) - Panneaux - nc
Aménagement intérieur	Portes	Porte coupe-feu (bois) - Panneaux		Porte coupe-feu (bois) - Panneaux - nc
Aménagement intérieur	Portes	Portes intérieures non techniques - Panneaux		Portes intérieures non techniques - Panneaux - nc
Aménagement intérieur	Portes	Porte d'hôtel (isolation acoustique et coupe-feu) - Panneaux		Porte d'hôtel (isolation acoustique et coupe-feu) - Panneaux - nc
Aménagement intérieur	Portes	Portes de bureau (isolation acoustique) - Panneaux		Portes de bureau (isolation acoustique) - Panneaux - nc
Aménagement intérieur	Portes d'entrées	Portes d'entrées (bois & mixte bois/verre)- Panneaux		Portes d'entrées (bois & mixte bois/verre)- Panneaux - nc
Aménagement intérieur	Cloisons	Cloisons non porteuses (bois)	Ossature non porteuse bois - Bois	Cloisons non porteuses (bois) - Ossature non porteuse bois - Bois
Aménagement intérieur	Cloisons	Cloisons non porteuses (bois)	Ossature non porteuse bois - Panneaux	Cloisons non porteuses (bois) - Ossature non porteuse bois - Panneaux

Type d'usage des produits bois	Famille de produits	Ouvrage	Produit	Ouvrage - Produit
Aménagement intérieur	Cloisons	Cloisonnement du bâtiment (fixe ou démontable)		Cloisonnement du bâtiment (fixe ou démontable) - nc
Aménagement intérieur	Cloisons	Cloisons des pièces humides		Cloisons des pièces humides - nc
Aménagement intérieur	Cloisons	Cloisons coupe-feu - Bois		Cloisons coupe-feu - Bois - nc
Aménagement intérieur	Cloisons	Cloisons coupe-feu - Panneaux		Cloisons coupe-feu - Panneaux - nc
Aménagement intérieur	Lambris	Plafonds en bois - Bois		Plafonds en bois - Bois - nc
Aménagement intérieur	Lambris	Doublage intérieur bois des murs - Bois		Doublage intérieur bois des murs - Bois - nc
Aménagement intérieur	Lambris	Plafonds en bois - Panneaux		Plafonds en bois - Panneaux - nc
Aménagement intérieur	Lambris	Doublage intérieur bois des murs - Panneaux		Doublage intérieur bois des murs - Panneaux - nc
Aménagement intérieur	Aménagement intérieur	Cuisine		Cuisine - nc
Aménagement intérieur	Aménagement intérieur	Salle de bain		Salle de bain - nc
Aménagement intérieur	Aménagement intérieur	Placard		Placard - nc
Aménagement intérieur	Produits profilés et moulurés	Planches de rive, tasseaux, moulures, baguette, plinthes) - Bois		Planches de rive, tasseaux, moulures, baguette, plinthes) - Bois - nc
Menuiseries et aménagements extérieurs	Fenêtres et portes	Fenêtres bois		Fenêtres bois - nc

Type d'usage des produits bois	Famille de produits	Ouvrage	Produit	Ouvrage - Produit
Menuiseries et aménagements extérieurs	Fenêtres et portes	Fenêtres mixte bois/aluminium		Fenêtres mixte bois/aluminium - nc
Menuiseries et aménagements extérieurs	Fenêtres et portes	Fenêtres de toits en bois		Fenêtres de toits en bois - nc
Menuiseries et aménagements extérieurs	Fenêtres et portes	Volets (battants, coulissants, roulants, Persiennes/Jalousies)		Volets (battants, coulissants, roulants, Persiennes/Jalousies) - nc
Menuiseries et aménagements extérieurs	Fenêtres et portes	Portes de garage		Portes de garage - nc
Menuiseries et aménagements extérieurs	Platelage	Toiture terrasse revêtement bois		Toiture terrasse revêtement bois - nc
Menuiseries et aménagements extérieurs	Platelage	Platelage au sol		Platelage au sol - nc
Menuiseries et aménagements extérieurs	Parement verticaux extérieurs	Revêtements en bois des façades / Bardage bois	Regroupe bardage lame et plaque - Bois	Revêtements en bois des façades / Bardage bois - Regroupe bardage lame et plaque - Bois
Menuiseries et aménagements extérieurs	Parement verticaux extérieurs	Revêtements en bois des façades / Bardage bois	Regroupe bardage lame et plaque - Panneaux	Revêtements en bois des façades / Bardage bois - Regroupe bardage lame et plaque - Panneaux
Menuiseries et aménagements extérieurs	Habillages	Éléments rapportés en façade et brise-soleils		Éléments rapportés en façade et brise-soleils - nc
Menuiseries et aménagements extérieurs	Habillages	Sous-faces / avancée de toiture		Sous-faces / avancée de toiture - nc

Type d'usage des produits bois	Famille de produits	Ouvrage	Produit	Ouvrage - Produit
Eléments architecturaux spécifiques	Clôtures	Portails bois		Portails bois - nc
Eléments architecturaux spécifiques	Clôtures	Panneaux pare-vue		Panneaux pare-vue - nc
Eléments architecturaux spécifiques	Balcons	Balcons		Balcons - nc

### 2.2.2 Conversion d'unité et extrapolation

Au-delà de la segmentation présentée précédemment, il a été nécessaire d'effectuer un changement d'unités. En effet, les flux initiaux fournis par le BIPE étaient fournis en **milliers de m<sup>3</sup> de produits finis**.

La première opération calculatoire a donc été d'effectuer un changement d'unité pour obtenir ces flux **en tonnes de produits finis**.

Afin d'effectuer ce changement d'unité, l'utilisation de masses volumiques a été nécessaire. Afin d'être en cohérence avec les projets précédents et de simplifier au maximum l'approche globale, les masses volumiques (en kg/m<sup>3</sup>) utilisées dans le cadre du projet FORMIT (source ECOINVENT) ont été utilisées à savoir :

*Tableau 2 - Flux - Masses volumiques utilisées*

Produit	Valeur	Unité
Panneaux OSB	585	kg/m <sup>3</sup>
Panneaux MDF	780	kg/m <sup>3</sup>
Panneaux PP	680	kg/m <sup>3</sup>
Sciages massifs résineux	540	kg/m <sup>3</sup>
Sciages massifs feuillus	715	kg/m <sup>3</sup>
Panneaux Contreplaqué	784	kg/m <sup>3</sup>
Laine de bois	140	kg/m <sup>3</sup>
Panneaux HDF	900	kg/m <sup>3</sup>
Moyenne par défaut	681	kg/m <sup>3</sup>

A noter, qu'en cas de difficultés à catégoriser un produit, une valeur moyenne par défaut a été utilisée.

Pour l'ensemble des calculs portant sur le stockage et la substitution, l'utilisation de flux annuels est nécessaire. Hors les flux initiaux ne portent que sur 4 années. Aussi, afin d'estimer l'évolution de ces flux annuellement, il a été estimé que tous les flux variaient de manière linéaire entre les pas de temps fournis par le BIPE à savoir :

- 2015 – 2020 ;
- 2020 – 2035 ;
- 2035 – 2050.

Un exemple sur le produit CLT est repris dans le tableau suivant.

Tableau 3 - Exemple - Produit CLT - Conversion d'unité et évolution annuelle

Paramètre	Valeurs pour CLT
Flux BIPE – 2015 – Total*	16,6 milliers de m <sup>3</sup>
Flux BIPE – 2020 – Total* – Scénario Alternatif	52,01 milliers de m <sup>3</sup>
<b>Conversion d'unité</b>	
Masse volumique retenue	540 kg/m <sup>3</sup>
Flux convertis – 2015 – Total*	8 970 tonnes
Flux convertis – 2020 – Total* – Scénario Alternatif	28 084 tonnes
<b>Evolution annuelle</b>	
<b>Flux convertis – 2015 – Total*</b>	<b>8 970 tonnes</b>
Flux convertis – 2016 – Total* – Scénario Alternatif	12 793 tonnes
Flux convertis – 2017 – Total* – Scénario Alternatif	16 615 tonnes
Flux convertis – 2018 – Total* – Scénario Alternatif	20 438 tonnes
Flux convertis – 2019 – Total* – Scénario Alternatif	24 261 tonnes
<b>Flux convertis – 2020 – Total* – Scénario Alternatif</b>	<b>28 084 tonnes</b>

\* Le total représente le total de la consommation estimée à l'année donnée

Ces conversions et évolutions annuelles ont été effectuées pour l'ensemble des produits et pour les quatre scénarios retenus sur les intervalles de temps allant de 2015 à 2050.

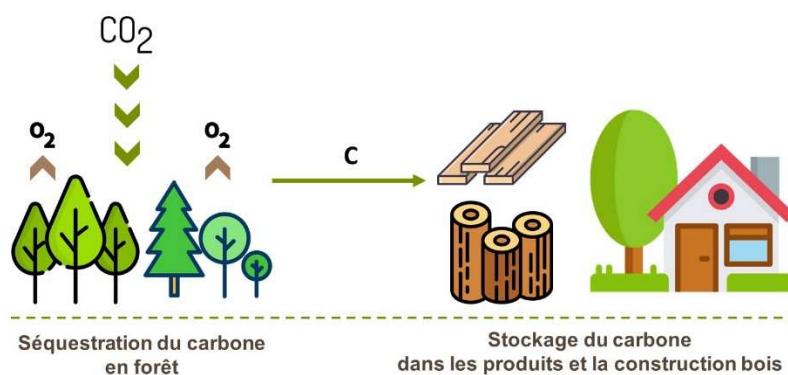
### 3 Stockage – Hypothèses et méthodes de calcul

Afin d'évaluer les stocks de carbone contenus dans les produits bois et la variation annuelle associée, plusieurs hypothèses et formules de calcul ont été utilisées. Ces dernières sont présentées dans les paragraphes suivants.

#### 3.1 Séquestration et stockage carbone

Le dioxyde de carbone est nécessaire à la croissance du bois. Sous l'action de l'énergie solaire, la biomasse forestière élabore des matières organiques (hydrates de carbone) en absorbant le gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) atmosphérique et en rejetant de l'oxygène ( $\text{O}_2$ ). Ce mécanisme naturel est la photosynthèse. Le carbone est ensuite stocké dans la biomasse et les sols des forêts ce qui permet de maintenir le carbone en dehors de l'atmosphère. Les différents modes de gestion sylvicoles impactent le niveau de séquestration du carbone dans les écosystèmes forestiers.

Figure 1 - Schéma – Séquestration et stockage carbone



Pour rappel, l'évolution des stocks de carbone en forêt selon la gestion sylvicole mise en place dans les différents scénarios d'utilisation du bois dans le bâtiment n'a pas été étudié dans le cadre de cette étude.

Après la récolte, le carbone est transféré dans les produits qui constituent un stock.

Si ce stock s'accroît, les produits ligneux récoltés sont un « puits de carbone » alors que s'il décroît, ils deviennent une « source ».

#### 3.2 Estimation des stocks de carbone dans les produits bois

L'estimation des stocks de carbone dans les produits bois porte sur la temporalité de cette étude, à savoir 2015 – 2050. Pour cela, les flux mentionnés dans la première partie de cette section ont été utilisés.

A noter que le stock des produits bois mis sur le marché avant 2015 et leur devenir après 2015 ne sont pas inclus dans les évaluations. **Ainsi, les stocks de l'étude présentés en valeur absolue ne représentent qu'une partie du stock total de produits bois.** Ces données de stock avant 2015 et le devenir de ce stock sont identiques pour tous les scénarios. Le différentiel entre scénarios à un horizon de temps donné et le différentiel de stock entre 2 horizons de temps pour un scénario ne sont pas affectés par cette hypothèse.

### 3.2.1 Estimation de l'évolution des stocks de carbone

Pour rappel, la détermination du contenu en carbone biogénique est reprise dans le paragraphe 2.1.1.

Afin d'évaluer le stock de carbone contenu dans les produits bois dédiés au secteur de la construction et de l'ameublement ainsi que son évolution annuelle, la méthode par défaut TIER 1 des lignes directrices de l'IPCC de 2006 a été utilisée (Pingoud, Skog, Martino, Tonosaki, & Xiaoquan, 2006).

Les formules utilisées sont reprises dans l'équation 12.1 du chapitre 12 issu du volume 4 de ces mêmes lignes directrices. Ces dernières sont détaillées ci-dessous.

La variation de stock entre deux années est basée sur la formule suivante.

$$\Delta C(i) = C(i + 1) - C(i)$$

Où :

- i : année ;
- C(i) : stock de carbone en début d'année i (en kg eq. CO<sub>2</sub>) ;

Pour estimer le stock de carbone, le calcul est basé sur la formule suivante.

$$C(i + 1) = e^{-k} \times C(i) + \left[ \frac{(1 - e^{-k})}{k} \right] \times \text{Inflow}(i)$$

Où :

- i : année ;
- C(i) : stock de carbone en début d'année i (en kg eq. CO<sub>2</sub>) ;
- k : constante de désintégration issue de la fonction exponentielle décroissante (en année<sup>-1</sup>) ;
- Inflow(i) : flux durant l'année i (en kg eq. CO<sub>2</sub> année<sup>-1</sup>).

Le calcul de la constante k est basé sur la formule suivante.

$$k = \frac{\ln(2)}{HL}$$

Où :

- HL : temps de demi-vie.

### 3.2.2 Coefficients de demi-vie

Les coefficients de demi-vie correspondent au nombre d'années nécessaires pour atteindre la disparition de la moitié du stock du produit concerné.

Aussi, afin d'être le plus en cohérence possible avec les hypothèses utilisées par la DGEC (Direction Générale de l'Energie et du Climat) dans le cadre de la SNBC (Stratégie Nationale Bas-Carbone), une augmentation de ces temps de demi-vie par rapport à l'année de référence a été intégrée au calcul, à savoir :

- + 1 an entre 2015 et 2030 ;
- + 2 ans entre 2015 et 2050 ;

Par défaut, il a été estimé que cette évolution se réalisait de manière linéaire entre les pas de temps considérés dans cette étude. Cette augmentation « artificielle » de la durée de vie est utilisée pour prendre en considération l'évolution future des pratiques de recyclage.

Le tableau suivant reprend les demi-vies utilisées par typologie de produits.

*Tableau 4 - Stockage - Temps de demi-vie utilisés*

Produit	Valeur de demi-vie	Unité
Panneaux	25	Années
Autres produits bois	35	Années

La distinction entre « panneaux » et « autres produits bois » est basée sur les données fournies par le BIPE.

### **3.2.3 Analyse de sensibilité : gestion des imports**

Il a été demandé à FCBA d'estimer l'influence des produits fabriqués à partir de bois domestiques sur les résultats obtenus. Pour cela, les taux d'import qui combinent les parts de produits fabriqués à l'étranger et la part de produits fabriqués en France à partir de bois non récoltés en France par typologie ont été fournis par FCBA et sont notamment issus de la VEM-FB.

Cette analyse est à considérer comme une analyse de sensibilité et est donnée à titre informatif.

Dans le tableau suivant, le taux d'import représente donc la part des produits fabriqués à l'étranger ainsi que celle fabriquée en France à partir de bois non récoltés sur le territoire. A l'inverse, le taux de production nationale représente la part des produits fabriqués en France à partir de bois récoltés sur le territoire.

A noter qu'en l'absence de données, ce taux a été considéré comme constant entre 2015 et 2050. Cela représente une limite de l'étude. Néanmoins, comme stipulé, l'analyse de sensibilité a été réalisée à titre informatif.

Le tableau suivant reprend les taux d'imports considérés dans cette étude.

Tableau 5 – Stock carbone de l'étude – Taux d'imports des produits étudiés

Ouvrage - Produit	Taux d'import (%)	Taux de production nationale (%)
CLT - Parois porteuses de façades	87	13
CLT - Parois porteuses internes	87	13
CLT - Planchers	87	13
Ossature bois - Parois porteuses de façades - Bois	40	60
Ossature bois - Parois porteuses de façades - Panneaux	64	36
Ossature bois - Parois porteuses internes - Bois	40	60
Ossature bois - Parois porteuses internes - Panneaux	64	36
Ossature bois - Planchers - Bois	40	60
Ossature bois - Planchers - Panneaux	64	36
Poteaux poutres - Porteurs verticaux	71	29
Poteaux poutres - Parois ossatures de remplissage interne - Bois	40	60
Poteaux poutres - Parois ossatures de remplissage interne - Panneaux	64	36
Poteaux poutres - Planchers - Bois	40	60
Poteaux poutres - Planchers - Panneaux	64	36
Poteaux poutres - Parois ossatures de remplissage en façades (non porteuses) bois	40	60
Poteaux poutres - Parois ossatures de remplissage en façades (non porteuses) panneaux	64	36
Système constructif mixte - Façade ossature bois sur supports hors filière bois - Bois	40	60
Système constructif mixte - Façade ossature bois sur supports hors filière bois - Panneaux	64	36
Système constructif mixte - Planchers mixte bois-béton - Bois	40	60
Système constructif mixte - Planchers mixte bois-béton - Panneaux	64	36
Charpente industrielle - Charpentes industrielles en bois	40	60

Ouvrage - Produit	Taux d'import (%)	Taux de production nationale (%)
Charpente traditionnelle - Pannes, fermes et chevrons bois	40	60
Charpente traditionnelle - Pannes, fermes et chevrons en lamellé collé	71	29
Charpente traditionnelle - Système mixte chevrons bois / pannes et fermes autres	40	60
Charpente traditionnelle - Bois support de couverture - Lattis	40	60
Charpente traditionnelle - Bois support de couverture - Volige	40	60
Structure porteuse de la toiture-terrasse - Support bois de la toiture terrasse - Bois	40	60
Structure porteuse de la toiture-terrasse - Support bois de la toiture terrasse - Panneaux	64	36
Structure porteuse de la toiture-terrasse - Support lamellé collé de la toiture terrasse	71	29
Bois d'ITE - Bois d'ITE	40	60
Fibre bois isolante - Fibre bois isolante	64	36
Parquets - Regroupe a) les parquets en bois massifs cloués sur profils bois (lambourdes ou solives), b) les parquets contre collés posés, c) Les parquets collés en bois massif	37,5	62,5
Stratifiés - nc	64	36
Planchers-plaque - nc	64	36
Escaliers mixtes bois/acier (garde-corps ou mains courantes simple face) - nc	12	88
Escaliers bois 100% (garde-corps ou mains courantes simple face) - Bois - nc	12	88
Escaliers bois 100% (garde-corps ou mains courantes simple face) - Panneaux - nc	12	88
Garde corps - nc	0	100
Portes palières (bois) - Bois - nc	14	86
Porte coupe-feu (bois) - Bois - nc	14	86
Portes intérieures non techniques - Bois - nc	14	86
Porte d'hôtel (isolation acoustique et coupe-feu) - Bois - nc	14	86

Ouvrage - Produit	Taux d'import (%)	Taux de production nationale (%)
Portes de bureau (isolation acoustique) - Bois - nc	14	86
Portes d'entrées (bois & mixte bois/verre) - Bois - nc	11	89
Portes palières (bois) - Panneaux - nc	14	86
Porte coupe-feu (bois) - Panneaux - nc	14	86
Portes intérieures non techniques - Panneaux - nc	14	86
Porte d'hôtel (isolation acoustique et coupe-feu) - Panneaux - nc	14	86
Portes de bureau (isolation acoustique) - Panneaux - nc	14	86
Portes d'entrées (bois & mixte bois/verre)- Panneaux - nc	11	89
Cloisons non porteuses (bois) - Ossature non porteuse bois - Bois	40	60
Cloisons non porteuses (bois) - Ossature non porteuse bois - Panneaux	64	36
Cloisonnement du bâtiment (fixe ou démontable) - nc	64	36
Cloisons des pièces humides - nc	64	36
Cloisons coupe-feu - Bois - nc	40	60
Cloisons coupe-feu - Panneaux - nc	64	36
Plafonds en bois - Bois - nc	17	83
Doublage intérieur bois des murs - Bois - nc	17	83
Plafonds en bois - Panneaux - nc	64	36
Doublage intérieur bois des murs - Panneaux - nc	64	36
Cuisine - nc	64	36
Salle de bain - nc	64	36
Placard - nc	64	36
Planches de rive, tasseaux, moulures, baguette, plinthes) - Bois - nc	8	92

Ouvrage - Produit	Taux d'import (%)	Taux de production nationale (%)
<i>Fenêtres bois - nc</i>	11	89
<i>Fenêtres mixte bois/aluminium - nc</i>	11	89
<i>Fenêtres de toits en bois - nc</i>	11	89
<i>Volets (battants, coulissants, roulants, Persiennes/Jalousies) - nc</i>	11	89
<i>Portes de garage - nc</i>	11	89
<i>Toiture terrasse revêtement bois - nc</i>	51	49
<i>Platelage au sol - nc</i>	51	49
<i>Revêtements en bois des façades / Bardage bois - Regroupe bardage lame et plaque - Bois</i>	25	75
<i>Revêtements en bois des façades / Bardage bois - Regroupe bardage lame et plaque - Panneaux</i>	64	36
<i>Éléments rapportés en façade et brise-soleils - nc</i>	25	75
<i>Sous-faces / avancée de toiture - nc</i>	25	75
<i>Portails bois - nc</i>	11	89
<i>Panneaux pare-vue - nc</i>	11	89
<i>Balcons - nc</i>	11	89

Un exemple sur le produit CLT est repris dans le tableau suivant.

Tableau 6 - Exemple - Produit CLT – Stock carbone de l'étude – Scénario Alternatif

Paramètre	Valeurs pour CLT
<b>Evolution annuelle</b>	<b>Scénario Alternatif</b>
<b>Flux convertis – 2015 – Total*</b>	<b>8 970 tonnes</b>
Flux convertis – 2016 – Total* – Scénario Alternatif	12 793 tonnes
Flux convertis – 2017 – Total* – Scénario Alternatif	16 615 tonnes
Flux convertis – 2018 – Total* – Scénario Alternatif	20 438 tonnes
Flux convertis – 2019 – Total* – Scénario Alternatif	24 261 tonnes
<b>Flux convertis – 2020 – Total* – Scénario Alternatif</b>	<b>28 084 tonnes</b>
<b>Paramètres de calcul</b>	
Humidité du produit	15%
Coefficient de demi-vie	35 ans
Ajustement du coefficient de demi-vie	+1 soit 36 ans à 2020
Taux d'import	87%
<b>Estimation du carbone stocké dans les produits</b>	<b>Scénario Alternatif</b>
<b>Stock carbone dans produit – 2015 – Total*</b>	14 128 tonnes de CO2
Stock carbone dans produit – 2016 – Total* – Scénario Alternatif	28 537 tonnes de CO2
Stock carbone dans produit – 2017 – Total* – Scénario Alternatif	42 827 tonnes de CO2
Stock carbone dans produit – 2018 – Total* – Scénario Alternatif	57 536 tonnes de CO2
Stock carbone dans produit – 2019 – Total* – Scénario Alternatif	72 483 tonnes de CO2
<b>Stock carbone dans produit – 2020 – Total* – Scénario Alternatif</b>	<b>87 667 tonnes de CO2</b>

\* Le total représente le total de la consommation estimée à l'année donnée

### 3.3 Impact sur le stock de carbone en forêt

L'une des conclusions du séminaire scientifique organisé par l'ADEME en 2018 sur la forêt, le bois et l'atténuation du Changement Climatique est « qu'une augmentation des prélèvements de bois modifie le puits forestier ». La recommandation de l'ADEME est de prendre en compte cet impact dans le calcul du bilan global des émissions et captations de gaz à effet de serre. Cette évaluation n'est pas incluse dans cette étude.

L'évaluation de l'impact d'une augmentation significative de la récolte sur la quantité de carbone séquestrée annuellement par la forêt a été réalisée dans le cadre de la Stratégie Nationale Bas Carbone. Celle-ci prévoit une augmentation du réservoir de produits bois de 20 Mt CO2 par an en

2050 par rapport à une augmentation de 1,72 Mt CO<sub>2</sub> par an en 2015 sur la base de l'utilisation de la ressource nationale, notamment feuillue. Le puits forestier quant à lui baisserait de 59 Mt CO<sub>2</sub> par an en 2015 à 17 Mt CO<sub>2</sub> par an en 2050 pour la forêt existante tout en restant un puits : c'est-à-dire que le stock en forêts continuerait à croître. Des efforts de reboisement permettraient d'atteindre un puit forestier de 31 Mt CO<sub>2</sub> par an. Le choix d'orienter une partie du puits forestier vers les produit bois s'explique par une volonté d'adapter la forêt au changement climatique et de limiter le déstockage brutal lié aux risques naturels (tempêtes, incendies, sécheresses, risques sanitaires). De plus, à plus long-terme (horizon 2080/2100), le stock de carbone continuerait d'augmenter dans ce scénario contrairement à un scénario avec une gestion moins intensive de la forêt où le puits forestier atteindrait plus rapidement l'équilibre.

---

<sup>2</sup> Chiffre de l'inventaire national des gaz à effet de serre pour 2017 réalisé dans le cadre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques

## 4 Substitution – Hypothèses et méthodes de calcul

En parallèle de l'aspect de stockage carbone dans les produits, les effets de substitution ont également été évalués.

### 4.1 Substitution matériaux et énergie

La substitution consiste à évaluer les impacts de l'utilisation de bois venant se substituer à des matériaux ayant la même unité fonctionnelle. On peut distinguer deux cas de substitution :

- la substitution énergie consiste à évaluer les impacts du bois énergie venant se substituer aux ressources fossiles telles que le charbon, le fioul ou le gaz naturel ;
- la substitution matériaux consiste à évaluer les émissions fossiles évitées par l'usage du bois à la place de matériaux concurrents tels que le béton, l'acier ou l'aluminium.

Figure 2 - Schéma – Substitution matériaux et énergie

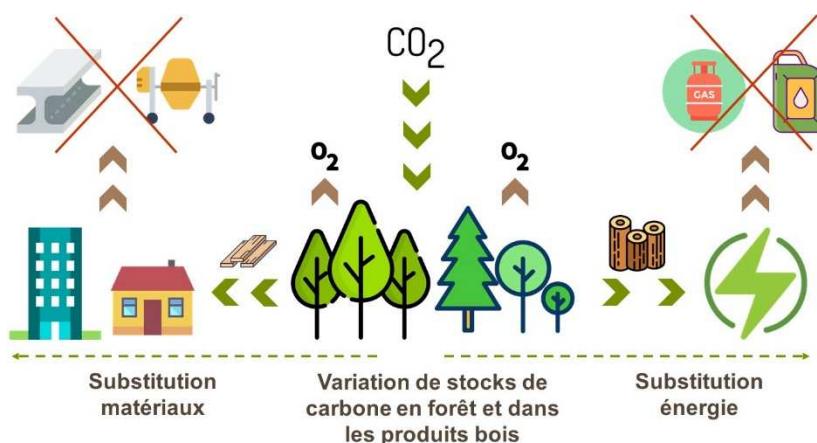


Schéma – Substitution matériaux et énergie

### 4.2 Evaluation des effets de substitution

#### 4.2.1 Méthodologie générale

Le champ de l'étude correspond au calcul de l'impact environnemental de la substitution d'un produit à base de bois par rapport à un produit concurrent, soit la substitution matière. Les indicateurs évalués sont les Gaz à Effet de Serre (GES) et la consommation d'énergie primaire non renouvelable. Le raisonnement se fait au niveau de l'unité fonctionnelle (soit le produit fini) et non pas au niveau du matériau utilisé. Par exemple, il n'est pas possible de comparer directement un kg de bois et un kg d'aluminium. En revanche, il est possible de comparer une fenêtre bois et une fenêtre aluminium.

L'effet de substitution est ensuite calculé en utilisant des facteurs de déplacement (ou de substitution). Selon (Rüter et al., 2016), la substitution est « un moyen de mesurer le différentiel d'émissions de gaz à effet de serre entre un produit / fuel à base de bois et un autre produit fonctionnellement équivalent ».

La formule utilisée est la suivante :

$$Coef_{Sub}CO_2 = \frac{EGES_{ProduitBois} - EGES_{ProduitConcurrent}}{Masse de bois_{ProduitBois} - Masse de bois_{ProduitConcurrent}}$$

Où :

- $Coef_{Sub}CO_2$  est le coefficient de déplacement ou de substitution pour l'indicateur d'impact sur le changement climatique ;
- EGES sont les émissions de gaz à effet de serre ;

Pour l'indicateur de consommation d'énergie primaire non renouvelable, la formule devient :

$$Coef_{Sub}Energie = \frac{Energie Non Renouvelable_{ProduitBois} - Energie Non Renouvelable_{ProduitConcurrent}}{Masse de bois_{ProduitBois} - Masse de bois_{ProduitConcurrent}}$$

Où :

- $Coef_{Sub}Energie$  est le coefficient de déplacement ou de substitution pour l'indicateur de consommation d'énergie primaire non renouvelable ;
- Energie Non Renouvelable correspond à la consommation d'énergie primaire non renouvelable nécessaire au cycle de vie d'un produit (énergie nécessaire à la production d'électricité, énergie contenue dans le diesel pour le transport, énergie nécessaire à la production du diesel etc.) ;

Le calcul se réalise en trois étapes distinctes :

1. Détermination des produits concurrents et parts de marché associées ;
2. Calcul du coefficient de substitution basé sur l'utilisation de données d'ACV (analyse du cycle de vie) pour la production et la fin de vie des produits étudiés (bois et concurrents) ;
3. Multiplication des coefficients de substitution par les flux de produits étudiés.

Basé sur (Rüter et al., 2016) et (Werner, Taverna, Hofer, & Richter, 2006), pour chaque Unité Fonctionnelle de Référence Bois (UFRB - produit bois remplissant une fonction précise et quantifiée), le système étudié pour calculer l'effet de substitution est constitué de quatre composantes :

- la production du produit bois y compris la valorisation des déchets de seconde transformation ;
- la production de produits concurrents ;
- la fin de vie du produit bois, y compris la substitution associée à la valorisation énergétique ou matière :
  - o par exemple, si un produit du bois est envoyé à une usine de valorisation énergétique, la production de l'énergie économisée par cette incinération est incluse dans cette étape.
- la fin de vie du produit substitué, y compris la substitution associée à la valorisation énergétique ou matière :
  - o par exemple, si un revêtement en acier est recyclé, la production d'acier vierge économisée par ce recyclage est incluse dans cette étape.

Selon les études, ces quatre composantes sont regroupées en un coefficient ou séparées pour tenir compte de la temporalité des effets de substitution entre la production et la fin de vie influencée par la durée de vie du produit. Dans la présente étude, le coefficient de substitution n'est pas

temporalisé. L'annexe 8.7 donne le détail entre l'impact de la substitution liée à la phase de production et l'impact de la substitution lié à la fin de vie.

La production des sciages génère des connexes qui sont utilisés en énergie à l'extérieur de la filière forêt bois. En effet, les granulés et les plaquettes de scierie sont considérés comme des produits en eux-mêmes. L'impact de la substitution associée aux connexes n'est pas inclus dans l'étude. Les connexes sont quantifiés dans l'annexe 0.

#### **4.2.2 Produits concurrents et évaluation du marché**

Avant de débuter tout calcul de substitution, il est nécessaire de répondre à la question suivante : quels sont les produits auxquels le produit bois étudié se substitue ?

Pour cela, un travail avec les experts construction de FCBA a permis de définir des Unités Fonctionnelles de Référence Bois (UFRB) pour chaque typologie de produit. Ces UFRB permettent de savoir à quoi se substitue chaque produit étudié et d'estimer la quantité de matériaux concurrents pour répondre à la même fonction.

Le tableau suivant reprend les produits concurrents retenus pour chaque produit étudié, les sources des données utilisées pour les coefficients de substitution ainsi que les parts de marché relatives. Certains produits n'étant pas couverts par un coefficient de substitution, une valeur par défaut a été utilisée qui est la moyenne des coefficients de substitution.

Tableau 7 - Substitution - Produits concurrents et parts de marché associées

Ouvrage - Produit	Système bois modélisé pour la substitution et source du coefficient d'équivalence	Produits concurrents (part de marché par rapport aux autres matériaux concurrents)
<i>CLT - Parois porteuses de façades</i>	CLT (voir Annexe 8.3)	Voile béton (100%)
<i>CLT - Parois porteuses internes</i>	CLT (voir Annexe 8.3)	Voile béton (100%)
<i>CLT - Planchers</i>	CLT (voir Annexe 8.3)	Voile béton (100%)
<i>Ossature bois - Parois porteuses de façades - Bois</i>	Ossature bois, bois massif (Valada et al., 2016)	Mur en brique avec chainage en béton armé (56%), mur en bloc béton avec chainage en béton armé (44%)
<i>Ossature bois - Parois porteuses de façades - Panneaux</i>	Ossature bois, OSB (Valada et al., 2016)	Mur en brique avec chainage en béton armé (56%), mur en bloc béton avec chainage en béton armé (44%)
<i>Ossature bois - Parois porteuses internes - Bois</i>	Ossature bois, bois massif (Valada et al., 2016)	Mur en brique avec chainage en béton armé (56%), mur en bloc béton avec chainage en béton armé (44%)
<i>Ossature bois - Parois porteuses internes - Panneaux</i>	Ossature bois, OSB (Valada et al., 2016)	Mur en brique avec chainage en béton armé (56%), mur en bloc béton avec chainage en béton armé (44%)
<i>Ossature bois - Planchers - Bois</i>	Plancher, bois massif (voir Annexe 8.2)	Plancher béton (50% dalle pleine, 50% avec pré-dalle) (100%)
<i>Ossature bois - Planchers - Panneaux</i>	Plancher, OSB (voir Annexe 8.2)	Plancher béton (50% dalle pleine, 50% avec pré-dalle) (100%)
<i>Poteaux poutres - Porteurs verticaux</i>	Charpente en lamellé collé (Valada et al., 2016)	Charpente béton (51%), charpente métallique (49%)
<i>Poteaux poutres - Parois ossatures de remplissage interne - Bois</i>	Ossature bois, bois massif (Valada et al., 2016)	Mur en brique avec chainage en béton armé (56%), mur en bloc béton avec chainage en béton armé (44%)

Ouvrage - Produit	Système bois modélisé pour la substitution et source du coefficient d'équivalence	Produits concurrents (part de marché par rapport aux autres matériaux concurrents)
<i>Poteaux poutres - Parois ossatures de remplissage interne - Panneaux</i>	Ossature bois, OSB (Valada et al., 2016)	Mur en brique avec chainage en béton armé (56%), mur en bloc béton avec chainage en béton armé (44%)
<i>Poteaux poutres - Planchers - Bois</i>	Plancher, bois massif (voir Annexe 8.2)	Plancher béton (50% dalle pleine, 50% avec pré-dalle) (100%)
<i>Poteaux poutres - Planchers - Panneaux</i>	Plancher, bois massif (voir Annexe 8.2)	Plancher béton (50% dalle pleine, 50% avec pré-dalle) (100%)
<i>Poteaux poutres - Parois ossatures de remplissage en façades (non porteuses) bois</i>	Ossature bois, bois massif (Valada et al., 2016)	Mur en brique avec chainage en béton armé (56%), mur en bloc béton avec chainage en béton armé (44%)
<i>Poteaux poutres - Parois ossatures de remplissage en façades (non porteuses) panneaux</i>	Ossature bois, OSB (Valada et al., 2016)	Mur en brique avec chainage en béton armé (56%), mur en bloc béton avec chainage en béton armé (44%)
<i>Système constructif mixte - Façade ossature bois sur supports hors filière bois - Bois</i>	Données par défaut	
<i>Système constructif mixte - Façade ossature bois sur supports hors filière bois - Panneaux</i>	Données par défaut	
<i>Système constructif mixte - Planchers mixte bois-béton - Bois</i>	Système constructif mixte bois béton, bois massif (voir Annexe 0)	Plancher béton (dalle pleine)(100%)
<i>Système constructif mixte - Planchers mixte bois-béton - Panneaux</i>	Système constructif mixte bois béton, contreplaqué (voir Annexe 0)	Plancher béton (dalle pleine)(100%)
<i>Charpente industrielle - Charpentes industrielles en bois</i>	Charpente en bois massif (Valada et al., 2016)	Charpente métallique (100%)
<i>Charpente traditionnelle - Pannes, fermes et chevrons bois</i>	Charpente en bois massif (Valada et al., 2016)	Charpente métallique (100%)

Ouvrage - Produit	Système bois modélisé pour la substitution et source du coefficient d'équivalence	Produits concurrents (part de marché par rapport aux autres matériaux concurrents)
<i>Charpente traditionnelle - Pannes, fermes et chevrons en lamellé collé</i>	Charpente en lamellé collé (Valada et al., 2016)	Charpente béton (51%), charpente métallique (49%)
<i>Charpente traditionnelle - Système mixte chevrons bois / pannes et fermes autres</i>	Charpente en bois massif (Valada et al., 2016)	Charpente métallique (100%)
<i>Charpente traditionnelle - Bois support de couverture - Lattis</i>	Charpente en bois massif (Valada et al., 2016)	Charpente métallique (100%)
<i>Charpente traditionnelle - Bois support de couverture - Volige</i>	Charpente en bois massif (Valada et al., 2016)	Charpente métallique (100%)
<i>Structure porteuse de la toiture-terrasse - Support bois de la toiture terrasse - Bois</i>	Plancher, bois massif (voir Annexe 8.2)	Plancher béton (50% dalle pleine, 50% avec pré-dalle) (100%)
<i>Structure porteuse de la toiture-terrasse - Support bois de la toiture terrasse - Panneaux</i>	Plancher, OSB (voir Annexe 8.2)	Plancher béton (50% dalle pleine, 50% avec pré-dalle) (100%)
<i>Structure porteuse de la toiture-terrasse - Support lamellé collé de la toiture terrasse</i>	Charpente en lamellé collé (Valada et al., 2016)	Charpente béton (51%), charpente métallique (49%)
<i>Bois d'ITE - Bois d'ITE</i>	Charpente en bois massif (Valada et al., 2016)	Charpente métallique (100%)
<i>Fibre bois isolante - Fibre bois isolante</i>	Isolants (Valada et al., 2016)	PS(44%), laine de verre (28%), laine de roche (28%)
<i>Parquets - Regroupe a) les parquets en bois massifs cloués sur profils bois (lambourdes ou solives), b) les parquets contre collés posés, c) Les parquets collés en bois massif</i>	Parquets (Valada et al., 2016)	Carrelage (99%), pierre (1%)
<i>Stratifiés - nc</i>	Sols stratifiés (Valada et al., 2016)	Sol plastique (100%)
<i>Planchers-plaque - nc</i>	Parquets (Valada et al., 2016)	Carrelage (99%), pierre (1%)
<i>Escaliers mixtes bois/acier (garde-corps ou mains courantes simple face) - nc</i>	Données par défaut	

Ouvrage - Produit	Système bois modélisé pour la substitution et source du coefficient d'équivalence	Produits concurrents (part de marché par rapport aux autres matériaux concurrents)
<i>Escaliers bois 100% (garde-corps ou mains courantes simple face) - Bois - nc</i>	Données par défaut	
<i>Escaliers bois 100% (garde-corps ou mains courantes simple face) - Panneaux - nc</i>	Données par défaut	
<i>Garde corps - nc</i>	Données par défaut	
<i>Portes palières (bois) - Bois - nc</i>	Données par défaut	
<i>Porte coupe-feu (bois) - Bois - nc</i>	Données par défaut	
<i>Portes intérieures non techniques - Bois - nc</i>	Données par défaut	
<i>Porte d'hôtel (isolation acoustique et coupe-feu) - Bois - nc</i>	Données par défaut	
<i>Portes de bureau (isolation acoustique) - Bois - nc</i>	Données par défaut	
<i>Portes d'entrées (bois &amp; mixte bois/verre) - Bois - nc</i>	Données par défaut	
<i>Portes palières (bois) - Panneaux - nc</i>	Données par défaut	
<i>Porte coupe-feu (bois) - Panneaux - nc</i>	Données par défaut	
<i>Portes intérieures non techniques - Panneaux - nc</i>	Données par défaut	
<i>Porte d'hôtel (isolation acoustique et coupe-feu) - Panneaux - nc</i>	Données par défaut	
<i>Portes de bureau (isolation acoustique) - Panneaux - nc</i>	Données par défaut	
<i>Portes d'entrées (bois &amp; mixte bois/verre) - Panneaux - nc</i>	Données par défaut	
<i>Cloisons non porteuses (bois) - Ossature non porteuse bois - Bois</i>	Charpente en bois massif (Valada et al., 2016)	Charpente métallique (100%)
<i>Cloisons non porteuses (bois) - Ossature non porteuse bois - Panneaux</i>	Cloison, panneau de particule (Valada et al., 2016)	Plaque de plâtre (100%)

Ouvrage - Produit	Système bois modélisé pour la substitution et source du coefficient d'équivalence	Produits concurrents (part de marché par rapport aux autres matériaux concurrents)
<i>Cloisonnement du bâtiment (fixe ou démontable) - nc</i>	Cloison, panneau de particule (Valada et al., 2016)	Plaque de plâtre (100%)
<i>Cloisons des pièces humides - nc</i>	Cloison, panneau de particule (Valada et al., 2016)	Plaque de plâtre (100%)
<i>Cloisons coupe-feu - Bois - nc</i>	Cloison, panneau de particule (Valada et al., 2016)	Plaque de plâtre (100%)
<i>Cloisons coupe-feu - Panneaux - nc</i>	Cloison, panneau de particule (Valada et al., 2016)	Plaque de plâtre (100%)
<i>Plafonds en bois - Bois - nc</i>	Cloison, panneau de particule (Valada et al., 2016)	Plaque de plâtre (100%)
<i>Doublage intérieur bois des murs - Bois - nc</i>	Cloison, panneau de particule (Valada et al., 2016)	Plaque de plâtre (100%)
<i>Plafonds en bois - Panneaux - nc</i>	Cloison, panneau de particule (Valada et al., 2016)	Plaque de plâtre (100%)
<i>Doublage intérieur bois des murs - Panneaux - nc</i>	Cloison, panneau de particule (Valada et al., 2016)	Plaque de plâtre (100%)
<i>Cuisine - nc</i>	Meuble, panneau de particule (Valada et al., 2016)	Meuble métallique (100%)
<i>Salle de bain - nc</i>	Meuble, panneau de particule (Valada et al., 2016)	Meuble métallique (100%)
<i>Placard - nc</i>	Meuble, panneau de particule (Valada et al., 2016)	Meuble métallique (100%)
<i>Planches de rive, tasseaux, moulures, baguette, plinthes) - Bois - nc</i>	Données par défaut	

Ouvrage - Produit	Système bois modélisé pour la substitution et source du coefficient d'équivalence	Produits concurrents (part de marché par rapport aux autres matériaux concurrents)
<i>Fenêtres bois - nc</i>	Fenêtre (Valada et al., 2016)	Fenêtre aluminium (28%), fenêtre PVC (72%)
<i>Fenêtres mixte bois/aluminium - nc</i>	Données par défaut	
<i>Fenêtres de toits en bois - nc</i>	Fenêtre (Valada et al., 2016)	Fenêtre aluminium (28%), fenêtre PVC (72%)
<i>Volets (battants, coulissants, roulants, Persiennes/Jalousies) - nc</i>	Données par défaut	
<i>Portes de garage - nc</i>	Données par défaut	
<i>Toiture terrasse revêtement bois - nc</i>	Données par défaut	
<i>Platelage au sol - nc</i>	Données par défaut	
<i>Revêtements en bois des façades / Bardage bois - Regroupe bardage lame et plaque - Bois</i>	Bardage, bois massif (Valada et al., 2016)	Bardage métallique (100%)
<i>Revêtements en bois des façades / Bardage bois - Regroupe bardage lame et plaque - Panneaux</i>	Bardage, contreplaqué (Valada et al., 2016)	Bardage métallique (100%)
<i>Éléments rapportés en façade et brise-soleils - nc</i>	Données par défaut	
<i>Sous-faces / avancée de toiture - nc</i>	Données par défaut	
<i>Portails bois - nc</i>	Données par défaut	
<i>Panneaux pare-vue - nc</i>	Données par défaut	
<i>Balcons - nc</i>	Données par défaut	

Les parts de marché données correspondent aux parts de marché relatives hors filière bois : les parts relatives des matériaux qui peuvent « remplacer » le bois.

Lorsqu'il est possible de modéliser la substitution par plusieurs matériaux concurrents, les parts de marché proviennent de la base de données Batiétude (2018) à l'exception des isolants dont les parts de marché proviennent d'une étude menée par TBC Innovation publiée en 2017.

#### 4.2.3 Calcul des coefficients de substitution

Les coefficients de substitution ont été calculés pour les aspects carbone (en éq. CO<sub>2</sub>) et énergétique avec l'énergie primaire non renouvelable (en MJ).

Le calcul des coefficients de substitution est basé sur la méthodologie et les données issues du document (Valada et al., 2016) élaboré à partir du projet FORMIT et du projet GESFOR.

Ce travail a permis de constituer une base de données paramétrée sur le logiciel SimaPro (logiciel de référence de l'ACV) relative à la substitution pour différents produits. Les paramètres utilisés dans le cadre de cette étude sont donnés en Annexe 8.1.

Trois produits ont été ajoutés aux données existantes afin de couvrir plus de produits couverts par l'étude :

- le plancher bois ;
- la façade porteuse en CLT ;
- le plancher mixte bois béton.

La modélisation de la substitution pour ces trois produits est décrite dans les annexes 8.2, 8.3, et 0.

Concernant les données environnementales, la base de données utilisée est la base de données de référence Ecoinvent. Les données de cette base sont homogènes et représentatives de l'Europe.

Les coefficients de substitution ont été calculés pour les années 2015 et 2050 en tenant compte des évolutions relatives à la fin de vie. En effet, des hypothèses similaires à celles adoptées pour la prise en compte du stockage ont été faites pour la modélisation de la substitution en fin de vie (voir section 3.2.2). Ainsi, dans la SNBC, il est considéré que la durée de vie des produits intègre le recyclage et cette durée de vie augmente suite à l'augmentation du recyclage. En dehors du recyclage, la modélisation du devenir des produits bois dans la SNBC est basée sur deux échéances :

- 2015 : 35% de mise en décharge, 65% de valorisation énergétique ;
- 2050 : 5% de mise en décharge, 95% de valorisation énergétique.

Or dans l'étude (FCBA & CSTB, 2013), le scénario de fin de vie en dehors du recyclage donne déjà 50% de mise en décharge et 50% de valorisation énergétique pour 2012. En 2015, c'est donc ces dernières données qui ont été utilisées. Les coefficients de substitution évoluent de manière linéaire selon une fonction type  $y = ax + b$  où :

- « y » est la valeur du coefficient de substitution à 2015 ;
- « x » est l'année.

Dans le cas de plusieurs produits concurrents, les coefficients « a » et « b » ont été pondérés par les parts de marché relatives à chaque produit.

Un exemple sur le produit « Ossature bois - Parois porteuses de façades - Bois » est repris dans le tableau suivant.

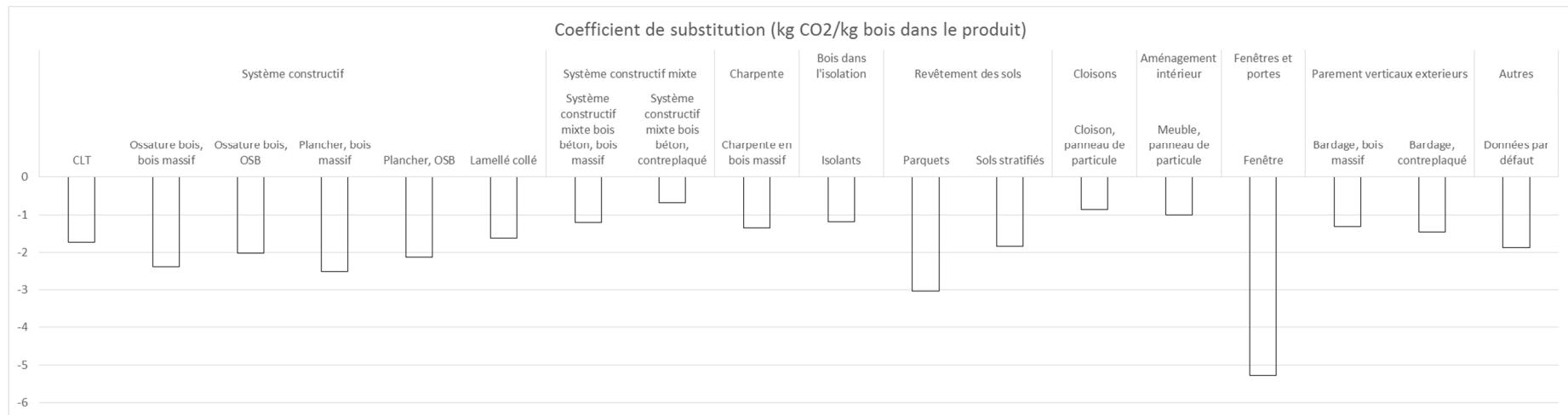
Tableau 8 - Exemple - Produit « Ossature bois – Parois porteuses de façades - Bois » – Substitution – Coefficients et pondération marché

Paramètre	Valeurs
<b>Paramètres</b>	
Nombre de produit concurrent	2
<b>Produit concurrent 1 à partir de briques</b>	
Part de marché	60%
Coefficient de substitution – 2015	- 2,02
Coefficient de substitution – 2050	- 2,61
Estimation du coefficient directeur (a)	- 0,02
Estimation de l'ordonnée à l'origine (b)	- 2,02
<b>Produit concurrent 2 à partir de béton</b>	
Part de marché	40%
Coefficient de substitution - 2015	- 1,51
Coefficient de substitution – 2050	- 2,1
Estimation du coefficient directeur (a)	- 0,02
Estimation de l'ordonnée à l'origine (b)	- 1,51
<b>Pondération marché</b>	
<b>Estimation du coefficient directeur (a) pondéré</b>	<b>- 0,02</b>
<b>Estimation de l'ordonnée à l'origine (b) pondéré</b>	<b>- 1,79</b>

Il n'existe pas de données de substitution pour tous les produits considérés dans cette étude. Un coefficient de substitution par défaut a été utilisé correspondant à la moyenne pondérée des coefficients disponibles par les volumes de produits en 2015 et en 2050 pour le scénario tendanciel.

Les coefficients de substitution pour 2050 sont présentés ci-dessous pour les produits qui bénéficient de données de substitution (voir Tableau 7).

Figure 3 - Coefficients de substitution pour les émissions de GES pour 2050



Les coefficients de substitution finaux sont présentés de manière plus détaillée pour chaque produit en Annexe 8.5.

#### 4.2.4 [Compilation des coefficients de substitution et des flux de produits](#)

La dernière étape du calcul consiste à multiplier les coefficients de substitution pour l'indicateur d'émissions de GES et pour l'indicateur de consommation d'énergie non renouvelable par les flux de produits concernés. Ce calcul a été effectué de manière annuelle.

Un exemple sur le produit « CLT » est repris dans le tableau suivant.

Tableau 9 - Exemple - Produit « CLT » – Substitution carbone

Paramètre	Valeurs
<b>Evolution annuelle</b>	<b>Scénario Alternatif</b>
Flux convertis – 2015 – Total	8 970 tonnes
Flux convertis – 2016 – Total – Scénario Alternatif	12 793 tonnes
Flux convertis – 2017 – Total – Scénario Alternatif	16 615 tonnes
Flux convertis – 2018 – Total – Scénario Alternatif	20 438 tonnes
Flux convertis – 2019 – Total – Scénario Alternatif	24 261 tonnes
Flux convertis – 2020 – Total – Scénario Alternatif	28 084 tonnes
<b>Paramètres de calcul</b>	
Nombre de produits concurrents	1
<b>Produit concurrent</b>	
Part de marché	100%
Coefficient de substitution - 2015	- 1,15
Coefficient de substitution – 2050	- 2,61
Estimation du coefficient directeur (a)	- 0,02
Estimation de l'ordonnée à l'origine (b)	- 2,02
<b>Coefficients de substitution - Carbone</b>	
Coefficient de substitution – Carbone – 2015	- 1,15
Coefficient de substitution – Carbone – 2016	- 1,16
Coefficient de substitution – Carbone – 2017	- 1,18
Coefficient de substitution – Carbone – 2018	- 1,20
Coefficient de substitution – Carbone – 2019	- 1,21
Coefficient de substitution – Carbone - 2020	- 1,23
<b>Coefficients de substitution - Carbone</b>	<b>Scénario Alternatif</b>
<b>Substitution – Carbone – 2015</b>	<b>- 10 296 tonnes de CO<sub>2</sub> économisées</b>
<b>Substitution – Carbone – 2016</b>	<b>- 14 893 tonnes de CO<sub>2</sub> économisées</b>
<b>Substitution – Carbone – 2017</b>	<b>- 19 616 tonnes de CO<sub>2</sub> économisées</b>
<b>Substitution – Carbone – 2018</b>	<b>- 24 464 tonnes de CO<sub>2</sub> économisées</b>
<b>Substitution – Carbone – 2019</b>	<b>- 29 437 tonnes de CO<sub>2</sub> économisées</b>
<b>Substitution – Carbone - 2020</b>	<b>- 34 536 tonnes de CO<sub>2</sub> économisées</b>

#### 4.2.5 Etudes de sensibilité FDES

Une étude de sensibilité a également été menée avec certains facteurs de substitution basés sur les données issues des FDES de la base INIES.

Pour rappel, la base INIES est la base nationale française de référence sur les déclarations environnementales et sanitaires des produits, équipements et services pour l'évaluation de la performance des ouvrages. Pour certaines autres données, les configurateurs Save-construction (filière acier) et BETIe (filière béton) ont été utilisés.

Le tableau suivant présente les coefficients de substitution calculés à partir des FDES :

- en tenant compte de l'ensemble du cycle de vie des produits bois et des produits concurrents (modules A, B, et C des FDES selon la norme EN 15804/A1 : 2014) et des bénéfices et impacts associés à la valorisation et au recyclage des produits en fin de vie (module D). Ce mode de calcul est le même que celui considéré dans les calculs réalisés dans les projets FORMIT et GESFOR ;
- en tenant compte de l'ensemble du cycle de vie des produits bois et des produits concurrents (modules A, B, et C des FDES selon la norme EN 15804/A1 :2014) et de 1/3 des bénéfices et impacts associés à la valorisation et au recyclage des produits en fin de vie (1/3 du module D). En effet, dans le calcul de la performance environnementale du bâtiment retenu dans le référentiel « Energie-Carbone » du label E+C-, le module D n'est pris en compte qu'à hauteur d'un tiers de sa valeur ;
- en faisant le premier calcul sans tenir compte de la carbonatation<sup>3</sup> du béton notamment pour les bétons armés.

Les coefficients calculés à partir des données des projets FORMIT et GESFOR sont également présentés dans ce rapport pour les horizons 2015 et 2050, sachant que la fin de vie des produits dans les FDES correspond à l'horizon 2015. Enfin la source des FDES est fournie.

---

<sup>3</sup> Le mélange d'eau et de ciment conduit à la formation d'hydrates à l'origine de la fabrication des bétons. La présence de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère provoque une carbonatation lente de ces hydrates. Ce phénomène de carbonatation atmosphérique dégrade les bétons armés et peut entraîner la mise à nu des armatures en acier. Dans ce cas, des problèmes de durabilité et de résistance peuvent survenir.

Tableau 10 - Comparaison des coefficients de substitution obtenus à partir des FDES avec les coefficients des projets FORMIT/GESFOR

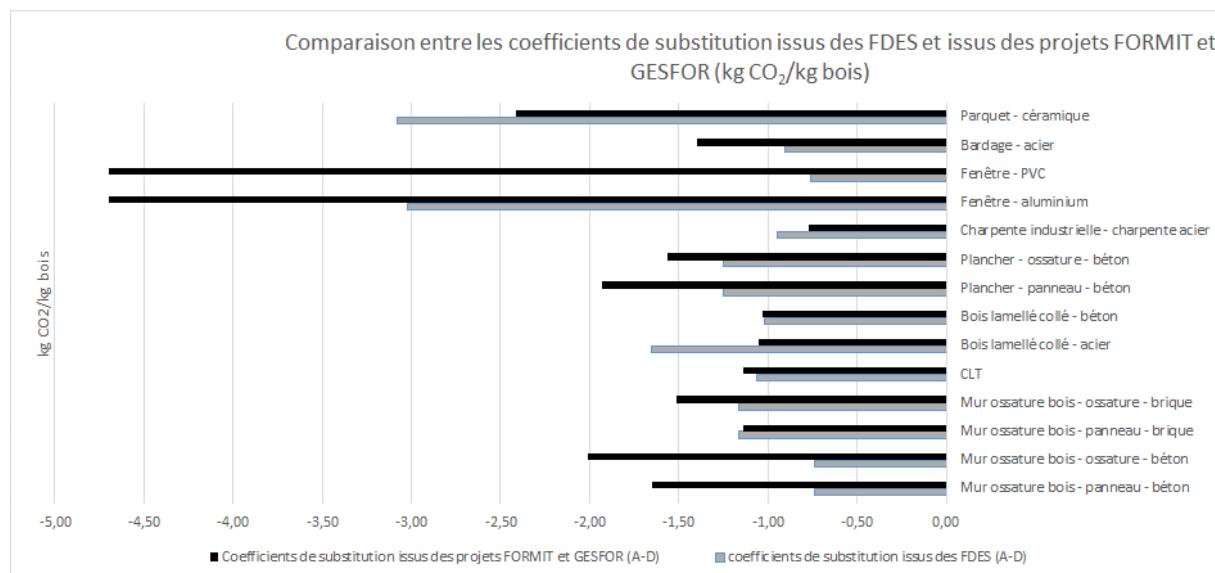
Produit	Calculs FDES			Calculs FORMIT/ GESFOR		Source des FDES utilisées pour les produits de construction bois	Source des FDES utilisées pour les produits de construction concurrents
	A-D	E+C-	A-D sans carbonatat ion	A-D 2015	A-D 2050		
	kg CO <sub>2</sub> /kg bois						
Mur ossature bois - panneau - béton	-0,74	-0,59	-0,95	-1,65	-2,24	FDES CODIFAB MOB	FDES bloc béton CERIB, BETIE, FDES ISOCONFORT 21
Mur ossature bois - ossature - béton	-0,74	-0,59	-0,95	-2,01	-2,61	Idem ci-dessus	Idem ci-dessus
Mur ossature bois - panneau - brique	-1,16	-1,01	-1,16	-1,14	-1,14	Idem ci-dessus	FDES BIOBRIC, BETIE, FDES ISOCONFORT 21
Mur ossature bois - ossature - brique	-1,16	-1,01	-1,16	-1,51	-1,51	Idem ci-dessus	Idem ci-dessus
CLT	-1,06	-0,90	-1,19	-1,14	-1,72	FDES CODIFAB CLT	BETIE
Bois lamellé collé - acier	-1,65	-1,80	-1,65	-1,05	-1,65	FDES CODIFAB Poutre en bois lamellé collé	SAVE
Bois lamellé collé - béton	-1,02	-0,86	-1,08	-1,03	-1,63	FDES CODIFAB Poutre en bois lamellé collé	BETIE
Plancher - panneau - béton	-1,25	-1,28	-1,42	-1,93	-2,51	FDES CODIFAB Plancher	BETIE
Plancher - ossature - béton	-1,25	-1,28		-1,56	-2,13	Idem ci-dessus	BETIE

Produit	Calculs FDES			Calculs FORMIT/ GESFOR		Source des FDES utilisées pour les produits de construction bois	Source des FDES utilisées pour les produits de construction concurrents
	A-D	E+C-	A-D sans carbonatation	A-D 2015	A-D 2050		
	kg CO <sub>2</sub> /kg bois						
Charpente industrielle - acier	-0,95	-0,89		-0,77	-1,34	FDES CODIFAB Charpente industrielle	SAVE
Fenêtre - aluminium	-3,02	-3,79		-4,7	-5,3	FDES CODIFAB Fenêtre en bois européen	FDES SNFA fenêtre aluminium
Fenêtre - PVC	-0,76	-0,76		-4,7	-5,3	Idem ci-dessus	FDES SNEP fenêtre PVC
Bardage - acier	-0,90	-1,25		-1,4	-1,26	FDES France Douglas bardage non traité (50%), FDES FNB Commerce du bois bardage peint (50%)	SAVE
Parquet - céramique	-3,1	-2,9		-2,41	-3	FDES UFFEP parquet massif (50%), FDES UFFEP parque contre collé (50%)	FDES terre cuite CTMNC (50%), FDES carreau céramique ép 9-11 mm Saloni Ceramica (50%)
Escalier	-0,42	-0,79				FDES FIBC escalier en bois résineux (50%) et FDES escalier en bois feuillus (50%)	FDES escalier hélicoïdal en acier (Union des Métalliers)

Le graphique ci-dessous permet de constater que les coefficients calculés à partir des FDES sont plus faibles que ceux calculés à partir des projets FORMIT et GESFOR et basés sur Ecoinvent à l'exception des parquets et des comparaisons entre charpente bois et acier (lamellé et industrielle). Ce constat peut s'expliquer par les éléments suivant :

- Les FDES bénéficient de données a priori plus récentes ;
- Les FDES n'intègrent pas la substitution associée aux déchets de seconde transformation ;
- Les FDES intègrent la carbonatation du béton ;
- Les profils des produits concurrents sont très optimisés en profitant des imprécisions des normes en vigueur (pas de prise en compte des émissions liés à la combustion des déchets utilisés par la fabrication du ciment, allocation non conforme des gaz de hauts fourneaux pour la fabrication de l'acier, pas de cohérence entre la filière béton et la filière acier pour l'allocation des laitiers, optimisation des profils choisis pour les fenêtres aluminium et PVC).

*Figure 4 - Comparaison des coefficients de substitution obtenus à partir des FDES avec les coefficients des projets FORMIT/GESFOR (module A-D)*



Les coefficients de substitution finaux sont présentés en Annexe 8.5.

## 5 Résultats et analyses

Les résultats entre l'évolution du stockage carbone et les effets de substitution sont présentés dans les paragraphes ci-dessous.

### 5.1 Stock de l'étude - Résultats et analyses

Cette section reprend les principaux résultats liés au stock carbone de l'étude dans les produits bois.

Pour rappel, une augmentation du stockage de carbone dans les produits représente un effet bénéfique d'un point de vue du changement climatique. En effet, ce stockage temporaire dans les produits bois permet de stocker du carbone biogénique tout en évitant d'en émettre dans le même temps.

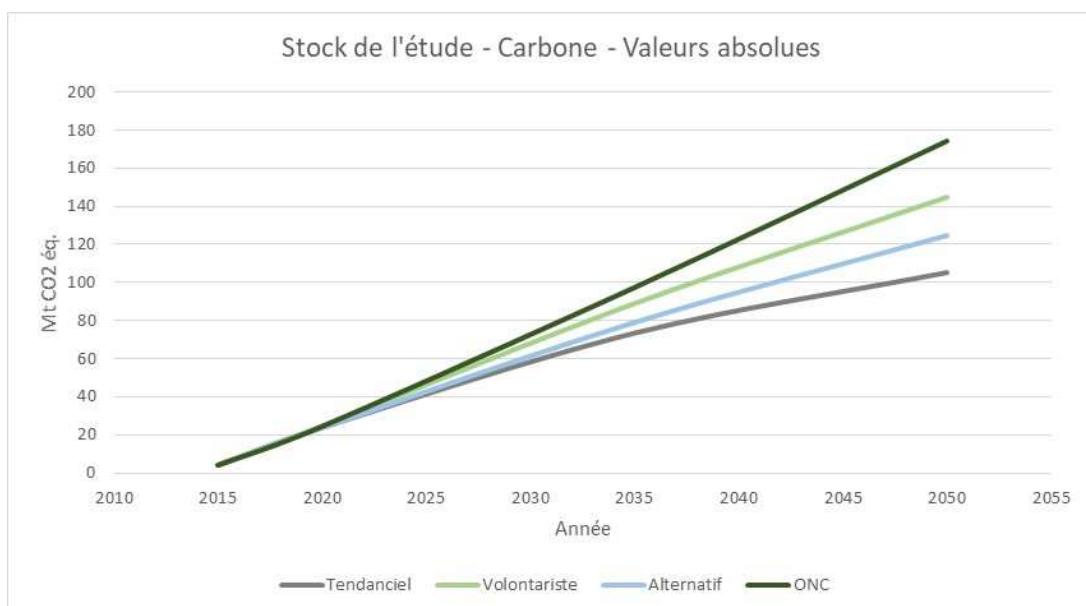
Dans un premier temps, les résultats finaux seront présentés afin de permettre une comparaison des scénarios. Un focus particulier a été apporté sur la gestion des imports et est présenté en tant qu'analyse de sensibilité. Par la suite, chaque scénario retenu sera analysé plus finement de manière indépendante.

#### 5.1.1 Résultats finaux – comparaison des scénarios

Les graphiques suivants reprennent les stocks de carbone étudiés dans le cadre de cette étude pour les 4 scénarios retenus. Le premier graphique est en valeurs absolues alors que le second est en valeurs différentielles par rapport au scénario Tendanciel. Cette dernière analyse permet d'évaluer les scénarios par rapport aux futures règles de comptabilisation des inventaires nationaux.

**Les stocks de l'étude en valeur absolue ne représentent pas l'ensemble du stock de produits bois en France. En effet, seuls les stocks de produits fabriqués après 2015 sont comptabilisés.**

*Figure 5 - Stock carbone de l'étude - Comparaison scénarios - Valeurs absolues*



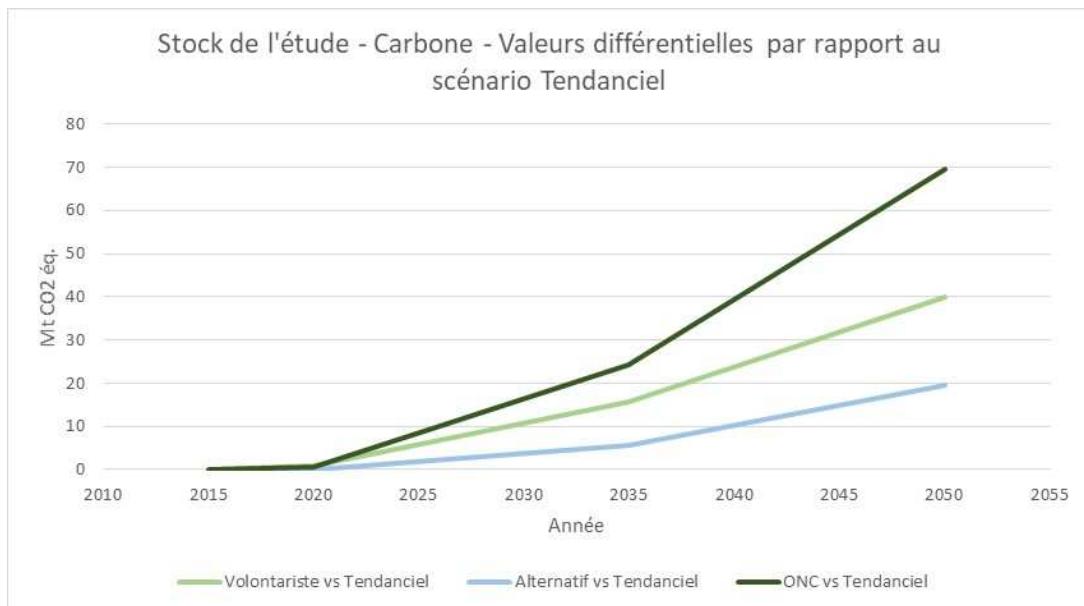
Le tableau suivant reprend les valeurs estimées pour l'ensemble des scénarios et des horizons choisis.

Tableau 11 – Stock carbone de l'étude - Comparaison scénarios - Valeurs absolues

Année	Scénario Tendanciel	Scénario Volontariste	Scénario Alternatif	Scénario Objectif Neutralité Carbone
/	Mt CO2 éq.	Mt CO2 éq.	Mt CO2 éq.	Mt CO2 éq.
2015	4	4	4	4
2020	24	24	24	24
2035	73	89	79	97
2050	105	145	125	174

Les résultats obtenus sont étroitement liés aux volumes de produits considérés dans chaque scénario étudié.

Figure 6 - Stock carbone de l'étude - Comparaison scénarios - Valeurs différentielles



Le tableau suivant reprend les valeurs estimées par rapport au scénario Tendanciel pour l'ensemble des scénarios et des horizons choisis.

Tableau 12 - Stock carbone de l'étude - Comparaison scénarios - Valeurs différentielles

Année	Scénario Tendanciel	Scénario Volontariste	Scénario Alternatif	Scénario Objectif Neutralité Carbone
/	Mt CO2 éq.	Mt CO2 éq.	Mt CO2 éq.	Mt CO2 éq.
2015	0	0	0	0
2020	0	1	0	1
2035	0	16	6	24
2050	0	40	20	70

Sur cette représentation graphique et ce tableau, il est également possible de voir que le scénario Objectif Neutralité Carbone se distingue fortement des autres à partir de l'année 2035 avec une forte augmentation du stock de carbone considéré dans l'étude.

Le tableau suivant reprend l'ensemble des valeurs estimées par famille de produits selon les scénarios retenus à l'horizon 2050. Les contributions de chaque famille de produits ont également été reprises dans ce tableau dans la colonne « Contrib. (%) ».

Tableau 13 - Stock carbone de l'étude - Comparaison scénarios - Valeurs absolues et contribution par familles de produits

Famille	Scénario Tendanciel - 2050		Scénario Volontariste - 2050		Scénario Alternatif - 2050		Scénario ONC - 2050	
Valeurs en milliers tonnes CO <sub>2</sub> éq.	Valeurs	Contrib. (%)	Valeurs	Contrib. (%)	Valeurs	Contrib. (%)	Valeurs	Contrib. (%)
Systèmes constructif	6 640	6%	22 386	15%	15 645	13%	20 767	12%
Système constructif mixte	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Charpentes	19 643	19%	21 878	15%	19 344	16%	44 875	26%
Bois dans l'isolation	1 584	2%	2 355	2%	1 933	2%	2 171	1%
Revêtement des sols	8 877	8%	11 892	8%	9 932	8%	15 288	9%
Escaliers	6 620	6%	8 255	6%	9 042	7%	8 254	5%
Garde-corps	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Portes	2 693	3%	2 902	2%	2 675	2%	2 896	2%
Portes d'entrées	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Cloisons	177	0%	275	0%	230	0%	215	0%
Lambris	5 002	5%	7 420	5%	6 210	5%	7 309	4%
Aménagement intérieur	29 638	28%	35 583	25%	31 265	25%	35 583	20%
Produits profilés et moulurés	3 817	4%	4 681	3%	4 142	3%	4 252	2%
Fenêtres et portes	5 734	5%	8 652	6%	7 052	6%	9 387	5%
Platelage	5 566	5%	6 974	5%	6 388	5%	6 891	4%
Parement verticaux extérieurs	8 542	8%	11 015	8%	10 199	8%	16 017	9%
Habilles	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Clôtures	402	0%	552	0%	452	0%	552	0%
Balcons	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>104 934</b>	<b>100%</b>	<b>144 820</b>	<b>100%</b>	<b>124 510</b>	<b>100%</b>	<b>174 454</b>	<b>100%</b>

Dans le tableau précédent, il est possible de voir que le scénario Objectif Neutralité Carbone semble apporter plus de poids à la famille des charpentes (26%) que les autres scénarios retenus (de 15% à 19%). Une analyse plus détaillée par scénario est proposée dans les paragraphes suivants.

#### *5.1.1.1 Analyse de sensibilité : gestion des imports*

Dans les inventaires nationaux au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), du Protocole de Kyoto en général et de l'amendement de Doha établissant la 2<sup>ème</sup> période d'engagement au Protocole de Kyoto (2013-2020), les produits importés ne peuvent pas être comptabilisés.

La Stratégie Nationale Bas Carbone permet de fournir l'ensemble des volumes de produits bois à partir de la récolte nationale, ceci supposant un investissement important dans l'ensemble de la filière forêt bois française.

Le comité du pilotage de l'étude a souhaité connaître l'évolution du stock carbone de l'étude associé à la récolte nationale si les taux d'importation des produits bois n'évoluaient pas. Les taux d'imports considérés sont repris au paragraphe 3.2.3 et sont donc les taux actuels qui restent constant jusqu'en 2050. Pour rappel, le taux d'import représente la part des produits fabriqués à l'étranger ainsi que celle fabriquée en France à partir de bois non récoltés sur le territoire. A l'inverse, le taux de production nationale représente la part des produits fabriqués en France à partir de bois récoltés sur le territoire.

Le tableau suivant reprend l'ensemble des valeurs estimées à l'horizon 2050 pour les scénarios retenus. Dans ce tableau, « FR » représente donc la part liée à la production à base de bois français et « Import » celle liée aux importations et aux produits fabriqués en France à partir de bois importés selon les taux retenus dans cette étude.

Tableau 14 - Stock carbone de l'étude - Comparaison scénarios - Valeurs absolues – Production nationale et imports

Famille	Scénario Tendanciel - 2050		Scénario Volontariste - 2050		Scénario Alternatif - 2050		Scénario ONC - 2050	
Valeurs en milliers tonnes CO <sub>2</sub> éq.	FR	IMPORT	FR	IMPORT	FR	IMPORT	FR	IMPORT
Systèmes constructif	3 165	3 475	7 458	14 928	5 499	10 145	9 298	11 469
Système constructif mixte	0	0	0	0	0	0	0	0
Charpentes	10 825	8 817	12 009	9 869	10 624	8 720	23 865	21 010
Bois dans l'isolation	570	1 014	848	1 507	696	1 237	781	1 389
Revêtement des sols	4 702	4 175	6 274	5 618	5 206	4 726	8 008	7 279
Escaliers	5 825	794	7 264	991	7 957	1 085	7 263	990
Garde-corps	0	0	0	0	0	0	0	0
Portes	2 316	377	2 496	406	2 300	374	2 490	405
Portes d'entrées	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloisons	95	83	145	130	120	110	114	100
Lambris	2 791	2 211	4 126	3 294	3 457	2 753	4 065	3 245
Aménagement intérieur	10 670	18 968	12 810	22 773	11 255	20 010	12 810	22 773
Produits profilés et moulurés	3 512	305	4 307	374	3 811	331	3 912	340
Fenêtres et portes	5 104	631	7 701	952	6 276	776	8 354	1 033
Platelage	2 727	2 839	3 417	3 557	3 130	3 258	3 376	3 514
Parement verticaux extérieurs	6 327	2 214	6 180	4 834	7 552	2 647	11 698	4 319
Habilles	0	0	0	0	0	0	0	0
Clôtures	357	44	491	61	403	50	491	61
Balcons	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>58 987</b>	<b>45 947</b>	<b>75 527</b>	<b>69 294</b>	<b>68 287</b>	<b>56 223</b>	<b>96 526</b>	<b>77 928</b>

Les graphiques suivants reprennent les informations du tableau précédent pour chaque scénario.

Figure 7 - Stock carbone de l'étude - Scénario Tendanciel - 2050 - Production nationale vs imports

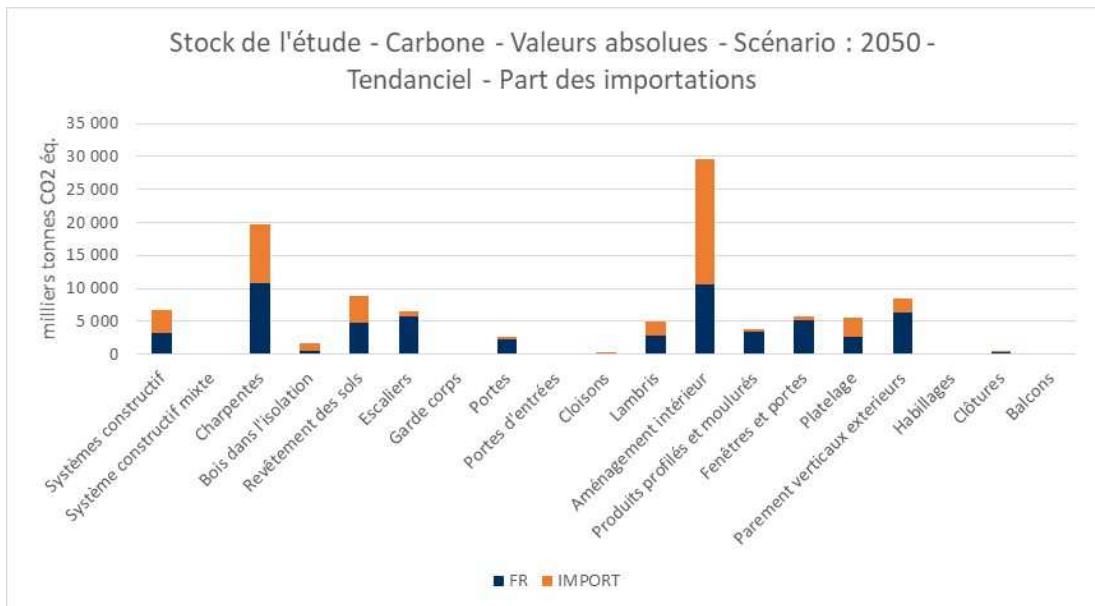


Figure 8 - Stock carbone de l'étude - Scénario Volontariste - 2050 - Production nationale vs imports

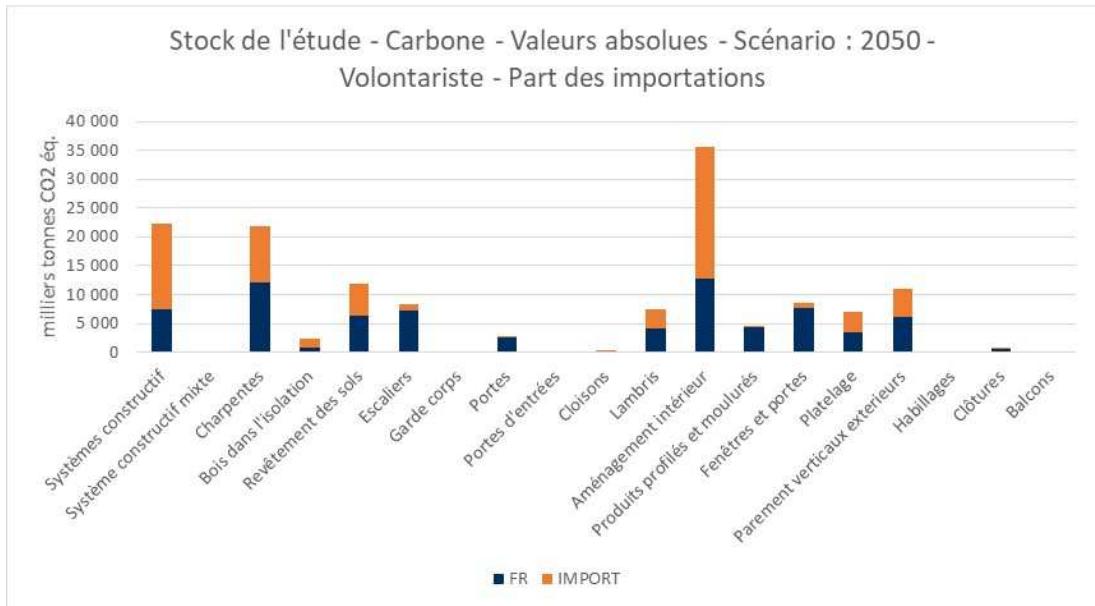


Figure 9 - Stock carbone de l'étude - Scénario Alternatif - 2050 - Production nationale vs imports

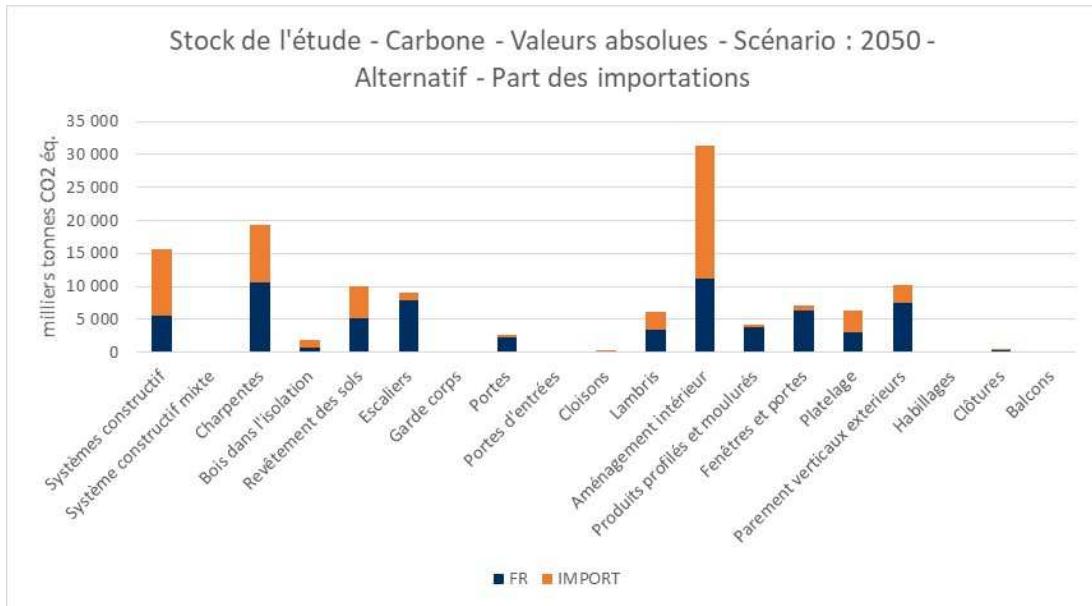
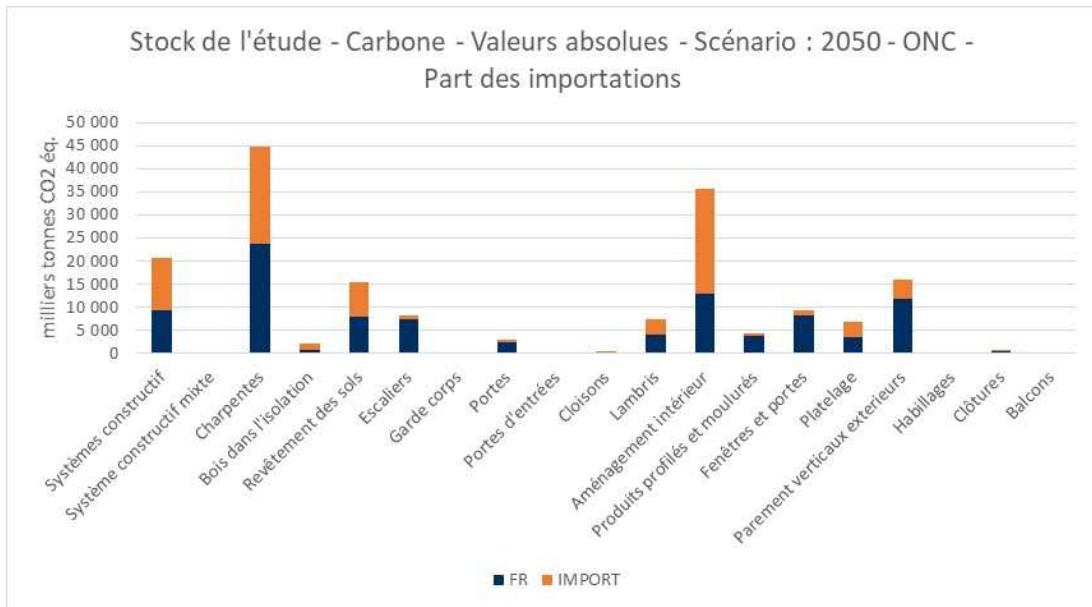


Figure 10 - Stock carbone de l'étude - Scénario ONC - 2050 - Production nationale vs imports



Selon les données d'import utilisées dans cette étude, cette simulation permet de s'apercevoir que la part des produits importés est non négligeable pour les trois familles de produits ayant le plus de contribution sur le stock de carbone de l'étude (aménagement intérieur, systèmes constructifs, charpentes). Il est cependant probable qu'une hausse de la demande aura pour conséquence un développement de l'offre française (voir Partie 3).

L'analyse permet cependant d'apporter un éclairage sur l'impact d'une augmentation de la demande en produits bois sans un développement accéléré de la filière française. En effet, en 2050, le taux moyen de stocks de produits bois ne provenant pas de la récolte nationale et donc non comptabilisables dans les inventaires nationaux serait de 44%, si l'on considère que la filière bois française ne gagne pas de part de marchés par rapport aux pays d'importation (Figure 10).

### 5.1.2 Scénario Tendanciel

Cette section reprend les résultats et les analyses spécifiques au scénario Tendanciel retenu dans le cadre de cette étude.

Le tableau suivant reprend l'ensemble des valeurs estimées par famille de produits selon les horizons choisis.

Les valeurs absolues sont reprises dans ce tableau ainsi que la part relative des contributions de chaque famille. Les valeurs en pourcentage ont été arrondies.

**Les stocks de l'étude en valeur absolue ne représentent pas l'ensemble du stock de produits bois en France. En effet, seuls les stocks de produits fabriqués après 2015 sont comptabilisés.**

Tableau 15 - Stock carbone de l'étude - Scénario Tendanciel - Valeurs absolues et contribution par familles de produits - 2020 / 2035 / 2050

Famille	Scénario Tendanciel - 2020		Scénario Tendanciel - 2035		Scénario Tendanciel - 2050	
	Valeurs en milliers tonnes CO <sub>2</sub> éq.	Valeurs	Contribution (%)	Valeurs	Contribution (%)	Valeurs
Systèmes constructif	1 554	7%	4 628	6%	6 640	6%
Système constructif mixte	0	0%	0	0%	0	0%
Charpentes	4 480	19%	14 100	19%	19 643	19%
Bois dans l'isolation	371	2%	1 112	2%	1 584	2%
Revêtement des sols	2 008	8%	6 197	8%	8 877	8%
Escaliers	1 452	6%	4 479	6%	6 620	6%
Garde-corps	0	0%	0	0%	0	0%
Portes	585	2%	1 909	3%	2 693	3%
Portes d'entrées	0	0%	0	0%	0	0%
Cloisons	37	0%	124	0%	177	0%
Lambris	1 117	5%	3 397	5%	5 002	5%
Aménagement intérieur	6 930	29%	21 035	29%	29 638	28%
Produits profilés et moulurés	817	3%	2 632	4%	3 817	4%
Fenêtres et portes	1 218	5%	3 806	5%	5 734	5%
Platelage	1 192	5%	3 727	5%	5 566	5%
Parement verticaux extérieurs	1 819	8%	5 744	8%	8 542	8%
Habillages	0	0%	0	0%	0	0%
Clôtures	86	0%	271	0%	402	0%
Balcons	0	0%	0	0%	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>23 665</b>	<b>100%</b>	<b>73 161</b>	<b>100%</b>	<b>104 934</b>	<b>100%</b>

Les graphiques suivants représentent les contributions par famille de produits de manière graphique sous forme d'histogramme d'une part et de diagramme en secteur d'autre part uniquement pour l'horizon 2050.

Sur le graphique sous forme d'histogrammes, la ligne orange représente une limite de contribution fixée à 5% du total. Cela permet d'identifier rapidement les contributeurs importants. Les valeurs sont fournies en milliers de tonnes CO<sub>2</sub> éq.

Sur le diagramme en secteur, afin de faciliter la compréhension, seules les familles de produits contribuant à plus de 2% du total ont été représentées. La somme des pourcentages représentée n'est donc pas de 100%.

Figure 11 - Stock carbone de l'étude - 2050 - Scénario Tendanciel - Contribution par familles

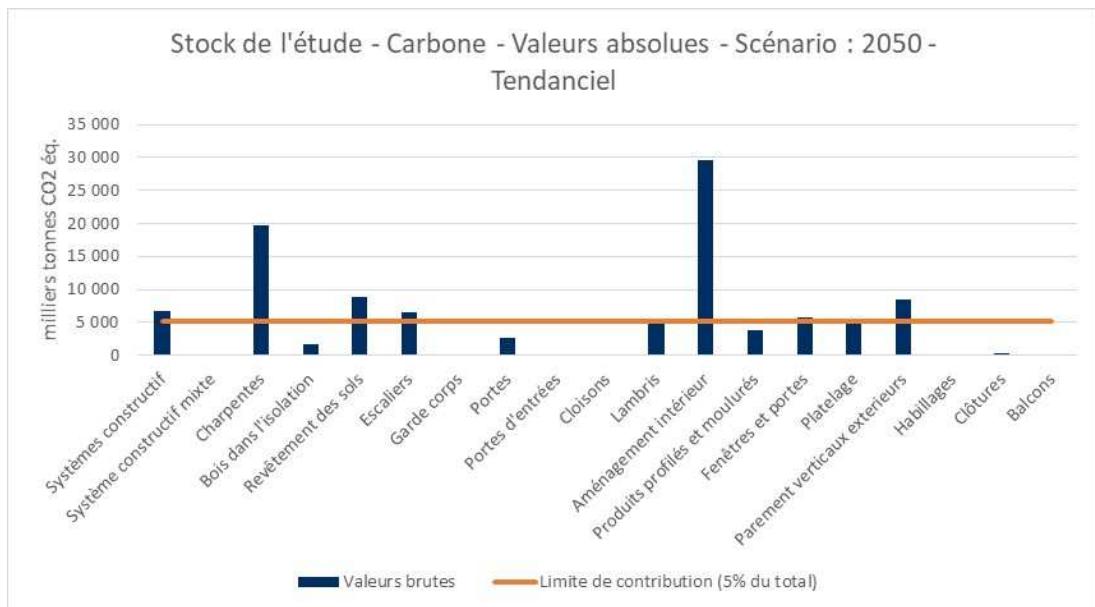
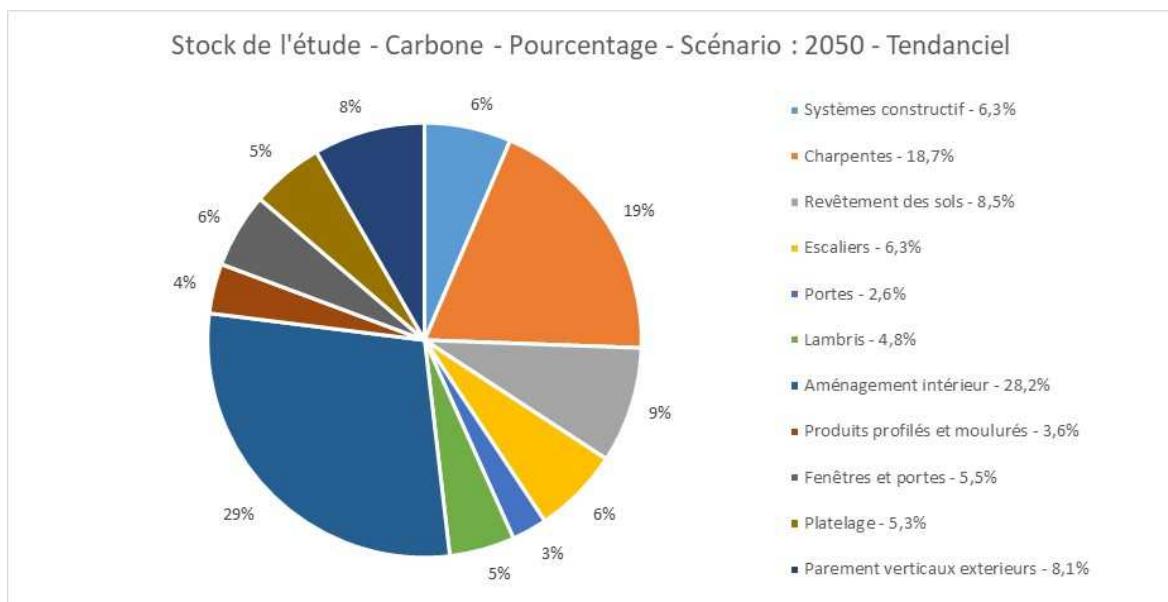


Figure 12 - Stock carbone de l'étude - 2050 - Scénario Tendanciel - Contribution supérieure à 2%



A l'horizon 2050, pour le scénario Tendanciel, le stock carbone de l'étude est essentiellement porté par les aménagements intérieurs (29%) et les charpentes (19%).

Les aménagements intérieurs permettent un stock de 29 638 milliers de tonnes CO<sub>2</sub> éq. représentant 29% du total. Pour cette famille, les éléments de cuisine contribuent très largement (80%) suivis par les placards (14%).

La famille des charpentes permet un stock de 19 643 milliers de tonnes CO<sub>2</sub> éq soit 19% du total. Pour cette famille de produits, les charpentes industrielles représentent 40% de la contribution contre 60% pour les charpentes traditionnelles.

Les autres familles de produits contribuant au stock de carbone de l'étude sont :

- les revêtements de sols (9%) portés par les parquets (64%) ;
- les parements verticaux extérieurs (8%) avec les bardages en bois ;
- les systèmes constructifs (6%) avec l'ossature bois (69%) et les poteaux poutres (26%) notamment ;
- les fenêtres et portes (6%) avec les fenêtres bois et les volets à proportion équivalentes (environ 40%) ;
- les escaliers (6%) notamment mixte bois-acier ;
- les planelages (5%) et lambris (5%) avec les plafonds bois.

### 5.1.3 Scénario Volontariste

Cette section reprend les résultats et les analyses spécifiques au scénario Volontariste retenu dans le cadre de cette étude.

Le tableau suivant reprend l'ensemble des valeurs estimées par famille de produits selon les horizons choisis.

Les valeurs absolues sont reprises dans ce tableau ainsi que la part relative des contributions de chaque famille. Les valeurs en pourcentage ont été arrondies.

**Les stocks de l'étude en valeur absolue ne représentent pas l'ensemble du stock de produits bois en France. En effet, seuls les stocks de produits fabriqués après 2015 sont comptabilisés.**

Tableau 16 - Stock carbone de l'étude – Scénario Volontariste - Valeurs absolues et contribution par familles de produits – 2020 / 2035 / 2050

Famille	Scénario Volontariste - 2020		Scénario Volontariste - 2035		Scénario Volontariste - 2050	
	Valeurs en milliers tonnes CO <sub>2</sub> éq.	Valeurs	Contribution (%)	Valeurs	Contribution (%)	Valeurs
Systèmes constructif	2 001	8%	11 801	13%	22 386	15%
Système constructif mixte	0	0%	0	0%	0	0%
Charpentes	4 546	19%	15 087	17%	21 878	15%
Bois dans l'isolation	394	2%	1 279	1%	2 355	2%
Revêtement des sols	2 048	8%	7 143	8%	11 892	8%
Escaliers	1 467	6%	4 889	5%	8 255	6%
Garde-corps	0	0%	0	0%	0	0%
Portes	587	2%	1 968	2%	2 902	2%
Portes d'entrées	0	0%	0	0%	0	0%
Cloisons	39	0%	166	0%	275	0%
Lambris	1 140	5%	4 066	5%	7 420	5%
Aménagement intérieur	7 003	29%	23 547	26%	35 583	25%
Produits profilés et moulurés	823	3%	2 853	3%	4 681	3%
Fenêtres et portes	1 247	5%	4 646	5%	8 652	6%
Platelage	1 211	5%	4 327	5%	6 974	5%
Parement verticaux extérieurs	1 864	8%	6 840	8%	11 015	8%
Habillages	0	0%	0	0%	0	0%
Clôtures	88	0%	310	0%	552	0%
Balcons	0	0%	0	0%	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>24 458</b>	<b>100%</b>	<b>88 923</b>	<b>100%</b>	<b>144 820</b>	<b>100%</b>

Les graphiques suivants représentent les contributions par famille de produits de manière graphique sous forme d'histogramme d'une part et de diagramme en secteur d'autre part uniquement pour l'horizon 2050.

Sur le graphique sous forme d'histogrammes, la ligne orange représente une limite de contribution fixée à 5% du total. Cela permet d'identifier rapidement les contributeurs importants. Les valeurs sont fournies en milliers de tonnes CO<sub>2</sub> éq.

Sur le diagramme en secteur, afin de faciliter la compréhension, seules les familles de produits contribuant à plus de 2% du total ont été représentées. La somme des pourcentages représentée n'est donc pas de 100%.

Figure 13 - Stock carbone de l'étude - 2050 - Scénario Volontariste - Contribution par familles

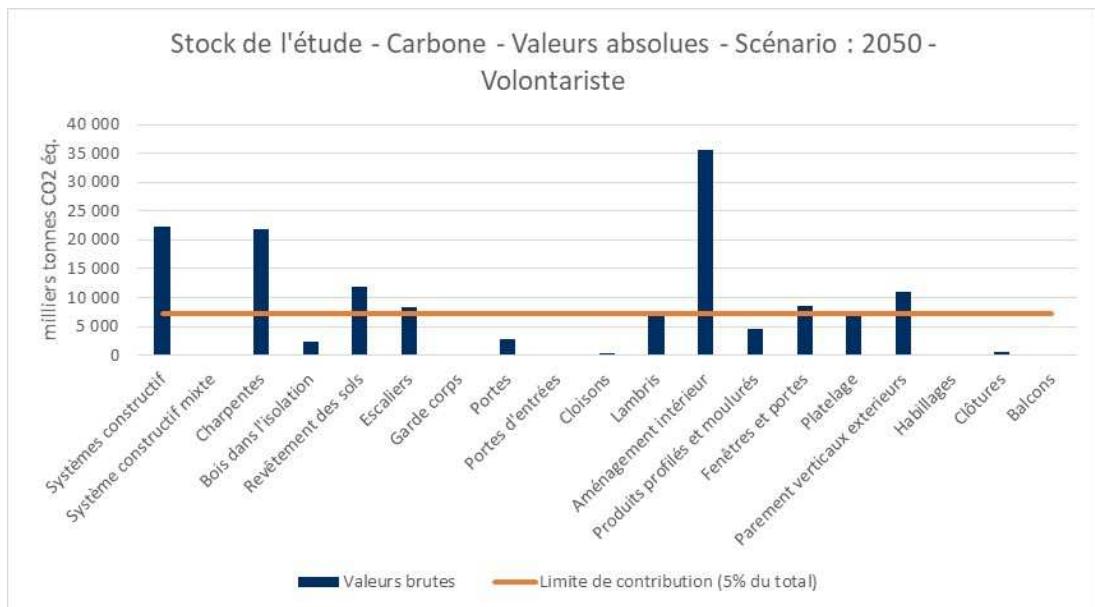
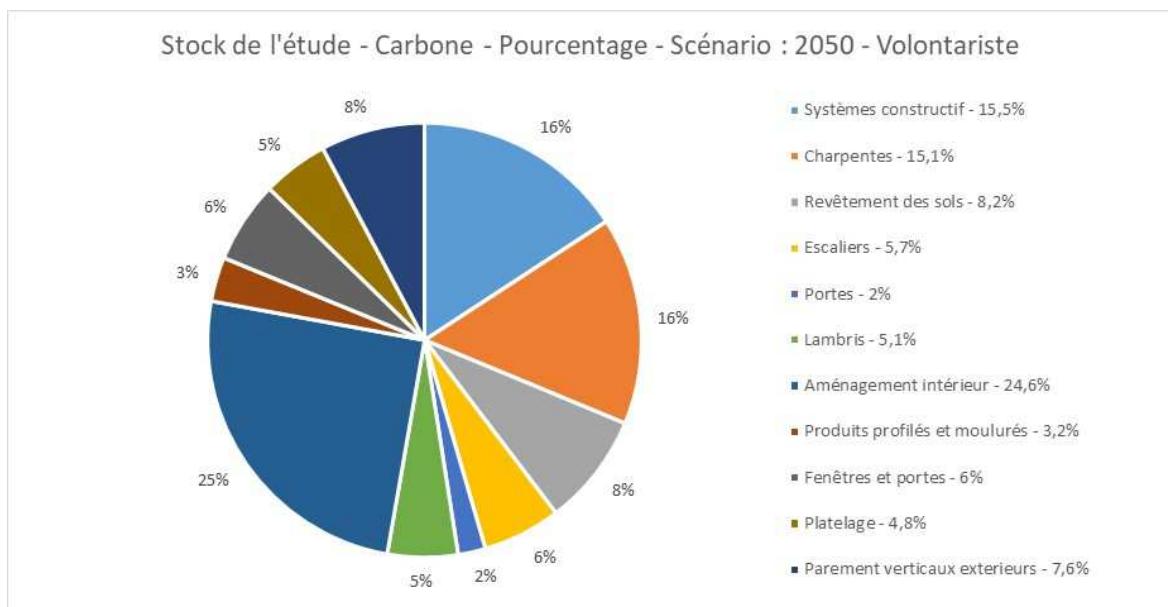


Figure 14 - Stock carbone de l'étude - 2050 - Scénario Volontariste - Contribution supérieure à 2%



A l'horizon 2050, pour le scénario Volontariste, le stock carbone de l'étude est essentiellement porté par les aménagements intérieurs (25%), les systèmes constructifs (16%) et les charpentes (15%).

Les aménagements intérieurs permettent un stock de 35 583 milliers de tonnes CO<sub>2</sub> éq soit 25% du total. Dans cette famille, les éléments de cuisine contribuent très largement (81%) suivis par les placards (14%).

Au sein des systèmes constructifs qui permettent un stock de 22 386 milliers de tonnes CO<sub>2</sub> éq. soit 15% du total, les panneaux CLT (44%) et l'ossature bois (41%) sont les deux ouvrages / produits les plus contributeurs.

Les charpentes quant à elles permettent de stocker 21 878 milliers de tonnes CO<sub>2</sub> éq. soit 15% du total. Pour cette famille, les charpentes industrielles représentent 37% de la contribution contre 63% pour les charpentes traditionnelles.

Les autres familles de produits contribuant au stock de carbone de l'étude sont :

- les revêtements de sols (8%) portés par les parquets (63%) ;
- les parements verticaux extérieurs (8%) avec les bardages en bois ;
- les fenêtres et portes (6%) avec les fenêtres bois et les volets à proportion équivalentes (environ 40%) ;
- les escaliers (6%) notamment mixte bois-acier ;
- les plafond (5%) et les lambris (5%).

#### **5.1.4 Scénario Alternatif**

Cette section reprend les résultats et les analyses spécifiques au scénario Alternatif retenu dans le cadre de cette étude.

Le tableau suivant reprend l'ensemble des valeurs estimées par famille de produits selon les horizons choisis.

Les valeurs absolues sont reprises dans ce tableau ainsi que la part relative des contributions de chaque famille. Les valeurs en pourcentage ont été arrondies.

**Les stocks de l'étude en valeur absolue ne représentent pas l'ensemble du stock de produits bois en France. En effet, seuls les stocks de produits fabriqués après 2015 sont comptabilisés.**

Tableau 17 - Stock carbone de l'étude – Scénario Alternatif - Valeurs absolues et contribution par familles de produits – 2020 / 2035 / 2050

Famille	Scénario Alternatif - 2020		Scénario Alternatif - 2035		Scénario Alternatif - 2050	
	Valeurs en milliers tonnes CO <sub>2</sub> éq.	Valeurs	Contribution (%)	Valeurs	Contribution (%)	Valeurs
Systèmes constructif	1 713	7%	8 378	11%	15 645	13%
Système constructif mixte	0	0%	0	0%	0	0%
Charpentes	4 421	19%	13 606	17%	19 344	16%
Bois dans l'isolation	384	2%	1 163	1%	1 933	2%
Revêtement des sols	1 974	8%	6 307	8%	9 932	8%
Escaliers	1 542	7%	5 471	7%	9 042	7%
Garde-corps	0	0%	0	0%	0	0%
Portes	560	2%	1 802	2%	2 675	2%
Portes d'entrées	0	0%	0	0%	0	0%
Cloisons	38	0%	145	0%	230	0%
Lambris	1 129	5%	3 725	5%	6 210	5%
Aménagement intérieur	6 758	29%	21 145	27%	31 265	25%
Produits profilés et moulurés	812	3%	2 662	3%	4 142	3%
Fenêtres et portes	1 226	5%	4 143	5%	7 052	6%
Platelage	1 169	5%	3 879	5%	6 388	5%
Parement verticaux extérieurs	1 835	8%	6 200	8%	10 199	8%
Habillages	0	0%	0	0%	0	0%
Clôtures	84	0%	274	0%	452	0%
Balcons	0	0%	0	0%	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>23 646</b>	<b>100%</b>	<b>78 901</b>	<b>100%</b>	<b>124 510</b>	<b>100%</b>

Les graphiques suivants représentent les contributions par famille de produits de manière graphique sous forme d'histogramme d'une part et de diagramme en secteur d'autre part uniquement pour l'horizon 2050.

Sur le graphique sous forme d'histogrammes, la ligne orange représente une limite de contribution fixée à 5% du total. Cela permet d'identifier rapidement les contributeurs importants. Les valeurs sont fournies en milliers de tonnes CO<sub>2</sub> éq.

Sur le diagramme en secteur, afin de faciliter la compréhension, seules les familles de produits contribuant à plus de 2% du total ont été représentées. La somme des pourcentages représentée n'est donc pas de 100%.

Figure 15 - Stock carbone de l'étude - 2050 - Scénario Alternatif - Contribution par familles

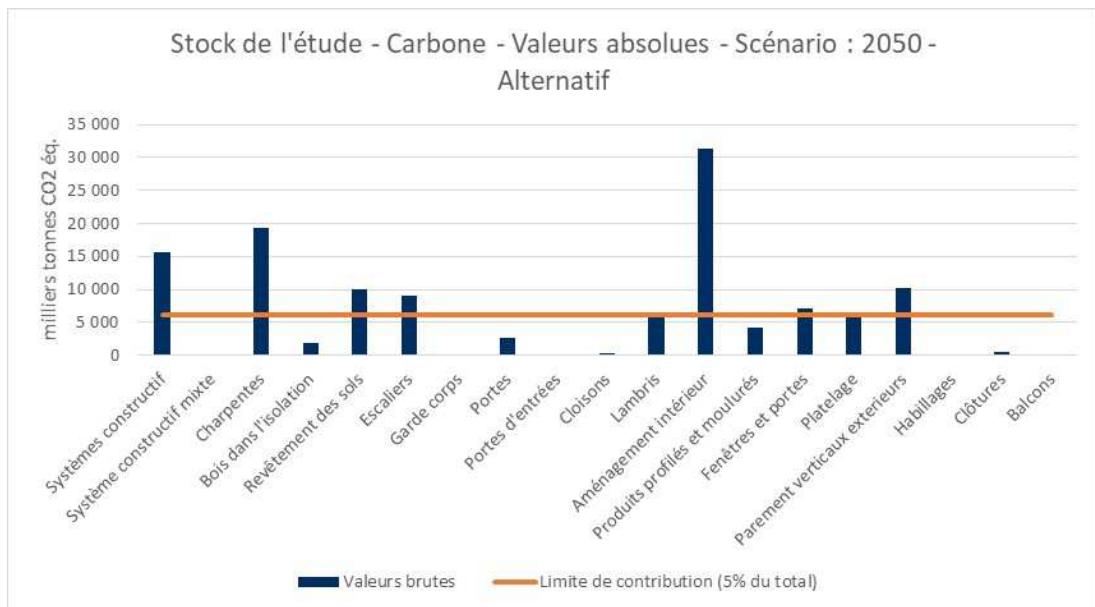
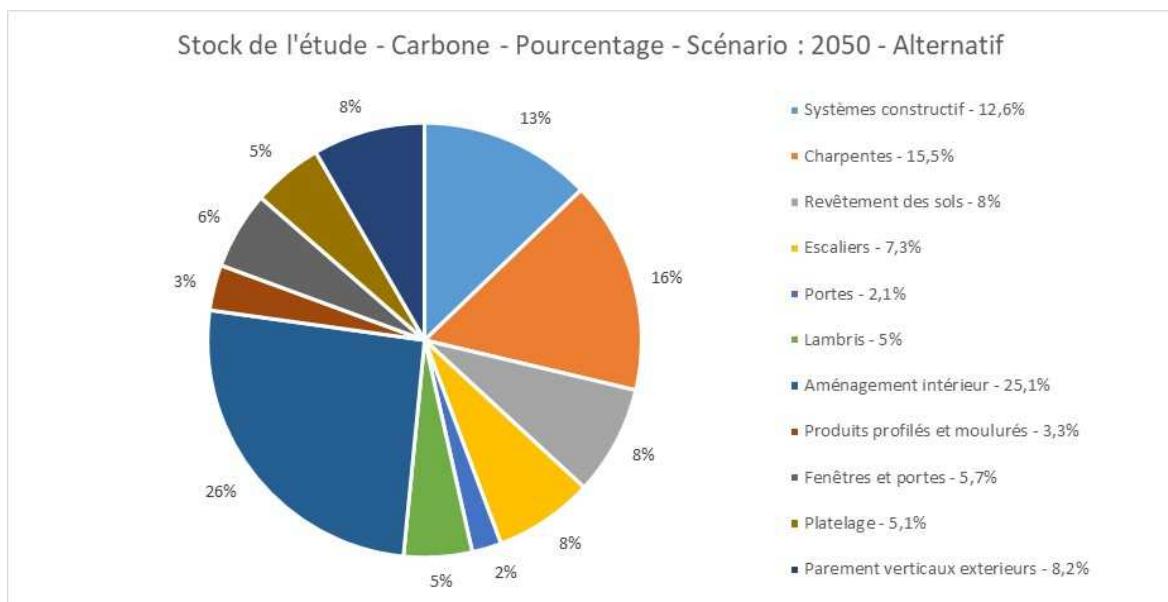


Figure 16 - Stock carbone de l'étude - 2050 - Scénario Alternatif - Contribution supérieure à 2%



A l'horizon 2050, pour le scénario Alternatif, le stock carbone de l'étude est essentiellement porté par les aménagements intérieurs (26%), les charpentes (16%) et les systèmes constructifs (13%).

Les aménagements intérieurs permettent un stock de 31 265 milliers de tonnes CO<sub>2</sub> éq. soit 26% du total. Parmi ces aménagements intérieurs, les éléments de cuisine contribuent très largement (81%) suivis par les placards (13%).

Le stock obtenu par la famille des charpentes est de 19 344 milliers de tonnes CO<sub>2</sub> éq. soit 16% du total. Dans cette famille, les charpentes industrielles représentent 37% de la contribution contre 63% pour les charpentes traditionnelles.

Au sein des systèmes constructifs qui permettent un stock de 15 645 milliers de tonnes CO<sub>2</sub> éq. (13% du total), l'ossature bois (43%) et les panneaux CLT (39%) sont les deux ouvrages / produits les plus contributeurs.

Les autres familles de produits contribuant au stock de carbone de l'étude sont :

- les revêtements de sols (8%) portés par les parquets (62%) ;
- les parements verticaux extérieurs (8%) avec les bardages en bois ;
- les escaliers (7%) notamment mixte bois-acier ;
- les fenêtres et portes (6%) avec les fenêtres bois et les volets à proportion équivalentes (environ 41%) ;
- les plafondages (5%) et les lambris (5%).

#### **5.1.5 Scénario Objectif Neutralité Carbone**

Cette section reprend les résultats et les analyses spécifiques au scénario Objectif Neutralité Carbone (ONC) retenu dans le cadre de cette étude.

Le tableau suivant reprend l'ensemble des valeurs estimées par famille de produits selon les horizons choisis.

Les valeurs absolues sont reprises dans ce tableau ainsi que la part relative des contributions de chaque famille. Les valeurs en pourcentage ont été arrondies.

**Les stocks de l'étude en valeur absolue ne représentent pas l'ensemble du stock de produits bois en France. En effet, seuls les stocks de produits fabriqués après 2015 sont comptabilisés.**

Tableau 18 - Stock carbone de l'étude - Scénario ONC - Valeurs absolues et contribution par familles de produits – 2020 / 2035 / 2050

Famille	Scénario ONC - 2020		Scénario ONC - 2035		Scénario ONC - 2050	
	Valeurs en milliers tonnes CO <sub>2</sub> éq.	Valeurs	Contribution (%)	Valeurs	Contribution (%)	Valeurs
Systèmes constructif	2 001	8%	10 203	10%	20 767	12%
Système constructif mixte	0	0%	0	0%	0	0%
Charpentes	4 431	18%	22 492	23%	44 875	26%
Bois dans l'isolation	394	2%	1 230	1%	2 171	1%
Revêtement des sols	2 048	8%	8 230	8%	15 288	9%
Escaliers	1 467	6%	4 889	5%	8 254	5%
Garde-corps	0	0%	0	0%	0	0%
Portes	587	2%	1 965	2%	2 896	2%
Portes d'entrées	0	0%	0	0%	0	0%
Cloisons	39	0%	141	0%	215	0%
Lambris	1 140	5%	4 018	4%	7 309	4%
Aménagement intérieur	7 003	29%	23 547	24%	35 583	20%
Produits profilés et moulurés	823	3%	2 853	3%	4 252	2%
Fenêtres et portes	1 247	5%	4 859	5%	9 387	5%
Platelage	1 211	5%	4 294	4%	6 891	4%
Parement verticaux extérieurs	1 838	8%	8 422	9%	16 017	9%
Habillages	0	0%	0	0%	0	0%
Clôtures	88	0%	310	0%	552	0%
Balcons	0	0%	0	0%	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>24 318</b>	<b>100%</b>	<b>97 452</b>	<b>100%</b>	<b>174 454</b>	<b>100%</b>

Les graphiques suivants représentent les contributions par famille de produits de manière graphique sous forme d'histogramme d'une part et de diagramme en secteur d'autre part uniquement pour l'horizon 2050.

Sur le graphique sous forme d'histogrammes, la ligne orange représente une limite de contribution fixée à 5% du total. Cela permet d'identifier rapidement les contributeurs importants. Les valeurs sont fournies en milliers de tonnes CO<sub>2</sub> éq.

Sur le diagramme en secteur, afin de faciliter la compréhension, seules les familles de produits contribuant à plus de 2% du total ont été représentées. La somme des pourcentages représentée n'est donc pas de 100%.

Figure 17 - Stock carbone de l'étude - 2050 - Scénario ONC - Contribution par familles

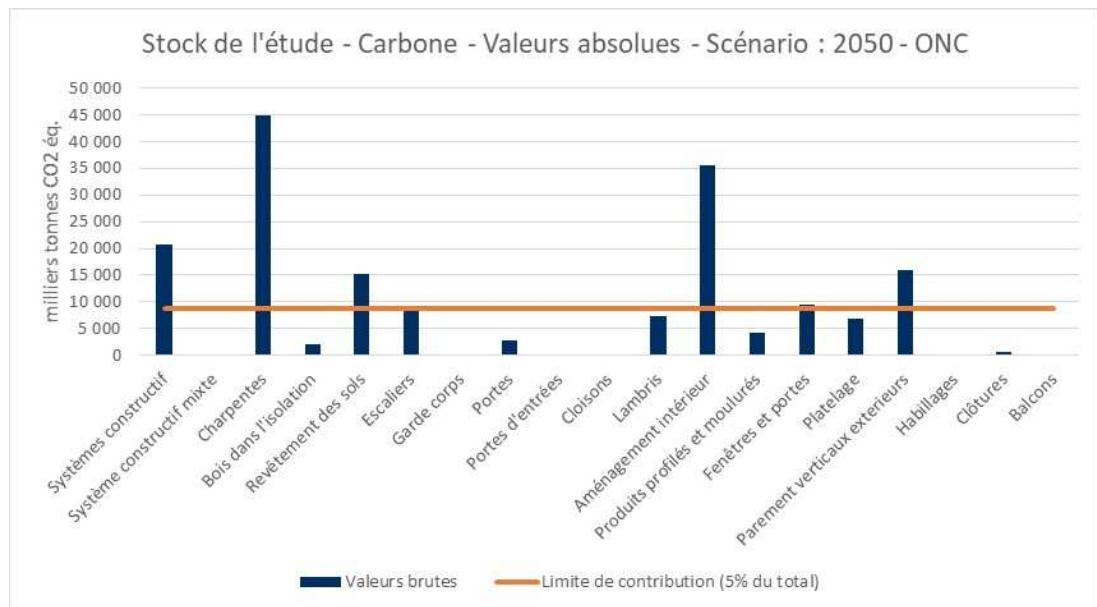
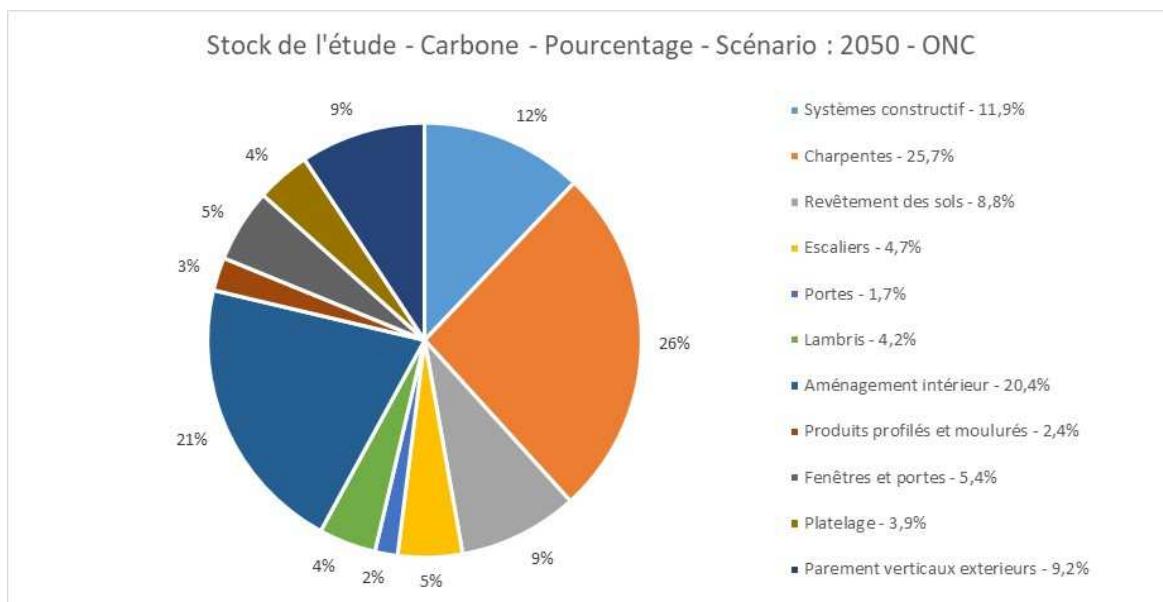


Figure 18 - Stock carbone de l'étude - 2050 - Scénario ONC - Contribution supérieure à 2%



A l'horizon 2050, pour le scénario Objectif Neutralité Carbone, le stock carbone de l'étude est essentiellement porté par les charpentes (26%), les aménagements intérieurs (21%) et les charpentes (12%).

La famille des charpentes permet un stock de 44 875 milliers de tonnes de CO<sub>2</sub> éq. soit 26% du total. Dans cette famille, les charpentes industrielles représentent 32% de la contribution contre 68% pour les charpentes traditionnelles.

Concernant les aménagements intérieurs qui permettent un stock de 35 583 milliers de tonnes de CO<sub>2</sub> éq (21% du total), les éléments de cuisine contribuent très largement (81%) suivis par les placards (13%).

Le stock obtenu avec les systèmes constructifs est de 20 767 milliers de tonnes de CO<sub>2</sub> éq. soit 12% du total. Les contributions respectives sont de 68% pour l'ossature bois, 19% pour les poteaux poutres et de 13% pour les panneaux CLT.

Les autres familles de produits contribuant au stock de carbone de l'étude sont :

- les revêtements de sols (9%) portés par les parquets (62%) ;
- les parements verticaux extérieurs (9%) avec les bardages en bois ;
- les escaliers (5%) notamment mixte bois-acier ;
- les fenêtres et portes (5%) avec les fenêtres bois (44%) et les volets (37%) ;
- les plafolages (4%) et les lambris (4%).

## 5.2 Substitution matériau - Résultats et analyse

Cette section reprend les principaux résultats correspondants aux effets de substitution liés aux produits bois.

La substitution est cumulative dans le temps, c'est-à-dire qu'à 2050, les effets de substitution retenus représentent la somme de ces effets annuels entre 2015 et 2050.

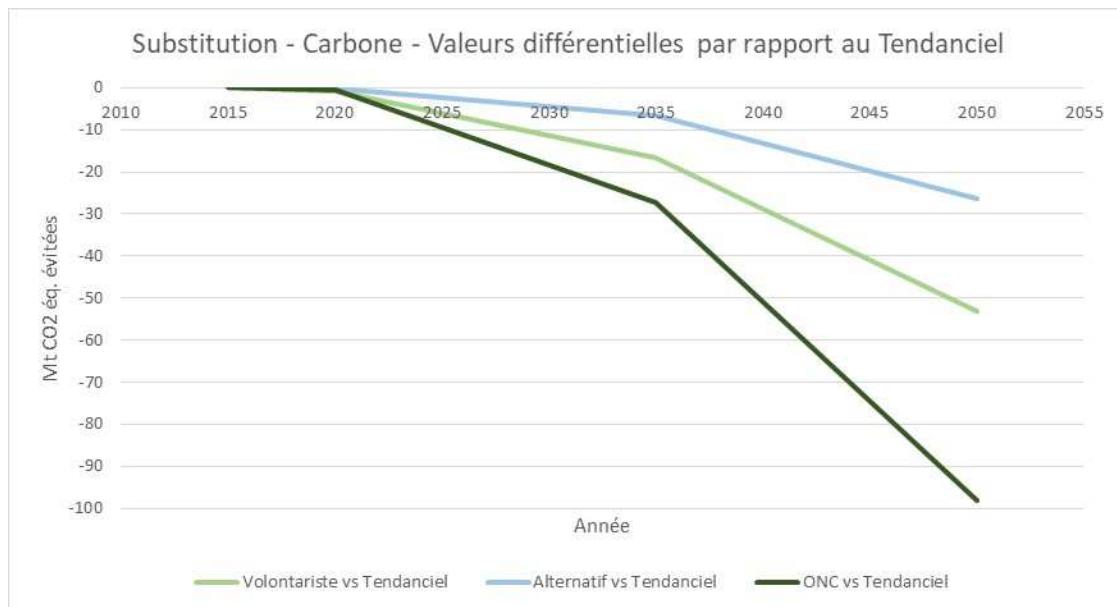
Pour rappel, la substitution représente des émissions fossiles évitées. Par conséquent, les valeurs présentées sont négatives. Aussi, plus ces émissions évitées sont importantes (valeurs fortement négatives), plus l'effet est bénéfique d'un point de vue du changement climatique.

Enfin, il est important d'avoir en tête que seuls des résultats présentés en valeurs différentielles par rapport à un scénario de référence (scénario « Tendanciel ») peuvent être exploités. En effet, les valeurs absolues seules ne peuvent être interprétées.

### 5.2.1 Substitution matériau - Gaz à effet de serre (GES)

Les effets de substitution (en différentiel par rapport au scénario « Tendanciel ») pour les différents scénarios retenus sont repris dans le graphique suivant.

Figure 19 - Substitution matériau - GES- Comparaisons scénarios - Valeurs différentielles



Le tableau suivant reprend les valeurs estimées par rapport au scénario Tendanciel pour l'ensemble des scénarios et des horizons choisis. Les valeurs présentées sont en millions de tonnes CO<sub>2</sub> éq.

Tableau 19 - Substitution matériau - GES - Comparaison scénarios - Valeurs différentielles

Année	Scénario Tendanciel	Scénario Volontariste	Scénario Alternatif	Scénario Objectif Neutralité Carbone
/	Mt CO2 éq.	Mt CO2 éq.	Mt CO2 éq.	Mt CO2 éq.
2015	0	0	0	0
2020	0	- 1	0	- 0,5
2035	0	- 17	- 7	- 26
2050	0	- 53	- 26	- 98

Comme pour le stock carbone de l'étude, il est possible de voir que le scénario ONC se distingue fortement des autres à partir de l'année 2035 avec une forte augmentation des effets de substitution liés aux produits bois.

Le tableau suivant reprend l'ensemble des valeurs estimées par famille de produits selon les horizons choisis. Les valeurs en différentielles par rapport au scénario Tendanciel sont reprises dans ce tableau ainsi que la part relative des contributions de chaque famille. Les valeurs en pourcentage ont été arrondies.

Tableau 20 - Substitution matériau - GES -- Valeurs différentielles par rapport au scénario Tendanciel – Horizon 2050 et contribution par familles

Famille	2050 - Volontariste vs Tendanciel		2050 - Alternatif vs Tendanciel		2050 - ONC vs Tendanciel	
	Valeurs en milliers tonnes CO <sub>2</sub> éq.	Valeurs	Contribution (%)	Valeurs	Contribution (%)	Valeurs
Systèmes constructif	-21 905	41%	-12 231	46%	-22 203	23%
Système constructif mixte	-1 759	3%	-911	3%	-277	0%
Charpentes	-2 228	4%	257	-1%	-35 427	36%
Bois dans l'isolation	-627	1%	-282	1%	-476	0%
Revêtement des sols	-5 766	11%	-1 896	7%	-12 511	13%
Escaliers	-2 109	4%	-3 193	12%	-2 108	2%
Garde-corps	0	0%	0	0%	0	0%
Portes	-271	1%	43	0%	-262	0%
Portes d'entrées	0	0%	0	0%	0	0%
Cloisons	-77	0%	-39	0%	-30	0%
Lambris	-2 082	4%	-1 038	4%	-1 985	2%
Aménagement intérieur	-4 053	8%	-1 100	4%	-4 053	4%
Produits profilés et moulurés	-1 115	2%	-411	2%	-580	1%
Fenêtres et portes	-6 882	13%	-3 109	12%	-9 446	10%
Platelage	-1 859	3%	-1 050	4%	-1 749	2%
Parement verticaux extérieurs	-2 219	4%	-1 468	6%	-6 734	7%
Habillages	0	0%	0	0%	0	0%
Clôtures	-194	0%	-64	0%	-194	0%
Balcons	0	0%	0	0%	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>- 53 150</b>	<b>100%</b>	<b>- 26 500</b>	<b>100%</b>	<b>- 98 000</b>	<b>100%</b>

Les graphiques suivants représentent les contributions par famille de produits de manière graphique sous forme d'histogramme uniquement pour l'horizon 2050.

Les valeurs sont fournies en milliers de tonnes CO<sub>2</sub> éq. évitées.

La ligne orange représente une limite de contribution fixée à 5% du total. Cela permet d'identifier rapidement les contributeurs importants aux effets de substitution par scénario.

Attention, pour améliorer la lisibilité sur ces questions de contribution, les valeurs négatives ont été rendues positives.

Figure 20 - Substitution matériau - GES - 2050 - Scénario Volontariste vs Tendanciel

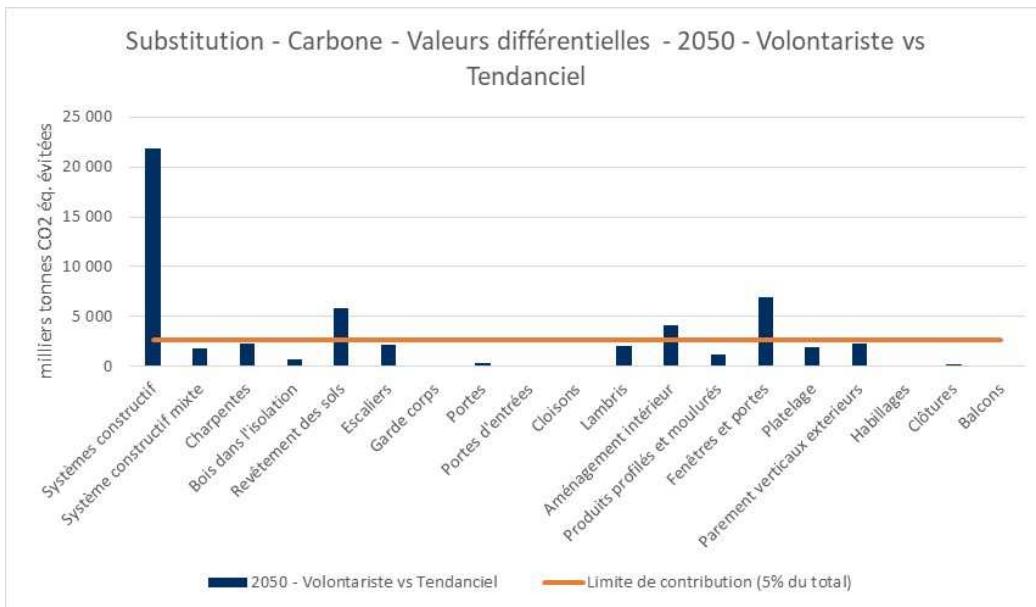


Figure 21 - Substitution matériau - GES - 2050 - Scénario Alternatif vs Tendanciel

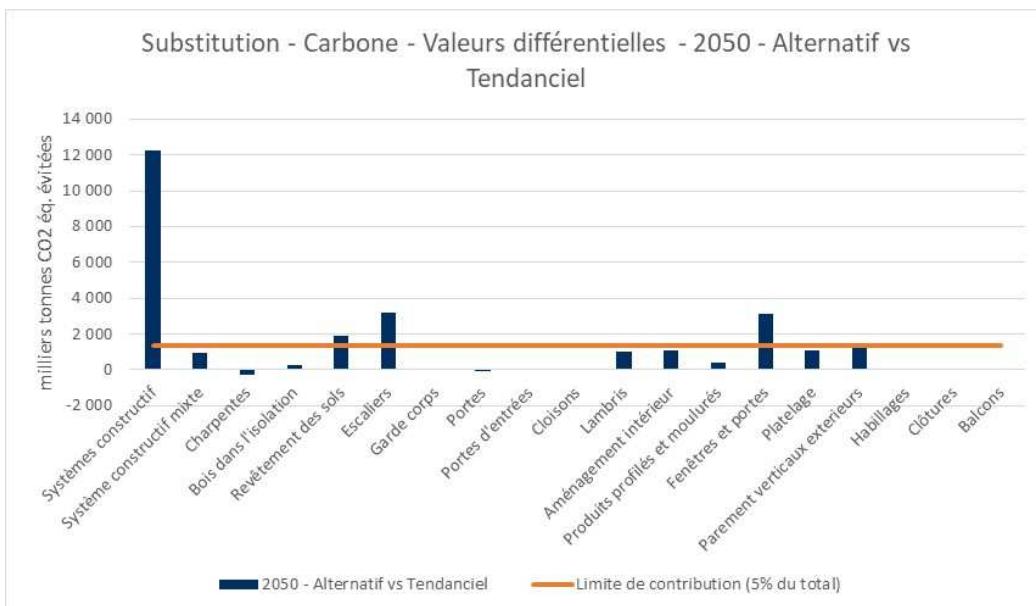
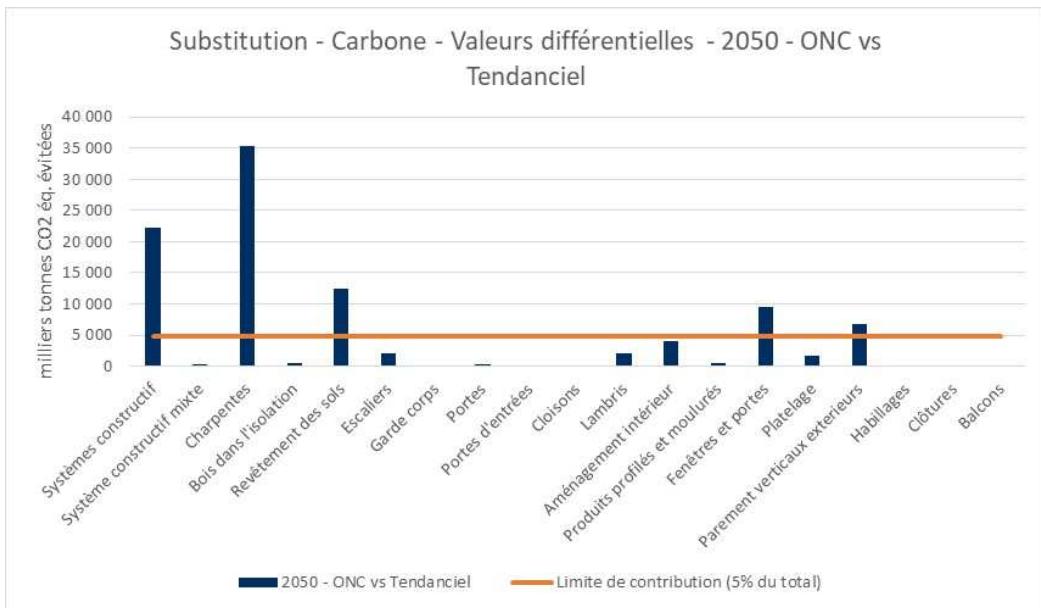


Figure 22 - Substitution matériau - GES - 2050 - Scénario ONC vs Tendanciel



Pour les trois scénarios considérés, il apparaît que les effets de substitution carbone sont essentiellement portés par les systèmes constructifs et les charpentes (notamment dans le cas du scénario Objectif Neutralité Carbone comme évoqué précédemment). Cette prépondérance est principalement liée aux volumes mis en jeu étant donné que les coefficients de substitution associés aux systèmes constructifs et aux charpentes sont dans la moyenne, plutôt haute, des coefficients de substitution (voir Tableau 42). Pour les scénarios alternatifs et volontaristes, la contribution est essentiellement portée par l'ossature bois et les panneaux CLT qui sont considérés comme les moteurs de la construction bois. Ces systèmes viennent se substituer à des éléments de structure type acier ou béton. Une partie des effets de substitution (30% environ selon les scénarios) aura lieu hors de France si les taux d'importations restent constants sur la période étudiée.

Comme expliqué pour le stock carbone de l'étude, le scénario « ONC » accorde une grande importance aux charpentes d'où une contribution d'environ 40% sur les effets de substitution. On peut cependant supposer qu'il s'agit en fait d'un accent mis sur les systèmes constructifs bois incluant les charpentes ce qui porte à 59% le poids des éléments de structure dans l'impact de substitution du scénario ONC.

A la différence du stock carbone de l'étude, les aménagements intérieurs ne sont plus prépondérants mais ont une contribution de l'ordre de 5% environ. En revanche, les fenêtres et les portes ainsi que les revêtements de sols qui peuvent notamment être réalisés en feuillets apparaissent dorénavant comme un contributeur non négligeable. En effet, les coefficients de substitution associés à ces produits sont élevés (voir annexe 8.5).

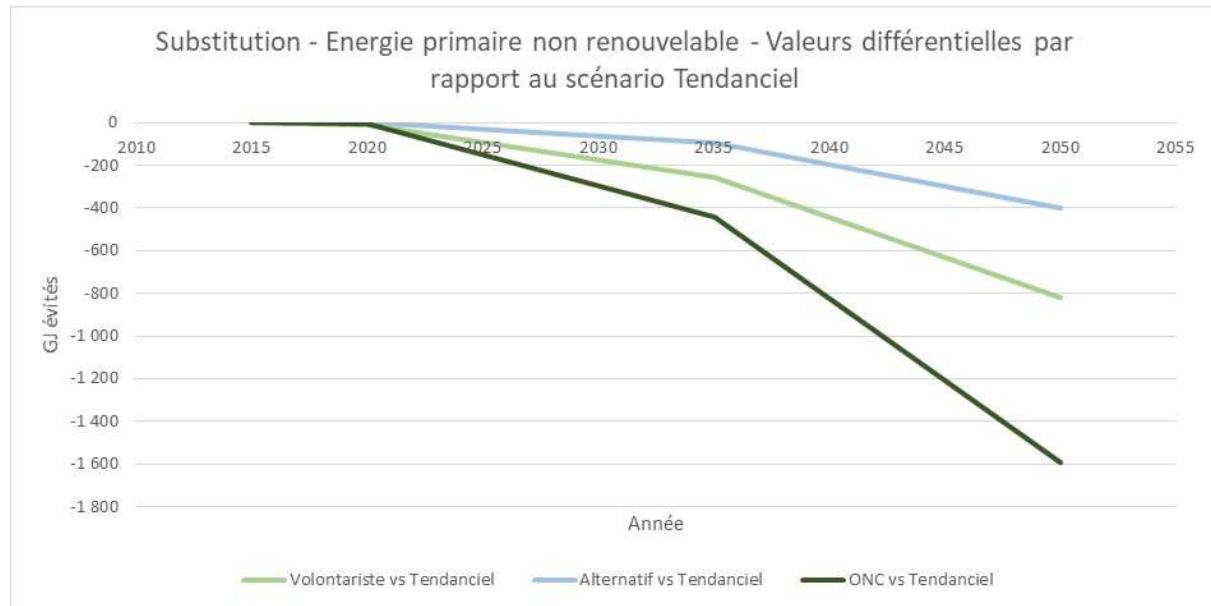
Enfin, les escaliers et les parements restent également des contributeurs non négligeables sur ces effets de substitution.

### 5.2.2 Substitution matériau - Indicateur de consommation d'énergie non renouvelable

Pour rappel, il s'agit de la différence de consommation d'énergie primaire non renouvelable entre le cycle de vie d'un produit bois et d'un produit concurrent (voir aussi la section 4).

Les effets de substitution (en différentiel par rapport au scénario Tendanciel) pour les différents scénarios retenus sont repris dans le graphique suivant.

*Figure 23 - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - Comparaison scénarios - Valeurs différentielles*



Le tableau suivant reprend les valeurs estimées par rapport au scénario Tendanciel pour l'ensemble des scénarios et des horizons choisis. Les valeurs présentées sont en GJ évitées.

*Tableau 21 - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - Comparaison scénarios - Valeurs différentielles*

Année	Scénario Tendanciel	Scénario Volontariste	Scénario Alternatif	Scénario Objectif Neutralité Carbone
	/	GJ	GJ	GJ
2015	0	0	0	0
2020	0	- 10	- 0,5	- 8
2035	0	- 255	- 97	- 442
2050	0	- 822	- 403	- 1 592

Comme pour les effets de substitution carbone, il est possible de voir que le scénario ONC se distingue fortement des autres à partir de l'année 2035 avec une forte augmentation des effets de substitution liés aux produits bois.

Le tableau suivant reprend l'ensemble des valeurs estimées par famille de produits selon les horizons choisis. Les valeurs en différentielles par rapport au scénario Tendanciel sont reprises dans

ce tableau ainsi que la part relative des contributions de chaque famille. Les valeurs en pourcentage ont été arrondies.

Tableau 22 - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - Valeurs différentielles par rapport au scénario Tendanciel - Horizon 2050 et contribution par familles

Famille	2050 - Volontariste vs Tendanciel		2050 - Alternatif vs Tendanciel		2050 - ONC vs Tendanciel	
	Valeurs en MJ.	Valeurs	Contribution (%)	Valeurs	Contribution (%)	Valeurs
Systèmes constructif	-302 257	37%	-172 559	43%	-269 930	17%
Système constructif mixte	-23 747	3%	-12 290	3%	-3 737	0%
Charpentes	-43 371	5%	6 666	-2%	-632 044	40%
Bois dans l'isolation	-11 588	1%	-5 198	1%	-8 796	1%
Revêtement des sols	-103 433	13%	-33 612	8%	-227 480	14%
Escaliers	-34 874	4%	-53 044	13%	-34 852	2%
Garde-corps	0	0%	0	0%	0	0%
Portes	-4 478	1%	774	0%	-4 328	0%
Portes d'entrées	0	0%	0	0%	0	0%
Cloisons	-1 548	0%	-736	0%	-614	0%
Lambris	-34 491	4%	-17 196	4%	-32 874	2%
Aménagement intérieur	-74 009	9%	-19 746	5%	-74 009	5%
Produits profilés et moulurés	-18 443	2%	-6 760	2%	-9 654	1%
Fenêtres et portes	-87 222	11%	-39 313	10%	-115 760	7%
Platelage	-30 884	4%	-17 326	4%	-29 058	2%
Parement verticaux extérieurs	-48 954	6%	-32 093	8%	-145 734	9%
Habillages	0	0%	0	0%	0	0%
Clôtures	-3 216	0%	-1 049	0%	-3 216	0%
Balcons	0	0%	0	0%	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>- 822 500</b>	<b>100%</b>	<b>- 403 500</b>	<b>100%</b>	<b>- 1 592 000</b>	<b>100%</b>

Les graphiques suivants représentent les contributions par famille de produits de manière graphique sous forme d'histogramme uniquement pour l'horizon 2050.

Les valeurs sont fournies en GJ évitées.

La ligne orange représente une limite de contribution fixée à 5% du total. Cela permet d'identifier rapidement les contributeurs importants aux effets de substitution par scénario.

Attention, pour améliorer la lisibilité sur ces questions de contribution, les valeurs négatives ont été rendues positives.

Figure 24 - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - 2050 - Scénario Volontariste vs Tendanciel

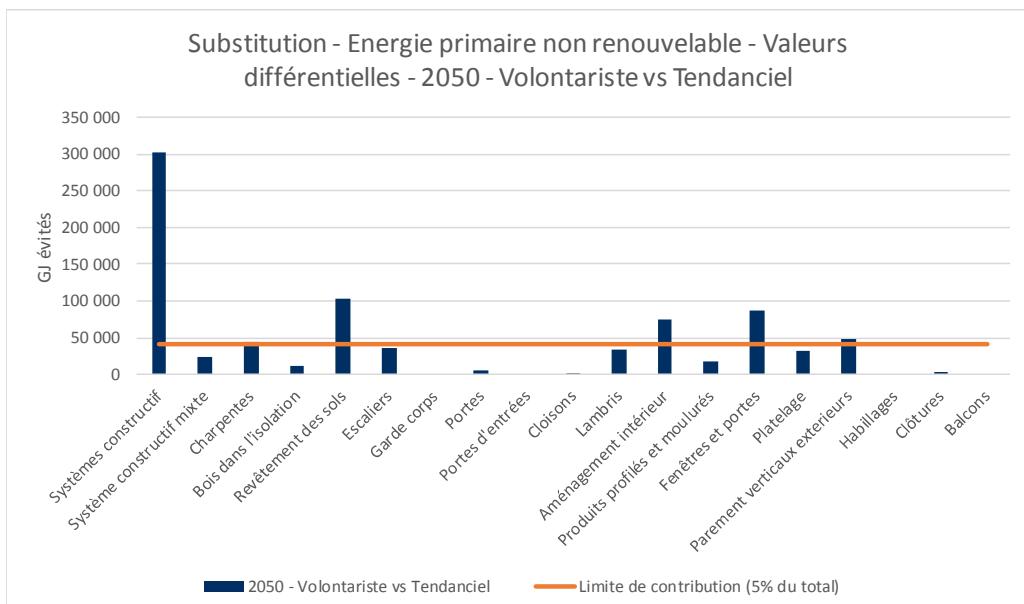


Figure 25 - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - 2050 - Scénario Alternatif vs Tendanciel

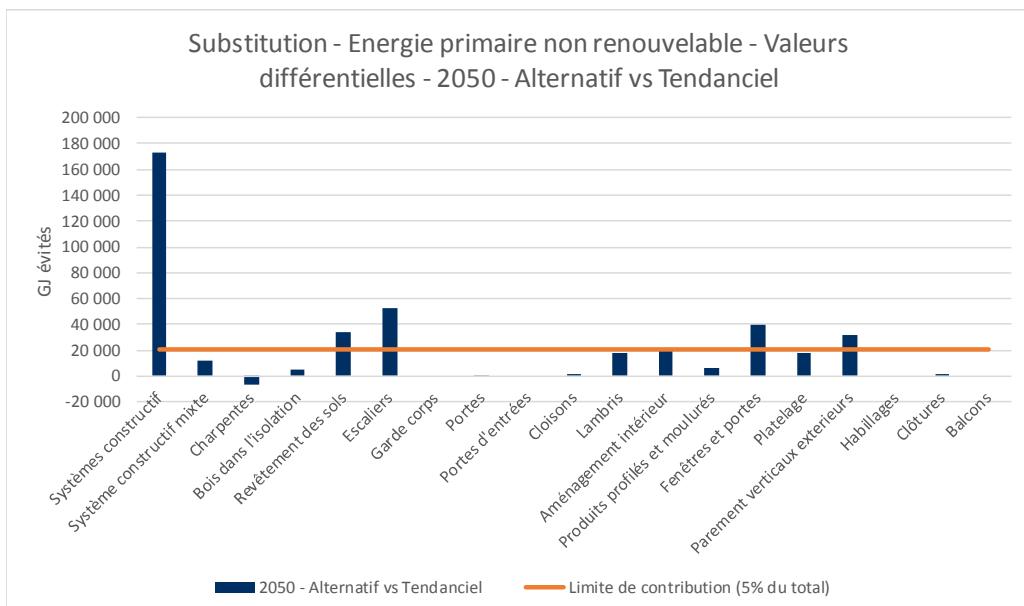
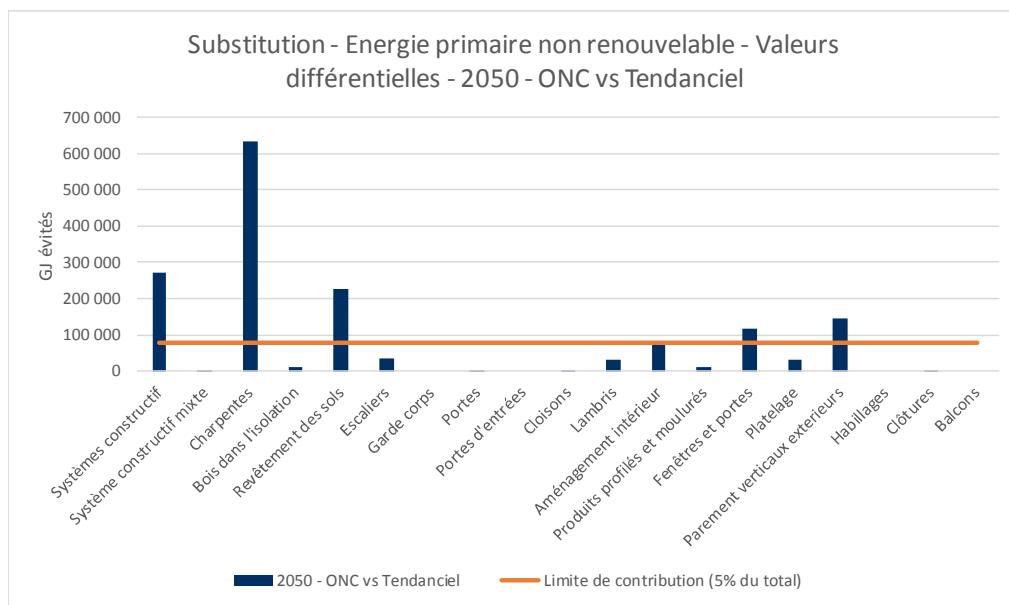


Figure 26 - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - 2050 - Scénario ONC vs Tendanciel



Pour les trois scénarios considérés, il apparaît que les effets de substitution de consommation d'énergie primaire non renouvelable sont essentiellement portés par les systèmes constructifs et les charpentes (notamment dans le cas du scénario Objectif Neutralité Carbone comme évoqué précédemment). Pour les systèmes constructifs, la contribution est essentiellement portée par l'ossature bois et les panneaux CLT (hors scénario Objectif Neutralité Carbone) principalement par le fait que les volumes en jeu sont importants.

Pour les scénarios Alternatif et Volontariste, les produits de construction du second œuvre (fenêtres, revêtements de sol, lambris, aménagement intérieur, produits profilés, platelages) sont des contributeurs importants sur ces effets de substitution.

Comme expliqué pour le stock carbone de l'étude, le scénario Objectif Neutralité Carbone semble avoir accordé une grande importance aux charpentes d'où une contribution d'environ 40% sur l'effet de substitution associé à l'indicateur d'énergie non renouvelable.

### 5.3 Substitution - Sensibilité - Utilisation des coefficients « label E+/C- »

Pour le calcul type « label E+/C- », les données utilisées sont celles issues des FDES des produits comme détaillé dans la section 4.2.5. Sont comptabilisés dans le cycle de vie des produits, les modules A (production), B (vie en œuvre) et C (fin de vie) des FDES ainsi qu'une partie des impacts et bénéfices associés au recyclage et à la valorisation du produit en fin de vie (module D). Le référentiel de calcul de l'expérimentation E+/C- ne considère en effet qu'un tiers du module D pour évaluer l'impact d'un produit de construction.

Cette section reprend les principaux résultats correspondants aux effets de substitution liés aux produits bois avec ces nouveaux coefficients.

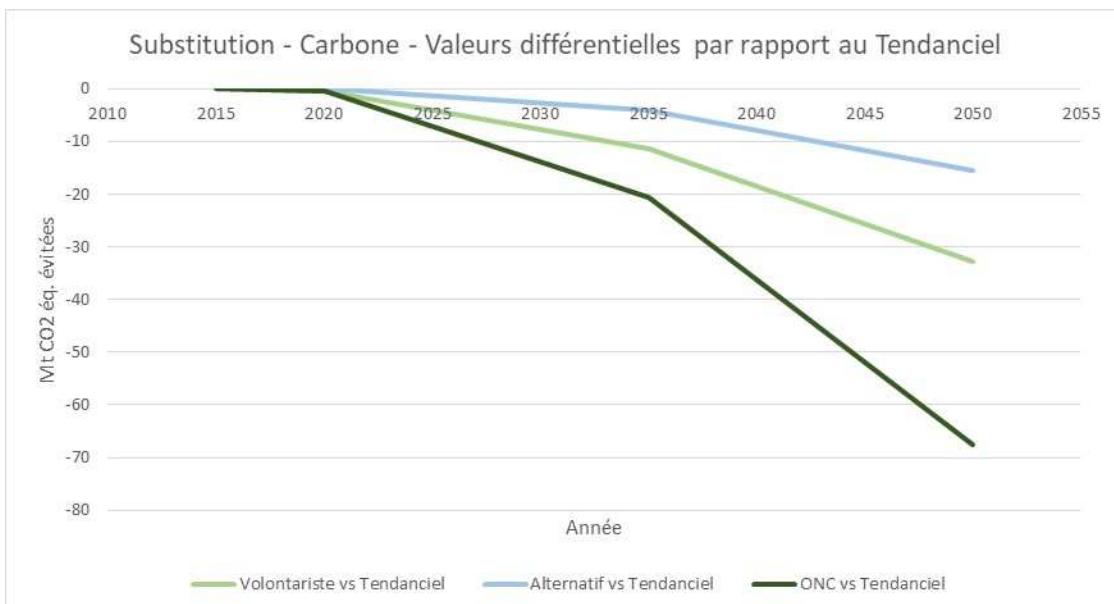
Pour rappel :

- la substitution est cumulative dans le temps, c'est-à-dire qu'à 2050, les effets de substitution retenus représentent la somme de ces effets annuels entre 2015 et 2050 ;
- la substitution représente des émissions évitées. Par conséquent, les valeurs présentées sont négatives. Aussi, plus ces émissions évitées sont importantes (valeurs fortement négatives), plus l'effet est bénéfique du point de vue du changement climatique ;
- seuls des résultats présentés en valeurs différentielles par rapport à un scénario de référence (scénario « Tendanciel ») peuvent être exploités. En effet, les valeurs absolues seules ne peuvent être interprétées.

#### 5.3.1 Sensibilité -Substitution matériau - Gaz à effet de serre (GES)

Les effets de substitution (en différentiel par rapport au scénario « Tendanciel ») pour les différents scénarios retenus sont repris dans le graphique suivant.

Figure 27 – Sensibilité – Substitution matériau - GES - Comparaisons scénarios - Valeurs différentielles - Coefficients « label E+/C- »



Le tableau suivant reprend les valeurs estimées par rapport au scénario Tendanciel pour l'ensemble des scénarios et des horizons choisis. Les valeurs présentées sont en millions de tonnes CO<sub>2</sub> éq.

Tableau 23 - Sensibilité - Substitution matériau - GES - Comparaison scénarios - Valeurs différentielles

Année	Scénario Tendanciel	Scénario Volontariste	Scénario Alternatif	Scénario Objectif Neutralité Carbone
/	Mt CO2 éq.	Mt CO2 éq.	Mt CO2 éq.	Mt CO2 éq.
2015	0	0	0	0
2020	0	- 0,5	0	- 0,4
2035	0	- 11	- 4	- 21
2050	0	- 33	- 15	- 67

Pour le scénario Objectif Neutralité Carbone, il est possible de constater une différence d'environ 30 Mt CO<sub>2</sub> par rapport au calcul réalisé avec les coefficients de substitution des projets FORMIT et GESFOR (-67 Mt CO<sub>2</sub> éq. vs - 98 Mt CO<sub>2</sub> éq.).

Cette différence pourrait s'expliquer par :

- La prise en compte que d'une partie des bénéfices associés à la valorisation et au recyclage des produits en fin de vie ;
- L'absence de prise en compte de la valorisation des déchets de seconde transformation dans les FDES ;
- La non prise en compte de la carbonatation du béton dans les projets FORMIT et GESFOR ;
- L'optimisation des FDES de certains produits (non comptabilisation des émissions associées à l'utilisation de déchets comme combustible pour le ciment, choix méthodologiques non conformes à la norme EN 15804 dans les bases de données Worldsteel, profils optimisés des fenêtres).

Le tableau suivant reprend l'ensemble des valeurs estimées par famille de produits selon les horizons choisis. Les valeurs en différentes par rapport au scénario Tendanciel sont reprises dans ce tableau ainsi que la part relative des contributions de chaque famille. Les valeurs en pourcentage ont été arrondies.

Tableau 24 - Sensibilité - Substitution matériau - GES - Valeurs différentielles - Horizon 2050 et contribution par familles - Coefficients label E+/C-

Famille	2050 - Volontariste vs Tendanciel		2050 - Alternatif vs Tendanciel		2050 - ONC vs Tendanciel	
	Valeurs en milliers tonnes CO <sub>2</sub> éq.	Valeurs	Contribution (%)	Valeurs	Contribution (%)	Valeurs
Systèmes constructif	-12 167	37%	-6 910	45%	-11 311	17%
Système constructif mixte	-854	3%	-441	3%	-136	0%
Charpentes	-1 787	5%	267	-2%	-26 622	39%
Bois dans l'isolation	-342	1%	-151	1%	-259	0%
Revêtement des sols	-5 418	16%	-1 715	11%	-11 882	18%
Escaliers	-978	3%	-1 525	10%	-977	1%
Garde-corps	0	0%	0	0%	0	0%
Portes	-200	1%	51	0%	-194	0%
Portes d'entrées	0	0%	0	0%	0	0%
Cloisons	-46	0%	-21	0%	-19	0%
Lambris	-1 224	4%	-609	4%	-1 165	2%
Aménagement intérieur	-1 938	6%	-448	3%	-1 938	3%
Produits profilés et moulurés	-823	3%	-293	2%	-446	1%
Fenêtres et portes	-3 119	9%	-1 397	9%	-3 987	6%
Platelage	-1 411	4%	-762	5%	-1 328	2%
Parement verticaux extérieurs	-2 387	7%	-1 520	10%	-7 046	10%
Habillages	0	0%	0	0%	0	0%
Clôtures	-144	0%	-45	0%	-144	0%
Balcons	0	0%	0	0%	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>- 32 840</b>	<b>100%</b>	<b>- 15 500</b>	<b>100%</b>	<b>- 67 455</b>	<b>100%</b>

Les graphiques suivants représentent les contributions par famille de produits de manière graphique sous forme d'histogramme uniquement pour l'horizon 2050.

Les valeurs sont fournies en milliers de tonnes CO<sub>2</sub> éq. évitées.

La ligne orange représente une limite de contribution fixée à 5% du total. Cela permet d'identifier rapidement les contributeurs importants aux effets de substitution par scénario.

Attention, pour améliorer la lisibilité sur ces questions de contribution, les valeurs négatives ont été rendues positives.

Figure 28 - Sensibilité - Substitution matériau - GES - 2050 - Scénario Volontariste vs Tendanciel

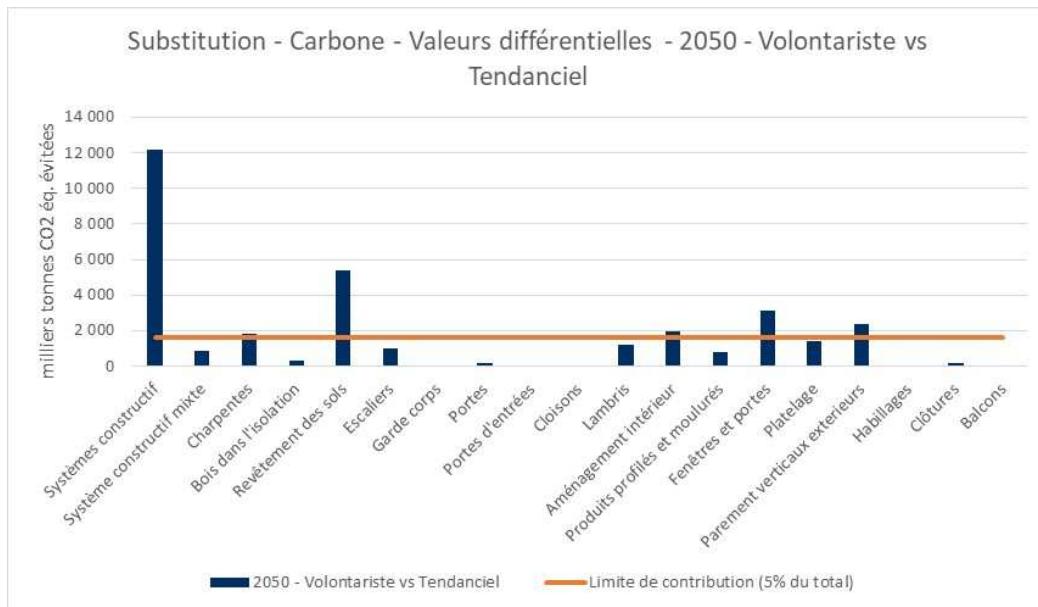


Figure 29 - Sensibilité - Substitution matériau - GES - 2050 - Scénario Alternatif vs Tendanciel

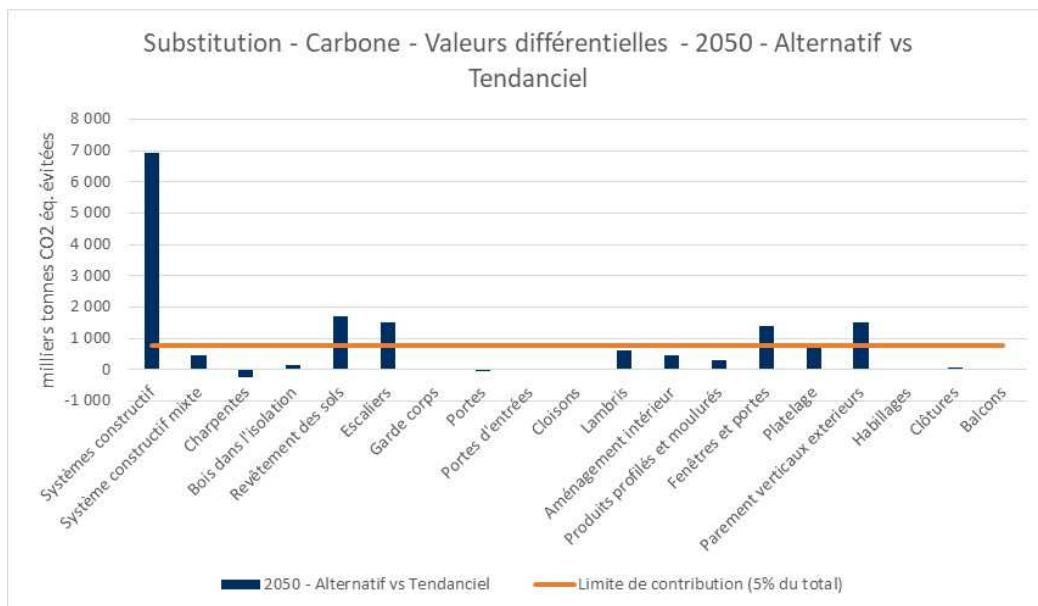
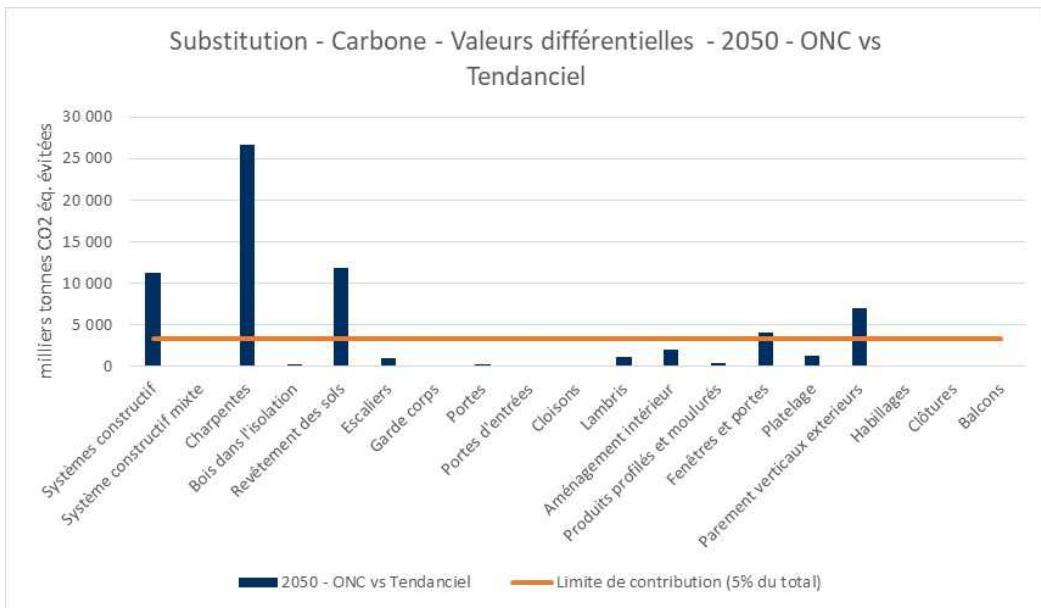


Figure 30 - Sensibilité - Substitution matériau - GES - 2050 - Scénario ONC vs Tendanciel



Les tendances générales de contribution sont similaires à celles établies pour les coefficients de substitution calculés dans les projets FORMIT et GESFOR. A savoir, une contribution prépondérante des systèmes constructifs du fait des volumes importants consommés, excepté pour le scénario Objectif Neutralité Carbone porté par les charpentes. Les revêtements de sol, les escaliers, les parements ainsi que les portes et fenêtres représentent également une part non négligeable.

Pour les systèmes constructifs, la contribution est essentiellement portée par l'ossature bois et les panneaux CLT (hors scénario Objectif Neutralité Carbone).

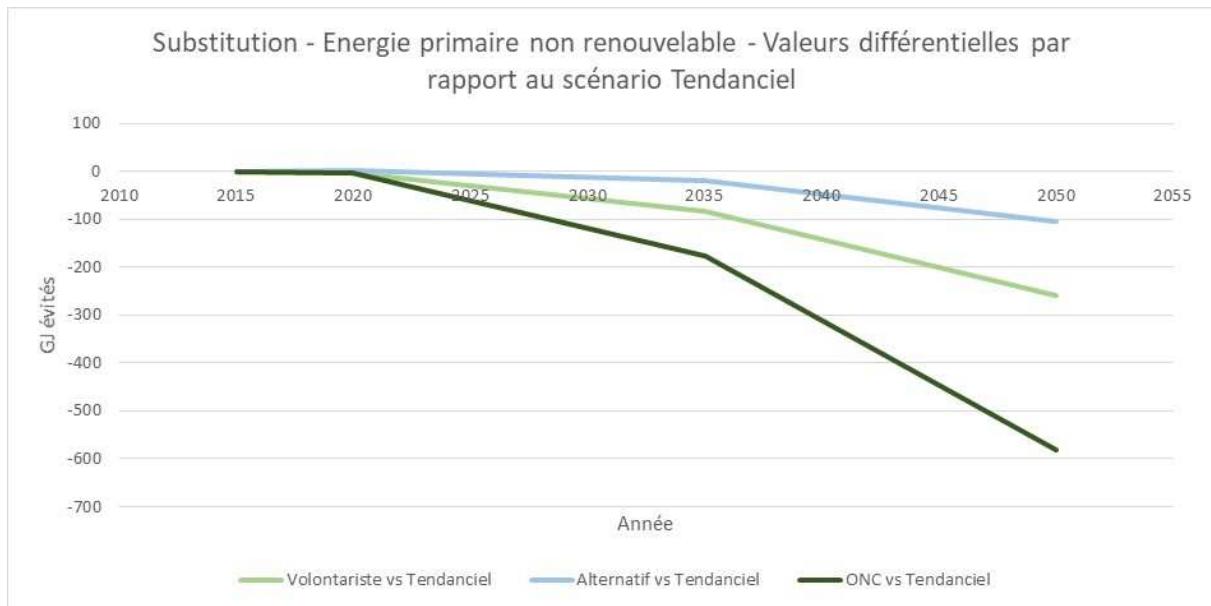
Pour le scénario Objectif Neutralité Carbone, si l'on additionne le poids des charpentes et des systèmes constructifs, on obtient une contribution de 56% à l'effet de substitution total.

### 5.3.1 Sensibilité - Substitution matériau - Indicateur de consommation d'énergie non renouvelable

Pour rappel, il s'agit de la différence de consommation d'énergie primaire non renouvelable entre le cycle de vie d'un produit bois et d'un produit concurrent (voir aussi la section 4).

Les effets de substitution (en différentiel par rapport au scénario Tendanciel) pour les différents scénarios retenus sont repris dans le graphique suivant.

Figure 31 - Sensibilité- Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - Comparaison scénarios - Valeurs différentielles



Le tableau suivant reprend les valeurs estimées par rapport au scénario Tendanciel pour l'ensemble des scénarios et des horizons choisis. Les valeurs présentées sont en GJ évitées.

Tableau 25 - Sensibilité - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - Comparaison scénarios - Valeurs différentielles

Année	Scénario Tendanciel	Scénario Volontariste	Scénario Alternatif	Scénario Objectif Neutralité Carbone
/	GJ	GJ	GJ	GJ
2015	0	0	0	0
2020	0	- 3	1	- 2
2035	0	- 83	- 19	- 180
2050	0	- 258	- 106	- 582

Il est possible de constater que, comme pour le carbone, il existe un différentiel entre l'effet de substitution calculé en utilisant les coefficients de substitution des projets FORMIT et GESFOR et les coefficients calculés en utilisant les FDES. Les raisons potentielles de ce décalage sont explicitées en section 5.3.1.

Le tableau suivant reprend l'ensemble des valeurs estimées par famille de produits selon les horizons choisis. Les valeurs en différentielles par rapport au scénario Tendanciel sont reprises dans ce tableau ainsi que la part relative des contributions de chaque famille. Les valeurs en pourcentage ont été arrondies.

Tableau 26 - Sensibilité - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - Valeurs différentielles- Horizon 2050 et contribution par familles – Coefficients label E+/C-

Famille	2050 - Volontariste vs Tendanciel		2050 - Alternatif vs Tendanciel		2050 - ONC vs Tendanciel	
	Valeurs en MJ.	Valeurs	Contribution (%)	Valeurs	Contribution (%)	Valeurs
Systèmes constructif	-36 736	14%	-22 527	21%	-53 316	9%
Système constructif mixte	-7 693	3%	-3 971	4%	-1 223	0%
Charpentes	-19 089	7%	2 545	-2%	-282 011	48%
Bois dans l'isolation	-6 988	3%	-3 085	3%	-5 296	1%
Revêtement des sols	-36 449	14%	-11 773	11%	-77 550	13%
Escaliers	-5 717	2%	-8 916	8%	-5 713	1%
Garde-corps	0	0%	0	0%	0	0%
Portes	-3 495	1%	894	-1%	-3 376	1%
Portes d'entrées	0	0%	0	0%	0	0%
Cloisons	-1 050	0%	-457	0%	-430	0%
Lambris	-21 357	8%	-10 624	10%	-20 321	3%
Aménagement intérieur	-39 920	15%	-9 236	9%	-39 920	7%
Produits profilés et moulurés	-14 343	6%	-5 117	5%	-7 774	1%
Fenêtres et portes	-28 026	11%	-12 374	12%	-29 449	5%
Platelage	-24 608	10%	-13 282	13%	-23 163	4%
Parement verticaux extérieurs	-10 030	4%	-6 388	6%	-29 610	5%
Habillages	0	0%	0	0%	0	0%
Clôtures	-2 504	1%	-788	1%	-2 504	0%
Balcons	0	0%	0	0%	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>- 258 000</b>	<b>100%</b>	<b>- 106 000</b>	<b>100%</b>	<b>- 582 000</b>	<b>100%</b>

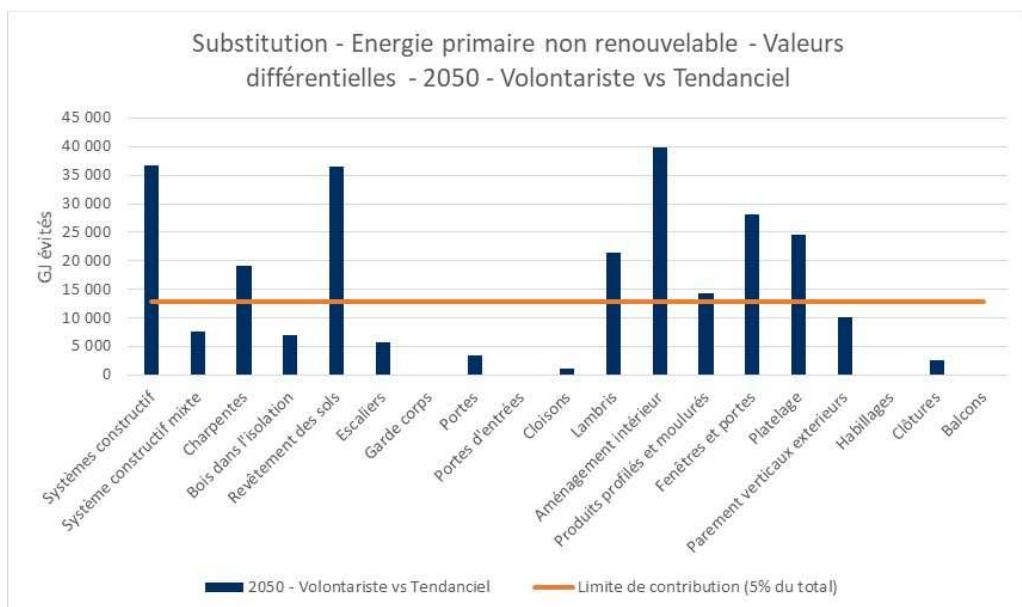
Les graphiques suivants représentent les contributions par famille de produits de manière graphique sous forme d'histogramme uniquement pour l'horizon 2050.

Les valeurs sont fournies en GJ évitées.

La ligne orange représente une limite de contribution fixée à 5% du total. Cela permet d'identifier rapidement les contributeurs importants aux effets de substitution par scénario.

Attention, pour améliorer la lisibilité sur ces questions de contribution, les valeurs négatives ont été rendues positives.

*Figure 32 - Sensibilité - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - 2050 - Scénario Volontariste vs Tendanciel*



*Figure 33 - Sensibilité - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - 2050 - Scénario Alternatif vs Tendanciel*

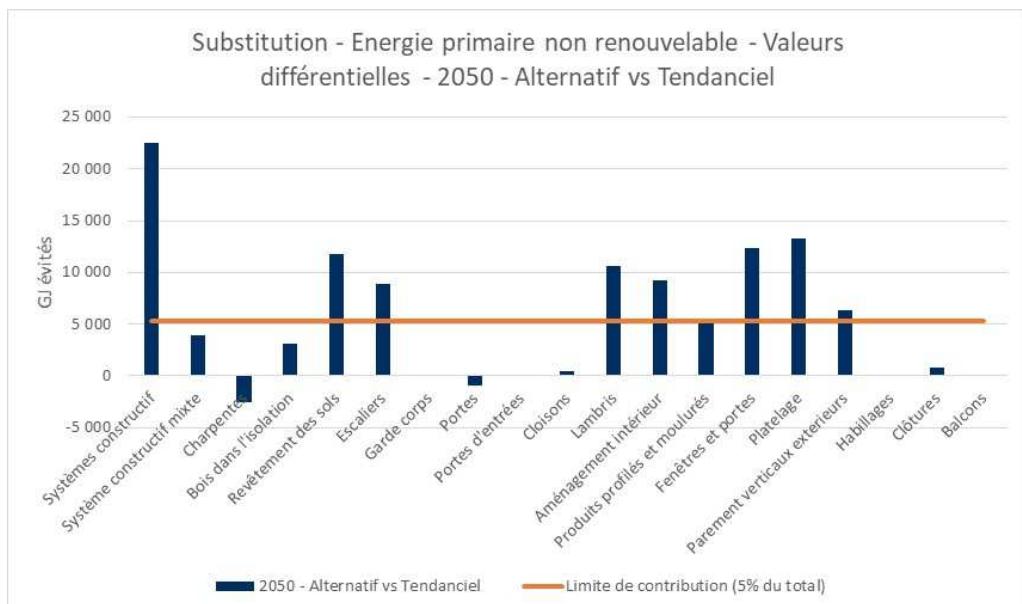
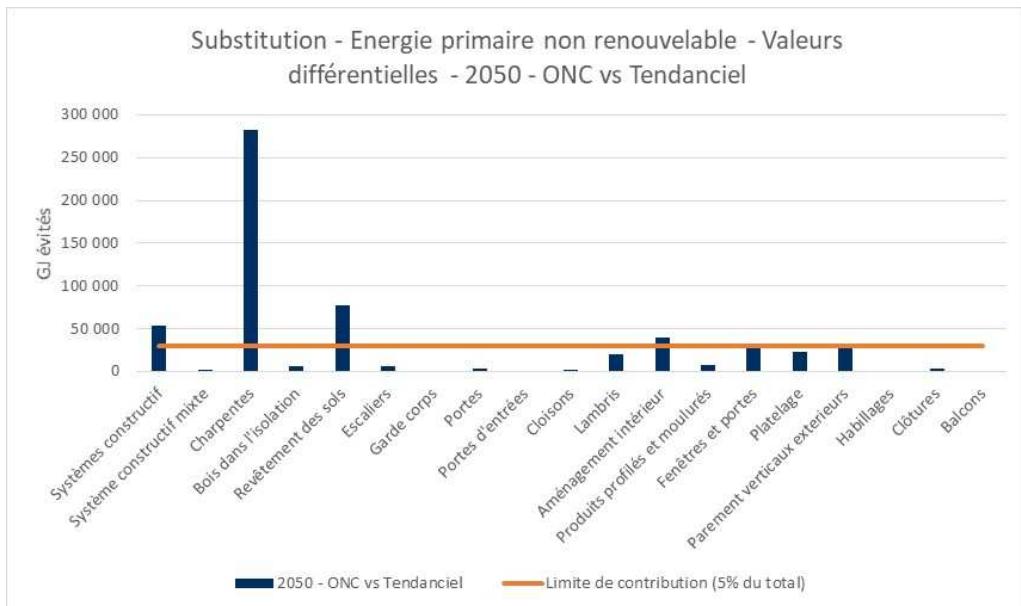


Figure 34 - Sensibilité - Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable - 2050 - Scénario ONC vs Tendanciel



Pour les scénarios Alternatif et Volontariste, il apparaît que les effets de substitution associés à la consommation d'énergie non renouvelable sont portés principalement par les éléments du second œuvre (aménagement, parements, revêtements de sols, fenêtres, lambris). Pour les revêtements de sol, la contribution est essentiellement portée par les parquets (75%) pour l'ensemble des scénarios. En effet, ces parquets viennent se substituer à de la terre cuite et de la céramique ayant un procédé énergivore lors du passage au four. La moindre importance des systèmes constructifs s'explique par le fait que, si le système constructif concurrent principal, à savoir le béton, émet plus CO2 que le système bois, il nécessite une consommation modérée d'énergie dans les FDES françaises. Ce phénomène ne s'observe pas si l'on utilise des données Ecoinvent (voir section 5.2.2) où les profils de contribution des émissions de GES et de la consommation d'énergie non renouvelable sont similaires.

Pour le scénario Objectif Neutralité Carbone, la contribution majeure vient des éléments de structure et notamment de la famille charpente qui évite principalement de la charpente acier plus énergivore.

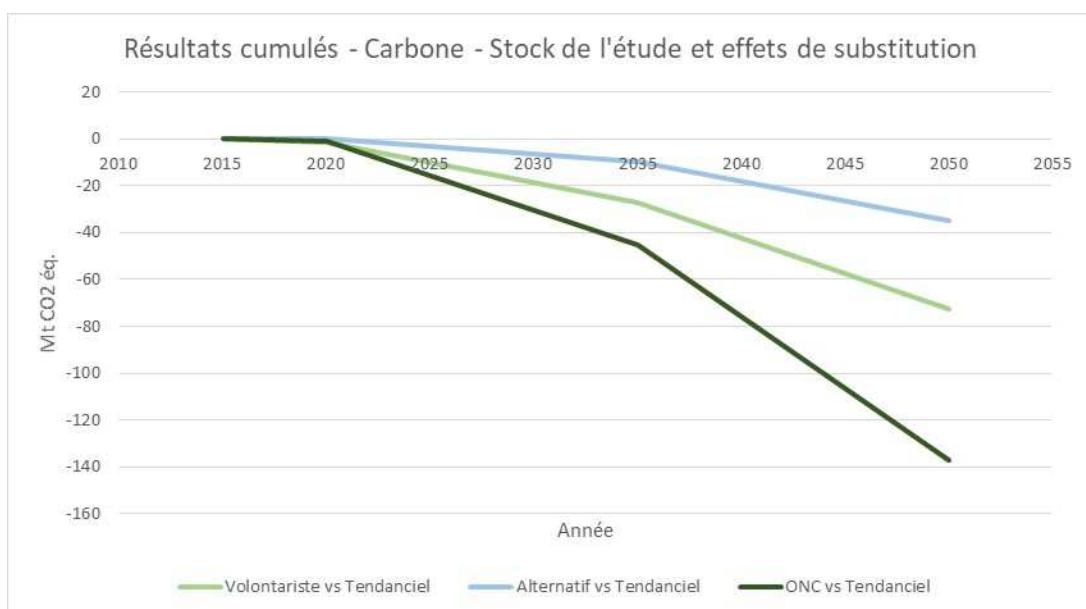
## 5.4 Résultats cumulés

Les résultats cumulés sont représentés en valeurs différentielles par rapport au scénario de référence (scénario « Tendanciel »). Pour les résultats cumulés, les coefficients repris sont ceux calculés à partir des FDES pour être cohérent avec le référentiel actuel du calcul de la performance environnementale des bâtiments. Le total cumulé permet d'évaluer l'impact du calcul de l'empreinte carbone avec la prise en compte du stockage temporaire (ici considéré comme égal à 100% du contenu carbone du produit exprimé en eq. CO<sub>2</sub>).

Selon l'annexe 5 de la SNBC, la neutralité carbone nécessite de produire des « émissions négatives » pour compenser les émissions résiduelles. Ces émissions négatives peuvent notamment résulter d'accroissement de stocks tels que les produits bois. Les émissions évitées par la substitution sont également des émissions négatives. Il a donc été décidé de présenter les résultats cumulés en valeurs négatives.

Le graphique suivant reprend les résultats cumulés pour le stockage carbone et les effets de substitution carbone pour les trois scénarios étudiés. Les résultats sont donnés en millions de tonnes de CO<sub>2</sub> éq.

Figure 35 - Résultats cumulés - Stock de l'étude et substitution matériau GES - Comparaison scénarios



Le tableau suivant reprend les valeurs estimées par rapport au scénario Tendanciel pour l'ensemble des scénarios et des horizons choisis. Les valeurs présentées sont en millions de tonnes de CO<sub>2</sub> éq.

Tableau 27 - Résultats cumulés- Stock de l'étude et effets de substitution - GES- Comparaison scénarios - Valeurs différencielles vs Tendanciel – Mt CO<sub>2</sub> éq. – Calcul type label E+/C- et coefficients FDES

Année	Scénario Volontariste vs			Scénario Alternatif vs			Scénario ONC vs		
	Scénario Tendanciel			Scénario Tendanciel			Scénario Tendanciel		
/	Stock.	Substi.	Total	Stock.	Substi.	Total	Stock.	Substi.	Total
2015	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
2020	- 1	-1	<b>- 2</b>	0	0	<b>0</b>	- 1	-0	<b>- 1</b>
2035	- 16	- 11	<b>- 27</b>	- 6	- 4	<b>- 10</b>	- 24	- 21	<b>- 45</b>
2050	- 40	- 33	<b>- 73</b>	- 20	- 15	<b>- 35</b>	- 70	- 67	<b>- 137</b>

A titre de comparaison, en utilisant les coefficients issus de la recherche (FORMAT / GESFOR) et en considérant l'ensemble du module D (le label E+/C- ne considère qu'un tiers de ce module D), les résultats obtenus seraient plus favorables. Le tableau suivant reprend les valeurs en différentielles par rapport au scénario Tendanciel en tenant compte de ces deux hypothèses.

Tableau 28 - Résultats cumulés- Stock de l'étude et effets de substitution - GES- Comparaison scénarios - Valeurs différencielles vs Tendanciel – Mt CO<sub>2</sub> éq. – Calcul 100% module D- et coefficients FORMAT

Année	Scénario Volontariste vs			Scénario Alternatif vs			Scénario ONC vs		
	Scénario Tendanciel			Scénario Tendanciel			Scénario Tendanciel		
/	Stock.	Substi.	Total	Stock.	Substi.	Total	Stock.	Substi.	Total
2015	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
2020	- 1	-1	<b>- 2</b>	0	0	<b>0</b>	- 1	-1	<b>- 2</b>
2035	- 16	- 17	<b>- 33</b>	- 6	- 7	<b>- 13</b>	- 24	- 27	<b>- 51</b>
2050	- 40	- 53	<b>- 93</b>	- 20	- 26	<b>- 46</b>	- 70	- 98	<b>- 168</b>

En repartant du calcul basé sur les coefficients FDES et de la méthodologie de calcul actuellement utilisée pour évaluer la performance environnementale des bâtiments (type label E+/C-), les graphiques suivants reprennent le détail des contributions du stock carbone de l'étude et des effets de substitution pour les trois scénarios étudiés (voir Tableau 27).

Figure 36 - Résultats cumulés - Stock carbone de l'étude et substitution GES - Scénario Volontariste vs Tendanciel - Calcul type label E+/C- et coefficients FDES

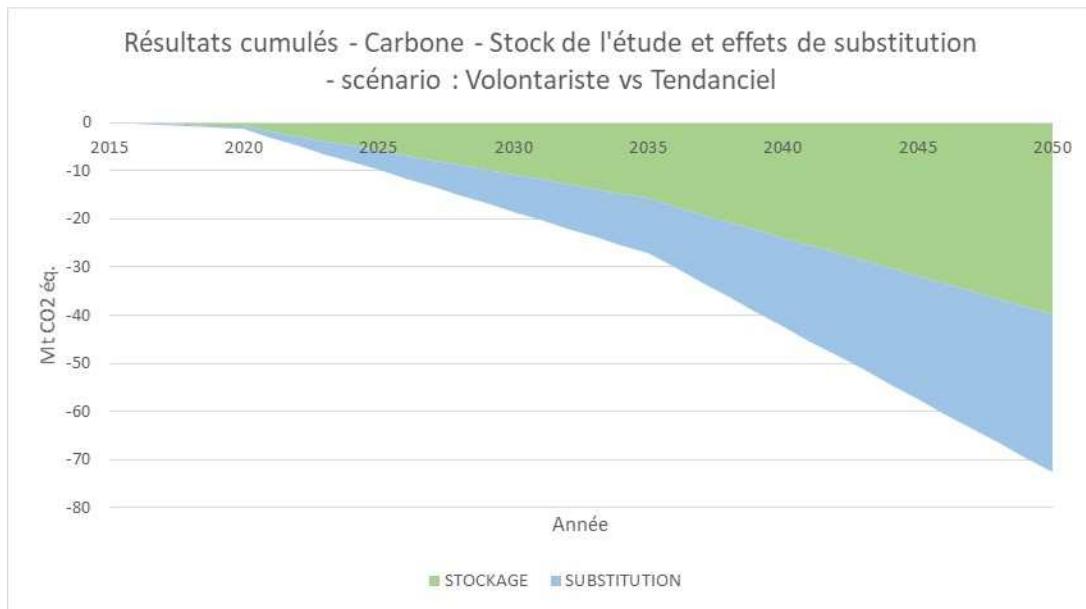


Figure 37 - Résultats cumulés - Stock carbone de l'étude et substitution GES - Scénario Alternatif vs Tendanciel - Calcul type label E+/C- et coefficients FDES

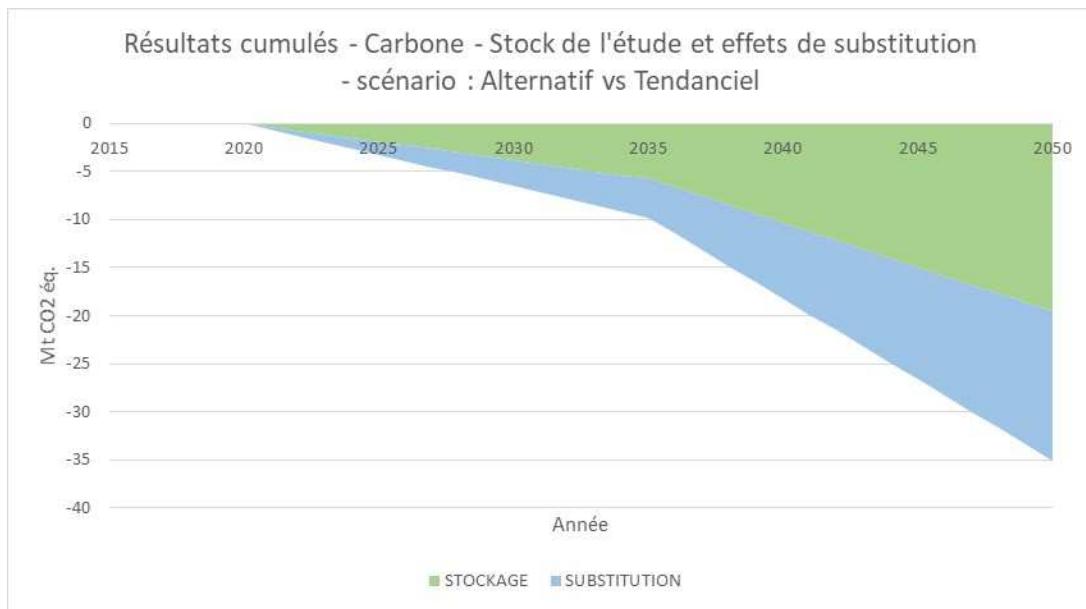
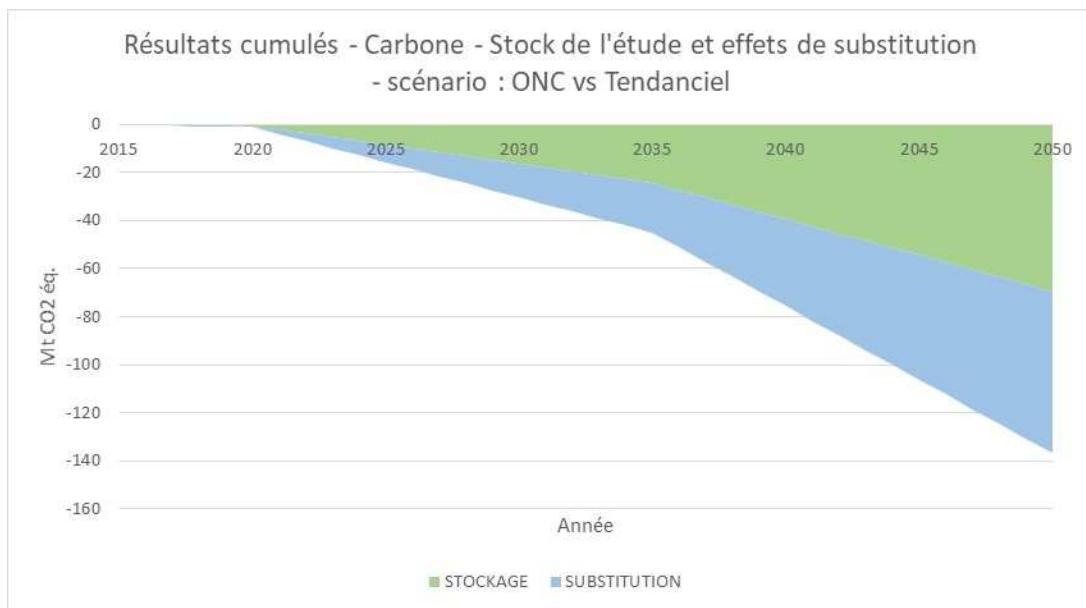


Figure 38 - Résultats cumulés - Stock carbone de l'étude et substitution GES - Scénario ONC vs Tendanciel - Calcul type label E+/C- et coefficients FDES



Cette représentation en cumulé permet de voir les contributions relatives du stock de carbone de l'étude dans les produits bois et des effets de substitution attribués.

Les contributions relatives entre le stock de l'étude et les effets de substitution sur le carbone sont assez similaires pour l'ensemble des trois scénarios. En effet, en 2035, le stock de l'étude contribue à hauteur de 15 à 30 % supplémentaire par rapport aux effets de substitution considérés alors qu'en 2050, cette contribution passe de - 5 à - 20 % supplémentaire.

Le scénario Objectif Neutralité Carbone permet des émissions évitées trois fois plus importantes que dans le scénario Alternatif. Il faut noter que les variations de stocks de carbone dans les forêts selon les différents scénarios n'ont pas été évaluées dans le cadre de cette étude.

A titre informatif, les graphiques suivants présentent les mêmes résultats en excluant les stocks de produits fabriqués à partir de bois non issus de la récolte nationale. L'impact de l'import sur la substitution n'est pas évalué dans cette étude car le taux d'import considéré intègre à la fois des produits importés et des produits fabriqués en France à partir de semi-produits importés. De plus la fin de vie des produits a lieu en France et la substitution associée a donc lieu sur le territoire français.

Le tableau suivant reprend les valeurs estimées par rapport au scénario Tendanciel pour l'ensemble des scénarios et des horizons choisis. Les valeurs présentées sont en millions de tonnes de CO<sub>2</sub> éq.

*Tableau 29 - Résultats cumulés- Stock carbone de l'étude et effets de substitution - GES- Comparaison scénarios - Valeurs différencielles vs Tendanciel – Hors imports pour stock de l'étude - Mt CO<sub>2</sub> éq. - Calcul type label E+/C- et coefficients FDES*

Année	Scénario Volontariste vs Scénario Tendanciel			Scénario Alternatif vs Scénario Tendanciel			Scénario ONC vs Scénario Tendanciel			
	/	Stock.	Substi.	Total	Stock.	Substi.	Total	Stock.	Substi.	Total
2015	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
2020	0	-1	<b>- 1</b>	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	0	- 1	<b>- 1</b>
2035	- 7	- 11	<b>- 18</b>	- 2	- 4	<b>- 7</b>	<b>- 7</b>	- 13	- 21	<b>- 34</b>
2050	- 19	- 33	<b>- 51</b>	- 9	- 16	<b>- 25</b>	<b>- 25</b>	- 38	- 67	<b>- 105</b>

*Figure 39 - Résultats cumulés - Stock carbone de l'étude et substitution GES - Scénario Volontariste vs Tendanciel – Hors imports pour stock de l'étude - Mt CO<sub>2</sub> éq. - Calcul type label E+/C- et coefficients FDES*

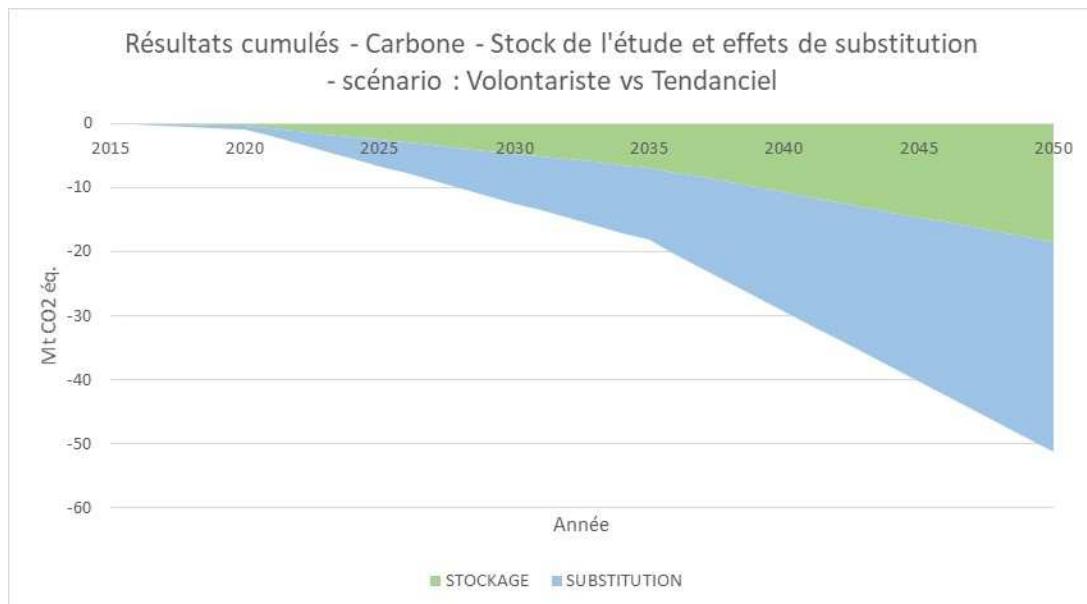


Figure 40 - Résultats cumulés - Stock carbone de l'étude et substitution GES - Scénario Alternatif vs Tendanciel – Hors imports pour stock de l'étude - Mt CO<sub>2</sub> éq. - Calcul type label E+/C- et coefficients FDES

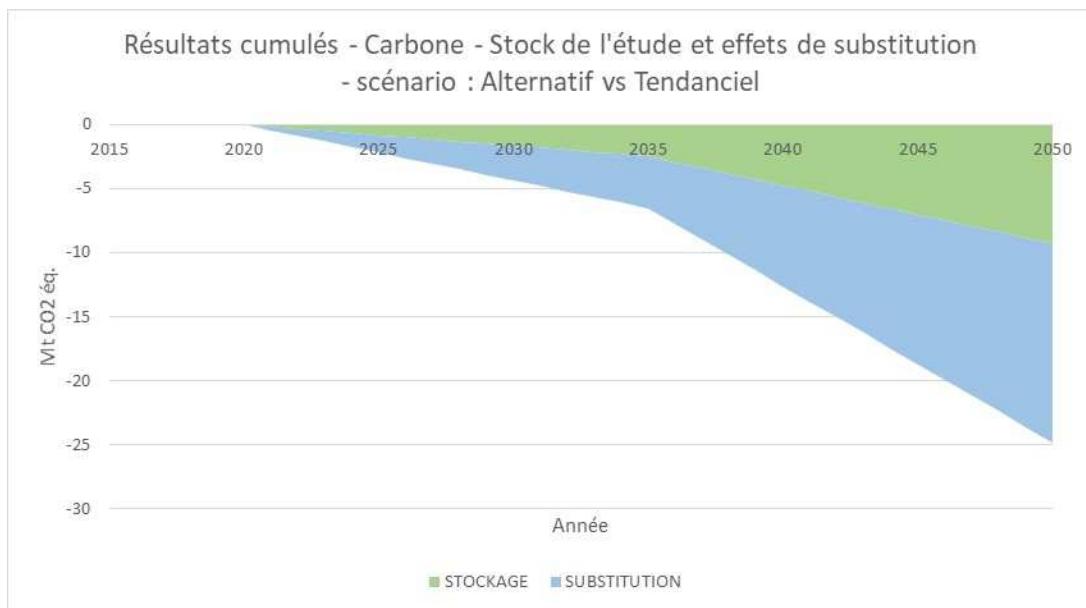
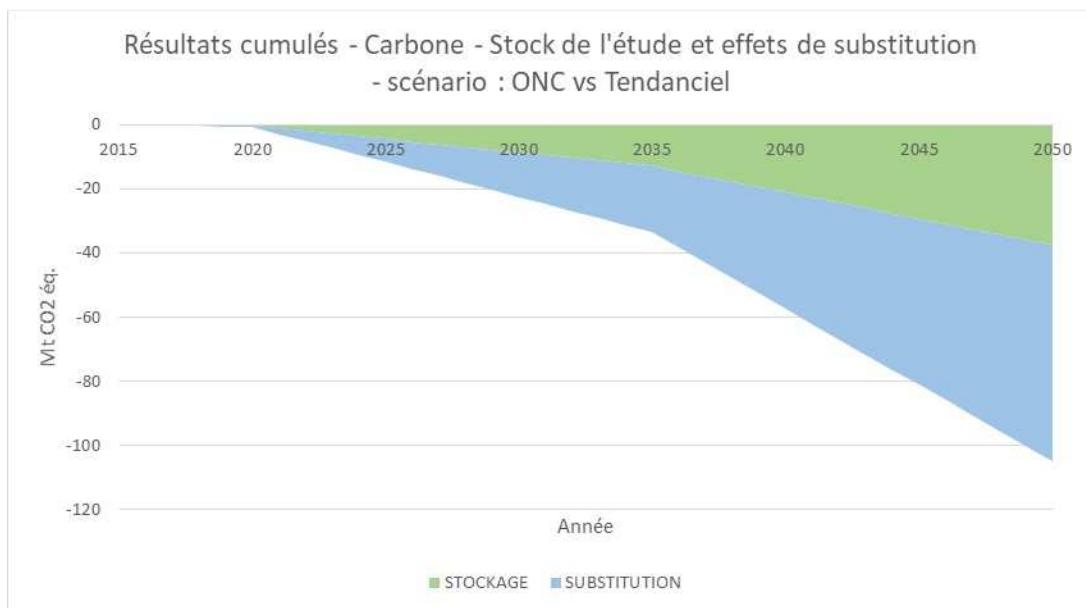


Figure 41 - Résultats cumulés - Stock carbone de l'étude et substitution GES - Scénario ONC vs Tendanciel – Hors imports pour stock de l'étude - Mt CO<sub>2</sub> éq. - Calcul type label E+/C- et coefficients FDES



La prise en compte exclusive des produits fabriqués à partir de la récolte nationale réduit l'impact global de 20% à 30%.

## 6 Conclusions

Dans cette étude, des résultats ont été obtenus sur l'évolution du stock carbone de l'étude dans les produits bois et les effets de substitution des produits bois dans le domaine de la construction, et les éléments d'ameublement intégrés à la construction, selon les différents scénarios de développement de l'utilisation du bois, pour la période 2015-2050.

Ces résultats permettent de quantifier le rôle des secteurs du bâtiment et des secteurs de transformation qui le fournissent, dans la lutte contre le changement climatique, selon l'évolution des parts de marché du bois. Les variations de stocks de carbone dans les forêts selon les différents scénarios n'ont pas été évaluées dans le cadre de cette étude, ce qui représente une limite de l'étude pour pouvoir conclure sur l'impact climatique des différents scénarios évalués. L'horizon de temps limité considéré constitue également une limite de l'étude étant donné le temps d'évolution de la forêt et de ses produits.

Au-delà des aspects quantitatifs, ces résultats permettent d'apporter des premières réponses aux orientations de la SNBC, à savoir :

- **orientation B3** : accroître les niveaux de performance énergie et carbone sur les bâtiments neufs dans les futures réglementations environnementales
- **orientation F2** : maximiser les effets de substitution et le stockage de carbone dans les produits bois en jouant sur l'offre et la demande

En effet, selon l'orientation B3, il est préconisé de privilégier les approches intégrées en analyse du cycle de vie et de permettre une augmentation des réservoirs de carbone au travers du stockage du carbone de l'atmosphère dans les matériaux de construction, tout en maintenant et renforçant le stockage du carbone dans les écosystèmes.

Quant à l'orientation F2, cette dernière préconise notamment de privilégier les usages du bois ayant une longue durée de vie et un potentiel de substitution élevé. Cela pourrait se traduire par une massification du recours au bois français dans la construction. Dans le cadre de cette étude, les scénarios Alternatif, Volontariste et ONC (Objectif Neutralité Carbone) permettent d'atteindre une augmentation de stock respectivement de 107 Mt CO<sub>2</sub> eq., 124 Mt CO<sub>2</sub> eq. et 170 Mt CO<sub>2</sub> eq en 2050 par rapport à 2015. Ainsi, par rapport au scénario Tendanciel, les 3 scénarios permettent d'augmenter le stock respectivement de 20 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>, 40 Mt CO<sub>2</sub> et 70 Mt CO<sub>2</sub> par rapport au scénario tendanciel en 2050. Ces stocks sont respectivement de 9 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>, 19 Mt CO<sub>2</sub> et 38 Mt CO<sub>2</sub> si l'on considère uniquement le delta de stock provenant de bois français.

La SNBC privilégie l'utilisation de bois issu de la récolte nationale. Or, si l'on considère que les taux d'importation ne diminuent pas entre 2015 et 2050, 44% des stocks supplémentaires ne pourront pas être intégrés aux inventaires nationaux. Il est donc important pour la filière forêt bois française d'être en mesure de produire les volumes supplémentaires demandés.

Cette étude est également en accord avec les initiatives actuelles autour de la performance environnementale des bâtiments. En effet, les résultats permettent une évaluation des perspectives d'amélioration de la performance du secteur du bâtiment permis par l'emploi de solution en bois ou utilisant du bois. Ainsi, si l'on estime l'impact de la substitution par des produits de construction bois de produits concurrents, les scénarios Alternatif, Volontariste et ONC (Objectif Neutralité

Carbone) permettent respectivement de gagner 26 Mt CO<sub>2</sub> eq., 53 Mt CO<sub>2</sub> eq. et 98 Mt CO<sub>2</sub> eq par rapport au scénario Tendanciel. Si l'on inclut le stockage temporaire à la substitution, les scénarios Alternatif, Volontariste et ONC (Objectif Neutralité Carbone) permettent respectivement de gagner 46 Mt CO<sub>2</sub> eq., 93 Mt CO<sub>2</sub> eq. et 168 Mt CO<sub>2</sub> eq par rapport au scénario Tendanciel en 2050.

## 7 Bibliographie

- FCBA, & CSTB. (2013). Prise en compte de la fin de vie des produits bois: modélisation ACV et calculs d'impacts pour le recyclage matière et la réutilisation. DHUP, FBF, CODIFAB.
- Picard, O. (2019). Le carbone forestier au coeur de notre société. Forêt Entreprise, (245).
- Pingoud, K., Skog, K., Martino, D. L., Tonosaki, M., & Xiaoquan, Z. (2006). IPCC guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Agriculture, Forestry and Other Land Uses, Harvested Wood Products (No. Vol 4. Chapter 12). IPCC.
- Rüter, S., Werner, F., Forsell, N., Prins, C., Vial, E., & Levet, A.-L. (2016). ClimWood2030, Climate benefits of material substitution by forest biomass and harvested wood products: Perspective 2030 (p. 141 p). Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut.
- Valada, T., Cardellini, G., Vial, E., Levet, A.-L., Muys, B., Lamoulie, J., ... Verbist, B. (2016). FORMIT Project - Deliverable 3.2 - LCA and mitigation potential from forest products (No. D 3.2). The work leading to these results has received funding from the European Community's Seventh Framework Programme under grant agreement n° FP7-311970.
- Vial, E., Cornillier, C., Fortin, M., & Martel, S. (2018). GESFOR - Bilan environnemental des systèmes forestiers vis-à-vis du changement climatique et des autres enjeux : pour une optimisation des pratiques sylvicoles et des politiques territoriales. ADEME.
- Werner, F., Taverna, R., Hofer, P., & Richter, K. (2006). Greenhouse Gas Dynamics of an Increased Use of Wood in Buildings in Switzerland. Climatic Change, 74(1–3), 319–347.

## 8 Annexes

### 8.1 Paramétrage de la base de données de calculs de substitution

La base de données de substitution paramétrée est basée sur les projets GESFOR et FORMIT.

Les ICV (inventaire de cycle de vie) sont issus de la base de données Ecoinvent v2. Le mix électrique français est utilisé pour la fabrication des différents produits.

Les valeurs des paramètres considérés pour cette étude sont reprises dans le tableau suivant.

Tableau 30 - Liste des paramètres et valeurs associées de la base de données sur la substitution

Etape	Paramètre	Unité	Valeur
Général - transport	Charge maximale camion	kg	24000
Général - transport	Taux de retour à vide	%	16%
Général - transport	Consommation du camion à plein	l/100 km	0,43
Général - transport	Consommation du camion à vide	l/100 km	0,26
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre bois - contenu en zinc	kg/unité	0,014
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre bois - contenu en bois	kg/unité	13
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre bois - contenu en acier	kg/unité	0,519
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre bois - contenu en silicone	kg/unité	0,0378
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre bois - contenu en peinture	kg/unité	1,025
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre bois - contenu en polyamide	kg/unité	0,00175
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre bois - contenu en EPDM	kg/unité	0,276
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre bois - contenu en acier chromé	kg/unité	0,00571
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre bois - contenu en peinture	kg/unité	0,147
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre bois - contenu en aluminium	kg/unité	0,246
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre PVC - contenu en zinc	kg/unité	0,01801
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre PVC - contenu en acier	kg/unité	4,9
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre PVC - contenu en PVC	kg/unité	12
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre PVC - contenu en polyamide	kg/unité	0,11
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre PVC - contenu en EPDM	kg/unité	0,284
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre PVC - contenu en acier chromé	kg/unité	0,16
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre PVC - contenu en aluminium	kg/unité	0,0393

Etape	Paramètre	Unité	Valeur
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre - Part de marché de l'aluminium par rapport au PVC	kg/unité	1
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre - rapport entre la durée de vie des produits bois et des produits concurrents	kg/unité	1
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre aluminium - contenu en zinc	kg/unité	0,265
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre aluminium - contenu en acier	kg/unité	0,031
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre aluminium - contenu en polyamide	kg/unité	1,01
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre aluminium - contenu en EPDM	kg/unité	0,886
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre aluminium - contenu en acier chromé	kg/unité	0,0448
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre aluminium - contenu en peinture	kg/unité	0,161
Second œuvre - Fenêtre	Fenêtre aluminium - contenu en aluminium	kg/unité	10,4
Second œuvre - Parquet	Epaisseur du parquet massif (résineux)	mm	23
Second œuvre - Parquet	Epaisseur du parquet massif (feuillus)	mm	13
Second œuvre - Parquet	Densité surfacique du sol en pierre	kg/m <sup>2</sup>	50
Second œuvre - Parquet	Part de marché du sol en pierre par rapport au sol en céramique	%	50%
Second œuvre - Parquet	Différentiel de durée de vie entre les sols alternatifs par rapport au parquet	Ratio	1
Second œuvre - Parquet	Densité surfacique du sol en céramique	kg/m <sup>2</sup>	25
Second œuvre - Parquet	Epaisseur de la couche d'usure	mm	3,2
Second œuvre - Parquet	Epaisseur de la couche de contre-parement	mm	2
Second œuvre - Parquet	Epaisseur de l'âme	mm	9
Second œuvre - cloison	Ratio d'utilisation du plâtre par rapport à l'utilisation de panneau de particule	kg/kg	1,11

Etape	Paramètre	Unité	Valeur
Second œuvre - cloison	Différentiel de durée de vie entre la cloison en plâtre et la cloison en bois	Ratio	1
Second œuvre - Sol stratifié	Densité surfacique du sol PVC	kg/m <sup>2</sup>	3,2
Second œuvre - Sol stratifié	Différentiel de durée de vie entre le sol PVC et le sol stratifié	Ratio	1
Second œuvre - Sol stratifié	Epaisseur du sol stratifié	mm	8
Second œuvre - Isolant	Ratio d'utilisation d'isolant en laine de roche par rapport à l'utilisation de laine de bois	kg/kg	0,37
Second œuvre - Isolant	Ratio d'utilisation d'isolant en polystyrène par rapport à l'utilisation de laine de bois	kg/kg	0,2
Second œuvre - Isolant	Part de marché de l'isolant en laine de roche par rapport au polystyrène	%	56%
Second œuvre - Isolant	Part de marché de l'isolant en laine de verre par rapport aux autres isolants alternatifs	%	27%
Second œuvre - Isolant	Différentiel de durée de vie entre l'isolant alternatif et l'isolant en laine de bois	Ratio	1
Second œuvre - Isolant	Ratio d'utilisation d'isolant en laine de verre par rapport à l'utilisation de laine de bois	kg/kg	0,28
Second œuvre	Elasticité entre la demande et l'offre	Ratio	1
second œuvre - bardage	Epaisseur du bardage	mm	22
second œuvre - bardage	Rendement de production en résineux	%	84%
second œuvre - bardage	Rendement de production en feuillus	%	60%
second œuvre - bardage	Densité surfacique du bardage acier	kg/m <sup>2</sup>	7,37
second œuvre - bardage	Rendement de production en contreplaqué	%	90%
second œuvre - bardage	Epaisseur du bardage en contreplaqué	mm	12

Etape	Paramètre	Unité	Valeur
second œuvre - bardage	Part de marché du bardage acier par rapport au bardage en aluminium	%	88%
second œuvre - bardage	Différentiel de durée de vie entre les bardages alternatifs par rapport au bardage bois	Ratio	1
second œuvre - bardage	Densité surfacique du bardage aluminium	kg/m <sup>2</sup>	7
Gros œuvre - mur porteur extérieur	Volume d'ossature primaire par m <sup>2</sup> de mur	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	0,027
Gros œuvre - mur porteur extérieur	Epaisseur de contreventement en OSB	mm	0,012
Gros œuvre - mur porteur extérieur	Part de marché du mur en brique par rapport au mur en béton	%	0,2
Gros œuvre - mur porteur extérieur	Perte de production pour l'ossature	%	0,03
Gros œuvre - mur porteur extérieur	Perte de production pour le contreventement	%	0,13
Gros œuvre - mur porteur extérieur	Pourcentage de bois abouté dans l'ossature	%	0,5
Gros œuvre - mur porteur extérieur	Ratio d'utilisation de l'acier d'armature du chaînage d'un mur béton par rapport à l'utilisation d'un kg de bois dans le mur	kg/kg	1,16
Gros œuvre - mur porteur extérieur	Ratio d'utilisation du béton du chaînage d'un mur béton par rapport à l'utilisation d'un kg de bois dans le mur	kg/kg	56
Gros œuvre - mur porteur extérieur	Ratio d'utilisation du bloc béton par rapport à l'utilisation d'un kg de bois dans le mur	kg/kg	180
Gros œuvre - mur porteur extérieur	Ratio d'utilisation de l'acier d'armature du chaînage d'un mur en brique par rapport à l'utilisation d'un kg de bois dans le mur	kg/kg	1,16
Gros œuvre - mur porteur extérieur	Ratio d'utilisation du béton du chaînage d'un mur brique par rapport à l'utilisation d'un kg de bois dans le mur	kg/kg	68
Gros œuvre - mur porteur extérieur	Ratio d'utilisation des briques par rapport à l'utilisation d'un kg de bois dans le mur	kg/kg	133

Etape	Paramètre	Unité	Valeur
Gros œuvre - charpente	Ratio d'utilisation de l'acier en charpente métallique par rapport à un kg de bois en charpente bois résineux	kg/kg	0,69
Gros œuvre - charpente	Ratio d'utilisation de l'acier en charpente métallique par rapport à un kg de bois en charpente bois feuillus	kg/kg	0,63
Gros œuvre	Différentiel de durée de vie entre la durée de vie des structures en matériaux alternatifs et les structures bois	Ratio	1
Gros œuvre - charpente bâtiment industriel	Part de marché de la charpente acier par rapport à la charpente béton	%	0,5
Gros œuvre - charpente bâtiment industriel	Ratio d'utilisation d'acier d'une charpente acier par rapport à l'utilisation d'un kg de bois dans la charpente bois d'un bâtiment industriel	kg/kg	1,346
Gros œuvre - charpente bâtiment industriel	Ratio d'utilisation de l'acier d'armature d'une charpente acier par rapport à l'utilisation d'un kg de bois dans la charpente bois d'un bâtiment industriel	kg/kg	-0,055
Gros œuvre - charpente bâtiment industriel	Ratio d'utilisation de béton d'une charpente acier par rapport à l'utilisation d'un kg de bois dans la charpente bois d'un bâtiment industriel	kg/kg	-1,022
Gros œuvre - charpente bâtiment industriel	Ratio d'utilisation de l'acier d'armature d'une charpente béton par rapport à l'utilisation d'un kg de bois dans la charpente bois d'un bâtiment industriel	kg/kg	0,211
Gros œuvre - charpente bâtiment industriel	Ratio d'utilisation de béton d'une charpente béton par rapport à l'utilisation d'un kg de bois dans la charpente bois d'un bâtiment industriel	kg/kg	6,038
Gros œuvre	Elasticité entre la demande et l'offre	Ratio	1
Procédé	Consommation d'électricité de la seconde transformation	kWh/m <sup>3</sup>	54
Ameublement	Meuble en panneau de particule - contenu en panneau de particule	m <sup>3</sup> /unité	0,0324
Ameublement	Meuble en panneau de particule - contenu en HDF	m <sup>3</sup> /unité	0,00072

Etape	Paramètre	Unité	Valeur
Ameublement	Meuble en acier - contenu en acier	kg/unité	12,6
Ameublement	Meuble en acier - contenu en laque	kg/unité	0,415
Ameublement	Différentiel de durée de vie entre la durée de vie d'un meuble en matériau concurrent et d'un meuble en bois	Ratio	1
Ameublement	Elasticité entre la demande et l'offre	Ratio	1
Composition matière première	Taux de matière primaire - Acier d'armature	%	10%
Composition matière première	Taux de matière primaire - Acier	%	63%
Composition matière première	Taux de matière primaire - Aluminium	%	67%
Composition matière première	Densité des sciages résineux	kg/m <sup>3</sup>	540
Composition matière première	Densité de la laine de bois	kg/m <sup>3</sup>	140
Composition matière première	Densité du panneau de particule	kg/m <sup>3</sup>	680
Composition matière première	Densité du contreplaqué	kg/m <sup>3</sup>	784
Composition matière première	Densité de l'OSB	kg/m <sup>3</sup>	584,5
Composition matière première	Densité des panneaux MDF	kg/m <sup>3</sup>	780
Composition matière première	Densité des sciages feuillus	kg/m <sup>3</sup>	678
Composition matière première	Densité des panneaux HDF	kg/m <sup>3</sup>	900
Composition matière première	Densité du béton	kg/m <sup>3</sup>	2380
Devenir de l'acier	Taux de recyclage	%	90%
Devenir de l'acier	Part de ce qui n'est pas recyclé ni valorisé énergétiquement qui est incinéré	%	50%
Devenir de l'acier	Part de ce qui n'est pas recyclé qui est valorisé énergétiquement	%	0%
Devenir du PVC	Taux de recyclage	%	14%

Etape	Paramètre	Unité	Valeur
Devenir du PVC	Part de ce qui n'est pas recyclé ni valorisé énergétiquement qui est incinéré	%	55%
Devenir du PVC	Part de ce qui n'est pas recyclé qui est valorisé énergétiquement	%	0%
Devenir du PS	Taux de recyclage	%	0%
Devenir du PS	Part de ce qui n'est pas recyclé ni valorisé énergétiquement qui est incinéré	%	55%
Devenir du PS	Part de ce qui n'est pas recyclé qui est valorisé énergétiquement	%	45%
Devenir du plastique	Taux de recyclage	%	0%
Devenir du plastique	Part de ce qui n'est pas recyclé ni valorisé énergétiquement qui est incinéré	%	55%
Devenir du plastique	Part de ce qui n'est pas recyclé qui est valorisé énergétiquement	%	0%
Devenir de la laine minérale	Taux de recyclage	%	0%
Devenir de la laine minérale	Part de ce qui n'est pas recyclé ni valorisé énergétiquement qui est incinéré	%	0%
Devenir de la laine minérale	Part de ce qui n'est pas recyclé qui est valorisé énergétiquement	%	0%
Devenir de l'aluminium	Taux de recyclage	%	90%
Devenir de l'aluminium	Part de ce qui n'est pas recyclé ni valorisé énergétiquement qui est incinéré	%	50%
Devenir de l'aluminium	Part de ce qui n'est pas recyclé qui est valorisé énergétiquement	%	0%
Devenir des matériaux minéraux	Taux de recyclage	%	85%
Devenir des matériaux minéraux	Part de ce qui n'est pas recyclé ni valorisé énergétiquement qui est incinéré	%	0%

Etape	Paramètre	Unité	Valeur
Devenir des matériaux minéraux	Part de ce qui n'est pas recyclé qui est valorisé énergétiquement	%	0%
Incineration	Pourcentage d'énergie convertie en chaleur (par opposition à la production d'électricité)	%	67%
Incineration	Efficacité énergétique	%	35%
Valorisation énergétique	Pourcentage d'énergie convertie en chaleur (par opposition à la production d'électricité)	%	81%
Valorisation énergétique	Efficacité énergétique	%	85%
Valorisation énergétique et incinération	Production de chaleur évitée - Part d'utilisation de fuel hors utilisation de charbon et de lignite	%	9%
Valorisation énergétique et incinération	Production de chaleur évitée - Part d'utilisation de lignite hors utilisation de charbon	%	0%
Valorisation énergétique et incinération	Production de chaleur évitée - Part d'utilisation de charbon	%	14%
Devenir des déchets bois d'ameublement	Taux de recyclage	%	0%
Devenir des déchets bois d'ameublement	Taux de mise en décharge	%	Variable entre 50% et 5%
Devenir des déchets bois d'ameublement	Taux d'incinération	%	0%
Devenir des déchets bois d'ameublement	Taux de valorisation énergétique	%	Variable entre 50% et 95%
Devenir des déchets bois de gros œuvre	Taux de recyclage	%	0%
Devenir des déchets bois de gros œuvre	Taux de mise en décharge	%	Variable entre 50% et 5%
Devenir des déchets bois de gros œuvre	Taux d'incinération	%	0%

Etape	Paramètre	Unité	Valeur
Devenir des déchets bois de gros œuvre	Taux de valorisation énergétique	%	Variable entre 50% et 95%
Devenir des déchets bois de second œuvre	Taux de recyclage	%	0%
Devenir des déchets bois de second œuvre	Taux de mise en décharge	%	Variable entre 50% et 5%
Devenir des déchets bois de second œuvre	Taux d'incinération	%	0%
Devenir des déchets bois de second œuvre	Taux de valorisation énergétique	%	Variable entre 50% et 95%
Devenir des déchets bois de seconde transformation	Taux de recyclage	%	0%
Devenir des déchets bois de seconde transformation	Taux d'utilisation interne (pas de substitution associée)	%	20%
Devenir des déchets bois de seconde transformation	Taux de mise en décharge	%	0%
Devenir des déchets bois de seconde transformation	Taux d'incinération	%	0%
Devenir des déchets bois de seconde transformation	Taux de valorisation énergétique	%	80%

Certains paramètres de la base de données peuvent faire l'objet d'une simulation Monte-Carlo, ainsi tous les paramètres varient entre 0 et 1 et le dernier se déduit des autres.

Exemple pour le devenir des déchets d'aluminium :

- Taux de recyclage = « Taux de recyclage »
- Taux de valorisation énergétique =  $(1 - \text{« Taux de recyclage »}) \times \text{« Part de ce qui n'est pas recyclé qui est valorisé énergétiquement »}$
- Taux d'incinération =  $(1 - \text{« Taux de recyclage »}) \times (1 - \text{« Part de ce qui n'est ni recyclé ni valorisé énergétiquement »}) \times \text{« Part de ce qui n'est ni recyclé ni valorisé énergétiquement qui est incinéré »}$ 
  - L'incinération est distinguée de la valorisation énergétique car le rendement n'est pas le même.
- Taux de mise en décharge =  $(1 - \text{« Taux de recyclage »}) \times (1 - \text{« Part de ce qui n'est ni recyclé qui est valorisé énergétiquement »}) \times (1 - \text{« Part de ce qui n'est ni recyclé ni valorisé énergétiquement qui est incinéré »})$

Le mix d'énergie fossile substitué par l'utilisation de bois est ainsi :

- Charbon : 14% ;
- Lignite : 0% ;
- Fuel : 7,7% ;
- Gaz naturel : 78,7%.

Le devenir des déchets bois en fin de vie est décrit dans la section 4.2.3.

## 8.2 Modélisation de la substitution du plancher

### 8.2.1 Etablissement du coefficient d'équivalence

Ce modèle a été rajouté aux modèles développés pour le projet FORMIT (Valada et al., 2016) et a été développé dans le projet GESFOR (Vial et al., 2018). Il est basé sur des calculs réalisés par le pôle Construction de FCBA.

Les planchers étudiés correspondent à une maison individuelle et à des bureaux.

Charges d'exploitations : 150kg/m<sup>2</sup>

*Tableau 31 - Description des planchers bois et concurrents pour un plancher de maison individuelle*

Quantitatifs pour 1m <sup>2</sup> de plancher		
Plancher bois		
Bois massif	0,0325	m <sup>3</sup>
OSB	0,0205	m <sup>3</sup>
Acier	0,3	kg
Plancher béton - Composition Dalle pleine		
Béton coulé 20cm	440	kg
Acier	12	kg

Charges d'Exploitations : 250kg/m<sup>2</sup>

Tableau 32 - Description des planchers bois et concurrents pour un plancher de bureaux

Quantitatifs pour 1m <sup>2</sup> de plancher		
Plancher bois		
Bois massif (20%)	0,00906	m <sup>3</sup>
Bois abouté (80%)	0,0403	
OSB	0,0238	m <sup>3</sup>
Acier	0,3	kg
Plancher béton - Composition Dalle pleine		
Pré-dalle	150	kg
Béton coulé (12cm)	265	kg
Acier	12	kg

Tableau 33 - Composition d'une pré-dalle

Quantitatif (kg/m <sup>2</sup> )	
Prédalle béton armé	
Béton	116,75
Acier	8,25
Prédalle béton constraint	
Béton	120
Acier	1,85

La pré-dalle modélisée est une pré-dalle moyenne entre la pré-dalle en béton armé et la pré-dalle en béton pré-constraint en adaptant les quantitatifs d'acier et de béton au quantitatif modélisé par le plancher (150 kg/m<sup>2</sup>).

En moyenne, 1 kg de bois remplace 0,34 kg de ferraille à béton et 12 kg de béton.

### 8.2.2 Inventaire de Cycle de Vie (ICV) du plancher bois

Les impacts de la production du plancher sont reprises dans le tableau suivant.

Tableau 34 - Données d'Inventaire de Cycle de Vie (ICV) pour la fabrication d'1 m<sup>2</sup> de plancher bois

Flux	Quantité	Unité	Source	ICV de la base de données Ecoinvent utilisé
Électricité	54	kWh	Moyenne des consommations d'électricité pour seconde transformation	Electricity, medium voltage, production FR, at grid/FR U
Diesel	2,16	Litres	Données FDES plancher	Diesel, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U
Sciages	1,03*(50%*20%*0,0403+50%*0,0325)	m <sup>3</sup>	Donnée moyenne perte ossature 50% de bâtiment tertiaire, 50% de logement 20% de bois massif dans le tertiaire	Sawn timber, softwood, raw, kiln dried, u=20%, at plant/RER U (avec électricité France)
Abouté	1,03*(50%*80%*0,0403)	m <sup>3</sup>	Donnée moyenne perte ossature 50% de bâtiment tertiaire, 50% de logement	Données FCBA
OSB	1,13*(50%*0,0238+50%*0,0205)	m <sup>3</sup>	Données moyenne perte contreventement 50% de bâtiment tertiaire, 50% de logement	Oriented strand board, at plant/RER U (avec électricité France)
Ferrures	0,3	kg	Données FDES plancher	63% Steel, converter, unalloyed, at plant/RER U 37% Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER U
Plancher bois	1	m <sup>2</sup>		
Déchets de seconde transformation	(1,03-1) * (50%*20%*0,0403+50%*0,0325) * 540+ 1,03*(50%*80%*0,0403)*540 + (1,13-1) * (50%*0,0238+50%*0,0205) * 584,5	kg	Différentiel entre entrée et sortie	20% d'utilisation en moyenne en interne sans substitution 80% d'utilisation en substitution énergétique

### 8.2.3 Inventaire de cycle de vie du plancher en béton

Les impacts de la production du plancher béton sont basés sur les données suivantes :

*Tableau 35 - Données d'inventaire pour la fabrication d'1 m<sup>2</sup> de plancher béton*

Flux	Quantité	Unité	Source	ICV de la base de données Ecoinvent utilisé
Béton	50%*440+50%*405	kg	Pôle construction FCBA	Concrete, normal, at plant/CH U
Armature	50%*12+50%*18	kg	Pôle construction FCBA	10% Steel, converter, unalloyed, at plant/RER U 90% Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER U
Fabrication de l'armature	50%*12+50%*18	kg		Hot rolling, steel/RER U
Plancher béton	1	m <sup>2</sup>		

## 8.3 Modélisation de la substitution du CLT

### 8.3.1 Etablissement du coefficient d'équivalence

Ce modèle a été rajouté aux modèles développés pour le projet FORMIT (Valada et al., 2016). Il est basé sur des calculs réalisés par le pôle Construction de FCBA pour ce projet.

*Tableau 36 - Description de la solution bois et de la solution béton pour le CLT*

Bois (unité m <sup>2</sup> de surface habitable)					Voile béton (unité: m <sup>2</sup> de surface habitable)	
Ouvrage	Type de logement	Produit "FCBA"	Nature du matériau	Descriptif	Volume de béton (dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	Armatures métalliques (kg/m <sup>2</sup> )
CLT	Logement collectif	<b>Parois porteuses de façades</b>	volume bois	<i>murs ép 140mm</i>	<i>voile béton ép 180mm</i>	<i>Treillis soudés + fer HA</i>
				123,03 dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	158,18 dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	12 kg/m <sup>2</sup>

En moyenne, 1 kg de bois remplace 0,18 kg de ferraille à béton et 5,24 kg de béton (en considérant une densité du bois de 540 kg/m<sup>3</sup>, une densité du béton de 2 200 kg/m<sup>3</sup> et une densité des ferrailles de 7 500 kg/m<sup>3</sup>).

Il est considéré que la mise en œuvre d'un m<sup>3</sup> de CLT nécessite 6,9 kg de ferrures qui sont également modélisées.

### 8.3.2 Inventaire de cycle de vie du CLT

Les impacts de la production du plancher sont repris dans le tableau suivant.

Tableau 37 - Données d'Inventaire de Cycle de Vie (ICV) pour la fabrication d'1 m3 de CLT

Flux	Quantité	Unité	Source	ICV de la base de données Ecoinvent utilisé
Electricité	55	kWh	FDES CLT	Electricity, medium voltage, production FR, at grid/FR U
Sciages	1/0,66	m <sup>3</sup>	FDES CLT	Sawn timber, softwood, raw, kiln dried, u=20%, at plant/RER U (avec électricité France)
Colle MUF	0,5	kg	FDES CLT	Melamine formaldehyde resin {GLO}  market for   Cut-off, S
Colle PU	5,1	kg	FDES CLT	Données PURBOND
Ferrures	6,9	kg	FDES CLT	63% Steel, converter, unalloyed, at plant/RER U 37% Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER U
CLT	1	m <sup>3</sup>		
Déchets colle	0,357	kg	FDES CLT	Disposal, polyurethane, 0.2% water, to municipal incineration/CH U
Déchets de seconde transformation	(1/0,66-1)*540	kg	Différentiel entre entrée et sortie	20% d'utilisation en moyenne en interne sans substitution 80% substitution énergétique

Pour 1 m<sup>2</sup> de surface habitable, un volume de 0,123 m<sup>3</sup> de CLT est utilisé en façade porteuse

### 8.3.3 Inventaire de cycle de vie de la paroi porteuse en béton

Tableau 38 - Données d'Inventaire de Cycle de Vie (ICV) d'une paroi porteuse en béton pour 1 m<sup>2</sup> de surface habitable

Flux	Quantité	Unité	Source	ICV de la base de données Ecoinvent utilisé
Béton	0,158*2380=376	kg	Voir section 8.3.1	Concrete, normal, at plant/CH U
Armature	12	kg	Voir section 8.3.1	10% Steel, converter, unalloyed, at plant/RER U 90% Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER U
Fabrication de l'armature	12	kg	Voir section 8.3.1	Hot rolling, steel/RER U
Surface habitable	1	m <sup>2</sup>		

## 8.4 Modélisation de la substitution du système constructif mixte bois béton

### 8.4.1 Etablissement du coefficient d'équivalence

Ce modèle a été rajouté aux modèles développés pour le projet FORMIT (Valada et al., 2016). Il est basé sur des calculs réalisés par le pôle Construction de FCBA pour ce projet.

Tableau 39 - Description de la solution bois et de la solution béton pour le système constructif mixte bois béton

Bois (unité m <sup>2</sup> de surface habitable)					Plancher béton (unité: m <sup>2</sup> de surface habitable)		
Ouvrage	Type de logement	Produit "FCBA"	Nature du matériau	Descriptif	Volume de béton (dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	Armatures métalliques (kg/m <sup>2</sup> )	
<b>Système constructif mixte</b>	Logement collectif	<b>Planchers mixte bois-béton</b>	volume bois	<i>solives 120 x 220 entraxe 60mm</i>	<i>Dalle béton ép 200mm</i>	<i>Treillis soudés + fer HA</i>	
				52,80 dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>			
			volume panneaux	<i>Contreplaqué ép 22mm (avec solives entraxe 60mm)</i>	200,00 dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>		
				22,00 dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>			
				<i>Dalle béton ép 80mm</i>			
			Volume béton	80,00 dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	15,00 kg/m <sup>2</sup>		
				<i>Treillis soudés + fer HA</i>			
			Armatures métalliques	12,00 kg/m <sup>2</sup>			

En moyenne, 1 kg de bois remplace 0,18 kg de ferraille à béton et 5,76 kg de béton (en considérant une densité du bois de 540 kg/m<sup>3</sup>, une densité du contreplaqué de 784 kg/m<sup>3</sup>; une densité du béton de 2 380 kg/m<sup>3</sup> et une densité des ferrailles de 7 500 kg/m<sup>3</sup>)

#### 8.4.2 Inventaire de cycle de vie du plancher mixte bois béton

Il n'existe pas de données d'inventaire de cycle vie de vie sur la fabrication des planchers mixte. Les impacts de la production du plancher sont donc basés sur les données de fabrication du plancher bois (voir section 8.2.2).

Les données de production des éléments en béton du plancher mixte sont similaires à celles du plancher béton présentées ci-dessous.

#### 8.4.3 Inventaire de cycle de vie du plancher béton

Tableau 40 - Données d'Inventaire de Cycle de Vie (ICV) d'un plancher béton pour 1 m<sup>2</sup> de surface habitable

Flux	Quantité	Unité	Source	ICV de la base de données Ecoinvent utilisé
Béton	0,2*2380=476	kg	Voir section 8.4.1	Concrete, normal, at plant/CH U
Armature	15	kg	Voir section 8.4.1	10% Steel, converter, unalloyed, at plant/RER U 90% Steel, electric, un- and low-alloyed, at plant/RER U
Fabrication de l'armature	15	kg	Voir section 8.4.1	Hot rolling, steel/RER U
Surface habitable	1	m <sup>2</sup>		

## 8.5 Coefficients de substitution utilisés dans cette étude

Le tableau suivant présente les coefficients de substitution utilisés dans l'étude intégrant à la fois la substitution ayant lieu en phase de production et en phase de fin de vie.

Dans ce tableau, le terme « nc » pour « non concerné » signifie que, dans les données fournies par le BIPE, les valeurs n'étaient pas renseignées. En d'autres termes, cela signifie que la colonne « Produit » est vide.

Tableau 41 - Ensemble des coefficients de substitution matériau utilisés dans l'étude

Usage	Ouvrage - Produit	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)
FORMAT/GESFOR							
		2015	2015	2050	2050	2015	2015
Systèmes constructif	CLT - Parois porteuses de façades	-1,15	-17,78	-1,72	-27,02	-0,90	-0,73
Systèmes constructif	CLT - Parois porteuses internes	-1,15	-17,78	-1,72	-27,02	-0,90	-0,73
Systèmes constructif	CLT - Planchers	-1,15	-17,78	-1,72	-27,02	-0,90	-0,73
Systèmes constructif	Ossature bois - Parois porteuses de façades - Bois	-1,79	-21,77	-2,38	-31,29	-0,82	-2,14
Systèmes constructif	Ossature bois - Parois porteuses de façades - Panneaux	-1,43	-9,52	-2,02	-19,03	-0,82	0,41
Systèmes constructif	Ossature bois - Parois porteuses internes - Bois	-1,79	-21,77	-2,38	-31,29	-0,82	-2,14
Systèmes constructif	Ossature bois - Parois porteuses internes - Panneaux	-1,43	-9,52	-2,02	-19,03	-0,82	-2,14
Systèmes constructif	Ossature bois - Planchers - Bois	-1,93	-22,53	-2,51	-31,77	-1,28	-11,43
Systèmes constructif	Ossature bois - Planchers - Panneaux	-1,56	-9,90	-2,13	-19,14	-1,28	-11,43
Systèmes constructif	Poteaux poutres - Porteurs verticaux	-1,05	-18,22	-1,62	-27,47	-1,32	-26,45

Usage	Ouvrage - Produit	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)
		FORMAT/GESFOR					
		2015	2015	2050	2050	2015	2015
Systèmes constructif	Poteaux poutres - Parois ossatures de remplissage interne - Bois	-1,79	-21,77	-2,38	-31,29	-0,82	0,41
Systèmes constructif	Poteaux poutres - Parois ossatures de remplissage interne - Panneaux	-1,43	-9,52	-2,02	-19,03	-0,82	-2,14
Systèmes constructif	Poteaux poutres - Planchers - Bois	-1,93	-22,53	-2,51	-31,77	-1,28	-3,17
Systèmes constructif	Poteaux poutres - Planchers - Panneaux	-1,56	-9,90	-2,13	-19,14	-1,28	-11,31
Systèmes constructif	Poteaux poutres - Parois ossatures de remplissage en façades (non porteuses) bois	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Systèmes constructif	Poteaux poutres - Parois ossatures de remplissage en façades (non porteuses) panneaux	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Système constructif mixte	Système constructif mixte - Façade ossature bois sur supports hors filière bois - Bois	-1,79	-21,77	-2,38	-31,29	-0,82	-2,14
Système constructif mixte	Système constructif mixte - Façade ossature bois sur supports hors filière bois - Panneaux	-1,43	-9,52	-2,02	-19,03	-0,82	-2,14
Système constructif mixte	Système constructif mixte - Planchers mixte bois-béton - Bois	-0,63	-11,26	-1,21	-20,50	-1,26	-21,91

Usage	Ouvrage - Produit	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)
		FORMAT/GESFOR					
		2015	2015	2050	2050	2015	2015
Système constructif mixte	Système constructif mixte - Planchers mixte bois-béton - Panneaux	-0,12	2,57	-0,69	-6,67	-1,26	-21,91
Charpentes	Charpente industrielle - Charpentes industrielles en bois	-0,77	-18,21	-1,34	-27,45	-0,89	-8,74
Charpentes	Charpente traditionnelle - Pannes, fermes et chevrons bois	-0,77	-18,21	-1,34	-27,45	-0,89	-8,74
Charpentes	Charpente traditionnelle - Pannes, fermes et chevrons en lamellé collé	-1,05	-18,22	-1,62	-27,47	-1,32	-26,45
Charpentes	Charpente traditionnelle - Système mixte chevrons bois / pannes et fermes autres	-0,77	-18,21	-1,34	-27,45	-0,89	-8,74
Charpentes	Charpente traditionnelle - Bois support de couverture - Lattis	-0,77	-18,21	-1,34	-27,45	-0,89	-8,74
Charpentes	Charpente traditionnelle - Bois support de couverture - Volige	-0,77	-18,21	-1,34	-27,45	-0,89	-8,74
Charpentes	Structure porteuse de la toiture-terrasse - Support bois de la toiture terrasse - Bois	-1,93	-22,53	-2,51	-31,77	-1,28	-11,43
Charpentes	Structure porteuse de la toiture-terrasse - Support bois de la toiture terrasse - Panneaux	-1,56	-9,90	-2,13	-19,14	-1,28	-11,43

Usage	Ouvrage - Produit	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)
		FORMAT/GESFOR					
		2015	2015	2050	2050	2015	2015
Charpentes	Structure porteuse de la toiture-terrasse - Support lamellé collé de la toiture terrasse	-1,05	-18,22	-1,62	-27,47	-1,32	-26,45
Bois dans l'isolation	Bois d'ITE - Bois d'ITE	-0,77	-18,21	-1,34	-27,45	-1,26	-21,91
Bois dans l'isolation	Fibre bois isolante - Fibre bois isolante	-0,56	-11,39	-1,18	-21,48	-1,26	-21,91
Revêtement des sols	Parquets - Regroupe a) les parquets en bois massifs cloués sur profils bois (lambourdes ou solives), b) les parquets contre collés posés, c) Les parquets collés en bois massif	-2,42	-48,82	-3,05	-58,90	-2,88	-15,94
Revêtement des sols	Stratifiés - nc	-1,21	-14,45	-1,84	-24,54	-1,26	-21,91
Revêtement des sols	Planchers-plaque - nc	-2,42	-48,82	-3,05	-58,90	-2,88	-15,94
Escaliers	Escaliers mixtes bois/acier (garde-corps ou mains courantes simple face) - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-0,79	-4,62
Escaliers	Escaliers bois 100% (garde-corps ou mains courantes simple face) - Bois - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-0,79	-4,62

Usage	Ouvrage - Produit	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)
		FORMAT/GESFOR					
		2015	2015	2050	2050	2015	2015
Escaliers	Escaliers bois 100% (garde-corps ou mains courantes simple face) - Panneaux - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-0,79	-4,62
Garde corps	Garde corps - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Portes	Portes palières (bois) - Bois - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Portes	Porte coupe-feu (bois) - Bois - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Portes	Portes intérieures non techniques - Bois - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Portes	Porte d'hôtel (isolation acoustique et coupe-feu) - Bois - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Portes	Portes de bureau (isolation acoustique) - Bois - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Portes d'entrées	Portes d'entrées (bois & mixte bois/verre) - Bois - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Portes	Portes palières (bois) - Panneaux - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Portes	Porte coupe-feu (bois) - Panneaux - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Portes	Portes intérieures non techniques - Panneaux - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Portes	Porte d'hôtel (isolation acoustique et coupe-feu) - Panneaux - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Portes	Portes de bureau (isolation acoustique) - Panneaux - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91

Usage	Ouvrage - Produit	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)
		FORMAT/GESFOR					
		2015	2015	2050	2050	2015	2015
Portes d'entrées	Portes d'entrées (bois & mixte bois/verre) - Panneaux - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Cloisons	Cloisons non porteuses (bois) - Ossature non porteuse bois - Bois	-0,77	-18,21	-1,34	-27,45	-1,26	-21,91
Cloisons	Cloisons non porteuses (bois) - Ossature non porteuse bois - Panneaux	-0,24	-4,17	-0,86	-14,25	-1,26	-21,91
Cloisons	Cloisonnement du bâtiment (fixe ou démontable) - nc	-0,24	-4,17	-0,86	-14,25	-1,26	-21,91
Cloisons	Cloisons des pièces humides - nc	-0,24	-4,17	-0,86	-14,25	-1,26	-21,91
Cloisons	Cloisons coupe-feu - Bois - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Cloisons	Cloisons coupe-feu - Panneaux - nc	-0,24	-4,17	-0,86	-14,25	-1,26	-21,91
Lambris	Plafonds en bois - Bois - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Lambris	Doublage intérieur bois des murs - Bois - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Lambris	Plafonds en bois - Panneaux - nc	-0,24	-4,17	-0,86	-14,25	-1,26	-21,91
Lambris	Doublage intérieur bois des murs - Panneaux - nc	-0,24	-4,17	-0,86	-14,25	-1,26	-21,91
Aménagement intérieur	Cuisine - nc	-0,38	-7,83	-1,01	-17,92	-1,26	-21,91
Aménagement intérieur	Salle de bain - nc	-0,38	-7,83	-1,01	-17,92	-1,26	-21,91

Usage	Ouvrage - Produit	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)
		FORMAT/GESFOR				FDES	
		2015	2015	2050	2050	2015	2015
Aménagement intérieur	Placard - nc	-0,38	-7,83	-1,01	-17,92	-1,26	-21,91
Produits profilés et moulurés	Planches de rive, tasseaux, moulures, baguette, plinthes) - Bois - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Fenêtres et portes	Fenêtres bois - nc	-4,71	-48,60	-5,28	-57,85	-1,60	-21,91
Fenêtres et portes	Fenêtres mixte bois/aluminium - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Fenêtres et portes	Fenêtres de toits en bois - nc	-4,71	-48,60	-5,28	-57,85	-1,60	-21,91
Fenêtres et portes	Volets (battants, coulissants, roulants, Persiennes/Jalousies) - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Fenêtres et portes	Portes de garage - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Platelage	Toiture terrasse revêtement bois - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Platelage	Platelage au sol - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Parement verticaux extérieurs	Revêtements en bois des façades / Bardage bois - Regroupe bardage lame et plaque - Bois	-0,74	-18,79	-1,32	-28,03	-1,20	-21,91
Parement verticaux extérieurs	Revêtements en bois des façades / Bardage bois - Regroupe bardage lame et plaque - Panneaux	-0,84	-14,59	-1,47	-24,68	-1,20	-21,91

Usage	Ouvrage - Produit	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)	Coefficient substitution GES Matériaux (kg CO <sub>2</sub> /kg bois)	Coefficient substitution Energie Non Renouvelable Matériaux (MJ/kg bois)
		FORMAT/GESFOR				FDES	
		2015	2015	2050	2050	2015	2015
Habillages	Éléments rapportés en façade et brise-soleils - nc	-0,74	-18,79	-1,32	-28,03	-1,20	-21,91
Habillages	Sous-faces / avancée de toiture - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Clôtures	Portails bois - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Clôtures	Panneaux pare-vue - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91
Balcons	Balcons - nc	-1,26	-21,91	-1,87	-30,45	-1,26	-21,91

Si l'on calcule les coefficients de substitution moyen par usage, pondérés par les différentiels de volume entre les scénarios étudiés et le scénario Tendanciel, les résultats obtenus sont les suivants pour 2050 :

Tableau 42 – Coefficients de substitution GES matière moyen par usage en 2050

	Scénario Alternatif vs scénario Tendanciel	Scénario Volontariste vs scénario Tendanciel	Scénario ONC vs scénario tendanciel
Système constructif	-1,91	-1,92	-2,14
Système constructif mixte	-1,38	-1,37	-1,37
Charpentes	-1,49	-1,45	-1,57
Bois dans l'isolation	-1,18	-1,18	-1,18
Revêtement des sols	-2,60	-2,62	-2,67
Escaliers	-1,87	-1,87	-1,87
Garde corps	Pas de flux		
Portes	-1,87	-1,87	-1,87
Portes d'entrées	Pas de flux		
Cloisons	-1,12	-1,17	-1,21
Lambris	-1,26	-1,26	-1,26
Aménagement intérieur	-1,01	-1,01	-1,01
Produits profilés et moulurés	-1,87	-1,87	-1,87
Fenêtres et portes	-3,28	-3,26	-3,50
Platelage	-1,87	-1,87	-1,87
Parement verticaux extérieurs	-1,32	-1,32	-1,33
Habillements	Pas de flux		
Clôtures	-1,87	-1,87	-1,87
Balcons		Pas de flux	

## 8.6 Quantité d'énergie potentielle générée par les différents scénarios

Cette annexe présente les quantités de connexes de première transformation (co-produits de la transformation de bois ronds en sciages), de seconde transformation (co-produits de la transformation des sciages et panneaux en produits finis) ainsi que les quantités de produits en fin de vie et leur potentiel énergétique.

Une différentiation a été faite entre les connexes produits en France et les connexes produits à l'import. Dans cette étude, le taux d'import présenté dans le Tableau 5 ne différencie pas les imports de produits finis (connexes de première et de seconde transformation produits en dehors de la France) et les imports de sciages utilisés en France (connexes de première transformations produits hors de France mais connexes de seconde transformation produits en France). Le calcul de différenciation entre France et import est correct pour les connexes de première transformation mais n'est pas possible pour les connexes de seconde transformation. Cette différentiation n'est donc pas présentée ici.

### 8.6.1 Connexes de scierie

#### 8.6.1.1 *Quantité d'énergie contenue dans la totalité des connexes de scierie produits (France et Import)*

Les tableaux suivants reprennent les valeurs pour les différents scénarios utilisés.

Tableau 43 - Connexes de scierie produits (France et Import, par scénario et année, feuillus / résineux)

Tonnes de matière sèche

Scénario	2015		2020		2035		2050	
	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux
Tendanciel	626 075	1 208 764	697 743	1 421 481	671 493	1 367 225	620 408	1 179 292
Volontariste	626 075	1 208 764	719 412	1 514 772	870 080	2 211 603	1 052 576	2 163 190
Alternatif	626 075	1 208 764	721 251	1 425 046	818 582	1 718 618	914 815	1 774 365
Objectif Neutralité Carbone	626 075	1 208 764	715 582	1 490 210	1 029 267	2 807 606	1 293 808	3 313 522

GJ

Scénario	2015		2020		2035		2050	
	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux
Tendanciel	11 363 254	21 612 707	12 664 043	25 416 080	12 187 596	24 445 983	11 260 399	21 085 734
Volontariste	11 363 254	21 612 707	13 057 335	27 084 127	15 791 960	39 543 465	19 104 257	38 677 844
Alternatif	11 363 254	21 612 707	13 090 702	25 479 828	14 857 262	30 728 896	16 603 901	31 725 643
Objectif Neutralité Carbone	11 363 254	21 612 707	12 987 807	26 644 949	18 681 202	50 199 992	23 482 622	59 245 773

Tonne équivalent pétrole

	2015		2020		2035		2050	
	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux
Tendanciel	270 554	514 588	301 525	605 145	290 181	582 047	268 105	502 041
Volontariste	270 554	514 588	310 889	644 860	375 999	941 511	454 863	920 901
Alternatif	270 554	514 588	311 683	606 663	353 744	731 640	395 331	755 372
Objectif Neutralité Carbone	270 554	514 588	309 234	634 404	444 791	1 195 238	559 110	1 410 614

Tableau 44 - Connexes de scierie produits (France et Import, par scénario et année, total feuillus et résineux)

Tonnes matière sèche

Scénario	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	1 834 839	2 119 224	2 038 718	1 799 699
Volontariste	1 834 839	2 234 185	3 081 684	3 215 767
Alternatif	1 834 839	2 146 297	2 537 200	2 689 180
Objectif Neutralité Carbone	1 834 839	2 205 791	3 836 873	4 607 330

GJ

Scénario	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	32 975 962	38 080 123	36 633 579	32 346 134
Volontariste	32 975 962	40 141 461	55 335 425	57 782 102
Alternatif	32 975 962	38 570 530	45 586 158	48 329 544
Objectif Neutralité Carbone	32 975 962	39 632 756	68 881 194	82 728 395

Tonnes équivalent pétrole

	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	785 142	906 670	872 228	770 146
Volontariste	785 142	955 749	1 317 510	1 375 764
Alternatif	785 142	918 346	1 085 385	1 150 703
Objectif Neutralité Carbone	785 142	943 637	1 640 028	1 969 724

#### 8.6.1.2 Quantité d'énergie contenue dans les connexes de scierie utilisés en énergie (France et Import)

Il est considéré ici un taux d'utilisation des connexes en énergie en dehors de la filière bois de 39% (source <https://www.flux-biomasse.fr/> ). Ce pourcentage est supposé constant dans le temps. Le pourcentage de biomasse utilisé en interne à la filière (14%) n'a pas été inclus dans les quantités suivantes.

Tableau 45 – Connexes de scierie utilisés en énergie (France et Import, par scénario et année, total feuillus et résineux)

Tonnes matière sèche

Scénario	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	707 089	816 682	785 658	693 547
Volontariste	707 089	860 984	1 187 584	1 239 255
Alternatif	707 089	827 115	977 757	1 036 325
Objectif Neutralité Carbone	707 089	850 042	1 478 610	1 775 520

GJ

Scénario	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	12 707 895	14 674 878	14 117 426	12 465 180
Volontariste	12 707 895	15 469 253	21 324 527	22 267 400
Alternatif	12 707 895	14 863 866	17 567 467	18 624 682
Objectif Neutralité Carbone	12 707 895	15 273 214	26 544 640	31 880 914

Tonnes équivalent pétrole

Scénario	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	302 569	349 402	336 129	296 790
Volontariste	302 569	368 316	507 727	530 176
Alternatif	302 569	353 902	418 273	443 445
Objectif Neutralité Carbone	302 569	363 648	632 015	759 069

#### 8.6.1.3 Quantité d'énergie contenue dans la totalité des connexes de scierie produits (France)

Les tableaux suivants reprennent les valeurs pour les différents scénarios utilisés.

Tableau 46 - Connexes de scierie produits (France, par scénario et année, feuillus / résineux)

Tonnes de matière sèche

Scénario	2015		2020		2035		2050	
	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux
Tendanciel	484 151	798 314	542 263	912 228	521 927	884 257	486 275	768 121
Volontariste	484 151	798 314	558 818	959 123	675 951	1 236 532	830 890	1 277 436
Alternatif	484 151	798 314	565 861	908 173	647 349	1 004 496	726 640	1 063 066
Objectif Neutralité Carbone	484 151	798 314	556 520	944 209	779 101	1 698 046	988 490	1 990 230

GJ

Scénario	2015		2020		2035		2050	
	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux
Tendanciel	8 787 341	14 273 854	9 842 071	16 310 641	9 472 979	15 810 522	8 825 891	13 734 000
Volontariste	8 787 341	14 273 854	10 142 545	17 149 128	12 268 512	22 109 198	15 080 655	22 840 551
Alternatif	8 787 341	14 273 854	10 270 369	16 238 127	11 749 389	17 960 389	13 188 513	19 007 615
Objectif Neutralité Carbone	8 787 341	14 273 854	10 100 829	16 882 458	14 140 677	30 361 068	17 941 088	35 585 307

Tonne équivalent pétrole

	2015		2020		2035		2050	
	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux
Tendanciel	209 222	339 854	234 335	388 349	225 547	376 441	210 140	327 000
Volontariste	209 222	339 854	241 489	408 313	292 107	526 409	359 063	543 823
Alternatif	209 222	339 854	244 533	386 622	279 747	427 628	314 012	452 562
Objectif Neutralité Carbone	209 222	339 854	240 496	401 963	336 683	722 883	427 169	847 269

Tableau 47 - Connexes de scierie produits (France, par scénario et année, total feuillus et résineux)

Tonnes matière sèche

Scénario	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	1 282 465	1 454 491	1 406 185	1 254 396
Volontariste	1 282 465	1 517 941	1 912 483	2 108 326
Alternatif	1 282 465	1 474 033	1 651 845	1 789 706
Objectif Neutralité Carbone	1 282 465	1 500 729	2 477 147	2 978 719

GJ

Scénario	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	23 061 195	26 152 711	25 283 501	22 559 892
Volontariste	23 061 195	27 291 673	34 377 710	37 921 206
Alternatif	23 061 195	26 508 496	29 709 778	32 196 128
Objectif Neutralité Carbone	23 061 195	26 983 287	44 501 745	53 526 396

Tonnes équivalent pétrole

	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	549 076	622 684	601 988	537 140
Volontariste	549 076	649 802	818 517	902 886
Alternatif	549 076	631 155	707 376	766 574
Objectif Neutralité Carbone	549 076	642 459	1 059 565	1 274 438

#### 8.6.1.4 Quantité d'énergie contenue dans les connexes de scierie utilisés en énergie (France)

Il est considéré ici un taux d'utilisation des connexes en énergie en dehors de la filière bois de 39% (source <https://www.flux-biomasse.fr/> ). Ce pourcentage est supposé constant dans le temps. Le pourcentage de biomasse utilisé en interne à la filière (14%) n'a pas été inclus dans les quantités suivantes.

Tableau 48 - Connexes de scierie utilisés en énergie (France et Import, par scénario et année, total feuillus et résineux)

Tonnes matière sèche

Scénario	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	494 222	560 515	541 899	483 405
Volontariste	494 222	584 967	737 011	812 482
Alternatif	494 222	568 046	636 569	689 696
Objectif Neutralité Carbone	494 222	578 333	954 614	1 147 905

GJ

Scénario	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	8 887 057	10 078 430	9 743 464	8 693 871
Volontariste	8 887 057	10 517 350	13 248 085	14 613 637
Alternatif	8 887 057	10 215 538	11 449 211	12 407 372
Objectif Neutralité Carbone	8 887 057	10 398 508	17 149 569	20 627 385

Tonnes équivalent pétrole

Scénario	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	211 597	239 963	231 987	206 997
Volontariste	211 597	250 413	315 431	347 944
Alternatif	211 597	243 227	272 600	295 414
Objectif Neutralité Carbone	211 597	247 584	408 323	491 128

### 8.6.1 Connexe de seconde transformation

La quantité totale d'énergie contenue dans les connexes produits est présentée ici.

Tableau 49 - Connexes de seconde transformation issus de sciages (France et Import, par scénario et année, feuillus / résineux)

Tonnes de matière sèche

Scénario	2015		2020		2035		2050	
	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux
Tendanciel	243 568	374 478	270 409	433 018	262 628	423 473	245 419	370 897
Volontariste	243 568	374 478	279 647	457 184	349 122	700 811	435 573	726 341
Alternatif	243 568	374 478	280 588	433 822	323 366	544 902	367 519	576 024
Objectif Neutralité Carbone	243 568	374 478	278 975	451 879	400 587	781 931	517 133	924 345

GJ

Scénario	2015		2020		2035		2050	
	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux
Tendanciel	4 420 754	6 695 661	4 907 917	7 742 366	4 766 704	7 571 694	4 454 362	6 631 645
Volontariste	4 420 754	6 695 661	5 075 593	8 174 456	6 336 556	12 530 495	7 905 645	12 986 985
Alternatif	4 420 754	6 695 661	5 092 664	7 756 741	5 869 097	9 742 854	6 670 477	10 299 305
Objectif Neutralité Carbone	4 420 754	6 695 661	5 063 399	8 079 600	7 270 652	13 980 926	9 385 960	16 527 282

Tonne équivalent pétrole

	2015		2020		2035		2050	
	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux	Feuillus	Résineux
Tendanciel	105 256	159 421	116 855	184 342	113 493	180 278	106 056	157 896
Volontariste	105 256	159 421	120 847	194 630	150 870	298 345	188 230	309 214
Alternatif	105 256	159 421	121 254	184 684	139 740	231 973	158 821	245 222
Objectif Neutralité Carbone	105 256	159 421	120 557	192 371	173 111	332 879	223 475	393 507

Tableau 50 - Connexes de seconde transformation issus de sciages (France et Import, par scénario et année, total feuillus et résineux)

Tonnes matière sèche

Scénario	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	618 045	703 427	686 101	616 317
Volontariste	618 045	736 831	1 049 932	1 161 914
Alternatif	618 045	714 410	868 269	943 543
Objectif Neutralité Carbone	618 045	730 854	1 182 518	1 441 477

GJ

Scénario	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	11 116 415	12 650 284	12 338 397	11 086 007
Volontariste	11 116 415	13 250 049	18 867 051	20 892 630
Alternatif	11 116 415	12 849 405	15 611 951	16 969 782
Objectif Neutralité Carbone	11 116 415	13 142 999	21 251 579	25 913 243

Tonnes équivalent pétrole

	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	264 677	301 197	293 771	263 953
Volontariste	264 677	315 477	449 216	497 444
Alternatif	264 677	305 938	371 713	404 042
Objectif Neutralité Carbone	264 677	312 929	505 990	616 982

Tableau 51 - Connexes de seconde transformation issus de panneaux (France et Import, par scénario et année)

Tonnes matière sèche

Scénario	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	199 054	220 709	217 373	197 631
Volontariste	199 054	232 688	290 024	282 831
Alternatif	199 054	215 041	282 831	240 776
Objectif Neutralité Carbone	199 054	232 469	307 736	319 415

GJ

Scénario	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	3 612 834	4 005 868	3 945 326	3 587 007
Volontariste	3 612 834	4 223 287	5 263 932	5 133 386
Alternatif	3 612 834	3 902 993	5 133 386	4 370 077
Objectif Neutralité Carbone	3 612 834	4 219 304	5 585 403	5 797 384

Tonnes équivalent pétrole

	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	86 020	95 378	93 936	85 405
Volontariste	86 020	100 554	125 332	122 223
Alternatif	86 020	92 928	122 223	104 049
Objectif Neutralité Carbone	86 020	100 460	132 986	138 033

Tableau 52 - Connexes de seconde transformation issus de panneaux et de sciages (France et Import, par scénario et année, total sciages et panneaux)

Tonnes matière sèche

Scénario	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	817 100	924 136	903 474	813 948
Volontariste	817 100	969 519	1 339 956	1 444 745
Alternatif	817 100	929 451	1 151 100	1 184 319
Objectif Neutralité Carbone	817 100	963 323	1 490 254	1 760 893

GJ

Scénario	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	14 729 249	16 656 151	16 283 723	14 673 014
Volontariste	14 729 249	17 473 336	24 130 983	26 026 016
Alternatif	14 729 249	16 752 398	20 745 337	21 339 859
Objectif Neutralité Carbone	14 729 249	17 362 303	26 836 982	31 710 627

Tonnes équivalent pétrole

	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	350 696	396 575	387 708	349 357
Volontariste	350 696	416 032	574 547	619 667
Alternatif	350 696	398 867	493 937	508 092
Objectif Neutralité Carbone	350 696	413 388	638 976	755 015

### 8.6.1 Produits en fin de vie

L'énergie présente dans la totalité des produits en fin de vie produits issus des scénarios étudiés est présentée dans les tableaux ci-dessous. Il est à noter qu'il ne s'agit que d'une partie des produits bois arrivant en fin de vie puisque seuls les produits fabriqués à partir de 2015 sont comptabilisés.

*Tableau 53 - Produits en fin de vie (France et Import, par scénario et année, total sciages et panneaux)*

Tonnes matière sèche

Scénario	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	0	243 757	842 429	1 204 610
Volontariste	0	250 356	1 007 512	1 638 523
Alternatif	0	243 241	898 184	1 409 044
Objectif Neutralité Carbone	0	249 341	1 090 422	1 941 316

GJ

Scénario	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	0	4 401 039	15 210 063	21 749 238
Volontariste	0	4 520 177	18 190 634	29 583 535
Alternatif	0	4 391 721	16 216 719	25 440 286
Objectif Neutralité Carbone	0	4 501 859	19 687 563	35 050 462

Tonnes équivalent pétrole

	2015	2020	2035	2050
Tendanciel	0	104 787	362 144	517 839
Volontariste	0	107 623	433 110	704 370
Alternatif	0	104 565	386 112	605 721
Objectif Neutralité Carbone	0	107 187	468 752	834 535

## 8.7 Détail des impacts de la substitution entre production et fin de vie

### 8.7.1 Substitution matièreu - GES

Les effets de substitution incluant la phase de production et de fin de vie (en différentiel par rapport au scénario « Tendanciel ») pour les différents scénarios retenus sont repris dans la Figure 19.

Le détail des valeurs pour la phase de production et la phase de fin de vie est donné dans les figures suivantes.

*Figure 42 - Substitution carbone - Comparaisons scénarios - Valeurs différentielles - Phase de production*

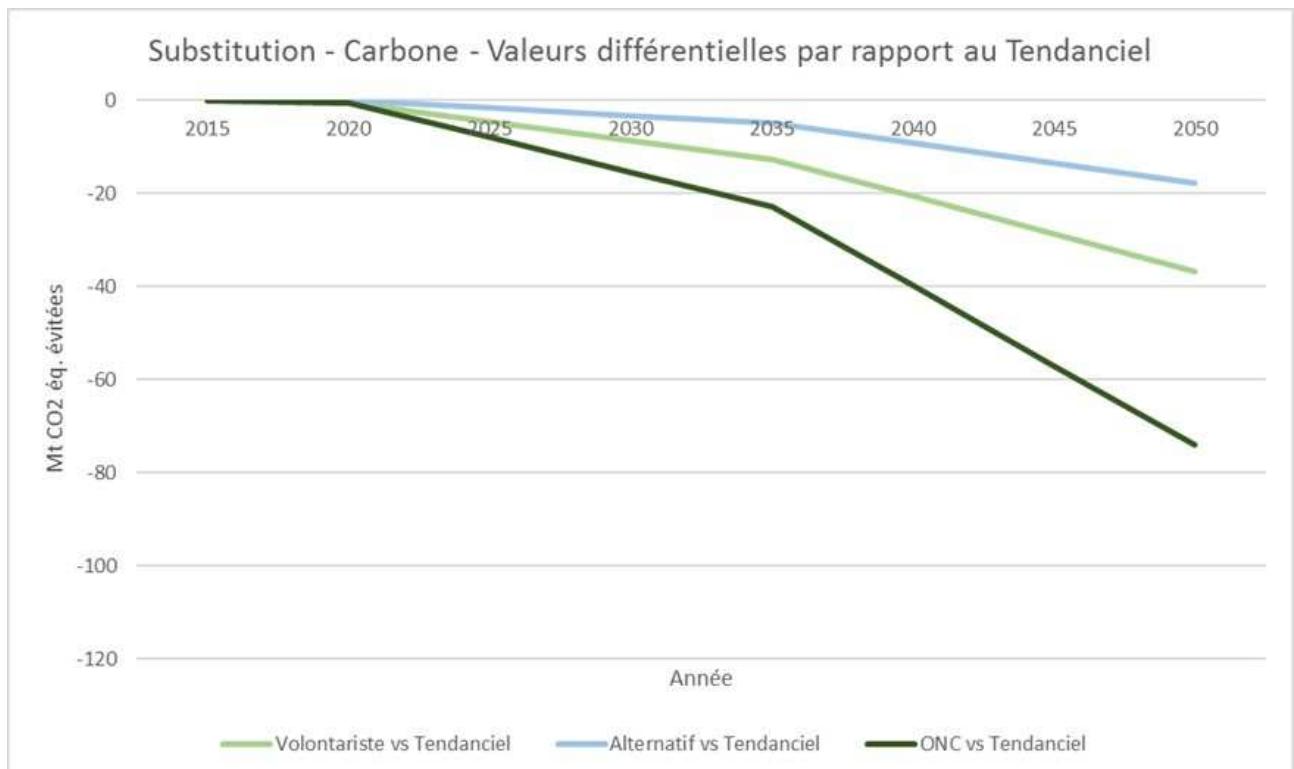
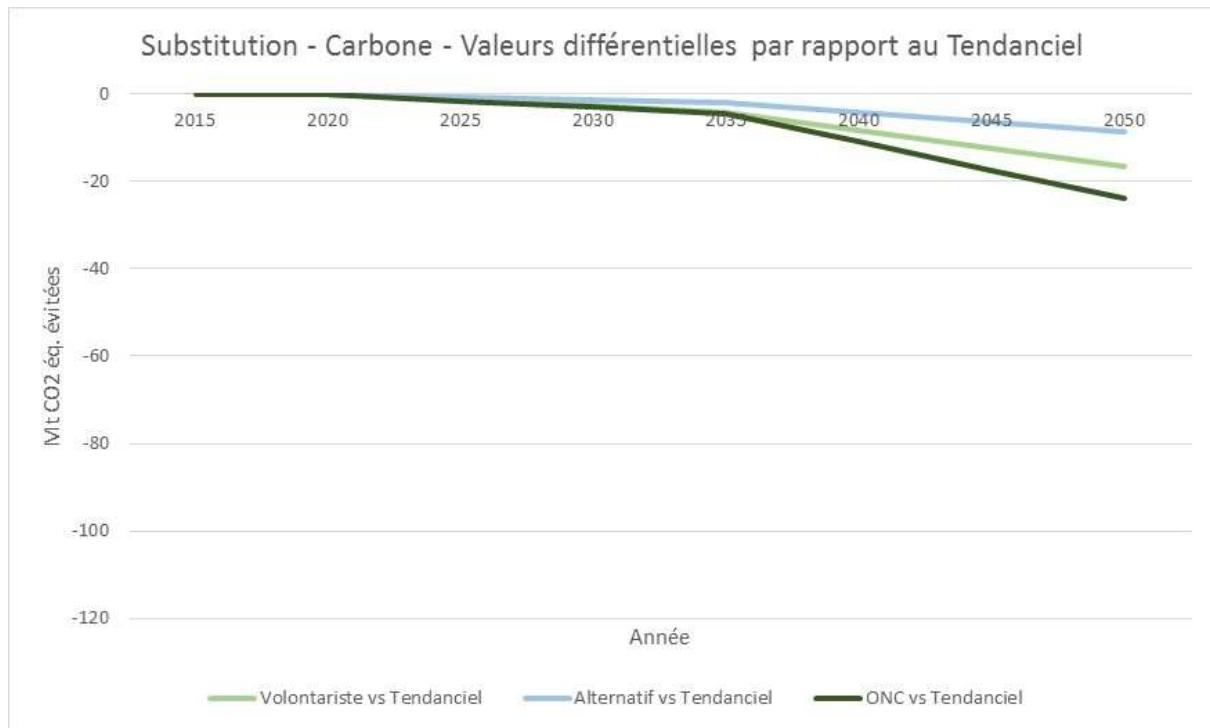


Figure 43 - Substitution carbone - Comparaisons scénarios - Valeurs différentielles - Phase de fin de vie



Il est possible d'observer que les effets de substitution sont plus importants en phase de production par rapport à la fin de vie.

### 8.7.2 Substitution matériau - Consommation d'énergie non renouvelable

Pour rappel, seule la substitution sur l'énergie primaire totale non renouvelable a été évaluée dans le cadre de cette étude.

Les effets de substitution (en différentiel par rapport au scénario « Tendanciel ») pour les différents scénarios retenus sont repris dans la Figure 23 pour la totalité des phases de production et de fin de vie. Le détail des valeurs pour la phase de production et la phase de fin de vie est donné dans les figures suivantes.

Figure 44 - Substitution matièreu - Consommation d'énergie non renouvelable - Comparaison scénarios - Valeurs différentielles - Phase de production

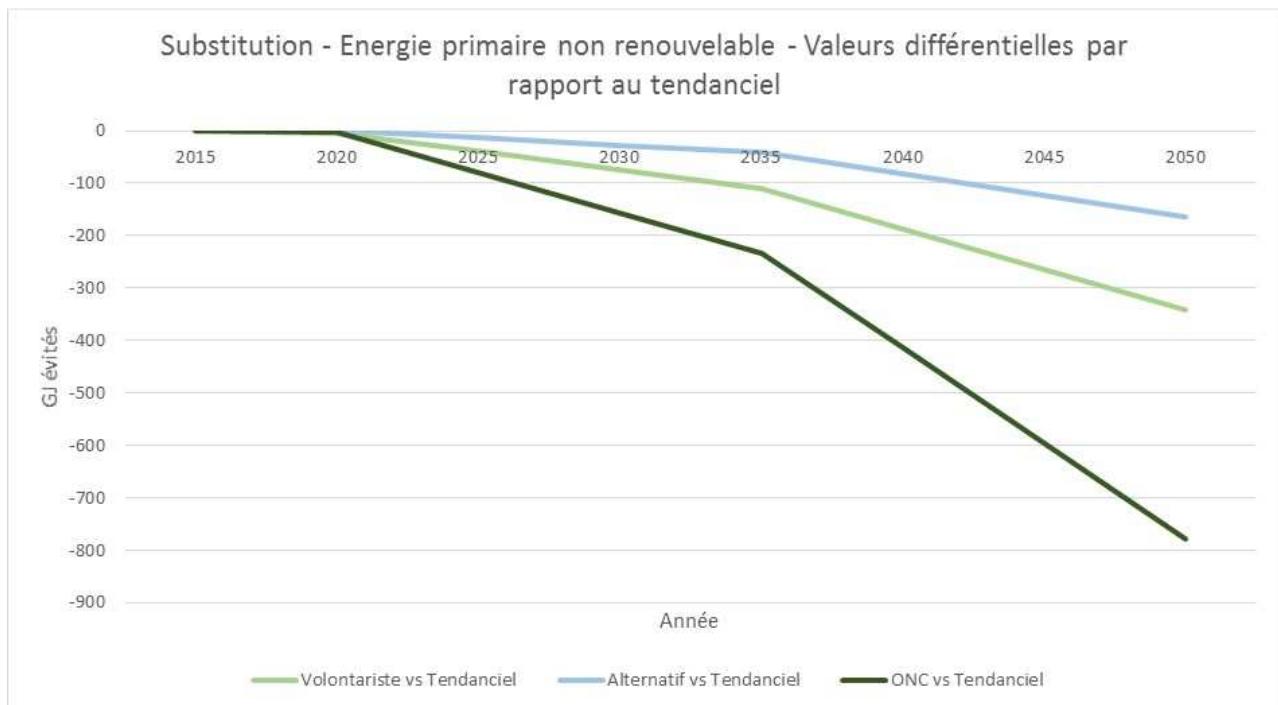
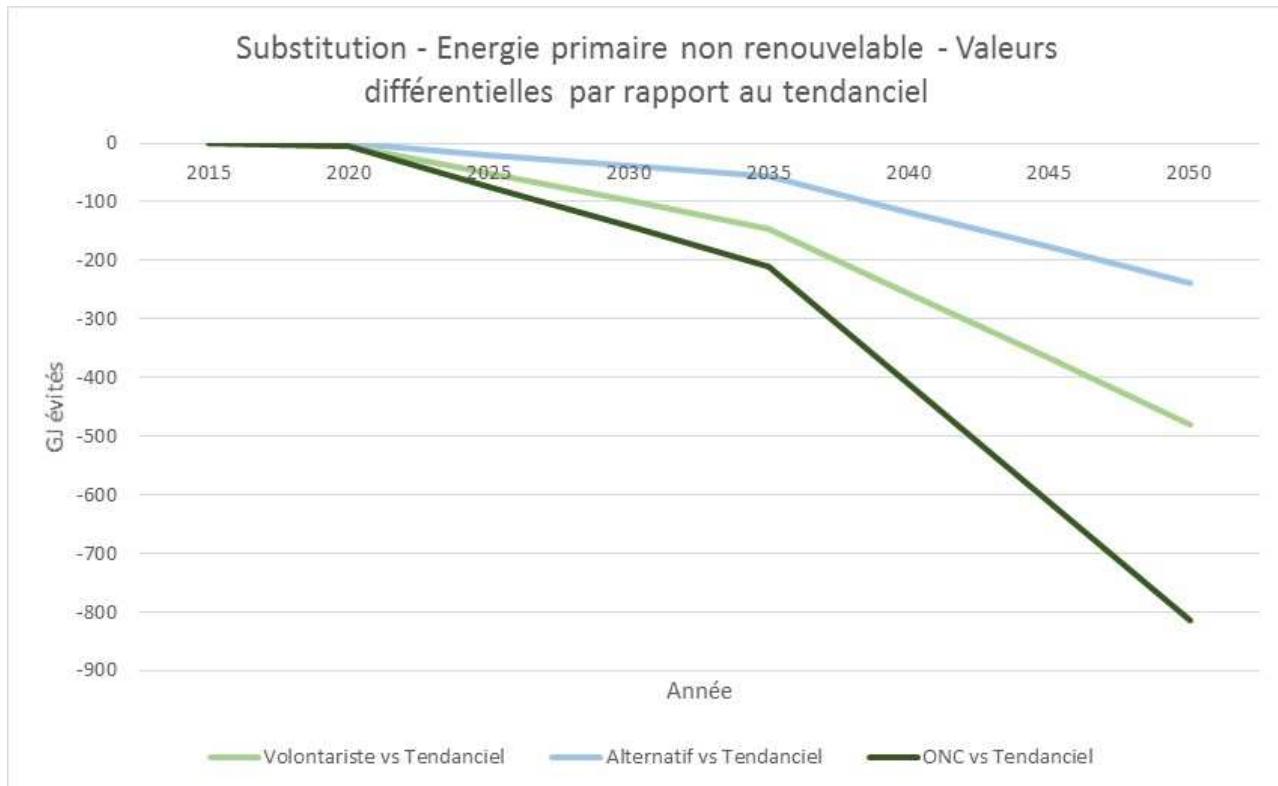


Figure 45 - Substitution matièreu - Consommation d'énergie non renouvelable - Comparaison scénarios - Valeurs différentielles - Phase de fin de vie



Pour l'indicateur de consommation d'énergie primaire non renouvelable, les phases de production et de fin de vie sont comparables.