

Projet de recherche

TERRACREA

Disponibilités en terres arables métropolitaines pour une production soutenable de matériaux biosourcés pour la construction / réhabilitation de bâtiments compatibles avec les objectifs « Grenelle »

 <p>Laboratoire de Recherche en Architecture Groupe de Recherche Environnement Conception Architecturale et Urbaine</p>	 <p>Les Amis de la Terre Les Amis de la Terre France</p>
--	---

Etude réalisée avec le soutien financier du

PICRI (Partenariat institutions-citoyens pour la recherche et l'innovation),
de la Région Ile-de-France, de la DHUP (MEDDE) et de la Caisse des Dépôts.



1 Table des matières

1	Table des matières.....	3
2	Partie 1 : Etat des lieux. Ressources et besoins.....	5
	2.1 Introduction	5
	2.1.1 Objectif du projet TERRACREA	5
	2.1.2 Intérêt sociétal du projet de recherche TERRACREA	6
	2.1.3 Structures et partenaires	6
	2.1.4 Intervenants	7
	2.2 Description des travaux	7
	2.2.1 Horizon et périmètre géographique	7
	2.2.2 Développement des agro-matériaux et produits biosourcés	7
	2.2.3 Hypothèses clés pour la prospective	9
	2.3 Etat des lieux	13
	2.3.1 Ressources	13
	2.3.2 Besoins et usages dans la construction	45
	2.3.3 Principales sources statistiques	60
	2.4 Bibliographie	60
3	Partie 2 : Modélisations, simulations, ressources et besoins	64
	3.1 Introduction	64
	3.2 Données utilisées	65
	3.2.1 Bâtiments neufs	65
	3.2.2 Bâtiments existants	68
	3.2.3 Parts de marché des matériaux biosourcés	71
	3.3 Modélisations	72
	3.3.1 Objectif des modélisations	72
	3.3.2 Horizon et périmètre des modélisations	72
	3.3.3 Modélisation du secteur du bâtiment	73
	3.4 Scénarii Terracrea	80
	3.4.1 Paramètres communs à l'ensemble des simulations	81
	3.4.2 Paramètres de simulation des parts de marché	81
	3.4.3 Scénario « Tendancier »	84
	3.4.4 Scénario « Réhab ++ »	88
	3.4.5 Scénario « Biosourcé ++ »	89
	3.4.6 Scénario « Isolants biosourcés +++ »	91
	3.4.7 Scénario « Réhab ++ & Biosourcé ++ »	93
	3.4.8 Scénario « Réhab ++ & Biosourcé ++ & MOB ++ »	95
	3.4.9 Comparaison des scénarii et conclusions	97
	3.4.10 Conclusions générales sur les simulations	98
4	Partie 3 : Propositions de stratégies pour la production et pour la gestion des concurrences d'usages ..	99
	4.1 Cadre et hypothèses	99
	4.2 Prospectives	100
	4.2.1 Le bois	100

4.2.2	La biomasse agricole	112
4.3	Bibliographie	132
5	Partie 4 : Matériaux biosourcés en Ile-de-France.....	134
5.1	politique territoriale de l'environnement et de l'aménagement	134
5.2	État des lieux : données chiffrées et périmètre de l'étude	136
5.2.1	Urbanisme, environnement et aménagement du territoire	136
5.2.2	Ressource agricole et forestière	142
5.2.3	Matériaux de construction : inventaire	153
5.3	Modélisation des besoins en matériaux biosourcés aux horizons 2030 et 2050	156
5.3.1	Adaptation du simulateur au contexte de la région Ile-de-France	156
5.3.2	Résultats de modélisation des besoins de matériaux biosourcés en IDF	161
5.3.3	Discussion sur les filières franciliennes	170
5.4	Conflits d'usage et recommandations	171
5.4.1	Propositions de schémas régionaux de biomasse	171
5.5	Bibliographie	175
6	Annexes	178
6.1	Acronymes / Glossaire	178
6.2	Liste des tableaux	178
6.3	Liste des figures	180

2 Partie 1 : Etat des lieux. Ressources et besoins

Auteurs : Pierre Besse, Hans Valkhoff, Luc Floissac (LRA)

2.1 INTRODUCTION

Le projet d'étude TERRACREA a pour but d'estimer l'impact économique, sociétal et environnemental de la production et de l'utilisation des agro-ressources dans le domaine des matériaux de construction. Les principales ressources agricoles et forestières utilisables et les principaux besoins en matériaux biosourcés dans la construction y sont estimés aux horizons 2020 et 2050. Des stratégies de production agricole, forestière et d'utilisation de coproduits pour le bâtiment qui n'entrent pas en concurrence avec l'alimentation et les usages usuels sont proposées. Il s'agit de vérifier à quelles conditions la construction et la réhabilitation écologique, utilisant des matériaux biosourcés peuvent être compatibles avec un aménagement du territoire et une agriculture durable, sans susciter un recours excessif à l'importation.

TERRACREA est née d'un partenariat entre le Laboratoire de Recherche en Architecture de Toulouse (LRA) et l'association les Amis de la Terre pour la durée de 2 ans du programme de l'étude. Sur les questions agricoles et utilisations des terres nous travaillons en étroite coopération avec l'association Solagro à Toulouse, auteur du scénario *Afterres*, dont le chapitre Agriculture et biomasse fait partie du scénario Négawatt (Négawatt, 2012).

2.1.1 Objectif du projet TERRACREA

Face aux objectifs fixés par les lois de Grenelle 1 et 2 (baisse des émissions de gaz à effet de serre, rénovation thermique des bâtiments et baisse de la dépendance énergétique de la France), le besoin en matériaux à faible impact sur l'environnement se fait de plus en plus sentir. De plus, les lois de Grenelle 1 et 2 encouragent leur utilisation. Le Commissariat Général au Développement Durable, dans son rapport *Les filières industrielles stratégiques de l'économie verte* a identifié les filières « vertes » de matériaux de construction et propose des pistes d'actions pour leur développement (CGDD-SOes, 2011).

Parmi les matériaux les plus intéressants du point de vue de leurs impacts écologiques on trouve les matériaux biosourcés, et notamment ceux d'origine agricole et forestière (bois, paille, chanvre, lin, etc.). Des pistes d'actions pour le développement des éco-matériaux identifiés par le CGDD d'une part, et les Amis de la Terre dans leur rapport *Les éco-matériaux en France*, (ATF, 2010), d'autre part, sont :

- Une meilleure représentation des professionnels des éco-matériaux ;
- Un développement économique de la filière, notamment via l'appui des collectivités territoriales au développement des filières courtes ;
- Une adaptation du cadre législatif et réglementaire, ainsi que du système qualité français impliquant une amélioration des évaluations des éco-matériaux ;
- Une évolution des aides ciblées conditionnées à l'utilisation des éco-matériaux auprès de la demande (particuliers, collectivités locales, etc.) ;
- Une meilleure information sur l'offre en éco-matériaux.

Face au développement des filières des éco-matériaux, il nous paraît aujourd'hui incontournable de veiller à ce qu'un développement des matériaux biosourcés, ne se fasse pas au détriment d'une agriculture et sylviculture soutenable, de l'équilibre de la production alimentaire du pays, et de l'aménagement du territoire métropolitain.

Plus précisément, nous ne pouvons pas nous permettre de risquer de tomber dans le piège des agrocarburants et de voir s'installer une concurrence dans l'utilisation des terres françaises entre l'alimentaire, les agrocarburants, la production d'énergie (par la biomasse) et maintenant les agro-matériaux. Nous souhaitons ainsi par cette étude vérifier que nous pouvons sans risque impulser un développement des matériaux biosourcés en France.

2.1.2 Intérêt sociétal du projet de recherche TERRACREA

L'utilisation des éco-matériaux pour la construction et la réhabilitation de bâtiments présente plusieurs intérêts pour la société :

- Le développement local de filières et la création d'emplois de qualité ;
- L'amélioration du confort thermique, de la qualité environnementale et sanitaire des bâtiments ;
- La protection de la santé et de la sécurité des compagnons du bâtiment et des producteurs de matériaux ;
- Le développement de filières complémentaires pour les agriculteurs et forestiers ;
- La lutte contre les émissions de gaz à effet de serre ;
- La diminution des consommations d'énergie et de ressources fossiles.

Les objectifs de ce projet d'étude vont bien au-delà puisqu'il propose d'étudier les impacts écologiques, sociaux et sociétaux du développement des agro-matériaux :

- La concurrence entre les terres destinées à la production d'agro-matériaux et les terres à vocation alimentaire (pour des plantes qui seraient cultivées dans le seul but de produire des matériaux de construction tels que le chanvre ou le miscanthus, par exemple) ;
- le maintien d'une agriculture peu ou pas soutenable, en raison en particulier d'un taux trop faible de réintroduction de la matière organique dans les sols (notamment les pailles), avec pour conséquence une détérioration des sols ;
- La concurrence avec l'utilisation énergétique de la biomasse issue de l'agriculture, qu'il s'agisse de grains, de coproduits tels que la paille ou de cultures dédiées à l'énergie, sachant que ces applications entrent dans le cadre du développement des énergies renouvelables et, par-là, de la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre ;
- La concurrence avec la préservation d'espaces à forte valeur environnementale et l'impact sur la biodiversité.

2.1.3 Structures et partenaires

	Entité	Fonctions dans le projet
	<p>Laboratoire de recherche en Architecture</p> <p>ENSA de Toulouse</p> <p>83 rue Aristide Maillol, BP 10629</p> <p>31106 Toulouse Cedex 1</p>	<p>Direction et coordination scientifique</p> <p>Gestion des données</p> <p>Etudes et analyses statistiques</p> <p>Retour d'expérience</p>

	Amis de la Terre	Partenaire référant : coordination du projet, communication et démarches administratives
---	-------------------------	--

2.1.4 Intervenants

Structure	Nom	Prénom	Email
LRA	Aventin	Catherine	aventin@toulouse.archi.fr
	Besse	Pierre	pierrebesse@free.fr
	Chatelet	Alain	alain.chatelet@toulouse.archi.fr
	Floissac	Luc	luc.floissac@toulouse.archi.fr
	Pillot	Patrice	patrice.pillot@toulouse.archi.fr
	Valkhoff	Hans	hvalkhoff@gmail.com
	Stagiaires :	Paraire	Leopold
ATF	Angerand	Sylvain	sylvain.angerand@amisdelaterre.org
Membres externes du comité de pilotage :			<i>Fonction :</i>
Solagro	Couturier	Christian	Directeur du Pôle Energie
Réseau Ecobâtir	Marcom	Alain	Membre du conseil d'administration
Fondaterra	Déquivre	Thomas	Chargé de mission éco-matériaux.
Eco Études	Canzian	Nicolas	Chargé de mission éco-matériaux.

2.2 DESCRIPTION DES TRAVAUX

2.2.1 Horizon et périmètre géographique

Notre étude a pour cadre géographique la France métropolitaine. C'est à cette échelle que les données seront appréhendées et les résultats proposés. Une application particulière sera proposée pour la région Ile-de-France.

L'étude comprend un état des lieux de la production et de l'usage en construction des matériaux biosourcés, et un essai de prospective pour les décennies à venir, avec un palier en 2020 et un en 2050.

2.2.2 Développement des agro-matériaux et produits biosourcés

2.2.2.1 Produits biosourcés

Notre étude porte sur l'ensemble des agro-matériaux utilisables en construction. Les produits et sous-produits de l'élevage que sont par exemple la laine de mouton, la plume ou le duvet sont quantitativement marginaux (Nomadéis, 2012). Les principaux agro-matériaux végétaux utilisés aujourd'hui sont la paille de céréale (blé pour l'essentiel), le lin et le chanvre. Bien d'autres produits ou coproduits végétaux sont utilisables en construction : rafle de maïs, balle de céréales, coques de fruits secs, paillette de lin, tige et moelle de tournesol, etc. Des cultures nouvelles comme le miscanthus peuvent trouver, en alternative à la valorisation énergétique, des usages en construction. L'agriculture peut également fournir les produits spontanés ou semi-spontanés des zones humides que sont les roseaux (phragmites et cannes de Provence en particulier), le bambou et l'osier.

Notre étude prend également en compte le bois. S'il ne s'agit pas, ou pas toujours à proprement parler d'un produit de l'agriculture, il nous a semblé difficile d'envisager l'utilisation des matériaux biosourcés sans y intégrer le bois :

- Parce qu'il est depuis toujours largement utilisé en construction, sous des formes très différentes (bois massif, bois reconstitués, copeaux et laines de bois, etc.) et pour des fonctions multiples (structure, isolation thermique, revêtement extérieur, etc.) ;
- Parce que pour certains de ses usages, il vient en alternative ou en concurrence avec les agro-matériaux au sens strict ;
- Parce qu'il requiert lui aussi des surfaces importantes, pouvant venir en concurrence avec les surfaces agricoles, ou pouvant s'intégrer au sein des parcelles agraires, en particulier au sein des haies bocagères ou dans les schémas d'assolement agro-forestiers qui sont vraisemblablement appelés à se développer.

Notre étude prend en compte l'ensemble des usages potentiels du bois et des agro-matériaux en construction.

2.2.2.2 Matériaux écologiques et naturels « non-biosourcés » et produits recyclés

Le projet Terracrea se focalise sur la quantification du potentiel de remplacement des solutions actuelles par les techniques et les matériaux biosourcés aujourd'hui disponibles dans la construction neuve et la réhabilitation (Tableau 2. Récapitulatif des hypothèses sur les besoins et usages.). Mais il y a également toute une panoplie de techniques et de matériaux « écologiques » à faible énergie grise qui ne sont pas des matériaux biosourcés et renouvelables. Par exemple la terre crue, la chaux, le sable, la pierre, le plâtre, l'ardoise et d'autres produits de construction dits 'naturels'. Si ces produits sont extraits, transformés et mis en œuvre localement, leur impact environnemental (énergie grise et GES) peut être faible, même s'il ne s'agit pas de matériaux renouvelables à l'échelle de plusieurs générations.

Dans beaucoup de régions la terre argileuse est un matériau abondant, peu exploité et bon marché. Comme dans l'architecture vernaculaire, la terre crue se marie bien avec les matériaux biosourcés, tel que les fibres végétales (notamment paille et chanvre), soit dans l'application des enduits, soit dans les bétons végétaux, soit dans le remplissage d'une ossature (terre-paille, torchis). Les briques en terre crue (avec ou sans fibre végétales) sont des excellents substituts aux parpaings, aux briques en terre cuite. Par un pied de nez historique, le même les techniques du béton armé pourraient largement être remplacées par celles (dont elles sont issues) de construction en pierre ou en terre crue.

Il ne faut pas non plus oublier les matériaux de récupération et de recyclage, qui eux aussi ont un impact réduit par rapport à des matériaux manufacturés non recyclés. Les produits finis, eux-mêmes issus du recyclage, ne sont pas toujours recyclables. C'est par exemple le cas pour les laines minérales, le double vitrage et la majorité des produits composites.

2.2.3 Hypothèses clés pour la prospective

2.2.3.1 Hypothèses de l'étude

Pour réaliser une prospective sur l'usage des sols, nous avons choisi de prendre les hypothèses du scénario « Aterres 2050 » (Solagro, 2012). Il s'agit d'une évaluation des besoins en terres arables métropolitaines pour la satisfaction des besoins alimentaires de la population française, et pour la couverture d'une partie de ses besoins en matériaux et en énergie. Les hypothèses d'Afterres sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Thème	Hypothèses Afterres
Surface Agricole Utile	Maintien ou légère baisse d'ici 2050
Options agronomiques	50 % bio / 50 % « intégré »
Echanges internationaux	Autonomie alimentaire à l'échelle nationale

Tableau 1. Principales hypothèses Afterres.

Globalement, Afterres table sur un maintien de la SAU disponible en France métropolitaine. Concernant la productivité de l'agriculture, Solagro (2012) estime qu'on est parvenu à un optimum dans les rendements moyens des cultures, que des risques de baisse des rendements existent, et qu'il n'est pas sage d'espérer à l'avenir une croissance significative de ces rendements. Nous partageons cet avis.

Nous prenons donc pour hypothèse un maintien des rendements moyens au niveau des valeurs actuelles.

Afterres fait une autre hypothèse, plus risquée mais nécessaire, sur l'évolution du mode de production agricole lui-même. Estimant peu probable la poursuite indéfinie du mode de production « intensif » actuel, il considère qu'en 2050 la moitié de l'agriculture française est biologique, et que l'autre moitié est « intégrée ». Cette agriculture intégrée utilise les engrais chimiques et les pesticides de synthèses, mais en quantité nettement moindre qu'aujourd'hui. D'autre part elle utilise mieux les processus naturels qui sont à l'œuvre dans les sols et dans les écosystèmes agricoles, de sorte que les baisses de rendement qu'on peut attendre d'un moindre usage des engrais et pesticides se trouvent en partie compensées, ou même parfois plus que compensées par des gains de productivité. Compte tenu des évolutions observables aujourd'hui dans l'agriculture dite conventionnelle, Afterres mise sur le développement des techniques de « non-travail » et de couverture végétale permanente des sols, et sur celui de l'agroforesterie. Estimant plausibles et souhaitables ces évolutions, nous reprenons ces hypothèses.

Nous prenons donc pour hypothèse qu'en 2050 la moitié de l'agriculture française est biologique, et que l'autre moitié est « intégrée ».

Quant à la conversion en bio de la moitié de la production française à l'horizon 2050, elle est dans le droit fil du vœu émis par le Grenelle de l'environnement de voir se développer ce mode de production. Encore faut-il imaginer en 2050 une agriculture biologique assez différente de ce qu'elle est aujourd'hui. Si la voie du « non travail » des sols, de la couverture permanente, des rotations complexes, des associations de cultures et de l'agroforesterie promet des changements substantiels de la production conventionnelle, cette voie est ouverte aussi à l'agriculture biologique, qui commence à s'y engager. Au prix de difficultés supplémentaires tenant à l'impossibilité de recourir aux herbicides chimiques, l'agriculture biologique trouve dans cette voie

une perspective d'augmentation des rendements unitaires des cultures à moyen terme, du fait de l'amélioration du statut humique de ses sols. Elle y trouve aussi une justification et une reconnaissance de la plupart de ses hypothèses de base, sur la prépondérance des processus naturels de maintien de la fertilité, de prévention des maladies et de contrôle des ravageurs, et sur l'intérêt des agro-systèmes complexes par rapport aux monocultures et aux modèles très spécialisés de l'agriculture conventionnelle actuelle.

A l'horizon 2050, on peut imaginer une certaine convergence agronomique entre une agriculture biologique restée fidèle à ses principes et l'agriculture qu'Afterres qualifie d'intégrée, de sorte que l'hypothèse « 50 % bio / 50 % intégrée » en 2050, même si elle ne se vérifie pas *sensu stricto* dans l'avenir, a le mérite de prendre en compte un changement assez radical et très large qui est assez plausible, sans l'enfermer dans une formule univoque.

Concernant le bois, Terracrea considère que la production biologique devrait continuer à augmenter mécaniquement jusque 2030 en raison de la structure actuelle des peuplements relativement jeune, mais envisage une stagnation dès 2030 en raison de l'exposition aux changements climatiques, mais aussi d'une évolution de la sylviculture vers la production de gros bois (voir 4.1)

En prenant en compte ces paramètres, Terracrea propose de considérer une augmentation de la productivité de 10 % d'ici à 2030 puis une stagnation.

2.2.3.2 Besoins et usages

Concernant les besoins alimentaires et énergétiques futurs de la population française, nous reprenons aussi à notre compte les hypothèses d'Afterres (horizon 2050) :

- Poursuite de l'augmentation de la population à un rythme constant.
- Une économie agroalimentaire nationale largement autonome, l'essentiel des besoins alimentaires directs et indirects (alimentation du bétail) étant couverts par la production métropolitaine. Le scénario laisse tout de même subsister quelques courants d'échange (exportation de céréales et de lait en poudre...).
- Une réforme conséquente du régime alimentaire humain moyen : pour l'essentiel, moins de viande suite à une division par deux de la quantité de protéines animales dans la ration humaine moyenne.
- Sur le plan énergétique, Afterres s'appuie sur le scénario Négawatt (2012). La réquisition de produits de l'agriculture pour la production d'énergie y est non négligeable mais « raisonnée », et elle consiste en grande partie dans la valorisation d'herbe et de sous-produits de la production agricole (déjections animales et prairies converties en biogaz par méthanisation, ...). De ce fait, la production d'énergie par l'agriculture augmente notablement, sans mobiliser beaucoup plus de terres arables qu'aujourd'hui.

2.2.3.3 Prospectives aux horizons 2020-2050

Les besoins en matériaux de construction interviennent peu dans le scénario Afterres, la quantité de biomasse potentiellement à mobiliser étant assez faible par rapport à ce qui est requis pour l'alimentation et la production d'énergie. Quelles que soient nos propres hypothèses sur le développement de l'usage des agro-matériaux dans la construction, le cadre établi par Afterres peut les accueillir sans problèmes et sans perdre sa cohérence.

Nos hypothèses propres portent sur l'évolution de l'activité du secteur de la construction – nombre et type des bâtiments construits et réhabilités chaque année – et surtout sur l'usage des matériaux biosourcés à l'avenir. Nous avons choisi deux modalités – modéré ou fort – pour le développement de ces usages. Ces

modalités se traduisent par deux taux de substitution – faible ou fort – des matériaux conventionnels par les biosourcés (voir Tableau 2).

Que ce soit dans le domaine de la production agricole et forestière ou de celui de la fabrication et de la mise en œuvre des matériaux de construction, notre étude ne suppose aucune rupture technologique.

Les changements potentiellement conséquents décrits ici supposent seulement la *substitution* aux procédés conventionnels de procédés nouveaux, encore peu développés mais maîtrisés et éprouvés dès aujourd’hui. Les conditions et les conséquences de cette substitution sont économiques et socioculturelles tout autant que proprement technologiques.

Thème	Hypothèse	Source
Population	Légère hausse d’ici 2020, 2050 ?	INSEE
Alimentation	Significativement moins de produits animaux (viande, lait, œufs) dans la ration alimentaire des français	AFTERRES
Energie tirée de la biomasse	Agrocarburants : comme aujourd’hui. Fort développement du biogaz tiré des sous-produits et déchets agricoles	AFTERRES
Surface moyenne et typologie des bâtiments	Pas de changement de tendance significative	TERRACREA
Nombre de bâtiments construits ou réhabilités	Proportionnel à l’évaluation de la population : - rythme modéré (neuf + réhab) - rythme élevé (neuf + réhab)	TERRACREA
Bâtiments neufs	Taux de substitution (*) : conventionnel → biosourcé - faible - fort	TERRACREA
Bâtiments réhabilités	Taux de substitution (*) : conventionnel → biosourcé - faible - fort	TERRACREA

Tableau 2. Récapitulatif des hypothèses sur les besoins et usages.

Part des matériaux biosourcés (ou crus) par élément de construction	Aujourd’hui	Demain	2010	2025	2050	Commentaires
Fondations	Béton	Pierre, verre cellulaire, fondations vissées	0 %	5 %	10 %	Dans certains cas, le béton peut être remplacé par des radiers isolants, du ballast
Soubassement	Béton Parpaing	Pierre, parpaings isolants, ballast	0 %	10 %	20 %	
Isolants	Ouate	Ouate	2 %	20 %	50 %	Les isolants biosourcés peuvent

	Laine de verre	Laine chanvre, bois, mouton				remplacer leurs concurrents en dehors des usages en milieu humide
	Laine de roche	Pailles				
	PSE + PSX	Plumes				
	PUR	Liège				
Dalles	Béton	Bois	2 %	10 %	30 %	Les dalles en bois offrent des portées comparables à celles en béton
	Terre cuite	Terre crue				
Murs extérieurs	Béton, parpaing, terre cuite, bois ossature métal	Bois	2 %	10 %	50 %	Les murs extérieurs ont une fonction isolante essentielle, il est pertinent de les réaliser avec des matériaux peu conducteurs.
		Pailles				
		Briques et bétons végétaux				
Cloisons	Ossature métal	Ossature bois terre crue	2 %	20 %	50 %	
	Plâtre					
	Terre cuite	Briques et bétons végétaux				
Planchers	Bois	Bois	2 %	10 %	50 %	Les solutions de planchers secs sont désormais concurrentielles par rapport aux filières humides
	Béton					
	Terre cuite					
Plafonds	Bois	Bois	2 %	10 %	50 %	
	Ossature métal	Panneaux biosourcés				
	Plâtre					
	Panneaux minéraux					
Couverture	Terre cuite	Bois	2 %	5 %	20 %	Les couvertures en matériaux biosourcés fonctionnent. Réutiliser des pierres et ardoises ne pose aucun problème technique ou normatif.
	Pierres et ardoises	Chaume et roseaux				
	Béton	Pierres et ardoises				
	Métal					
	Membranes organiques					
Charpente	Bois	Bois	50 %	60 %	80 %	

		Béton				
		Métal				
Poteaux et poutres		Bois	Bois	5 %	10 %	30 %
		Béton				
		Métal				

Tableau 3. Taux de substitution pour les matériaux biosourcés d'ici 2020 et 2050.

2.3 ETAT DES LIEUX

2.3.1 Ressources

2.3.1.1 Répartition et évolution de l'occupation des sols

Le territoire de la France métropolitaine est aujourd'hui partagé entre d'un côté l'agriculture et la forêt (boisements, surfaces toujours en herbe, sols cultivés), et de l'autre des espaces très divers, qui peuvent être naturels (eaux et rochers, landes et garrigues) ou fortement artificialisés (zones urbanisées, voiries, etc.).

Les sols occupés par l'agriculture et la forêt cumulent 83 % de la surface du pays. La photosynthèse y est active et efficace. Les autres sols sont fréquemment non ou peu productifs, et la biomasse y est en général moins accessible (accessibilité physique difficile, ou exploitation économiquement difficile). Cependant des zones urbaines plantées d'arbres ou des espaces de loisir enherbés peuvent avoir une productivité comparable à celle des prairies et des forêts.

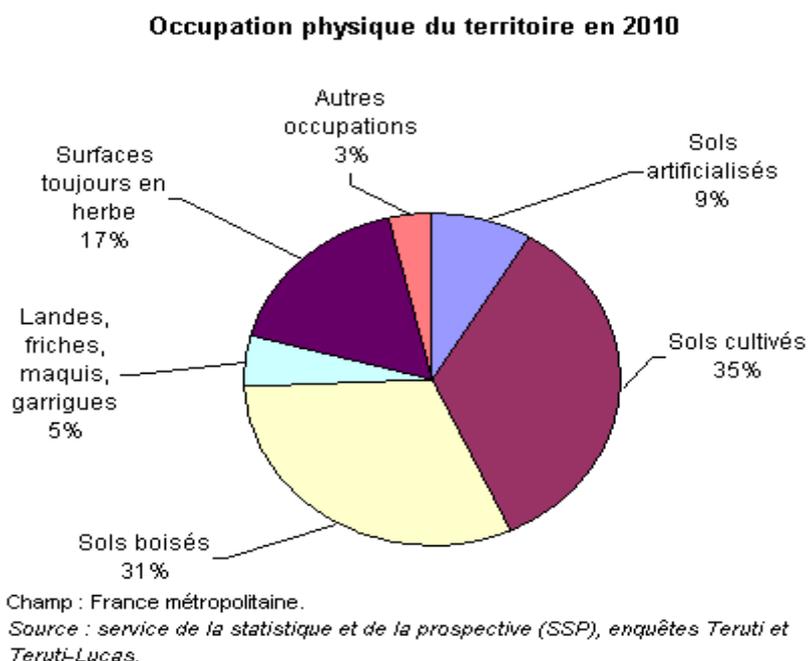


Figure 1. Occupation physique du territoire métropolitain en 2010.

Le partage actuel résulte de facteurs physiques, historiques, économiques et culturels. A long terme, les évolutions sont lentes mais peuvent être très profondes, comme en témoignent les avancées et reculs de la forêt depuis le néolithique (Demesure & Musch, 2001). Les évolutions récentes (depuis un à deux siècles) des surfaces forestières et agricoles sont précisées aux paragraphes 2.3.1.2.2 et 2.3.1.3.2.

2.3.1.2 Etat des lieux des productions forestières

2.3.1.2.1 Introduction

Depuis une trentaine d'années, de nombreux rapports témoignent d'un constat partagé : la filière bois française sous-utilise le bois disponible, une part de la récolte potentielle est négligée, il y a une marge de mobilisation de bois supplémentaire. Le bois est un matériau abondamment utilisé en construction, bois massif en charpente et menuiserie, panneaux de particules ou de fibres, isolants en vrac. Pour l'éco-construction, c'est un matériau de choix, qui peut se substituer en partie au béton et au métal comme matériau de structure et donner, après transformation, des isolants. Le développement de l'éco-construction postule a priori un recours accru au bois.

Un accroissement de la récolte de bois est-il possible pour permettre un développement de son usage en construction? Si l'éco-construction doit incorporer davantage de bois que la construction conventionnelle, son développement est-il compatible avec l'abondance de la ressource nationale ?

Une autre question se pose : au vu de la ressource nationale, peut-on imaginer un développement important du chauffage au bois qui serait cohérent avec le développement de son usage comme matériau de construction ?

La ressource française en bois provient de deux sources : les forêts d'une part, les arbres hors forêts d'autre part. Nous examinerons successivement ces deux sources.

2.3.1.2.2 La ressource forestière

La forêt française métropolitaine occupe aujourd'hui, selon le service de l'inventaire forestier statistique de l'IGN (ex Inventaire Forestier National, IFN) une surface de 15,9 millions d'ha, non compris 190 000 ha de peupleraies (IGN, 2012). Elle est en croissance depuis un siècle et demi, après être passée par un minimum historique vers 1850, où elle occupait environ la moitié de sa surface actuelle (Cinotti, 1996).

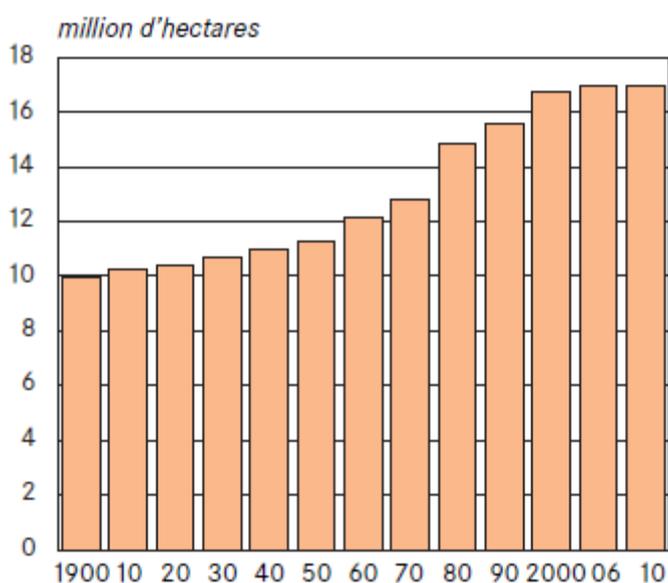


Figure 2. Evolution de la surface des bois et forêts en France.

Source : Agreste, Graphagri (2012).

L'évaluation du stock de bois sur pied et de la production des forêts fait l'objet d'un suivi permanent par l'IFN, avec le concours d'autres organismes. Plusieurs études récentes ont eu pour objet de déterminer le potentiel de production et la disponibilité du bois pour les filières industrielles classiques (bois d'œuvre, bois d'industrie...) mais aussi pour des filières récentes ou émergentes (nouveaux matériaux et produits issus du bois, plaquettes et granulés de bois pour la production de chaleur, biocarburants). Parmi ces études, on notera celle du Cemagref réalisée en 2006 et actualisée en 2009 (Cemagref, 2009), celle de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC, 2011), et celle de l'Ademe sur la disponibilité en bois-énergie (Ademe, 2009).

Reposant sur de nombreuses hypothèses et approximations, l'évaluation de la productivité brute des peuplements forestiers est délicate à conduire. Cette évaluation commence par un chiffrage du bois-fort-tige (BFT) - découpe de la tige jusqu'à un diamètre de 7 cm, hors grosses branches et menus bois - produit annuellement par la forêt, moyennant des observations et mesures effectuées sur un réseau de parcelles représentatives de la diversité des stations forestières. Ce premier chiffre sert de base pour l'évaluation de la production de grosses branches (bois de plus de 7 cm de diamètre, hors tige) et des menus bois (moins de 7 cm). Ces bois ne sont pas valorisés comme bois d'œuvre mais peuvent être récoltés pour d'autres usages industriels et comme biomasse combustible.

2.3.1.2.2.1 La production biologique de la forêt révisée à la baisse

Jusqu'en 2009, l'IFN et le Cemagref chiffrèrent à 103 (millions de m³/an) la production brute de BFT dans les forêts françaises (Cemagref 2009). Ce chiffre faisait consensus et servait de base aux différentes études de disponibilité. L'ENPC (2011) a avancé le chiffre de 80 Mm³/an seulement pour la cette même production brute de BFT. **En 2012, appliquant de nouvelles méthodes de calcul, l'IFN propose le chiffre de 85 Mm³/an de BFT** (IFN, 2012).

La publication de ce dernier chiffre est postérieure à celle de toutes les études de disponibilité à notre disposition à ce jour, qui sont fondées sur le chiffre de 103 Mm³/an. La logique voudrait que l'on applique un coefficient de réfaction aux résultats de ces études mais, d'après l'ADEME (discussion téléphonique avec Caroline Rantien le 2 juin 2014), la réfaction devrait également s'appliquer sur les prélèvements qui ont aussi été surévalués.

2.3.1.2.2.2 L'estimation des volumes de bois

Les forestiers évaluent les volumes de bois produits ou disponibles selon des catégories biologiques : volume total aérien, BFT, grosses branches et menus bois. Ils distinguent entre compartiments de la biomasse forestière – arbres vifs, arbres morts, chablis ordinaires, chablis exceptionnels résultants de tempêtes, arbres coupés entre deux mesures - et prennent en compte ces différents compartiments, ou les écartent, de façon à donner une image aussi fidèle que possible de la production moyenne annuelle réelle.

Les études de disponibilité classent les bois selon leur destination. Elles distinguent :

1. le Bois d'Œuvre (BO), issu du sciage des grumes et destiné à la charpente, la menuiserie, les palettes et emballages en bois, etc.
2. les Bois d'Industrie et Bois Energie (BIBE), qui servent à la fabrication de pâte à papier, de panneaux de particules ou de fibres, à la fourniture d'énergie par combustion directe ou après transformation (plaquettes, granulés, combustibles liquides ou gazeux...

3. les Menus Bois (MB).

Le bois fort entre en scierie sous forme de grumes, et en sort sous forme de bois d'œuvre (60 %) et de produits connexes de scieries (PCS), sciures, dausses et délignures, qui sont utilisables par les industries de la pâte à papier et des panneaux, ou valorisables en énergie. Les grosses branches, en général inaptes à donner du bois d'œuvre, sont utilisables par ces mêmes industries ou comme source d'énergie. En fonction de multiples paramètres techniques et économiques, les grosses branches sont récoltées ou abandonnées sur place. Très généralement, le menu bois n'est pas récolté. On qualifie de *rémanents* les branches et menus bois abandonnés sur place après récolte.

Catégories biologiques		Catégories d'usage	
BFT	Sciages 60 %	BO	Bois récoltés
	PCS 40 %	BIBE	
	Grosses branches		Rémanents
	MB	MB	

Tableau 4. Catégories biologiques et catégories d'usage du bois.

Le rendement matière de transformation des grumes varie de 45 à 63 % selon les essences. Il est en général plus faible pour les feuillus que pour les résineux. La valeur moyenne de 50 % est celle qui est la plus communément utilisée et que nous retiendrons pour 2010 (FCBA, 2011). Terracrea prévoit une augmentation du rendement matière de 50 à 60 %, soit le rendement le plus élevé aujourd'hui, pour l'ensemble des bois, feuillus ou résineux, d'ici à 2050. Cette hypothèse repose notamment sur les perspectives de développement du bois abouté qui permettrait de valoriser les plus petites sections et donc d'augmenter le rendement matière.

2.3.1.2.2.3 La disponibilité du bois

Le Cemagref (2009) fournit une évaluation de la ressource brute forestière qui a été adoptée par les études les plus récentes, notamment celle de Ademe (2009) Cette notion est définie comme « *la récolte potentielle totale permise par la structure des peuplements arborés et les règles de sylviculture / gestion* ».

Cette production biologique brute n'est pas intégralement mobilisable, pour des raisons à la fois techniques, économiques et sociétales. Les études Ademe (2009) et Cemagref (2009) détaillent les contraintes qui pèsent sur la récolte :

- Contraintes techniques : pertes d'exploitation, défaut d'accessibilité des terrains, difficultés d'exploitation.
- Contraintes économiques : coût d'exploitation, contexte économique.
- Contraintes environnementales : conservation de la fertilité des sols, zones protégées, sensibilité des sols au tassement ou à l'érosion.
- Contraintes socio-économiques : organisation foncière de la propriété forestière privée et disposition des propriétaires privés à offrir du bois sur le marché.

Selon leur objectif propre et selon les données disponibles, les études prennent en compte ou non ces *facteurs de réfaction* pour parvenir par paliers successifs de la production brute à la ressource disponible. A cette ressource disponible, on soustrait les usages actuels du bois pour déterminer la *disponibilité supplémentaire*, volume de bois potentiellement mobilisable pour le développement des filières existantes ou pour de nouveaux usages.

Au-delà de la disponibilité brute, Cemagref (2009) distingue trois niveaux de disponibilité :

- *ressource disponible exploitable* (variable qui combine les variables d'accessibilité, de distance de débardage, de pente et nature du terrain)
- *réfaction sur les menus bois* pour sensibilité des sols aux exportations minérales. Cette réfaction est justifiée par un souci de maintien à long terme de la fertilité des sols forestiers : les menus bois sont beaucoup plus riches en éléments minéraux que les gros bois, leur prélèvement systématique (appelé « exportation » par les pédologues) menace d'épuisement les sols les plus sensibles.
- *disponibilités supplémentaires* à l'échelle nationale après réfaction liée à l'exploitabilité et décompte des consommations actuelles

L'étude Ademe (2009) définit de son côté deux paliers :

- *Disponibilité technico-économique nette* : qui correspond à ce qui est effectivement récoltable en tenant compte des contraintes techniques, environnementales et économiques à laquelle est soumise la récolte de bois. Cette réfaction intègre la nécessité de laisser sur place tout ou partie des menus bois selon la sensibilité des sols, et surtout, elle intègre les variables d'accessibilité dans un ensemble technico-économique où interviennent aussi des éléments de conjoncture économique, tels que le coût de l'exploitation et le prix du bois sur le marché. Ceci lui permet de tester des hypothèses de disponibilité future en cas de changement significatifs de structure des prix, ou de conditions économiques en général.
- *Disponibilité nette supplémentaire* qui est la récolte potentielle réalisable en plus de la récolte actuelle.

Par ailleurs, ayant pour objectif la détermination de la disponibilité en bois énergie, cette étude considère que le bois d'œuvre n'est pas destiné à la production d'énergie et ne fournit pas d'évaluation pour cette catégorie.

Ces deux études, Cemagref (2009) et Ademe (2009), proposent une analyse détaillée des méthodes et hypothèses choisies pour le calcul des taux de réfaction, que ce soit pour inaccessibilité technique, non exploitabilité économique ou pour raison de sensibilité des sols aux exportations minérales.

Le Tableau 5 compare les résultats Cemagref et Ademe après réfections techniques et technico-économiques. Concernant les BIBE, nous suivrons Ademe (2009), qui prend davantage en compte la non exploitabilité économique ; concernant le BO, nous considérons que la non exploitabilité économique est moins importante pour ces bois de valeur, et par défaut nous suivrons les résultats de Cemagref (2009).

L'exploitation des menus bois (MB) est envisagée par les études de disponibilité de l'Ademe et du Cemagref, en prenant en compte les recommandations du guide sur la récolte raisonnée des rémanents de l'Ademe (Cacot *et al*, 2006). Il s'agit de recommandations minimales. Les rémanents jouent un rôle essentiel pour conserver des sols forestiers de bonne qualité écologique (fertilité, biodiversité, stockage de carbone, facilité de régénération naturelle...) et comme le reconnaît ce guide : « *Le retour au sol des résidus de récolte bonifie le statut organique du sol et accroît la productivité. Ramasser les rémanents a de fait un effet dépressif sur la croissance en hauteur des arbres, sur les sols les plus pauvres et en l'absence de fertilisation compensatoire.*

Cet effet se fera d'autant plus sentir que le peuplement est jeune, lorsque ses besoins en éléments nutritifs sont les plus forts » (Cacot et al, 2006).

L'objectif prioritaire étant de conserver un bon état écologique des forêts pour préserver la productivité biologique sur le long terme et favoriser l'adaptation des forêts aux changements climatiques, Terracrea fait le choix d'exclure la récolte des rémanents dont le diamètre est inférieur à 7cm et ceci quel que soit le type de sol. Aucune fertilisation compensatoire n'est ainsi nécessaire. Nous ne considérons donc pas de disponibilité en MB pour cette étude.

Disponibilité nette forestière (Mm ³ /an)		Cemagref 2009	Ademe 2009	Estimation Terracrea
Ressource disponible exploitable Cemagref (intégrant la réfaction « menus bois ») et Disponibilité technico économique nette Ademe (aux conditions économiques actuelles)	BO	34,4		34,4
	BIBE	60,2	43,8	43,8
	MB	8,1	5,8	0

Tableau 5. Disponibilité nette forestière après réfaction technique et économique.

Source : Cemagref (2009), Ademe (2009).

Pour obtenir la disponibilité supplémentaire, nous retranchons la récolte actuelle de bois. L'Enquête Annuelle de Branche (EAB) du Service de la Statistique et de la Prospective (du ministère de l'agriculture) fournit des données précises sur la production de bois d'œuvre et de bois d'industrie, mais ne rend pas compte du prélèvement de bois de chauffage, qui échappe pour 90 % environ aux statistiques, du fait de l'autoconsommation ou d'échanges marchands non enregistrés (Ademe, 2009). La consommation de bois de chauffage des ménages est estimée à partir d'enquêtes de consommation réalisées tous les 5 à 6 ans par l'INSEE et analysées par le CEREN (Centre d'études et de recherches économiques sur l'énergie). Elle est très loin d'être négligeable puisque le CEREN l'estime à environ 29 millions de m³ en 2006 (Cemagref, 2009). Ademe (2009) propose une estimation de l'origine de ces bois de chauffage. A l'échelle nationale, il proviendrait à 70 % de la forêt, à 15 % de peupleraies, haies bocagères, vignes, vergers et arbres urbains, et à 15 % d'autres sources (arbres épars, bois de rebut, déchets de l'industrie du bois et bois d'importation). Ademe (2009) souligne que cette estimation est toutefois rendue particulièrement délicate par le manque de données statistiques.

Ademe (2009) et Cemagref (2009) s'accordent sur l'estimation du prélèvement total de bois de forêt présenté dans le Tableau 6.

	Disponibilité nette (1)	Prélèvement actuel de bois de forêts (2)	Disponibilité supplémentaire
BO	34,4	20,4	14,0
BIBE	43,8	31,9	11,9
Total	78,2	52,3	25,9

Tableau 6. Disponibilités forestières, estimation Terracrea (en millions de m³/an).

Avec ((1) pour les BO : estimation Cemagref (2009) ; pour les BIBE et MB : estimation Ademe (2009) (2) Ademe (2009), Cemagref (2009), d'après AEB moyenne 2005/2007 et CEREN (2006).

Les calculs réalisés par Ademe (2009) sur les BIBE aboutissent à un résultat de disponibilité supplémentaire légèrement négative pour quatre régions (Basse-Normandie, Corse, Nord-Pas de Calais et PACA). Compte

tenu des biais et incertitudes de l'évaluation, ces résultats ne signifient pas nécessairement que dans ces régions le prélèvement dépasse la production, mais selon Ademe (2009) il est prudent de considérer qu'il n'y a pas de disponibilité supplémentaire en BIBE dans ces régions.

Les principaux résultats de ces études sont les suivants :

- BO : le CEMAGREF (2009) évalue la disponibilité exploitable en forêt à environ 34,4 Mm³/an (en prenant en compte des critères d'accessibilité). La récolte actuelle étant en moyenne d'environ 20,4 Mm³/an, la disponibilité supplémentaire est d'environ 14,0 Mm³.
- BIBE : l'ADEME (2009) évalue à environ 43,8 Mm³/an la disponibilité exploitable en forêt (en prenant en compte des critères d'accessibilité, de coût d'exploitation et de maintien de la fertilité des sols). La récolte actuelle étant évaluée en moyenne à 31,9 Mm³/an, la disponibilité supplémentaire est d'environ 11,9 Mm³. Cette disponibilité supplémentaire pourrait aller jusqu'à 30 Mm³/an (en incluant les peupleraies et les haies) avec une forte hausse du prix de vente du bois énergie.
- MB : l'ADEME (2009) évalue à environ 5,8 Mm³/an la disponibilité exploitable en forêt (en prenant en compte des critères d'accessibilité, de coût d'exploitation et de maintien de la fertilité des sols). La récolte actuelle étant considérée comme marginale, la disponibilité supplémentaire est également d'environ 5,8 Mm³. Toutefois, pour des raisons de maintien et de restauration de la fertilité des sols, Terracrea considère que l'exploitation des menus bois n'est pas une option soutenable.

2.3.1.2.2.4 La ressource de bois hors forêts

Si la forêt s'est considérablement étendue depuis un siècle et demi, la surface occupée par les arbres hors forêts dans l'espace rural a été divisée par trois en l'espace d'un siècle : 1,7 Mha en 2000 contre 4,7 en 1900 (FAO, 2001). Cette divergence traduit un double mouvement : déprise agricole au profit de la forêt dans les espaces marginaux, intensification de l'agriculture sur les meilleurs terroirs. Cette intensification s'est manifestée notamment par les remembrements massifs de la seconde moitié du XX^{ème} siècle, mais aussi par la disparition à l'échelle de l'exploitation agricole de petites zones humides plus ou moins arborées (fossés, mares...). Le bocage et ces zones humides jouaient un rôle de premier plan dans le maintien de la richesse et de la diversité des agro-écosystèmes, et fournissaient à la population rurale des ressources non alimentaires, en particulier du bois de feu mais aussi des matériaux (osier, roseau, etc.).

Outre les arbres hors forêt présents dans l'espace rural, les ressources ligneuses non forestières comprennent également les arbres urbains ainsi que les vignes et vergers (bois issus de taille ou d'arrachage), le bois étant dans ce dernier cas un coproduit de la récolte de fruits. L'étude Ademe (2009) fournit un chiffrage de l'emprise au sol de ces peuplements arborés qui constituent la « ressource ligneuse non forestière ».

Arbres hors forêt	Surface ou linéaire
Peupleraies	0,2 millions d'ha
Haies et alignements ruraux	700 000 km
Arbres urbains	1,6 millions d'ha
Vignes et vergers	1 millions d'ha
Arbres épars	0,33 millions d'ha

Tableau 7. Emprise au sol des arbres hors forêt.

Source : Ademe (2009).

En supposant une emprise moyenne de 10 m pour les haies et alignements ruraux, leur longueur de 700 000 km correspond à une surface de 700 000 ha. Sous cette hypothèse, la surface totale occupée par les ressources ligneuses non forestières est de 3,8 millions d'ha, soit environ un quart de la surface forestière.

Au sein de cet assemblage quelque peu disparate de types d'arbres hors forêts, Ademe (2009) distingue entre des ressources principales (peupleraies, haies et alignements ruraux), dont elle fournit une estimation de la production, et des ressources ligneuses annexes, dont elle donne une étude exploratoire.

2.3.1.2.2.5 Ressources non forestières principales

Ressource brute Mm ³ /an	Peupleraies	Haies et alignements	Total
BO	2,20 (1)	-	2,20
BIBE	0,55	2,3	2,85
MB	0,24	1,3	1,54
Total	2,99	3,6	6,59

Tableau 8. Ressource brute des peupleraies, haies et alignements (en millions de m³/an).

(1) La quantité de bois d'œuvre issue des peupleraies n'est pas donnée par l'étude mais peut être déduite des paramètres donnés pour l'estimation des BIBE et MB (rapports volume aérien total/BFT, BO/BIBE, MB/volume aérien total).

Source : Ademe (2009).

La totalité du bois d'œuvre de peuplier étant aujourd'hui récoltée et consommée, il n'y a pas de disponibilité supplémentaire en BO de peuplier. Appliquant la même série de réfections que pour le bois de forêt, (Ademe, 2009) détermine la disponibilité nette technico-économique pour les BIBE et MB des peupleraies et bocages.

Disponibilité nette Mm ³ /an	Peupleraies	Haies et alignements	Total
BIBE	0,5	2,3	2,8
MB	0,2	1,3	1,5

Tableau 9. Disponibilité nette technico-économique des peupleraies, haies et alignements.

Source : Ademe (2009).

Sur la base d'enquêtes de terrain, Ademe (2009) considère que le bois issu de bocage n'est quasiment pas valorisé comme bois d'œuvre ni comme bois d'industrie. Elle estime par ailleurs que les peupleraies fournissent 170 000 m³/an de bois d'industrie, le reste de la production (hors BO) étant consommé comme bois énergie ou abandonné sur place. Elle estime enfin à 2,1 millions de m³/an la quantité de bois de peuplier et de haies valorisés en énergie. Ces chiffres lui permettent de déduire la disponibilité supplémentaire liée à cette ressource.

Disponibilité supplémentaire (Mm ³ /an)	Disponibilité nette technico-économique	Prélèvement actuel	Disponibilité supplémentaire
BIBE	2,8	2,3	0,5
MB	1,5	0	1,5

Tableau 10. Disponibilité supplémentaire en bois de peupleraies, haies et alignements.

Source : Ademe (2009).

2.3.1.2.2.6 Ressources non forestières annexes

Enfin concernant les ressources ligneuses annexes, Ademe (2009) évalue leur biomasse en tonnes de matière sèche (tMS), dans l'optique de leur utilisation éventuelle comme bois énergie. Les résultats sont les suivants :

Ressource brute (Mt MS)	Production annuelle de matière sèche
Vignes	1,75
Vergers	0,65
Arbres urbains	1,32
Souches forestières	0,46
Total	4,18

Tableau 11. Disponibilité brute en ressources ligneuses annexes (En millions de t MS).

Source : Ademe (2009).

Le total est de près de 4,2 millions de tMS/an, soit un volume de l'ordre de 7 millions de m³/an. Cette ressource est donc significative, mais il faut lui appliquer de multiples facteurs de réfaction – maintien de la fertilité des sols, coût économique de l'exploitation, problèmes de pollution de résidus de cultures contaminés aux métaux lourds, etc. Etudiant en détail la possibilité de mobiliser cette ressource, Ademe (2009) note que sauf cas particulier, cette biomasse n'a guère d'usages possibles en dehors de la fourniture d'énergie, et que son coût de mise en œuvre est souvent assez élevé. Elle considère que c'est seulement dans les bois issus de vergers (bois de taille et d'arrachage) et d'alignements urbains qu'il existe une ressource significative facilement valorisable, et d'ailleurs fréquemment déjà valorisée. Pour le reste, elle renvoie à d'éventuelles études ultérieures, et renonce à avancer un chiffre global de disponibilité supplémentaire liée à cette ressource, ce en quoi nous la suivons.

2.3.1.2.2.7 Ressource supplémentaire en bois : synthèse et discussion

En cumulant la disponibilité supplémentaire de bois d'origine forestière et celle d'origine non forestière, nous parvenons à un total de 26,4 millions de m³/an, à 90 % issus de la forêt.

Disponibilité supplémentaire (Mm ³ /an)	Forêt	Hors forêt	Total
BO	14,0	-	14,0
BIBE	11,9	0,5	12,4
Total	25,9	0,5	26,4

Tableau 12. Estimation Terracrea de disponibilité supplémentaire actuelle en bois.

En terme de prospective, ce résultat ouvre la possibilité d'une augmentation significative de la disponibilité de bois par le redéploiement de plantations hors forêts, dans les espaces agricoles (haies, plantations agroforestières) mais aussi le long des voies de circulation, des cours d'eau et canaux. Cependant, s'il est facile d'imaginer l'utilisation énergétique de ces bois, leur valorisation en bois d'œuvre est plus problématique, et suppose une évolution conjointe, une coadaptation des méthodes de gestion de ces plantations et des techniques de construction bois.

2.3.1.2.2.8 Impact du commerce extérieur sur la disponibilité en bois

En valeur, la filière bois française est déficitaire, et ce déficit tend à croître ces dernières années.

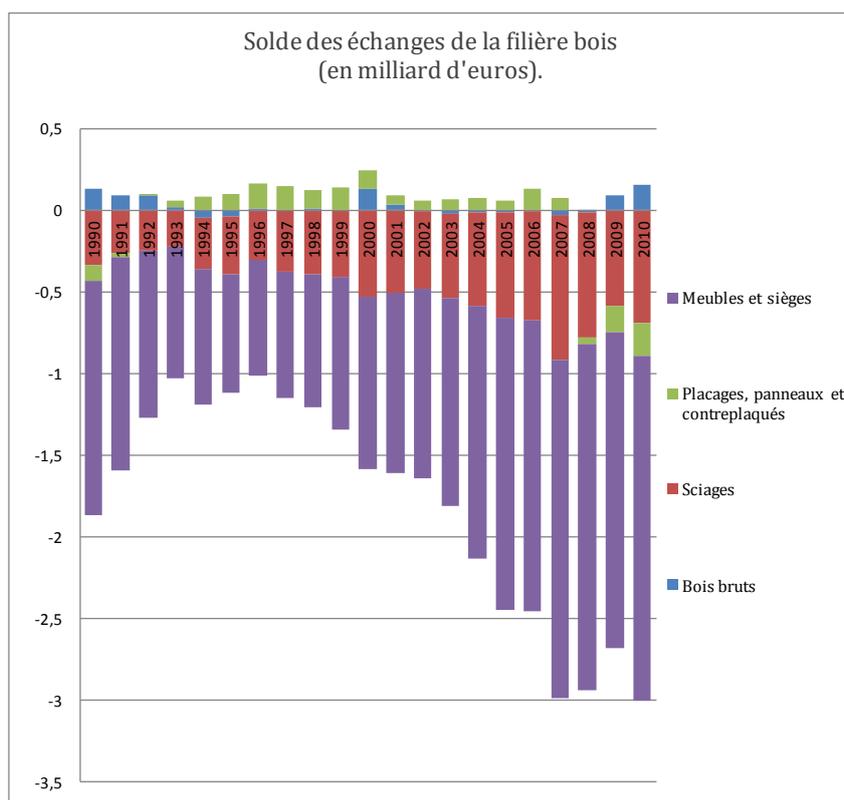


Figure 3. Solde des échanges de la filière bois.

Source : Agreste (2011).

Le déficit commercial a clairement pour origine le déséquilibre entre des ventes de bois brut et des achats de produits transformés. En quantité de matière, la filière bois française est exportatrice nette.

Unité		Production France	Importations	Exportations
Millions de m ³ (sous écorce)	Bois énergie	26,2	0,0	0,8
	Bois ronds industriels feuillus tempérés	8,4	0,2	1,7
	Bois ronds industriels tropicaux	0,0	0,2	0,0
	Bois ronds industriels résineux	21,3	1,3	5,0
	Total bois ronds	55,8	1,7	7,5
Millions de m ³	Sciages feuillus tempérés	1,3	0,1	0,4
	Sciages tropicaux	0,1	0,2	0,0
	Sciages résineux	6,9	3,5	0,6
	Total sciages	8,3	3,8	1,0
Millions de m ³	Placages et contreplaqués	0,3	0,6	0,2
	Panneaux de particules y c. OSB	4,0	0,8	1,7
	Panneaux de fibres	1,0	1,0	0,6
	Total placages et panneaux	5,3	2,3	2,5
Millions de tonnes	Pâtes de bois	1,8	2,0	0,5
	Papiers et cartons	8,8	5,6	4,7
	Papiers et cartons à recycler	5,3	0,9	2,6
	Total bois de trituration	15,9	8,5	7,8

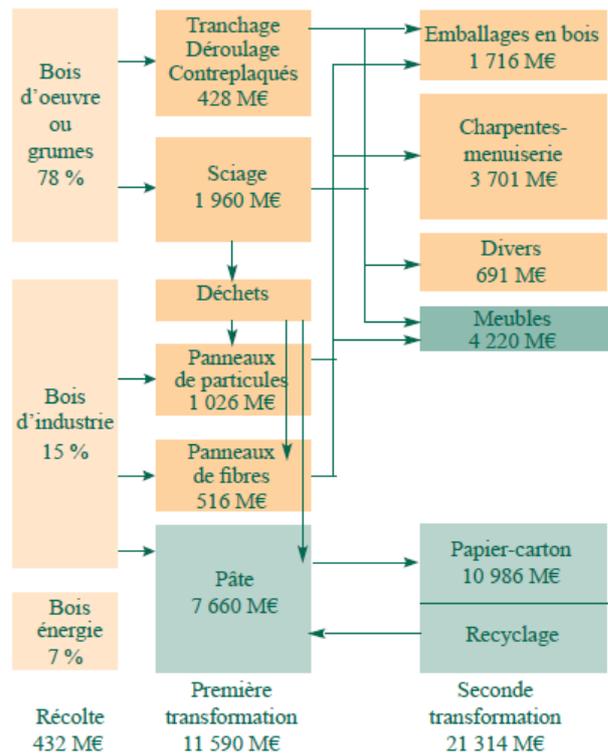
Tableau 13. Commerce extérieur des principaux produits forestiers (en 2010).

Source : Agreste (2011) - depuis Division forêt bois CEE-NU/FAO.

La France est exportatrice nette de bois ronds, pour 5,8 millions de m³ (sur une production nationale de 30,1 millions de m³, hors bois énergie). Elle est importatrice nette de sciages, pour 2,8 millions de m³ (correspondant à environ 4 millions de m³ de bois rond). Elle perd les possibilités d'usage des produits connexes de scierie correspondant à ses exportations de bois rond. Mais globalement et actuellement, la disponibilité de bois en France n'est que peu affectée par le commerce extérieur.

2.3.1.2.2.9 Les usages du bois

Le SESSI (2008) donne une vue schématique de la filière bois :



Champ : entreprises de 20 salariés ou plus
Sources : Sessi, Scoes - enquêtes annuelles d'entreprises 2006

Figure 4. Valeurs facturées dans la filière bois en 2006.

Ces chiffres sont issus de l'Enquête Annuelle de Branche, qui donne une image fiable des volumes traités par l'industrie, mais néglige l'essentiel de la récolte de bois de chauffage (voir § 2.3.1.2.2.3).

Ce schéma présente les étapes successives de transformation, les connexions entre les filières et les transferts de déchets et de produits à recycler. Il donne les valeurs facturées par chaque type d'industrie. Les quantités de matière mises en jeu sont moins bien connues, mais peuvent être appréhendées à travers les publications de l'Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement d'où sont issus les quatre tableaux suivants (FCBA, 2012).

Volume de bois sur écorce, en millions de m ³	
Bois d'œuvre	21,1
<i>dont feuillus</i>	5,2
<i>dont résineux</i>	15,9
Bois d'industrie	14,2
<i>dont trituration</i>	13,9
<i>dont autres bois d'industrie</i>	0,3
Bois énergie	4,5
<i>dont plaquettes forestières</i>	1,3
<i>dont autres bois énergie</i>	3,2
TOTAL	39,9

Tableau 14. Récolte commercialisée de l'exploitation forestière (en 2010).

Sources : FCBA (2012), EAB (2010).

Comme le schéma de la Figure 4, le Tableau 14 ne prend en compte que le bois énergie enregistré par les statistiques de l'EAB, et non l'autoconsommation et les échanges non déclarés. Le FCBA donne l'analyse suivante de l'activité des industries du bois, sur la base des statistiques officielles et de communications de représentants des industries du bois :

Marchés	Produits	Quantités
Placages et panneaux	Contreplaqués et divers	326 000 m ³
	Panneaux de process	3 180 000 m ³
	Panneaux MDF	54 300 000 m ²
	Placages	56 500 m ³
Parquets assemblés	Panneaux pour parquets	3 490 000 m ²
Charpentes et autres menuiseries	Menuiseries	10 200 000 pièces
	Charpentes	406 000 tonnes
	Escaliers	21 300 tonnes
	Autres menuiseries	90 500 tonnes
Emballage en bois	Palettes	72 800 000 pièces
	Tonnellerie	55 300 tonnes
	Emballages légers	289 000 tonnes
	Emballages industriels	162 000 tonnes
Autres produits en bois	Divers	32 900 tonnes
Pâte à papier	Pâtes chimiques (soude) de résineux	538 000 tonnes
Papier et carton	Papiers et cartons	5 420 000 tonnes
Ameublement		<i>Non disponible</i>

Tableau 15. Production des industries du bois (en 2010).

Sources : FCBA (2012), EAP (2010).

Les scieries traitent le bois d'œuvre, dont elles tirent à part à peu près égales des bois de charpente et menuiserie, et des emballages bois (palettes et caisses-palettes, emballages légers). Les volumes entrant et sortant des industries de la trituration sont donnés dans les deux tableaux suivants :

	Trituration		Placages	
	Pâtes milliers de tonnes brutes	Panneaux milliers de tonnes brutes	Total	Usines de contre- plaqué milliers de m ³
Bois reçu	7400	5100	12 500	430
Dont bois rond	65 %	49 %	58 %	77 %

Tableau 16*. Réception des bois dans les usines de pâtes et de panneaux en 2011.

Sources : FCBA (2012).

Pâte mécanique	540 000 tonnes
Pâte chimique	1 340 000 tonnes
Papiers et cartons	8 550 000 tonnes

Panneaux de particules et OSB	4 000 000 m³
MDF	900 000 m³
Contreplaqué	260 000 m³

Tableau 16. Production de pâtes à papier, de papiers et cartons et de panneaux (en 2011).

Source : FCBA (2012).

A propos des chiffres présentés dans les trois tableaux précédents, le FCBA émet lui-même cette réserve : « En conséquence de données non disponibles ou sous le sceau du secret statistique, il peut apparaître des différences entre les valeurs fournies par les sources professionnelles et les sources statistiques publiques. » Les données présentées dans ces trois tableaux doivent être interprétées avec cette réserve.

Enfin une étude menée par le CSTB et la FCBA nous donne les quantités de bois utilisés pour la fabrication de produits de construction, ainsi que le commerce extérieur de ces produits (CSTB-FCBA, 2010).

	Production en milliers de m ³ /an	Importation en milliers de m ³ /an	Exportations en milliers de m ³ /an
Bois scié	9700	4000	1200
Panneaux OSB	370	51	203
Panneaux contreplaqués	360	503	223
Panneaux particules	4150	733	1620
Panneaux de fibres	1220	1210	992

Tableau 17. Production et commerce extérieur des produits de bois-construction en 2009*.

Source : CSTB/FCBA (2010) - selon Eurostats (2009) pour les produits de bois de construction.

Les incertitudes et imprécisions qui pèsent sur ces chiffres, ainsi que la disparité des unités de compte ne facilitent pas l'analyse globale de la filière bois, mais une image d'ensemble se dégage tout de même. Le secteur de la construction absorbe les bois de charpente et de menuiserie, ainsi qu'une part significative (45 %) de la production de panneaux. Le secteur de l'emballage absorbe environ la moitié des bois d'œuvre issus de scierie, mais il peut valoriser des grumes ou parties de grumes de qualité insuffisante pour la charpente ou la menuiserie. Le secteur de la charpente est très actif, et en croissance rapide.

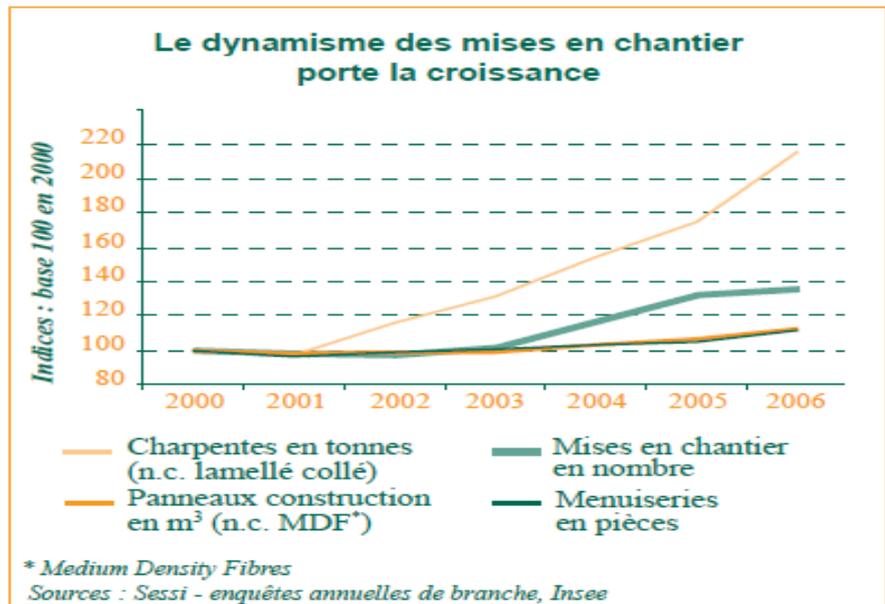


Figure 5. Evolution des secteurs du bois construction (2000-2006).

Source : SESSI (2008).

Entre 2000 et 2006, les sciages de bois de charpente ont plus que doublé. Ce dynamisme est dû pour partie à l'augmentation des mises en chantier, mais aussi au succès du concept de maison à ossature bois. Il concerne surtout les grumes de résineux, et se traduit d'ailleurs parfois par un recours à l'importation, pour l'épicéa en particulier (SESSI, 2008). Bien que concurrencé par le métal et les plastiques, le bois reste, au moins en valeur, dominant dans le secteur de l'ameublement.

Matériau	Facturation (en M€)
Bois	3 417
Métal	1 328
Plastiques	369
Autres	528

Tableau 18. Facturation 2010 des produits d'ameublement (*).

Source : FCBA (2012). (*) Hors sièges automobile et avion.

Le sciage génère des déchets (produits connexes de scierie) qui sont en partie orientés vers l'industrie des panneaux de fibre et vers celle de la pâte à papier. L'industrie du papier s'approvisionne de son côté pour plus de la moitié à partir du recyclage des papiers et cartons. Enfin sont valorisés en énergie des bois bruts récoltés à cette fin, une partie des déchets de première transformation et une partie des bois en fin de vie, qu'il s'agisse d'emballages ou de bois d'œuvre.

Concernant les déchets de bois, la statistique officielle sur les *déchets non dangereux* indique qu'en 2008 (MEDDEM, 2011) :

- le secteur du bâtiment (construction, démolition, entretien des bâtiments) a généré plus de 12 Mt de déchets non dangereux.
- la production de déchets de bois, hors déchets ménagers, a été de 8,6 Mt.
- 50 % des déchets de bois sont recyclés, 40 % sont incinérés avec récupération d'énergie.

Reste l'ultime possibilité de d'utilisation du bois, la valorisation énergétique.

Energie	Production primaire d'énergie				Production d'énergie disponible (1)			
	Ktep	Equivalent bois ronds (milliers de m3 (2))	% du bois dans le secteur	% du secteur dans l'énergie bois	ktep	Equivalent bois ronds (milliers de m3 (2))	% du bois dans le secteur	% du secteur dans l'énergie bois
Renouvelable thermique	16 446	74 961			15 169	69 140		
dont bois énergie	10 100	46 036	61%	99%	9 724	44 322	64%	98,81%
- dont ménages et agricoles					7 621	34 737		77,44%
- dont collectif et tertiaire					379	1 727		3,85%
- dont industrie					1 724	7 858		17,52%
Renouvelable électrique (3)	6 299	28 711			6 682	30 457		
dont bois énergie	117	533	2%	1%	117	533	2%	1,19%
- dont industrie					117	533		1,19%
Total ENR	22 745	103 672			21 851	99 597		
- dont bois énergie	10 217	46 569	45%	100%	9 841	44 855	45%	100%
Total toutes énergies confondues	270 400	1 232 483	3,8%		157 700	718 797	6%	

Tableau 19. Le bois dans la production d'énergie.

Sources : FCBA (2012), SOeS/SDBE (2011).

(1) La différence entre le total d'énergie primaire et le total d'énergie disponible correspond aux pertes de transformation de l'énergie primaire en électricité et/ou en chaleur. (2) 1ktep = 4.558 m3 de bois rond. (3) La conversion des kWh électriques se fait selon 1 GWh = 0,086 ktep. On suppose que production électrique primaire = production d'énergie disponible.

Le FCBA (2012) estime la consommation totale de bois énergie à environ 45 millions de m³/an. Chiffre à rapprocher des 28,9 millions de m³ de bois bûches consommés par les ménages français en 2006 (Ademe, 2009), à quoi il faut ajouter le bois énergie consommé par l'industrie, le tertiaire et l'habitat collectif, sous la forme de bûches, mais aussi de plaquettes et granulés issus de l'exploitation forestière ou de déchets de la filière, ainsi que les bois en fin de vie qui font l'objet de valorisation énergétique en incinérateur.

En dépit de ce volume considérable, supérieur au volume total des sciages et bois d'industrie, le bois énergie ne représente que 3,8 % de la production primaire d'énergie, et seulement 6 % de la production d'énergie disponible. On voit par-là l'éventualité d'une forte concurrence d'usage potentielle avec les autres secteurs industriels consommateurs de bois, si des limites compatibles avec le volume de la production et les besoins de ces secteurs ne sont pas assignées au développement du bois énergie. Compte tenu de l'efficacité médiocre des dispositifs traditionnels de chauffage au bois (cheminées ouvertes, foyers fermés à faible rendement...), on voit aussi l'importance d'une optimisation de l'utilisation de cette ressource à travers une politique d'amélioration thermique des bâtiments et de remplacement de ces dispositifs par des équipements performants.

2.3.1.2.2.10 Concurrences d'usages en perspective

Le projet de s'appuyer significativement sur le bois énergie pour porter à 20 % ou davantage la part d'énergies renouvelables dans la production d'énergie française sans assigner à celle-ci une diminution très sensible est porteur d'une potentialité de concurrence d'usage généralisée à l'ensemble de la filière bois. Cette concurrence est déjà perceptible, certains industriels du bois dénonçant comme une concurrence déloyale les subventions dont bénéficie le bois énergie (Deprez, 2006). Selon Alcimed « *Le marché français des*

panneaux à base de bois devrait connaître une croissance importante d'ici 2020, mais devra faire face à une véritable problématique de tension sur la ressource » (p 74), « Le bois fibre constitue donc une source de valeur ajoutée. Néanmoins, il est important de prendre en compte le fait qu'il se trouve confronté en France à une problématique de conflits d'usage avec le bois énergie » (p 81) (Alcimed, 2012). Les filières panneaux de bois et pâte à papier, utilisant la même matière première, sont également déjà en concurrence pour l'accès à la ressource. Ce problème n'a rien de spécifiquement français. En Allemagne, « Les capacités de production de panneaux ont diminué de 25%, du fait du manque de disponibilité de la ressource, utilisée par le bois énergie » (p120), L'étude d'Alcimed cite le rapport établi en 2007 par l'agence américaine McKinsey (McKinsey 2007), selon lequel « entre 250 et 400 millions de m³ de bois manqueront en Europe pour satisfaire les objectifs d'EnR d'ici 2020 » (Alcimed, 2012).

2.3.1.2.2.11 Conclusion et perspectives

Dans leur étendue actuelle, les boisements mobilisent 16 millions d'hectares de forêts et un peu moins de 4 millions d'hectares hors forêt, sur les 55 millions d'hectares de territoire métropolitain. Sur ces terrains, les arbres captent la lumière pour leur propre photosynthèse et annulent toute autre possibilité quantitative significative de production de biomasse. Ce volume de bois est l'horizon quantitatif du bois disponible pour la population française, dans les décennies à venir. Sauf circonstance historique exceptionnelle, la surface dévolue au bois sur le territoire ne peut évoluer que lentement, et ce n'est qu'au terme d'une longue phase de croissance – 30 à 200 ans selon les essences - que les arbres sont exploitables pour les usages les plus nobles (CESE, 2012). Si on peut imaginer un développement rapide de la production de bois énergie par la mobilisation de terres pour des taillis à courte rotation par exemple, il n'en est pas de même pour le bois d'œuvre. Toutefois, la prospective dans ce domaine doit prendre en compte une double évolution déjà à l'œuvre :

- la mise au point de techniques de construction bois utilisant des bois de petites sections, inaptes à la charpente traditionnelle. Ces techniques sont illustrées notamment par la charpente en fermettes, la maison à ossature bois.
- le développement possible à moyen terme de boisements hors forêts – haies bocagères, plantations agroforestières. Ces nouvelles plantations hors forêts sont susceptibles, sous réserve de techniques de gestion adaptées, de générer des bois de construction sans diminuer significativement la production agricole.

Au-delà de la récolte et de la consommation actuelle, une disponibilité supplémentaire existe donc, même si son chiffrage est sujet à incertitudes et imprécisions. Une fois ces marges de manœuvre mobilisées et le potentiel des nouvelles plantations hors forêts mis en place, il faudra gérer la filière bois à *volume constant*.

Dans ce contexte, il apparaît qu'un développement conséquent de l'usage des produits biosourcés dans la construction ne peut reposer sur le bois seul. Pour la fonction d'isolation, le bois devra partager avec les fibres végétales d'origine agricole. Pour les fonctions de matériau de structure, l'éco-construction associera le bois avec les matériaux minéraux crus – la pierre et la terre.

Les ressources en bois sont très dispersées sur le territoire national, mais avec des disparités très fortes entre régions. L'hétérogénéité régionale porte sur les surfaces boisées et la production récoltée (de 0,8 millions de m³/an en Nord-Pas de Calais à 9,6 en Aquitaine) ; sur la productivité par unité de surface (de 2 à 8 m³/ha.an selon les régions) ; sur l'âge des peuplements, le volume de bois sur pied et sur les caractéristiques des bois produits (type d'essences, qualité des grumes), etc. (IFN, 2012). Cette caractéristique de la ressource bois suggère des politiques de développement régionalisées, d'autant que les caractéristiques souhaitables pour les bâtiments, logements en particulier, sont différentes selon les régions.

Toutes les prospectives de disponibilité de bois proposées, la nôtre incluse, sont fondées sur l'hypothèse que la productivité actuelle des peuplements forestiers est destinée à se maintenir à l'avenir. Or cette continuité n'est pas acquise, loin s'en faut. Les effets déjà observés du changement climatique – tempêtes exceptionnelles, augmentation des indices d'aridité, troubles sanitaires dans les plantations – sont autant d'incitations à considérer avec prudence les chiffres de disponibilité proposés, pour une prospective à long terme.

2.3.1.3 Etat des lieux des productions agricoles

2.3.1.3.1 Introduction

La liste des matériaux biosourcés potentiellement utilisables en construction est longue. A côté du bois, sous ses diverses formes, les systèmes agricoles ont de tout temps fourni les matériaux les plus variés, pour des fonctions elles-mêmes très variées. En couverture, la paille de céréales (seigle, blé...) et le roseau, la paille et le foin de prairie en armature des remplissages en torchis, l'osier et les roseaux comme armature des toitures en dômes de terre crue des indiens Madans (Kahn, 1978), la canne de Provence comme matériau quasi unique – structure porteuse, couverture et parois - des maisons, mais aussi des bâtiments collectifs des tribus arabes de basse Mésopotamie (Thesiger, 1983). La bruyère, les genêts et les joncs comme armature des blocs de bauge des maisons paysannes de Vendée ou du Sud-Ouest. La balle de grains, la rafle de maïs comme isolant, les fumiers animaux – bouses, crottins – comme adjuvants durcisseurs et imperméabilisants dans les enduits, et même parfois des aliments, comme le grain de riz fermenté utilisé comme adjuvant de la terre crue en Chine ou au Japon.

Si la plupart de ces usages ont disparu, aujourd'hui certains sont en train de renaître, du fait de l'intérêt que leur portent nombre de bâtisseurs, auto-constructeurs et artisans se livrant à une véritable recherche appliquée, mais aussi des laboratoires de recherche et des industriels, dans l'objectif de mettre au point de nouveaux produits compatibles avec les impératifs écologiques de plus en plus prégnants.

Les modalités techniques de la construction ont beaucoup changé depuis l'aube de la révolution industrielle, mais les possibilités nouvelles de la technologie d'un côté, et la redécouverte des traditions de l'autre nous invitent à envisager très largement les possibilités d'usage actuel de ces matériaux.

S'il semble hasardeux de prévoir à moyen terme l'importance que prendra chacun de ces matériaux, chacun de ces types d'usages, il est clair que la question se pose dès aujourd'hui de la disponibilité actuelle et future de tous ces matériaux, d'autant que l'agriculture semble vouée à connaître une demande multiforme et de plus en plus pressante, pour l'alimentation humaine, pour la fourniture de matériaux très divers mais aussi pour la fourniture d'énergie. En effet, si la biomasse est utilisable en construction sous une grande diversité de formes, elle est également valorisable en énergie sous toutes ses formes, en combustion directe pour les formes sèches, en méthanisation pour les formes humides, ou encore après transformation chimique pour donner des carburants et combustibles gazeux ou liquides.

Cette demande nouvelle adressée à l'agriculture est un appel à la multifonctionnalité et à la productivité. Cet appel ne doit pas faire oublier que la biomasse assume également dans la nature une série de fonctions primordiales – protection des sols et des eaux, maintien de la richesse et de la diversité des écosystèmes, etc. L'intégralité de la biomasse est en effet à la fois le produit et le moteur d'un cycle, le cycle du carbone – construction végétale par l'effet de la photosynthèse, destruction de la biomasse végétale par les microbes décomposeurs assistés par les animaux. La biomasse disponible à un instant donné dans un milieu est fonction de l'efficacité et de l'ampleur de ce cycle. Les prélèvements quantitativement trop importants, les destructions excessives par combustion, les perturbations exagérées dans le milieu menacent l'intégrité du cycle et sa productivité, temporairement ou définitivement.

2.3.1.3.2 L'occupation du sol par l'agriculture

Les sols proprement agricoles – sols cultivés et surfaces toujours en herbe – occupent 29,3 millions d’ha en 2009 et couvrent 52 % du territoire métropolitain.

	Surface en millions d’ha	% des terres arables
Céréales	9,5	52
Oléagineux	2,2	12
Protéagineux	0,2	1
Cultures fourragères	4,7	25
Jachères	0,7	4
Cultures légumières	0,4	2
Autres cultures	0,7	4
Total terres arables	18,4	100
Surface toujours en herbe	9,9	
Vignes et vergers	0,97	
<i>Total cultures permanentes</i>	<i>10,9</i>	
Total Surface Agricole Utile (SAU)	39,3	

Tableau 20. Répartition de la surface agricole utile en 2009.

Source : Bimagri () n°23.

Pour la suite de cette étude, nous négligerons, sauf cas particulier, les catégories *cultures légumières*, *autres cultures*, *vignes et vergers*, peu susceptibles de fournir une biomasse utilisable en construction. **Il reste donc environ 18 millions d’ha de terres labourables consacrées pour les trois quarts à la production de grains et pour un quart aux cultures fourragères, et 10 millions d’ha toujours en herbe.**

L’évolution de l’utilisation des terres arables depuis le milieu du XXème siècle montre une certaine stabilité de la surface totale cultivée, qui masque une perte de surface au profit de la forêt et de l’artificialisation, globalement compensée par une diminution comparable de la surface toujours en herbe au profit de la culture.

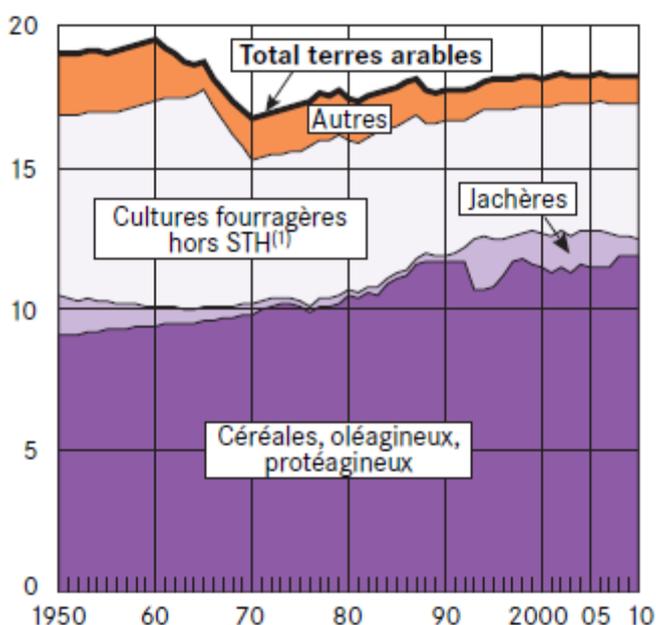


Figure 6. Utilisation des terres arables depuis 1950 (en millions d’ha).

(1)Y compris racines et tubercules fourragers (betteraves, choux, topinambours), hors surfaces toujours en herbe.

Source : Agreste, Graphagri (2012).

Les sols agricoles sont en recul permanent, par artificialisation ou abandon, deux phénomènes très différents (Pointereau, 2009). (Pointereau & Coulon, 2005) chiffrent ces pertes de sols agricoles à 78 000 ha/an pour l'artificialisation et 46 000 ha/an pour l'abandon, pour la période 1992 - 2003. Si l'abandon se fait souvent au profit de boisements spontanés, l'artificialisation, où se retrouvent des terrains bâtis, des voiries imperméabilisés mais aussi des pelouses, est en grande partie irréversible. En regard de la surface totale de 30 millions d'ha de sols agricoles, la perte annuelle est relativement minime, mais sur le long terme elle constitue un facteur important de baisse du potentiel de production agricole du pays.

Depuis vingt ans, sur les cinq millions d'ha de cultures fourragères, les prairies temporaires en occupent trois, les fourrages annuels (essentiellement le maïs fourrage) deux.

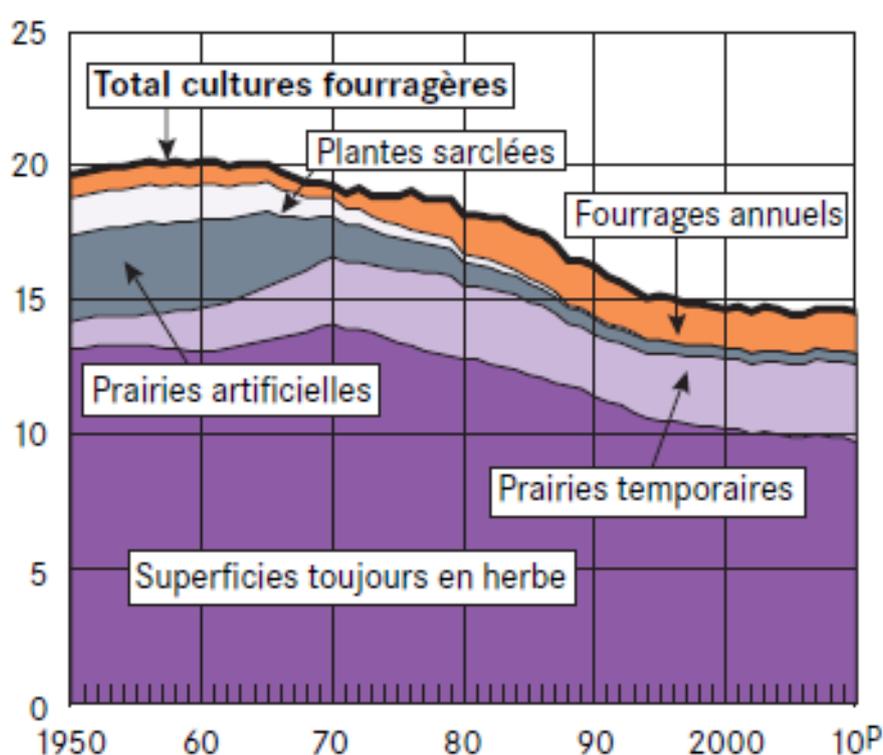


Figure 7. Surfaces occupées par les cultures fourragères depuis 1950 (en millions d'ha).

Source : Agreste, Graphagri (2012).

2.3.1.3.3 La production de biomasse

2.3.1.3.3.1 Les prairies

La productivité des prairies françaises, permanentes comme temporaires, est comprise entre 3 et 10 t/ha.an de matière sèche (t MS) (INA P-G 2003). Cette diversité reflète la disparité des conditions climatiques et pédo-logiques des terroirs français. Les 10 millions d'ha de prairies permanentes et les trois millions d'ha de prairies temporaires produisent en moyenne 65 Mt de MS sur les quinze dernières années, avec des variations interannuelles assez fortes, du fait des aléas climatiques.

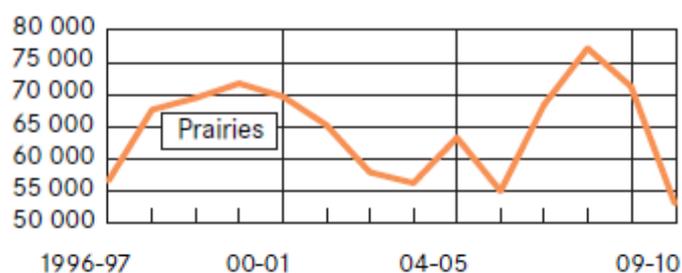


Figure 8. Production des prairies (milliers de t MS).

Source : Agreste, Graphagri (2012).

2.3.1.3.3.2 Les cultures de plantes à graines

La biomasse des plantes à graines (céréales, oléagineux, protéagineux) est constituée du grain récolté et des résidus de récolte : tige, feuilles et enveloppes des grains. On peut approcher la production totale de biomasse à travers la production de grains.

	Surface en production Milliers d'hectares	Production de grain Milliers de tonnes
Blé tendre	4 900	35 700
Blé dur	500	2 500
Orge	1 600	10 200
Avoine	100	450
Seigle	30	150
Maïs grain	1 600	13 800
Sorgho	50	300
Triticale	380	2 070
Riz	20	110
Autres	90	330
TOTAL	9 270	65 510

Tableau 21. Surfaces et production des céréales en France en 2010.

Source : SCEES (2011).

	Surface en production Milliers d'hectares	Production de grain Milliers de tonnes
Colza	1 480	5 590
Tournesol	720	1 720
Soja	45	110
Pois protéagineux	115	550
Féverole	90	440
TOTAL	2 450	8 410

Tableau 22. Surfaces et production des oléagineux et protéagineux en France en 2010.

Source : Agreste (2011).

Les plantes à graines occupent en 2010 11,7 millions d'ha, et fournissent 74 Mt de grains. Hormis le maïs, plus humide que les autres, le grain de céréale est récolté à un taux d'humidité voisin de 10 %, qui est aussi celui des résidus de récolte. On peut estimer à environ 65 Mt de MS la récolte annuelle de grain.

2.3.1.3.3.3 Les résidus de récolte

Le ratio grain/résidus de récolte varie selon les cultures. En première approximation il est voisin de 0,8 pour les céréales. On peut estimer à environ 50 Mt de MS (correspondant à environ 60 Mt au taux d'humidité courant) la quantité de biomasse des résidus de récolte des plantes à graines.

La biomasse issue des prairies est évidemment destinée en priorité au bétail, et le grain récolté à des usages à priori nobles. Les 50 Mt de MS de résidus de récolte – pailles et chaumes - sont la ressource brute pouvant donner lieu à des usages dans le secteur de la construction sans concurrence directe avec l'alimentation humaine. Elles peuvent aussi être valorisées en énergie. Toutefois cette ressource n'est jamais mobilisable en totalité. Selon le réglage de la hauteur de coupe, la proportion de menues pailles hachées par la moissonneuse, etc., on peut récolter entre 50 et 75 % de la paille produite. D'autre part, la quantité disponible pour la construction doit être appréciée en intégrant les autres usages (§ 2.3.1.3.3.5) et un impératif fondamental d'ordre agronomique de retour au sol d'une partie de cette biomasse (§ 2.3.1.3.3.6).

Sur ces 50 millions de tonnes de résidus de cultures produits annuellement, les deux tiers environ concernent les céréales d'hiver : blé, orge et triticale, le dernier tiers revenant au maïs et aux oléagineux. Ce sont principalement ces pailles de céréales d'hiver qui sont utilisées comme litière, et ce sont celles qui se prêtent le mieux à des usages en construction.

On peut estimer à environ 33 millions de t/an la production brute de pailles de céréales d'hiver. La quantité récoltable de ces pailles se situe entre 50 et 75 %, soit de 16 à 25 millions de t/an. Aux pailles de céréales d'hiver, on peut ajouter les résidus de culture des oléagineux, tournesol et colza en particulier, qui sont également susceptibles de fournir de bons isolants pour la construction. Les cultures de colza et de tournesol ont produit en 2010 une récolte de 7,3 millions de tonnes de graine. On peut estimer la quantité de leurs résidus à 5 à 6 millions de t/an.

2.3.1.3.3.4 Effet des échanges internationaux sur la disponibilité

En l'absence de données statistiques, nous considérons négligeables les flux d'importation et d'exportation de résidus de récolte, à l'échelle nationale. Le commerce extérieur français des produits agricoles est par contre très actif. L'analyse détaillée en est difficile, en raison de flux croisés de produits bruts et transformés (tourteaux par exemple), de grains et d'animaux ayant consommé ces grains, etc.

Cherchant à déterminer la possibilité pour l'agriculture française de fournir des matériaux de construction sans générer de concurrence exagérée sur l'utilisation des sols, nous estimons plus pertinent d'apprécier globalement le degré d'autonomie alimentaire du pays, non pas directement en produits agricoles mais en équivalent-surface, en essayant de répondre à la question : les surfaces mobilisées à l'étranger pour les produits que nous importons sont-elles en rapport avec celles que nous mobilisons chez nous pour des produits que nous exportons ?

Pointereau et Coulon (2005) ont établi cette balance en surfaces pour l'année 2005.

Produits importés (solde balance)	Equivalent surfaces des produits importés Millions d'hectares	Produits exportés (solde balance)	Equivalent surfaces des produits exportés Millions d'hectares
Soja, manioc, autres aliments du bétail	1,6	Blé, orge, maïs, autres céréales	4,3
Café, cacao, thé, tabac	1,1	Sucre	0,3
Coton, laine, lin, fleurs	0,05	Vin et alcools	0,15

Caoutchouc	0,25	Viande (bovins, volaille, lapins, porc)	1,8
Fruits, légumes, épices	1,4	Produits laitiers	0,5
Viande (ovins, cheval)	0,5		
Total	4,9		7,05

Tableau 23. Bilan import-export surfaces en France en 2005 (hors bois).

Source : Pointereau P (2005) - depuis FAO et SCEES.

Le résultat est un solde positif de 2 millions d’ha, sur un total de 30 millions d’ha agricoles. Sous réserve d’actualisation (rendue nécessaire en particulier par le développement des agrocarburants), on peut conclure que la consommation actuelle du pays correspond à peu près à son potentiel de production.

Il n’en reste pas moins que la disponibilité en résidus de cultures de grain est fortement conditionnée par les exportations de céréales. Pour le blé tendre, l’orge et le maïs grain, qui font à elles seules les trois quart de la récolte française de céréales, les exportations représentent aujourd’hui près de la moitié de la récolte nationale.

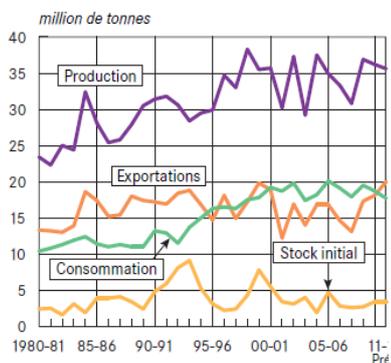


Figure 9. Bilan de la production et du commerce de blé tendre en France.

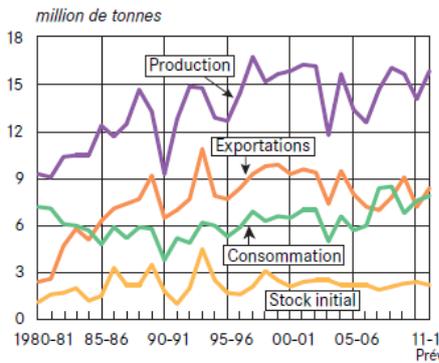


Figure 10. Bilan de la production et du commerce du maïs en France.

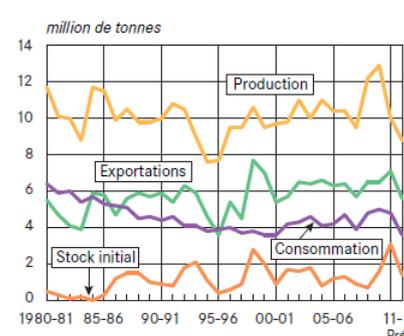


Figure 11. Bilan de la production et du commerce de l'orge en France.

Source : Agreste, Graphagri (2012).

Concernant les oléagineux, le poids du commerce extérieur est moindre que pour le blé, le maïs et l’orge. Le bilan est équilibré ces dernières années.

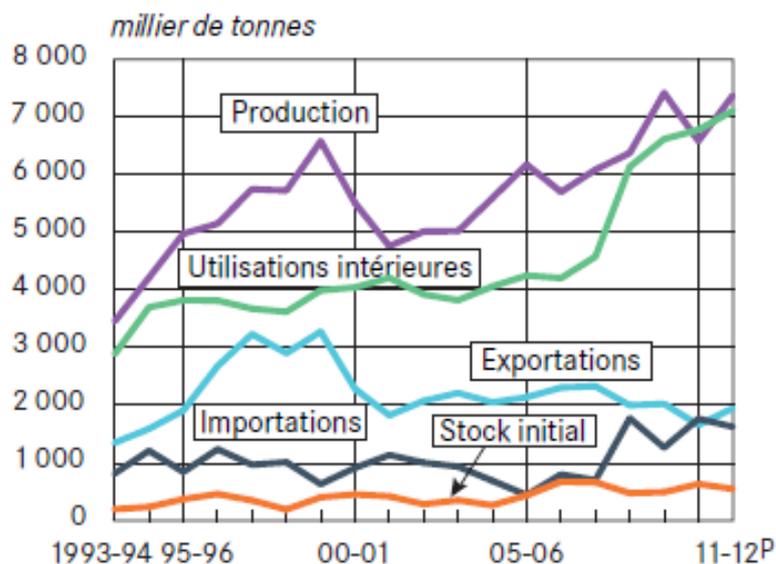


Figure 12. Bilan de la production et du commerce de graines de Colza, tournesol et soja en France.

Source : Agreste, Graphagri (2012).

Ainsi, toutes plantes à graines confondues, la disponibilité brute en résidus de culture correspond pour près de la moitié à des cultures dont le produit n'est pas consommé en France.

2.3.1.3.3.5 Les usages de la biomasse agricole

L'alimentation animale est le premier poste d'utilisation de la biomasse agricole. L'herbe des prairies et les autres plantes fourragères (essentiellement le maïs fourrage) produites sur le territoire français constituent l'essentiel de la ration des animaux d'élevage (70 % de l'ensemble de la matière sèche de la ration). Cette *ration de base* est complétée par des *aliments concentrés*, grains et graines de céréales et oléagineux, ou tourteaux de ces graines après extraction d'huile. Les céréales contribuent pour environ 80 % à ces aliments concentrés, essentiellement le maïs grain, l'orge et le blé tendre. Les tourteaux d'oléagineux (colza à 70 %, tournesol, soja en moindre quantité) ont une importance particulière dans l'alimentation des animaux du fait de leur richesse en protéines et en matières grasses de qualité.

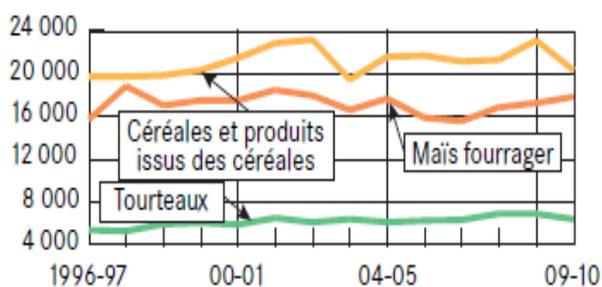


Figure 13. Maïs fourrage et concentrés utilisés en alimenta-

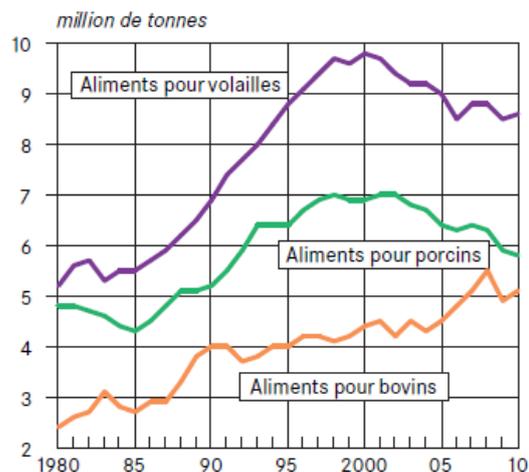


Figure 14. Production d'aliments composés pour ani-

tion animale (milliers de t de MS).

maux.

Source : Agreste, Graphagri (2012)

Le total des aliments concentrés pour le bétail, fabriqués à partir de grain entier ou de sous-produits de grains (tourteaux essentiellement) est de 21,5 Mt en 2010, soit environ 18 Mt de MS.

Le prélèvement total des animaux d'élevage comprend donc la totalité de la production des prairies, celle du maïs fourrage et une part très significative de la production de grains. C'est ce que montre la répartition des utilisations intérieures des céréales :

Utilisation	Part
Alimentation animale	67%
Consommation humaine	20%
Usages industriels	7%
Semences	3%
Pertes	2%
Transformation en alcool	1%

Tableau 24. Répartition des utilisations intérieures toutes céréales en 2008/2009.

Source Agreste 2010.

Enfin depuis le milieu des années 2000, la production de biocarburants est parvenue à un niveau de près de trois millions de tonnes/an.

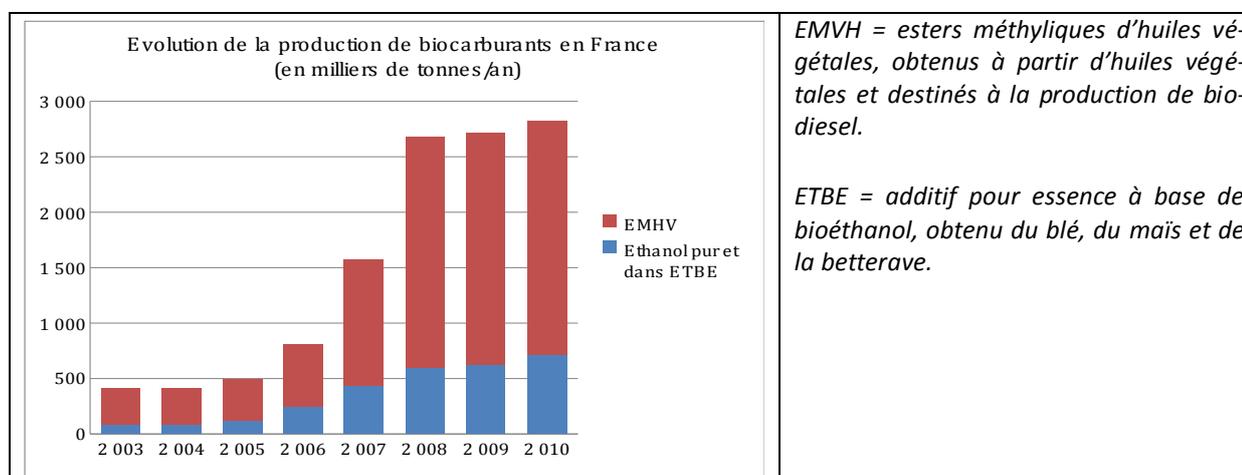


Figure 15: Evolution de la production de biocarburants en France (en milliers de t/an).

Source : UFIP d'après la DGEC ().

En 2009, la production de biodiesel a mobilisé 64 % de la récolte cumulée de colza et de tournesol (soit 4,2 millions de t/an de grains). La production de bioéthanol a mobilisé quant à elle 3,5 % de la récolte cumulée de blé tendre et maïs (soit 1,7 millions de t/an de grain), et 11 % de la récolte de betterave.

Le total des surfaces cultivées au profit des biocarburants était de 1,7 millions d'ha, soit près de 6 % de la SAU du pays (Cour des Comptes, 2012).

Enfin il reste à voir les usages des résidus de culture. La plupart des résidus de cultures des plantes à graines n'ont pas d'usage une fois la récolte faite, et sont abandonnés au champ à la moisson, à une exception notable près : les pailles de céréales d'hiver (blé, orge, triticale), qui sont utilisées comme litière par les éleveurs, et parfois comme fourrage d'appoint.

Le besoin en litière à l'échelle nationale a été évalué à 11 millions de t/an, donnant après usage 92 millions de t/an de fumier (Biomasse Normandie, 2002).

2.3.1.3.3.6 La question du retour au sol

On pourrait penser que ces 16 à 25 millions de t/an de biomasse agricole sont entièrement disponibles. Ce serait compter sans le rôle fondamental que joue la matière organique dans les sols, qui impose de l'y maintenir à un taux suffisant. En l'absence de fumure organique exogène, la biomasse racinaire et les résidus de cultures représentent les seuls apports de matière organique que reçoivent les sols céréaliers, et un consensus existe pour penser que l'enlèvement systématique de toutes les pailles mène à terme les sols à un taux de matière organique inférieur à un seuil de risque estimé généralement autour de 2 %, en dessous duquel la sensibilité à l'érosion peut devenir critique, des accidents culturaux et des troubles sanitaires apparaître.

A la demande des Chambres d'agriculture de Picardie, et en partenariat avec plusieurs instituts de recherche, Agro-Transfert a initié récemment le programme « Gestion et conservation de l'état organique des sols dans les exploitations agricoles de Picardie », dont l'un des buts était de déterminer les risques liés à l'exportation des pailles. Ce programme a élaboré la méthode **Cartopaille**, qui prend en compte des caractères du sol (type de texture, taux d'argile, taux de calcaire) et le type de rotation pratiquée (fréquence des céréales à paille et du colza dans la rotation en particulier), pour définir un niveau « d'exportabilité » des pailles en dessous duquel le taux de matière organique du sol ne baissera pas. Selon les cas, le modèle autorise une possibilité d'exportation des pailles qui varie entre aucune exportation et deux pailles exportées sur trois. En cas d'apport de matière organique exogène (fumier, compost) et dans les situations les plus favorables, le taux d'exportation autorisé par le modèle peut atteindre 100 %.

Dans une étude non publiée, Solagro a fait une évaluation à l'échelle nationale de la disponibilité en pailles, en considérant la totalité des pailles de céréales, maïs compris. Cette étude prend comme base la méthode Cartopaille pour déterminer le niveau d'exportabilité, et le chiffre de 11 millions de tonnes/an de besoin des élevages en litière. Selon deux jeux d'hypothèses – pas de fertilisation organique sur les sols céréaliers, apport systématique de 5 t/an de fumier -, la disponibilité passe de zéro à 15 millions de t/an.

Nomadéis (2012) cite une estimation de l'AGPB selon laquelle la disponibilité en paille à l'échelle nationale, en prenant en compte les besoins agronomiques et ceux de l'élevage, est de trois millions de t/an.

Nous retiendrons ce chiffre relativement modeste, qui correspond à 10 % de la production brute de pailles de céréales d'hiver. A quoi nous ajouterons une disponibilité de 1 million de tonnes de tiges de colza et de tournesol (sur une production brute de 5 à 6 millions de t/an, voir § 2.3.1.3.3), estimant que ces résidus ne sont pas soumis à la concurrence pour la litière d'élevage, mais qu'ils contribuent comme les pailles de céréales à l'entretien de la matière organique des sols.

2.3.1.3.4 Les usages actuels de la biomasse agricole en construction

Les matériaux biosourcés utilisés en construction relèvent de filières très diverses dont la ressource provient de l'exploitation forestière, de l'agriculture ou du recyclage. A côté du bois d'œuvre, principal matériau de structure biosourcé, les autres matériaux sont employés essentiellement en isolation des bâtiments. Certaines de ces filières sont très anciennes, et toutes ont connu des vicissitudes considérables depuis un siècle, du fait des transformations de l'agriculture et des techniques de construction. Aujourd'hui elles sont l'objet

d'un regain d'intérêt manifeste, qui se traduit par une activité de recherche et développement intense de la part des laboratoires de recherche et des industriels, mais aussi par des initiatives plus spontanées émanant des bâtisseurs, artisans et architectes.

Nomadéis (2012) identifie et analyse les principales filières de matériaux biosourcés utilisés en construction, autres que le bois d'œuvre. Cette étude prend en compte 9 matériaux : ouate de cellulose, produits connexes du bois, paille de céréales, chanvre, lin, textiles recyclés, laine de mouton, miscanthus, liège. Les deux premiers relèvent de la filière bois. Ces matériaux très disparates ont en commun un fort potentiel comme isolants, et se partagent ce marché.

2.3.1.3.4.1 La ouate de cellulose

Issue de papier journal recyclé, la ouate de cellulose est un produit issu du bois. La production française est de 30 000 t/an, le marché de 45 000 t/an, le solde étant comblé par l'importation. C'est aujourd'hui l'un des seuls produits biosourcés réellement concurrentiel avec les isolants conventionnel, la demande est forte, mais une concurrence d'usage se manifeste avec la filière du papier recyclé, et le potentiel de développement est limité.

2.3.1.3.4.2 Les produits connexes du bois

Egalement issus de bois de résineux (bois d'éclaircie, déchets de sciage), ils sont utilisés après broyage et défibrage pour la fabrication de panneaux ou de granulats, ces derniers pouvant être utilisés en vrac ou sous forme de mortiers et bétons, adjuvantés par le ciment ou la chaux. La ressource brute est abondante, évaluée entre 10 et 12 Mt/an (Alcimed 2012). Les fabricants de panneaux et les industries de la trituration (papier et cartons) sont les premiers utilisateurs de cette ressource, déjà valorisée à 90 % (Nomadéis 2012). Les produits d'isolation n'en représentent actuellement qu'une part minime. Les granulats sont proposés comme matériau de construction, mais aussi pour d'autres usages, comme litière d'élevage, comme paillage horticole (ou même comme compost), et comme combustible, en bûchettes agglomérées. La production française de panneaux isolants est évaluée autour de 30 000 t/an, et celle de granulats à environ 10 000 t. Cela représente peu par rapport à la ressource. Cette filière est très dynamique et inventive et dispose d'un potentiel de développement, dans le cadre d'une concurrence d'usage avec la filière papetière.

2.3.1.3.4.3 La paille

L'originalité du matériau paille est de donner lieu à deux filières très distinctes :

- une filière de paille transformée en panneaux, avec adjonction de carton et de colle. C'est une filière industrielle naissante, avec seulement deux fabricants en Europe, dont un en France.
- une filière utilisant la paille brute, en bottes pour le remplissage de parois en général à ossature bois, ou en vrac ou en mélange avec la terre crue pour le remplissage par coffrage de parois en général à ossature bois. Cette seconde filière ne nécessite pas d'outil industriel de fabrication des matériaux. Le bâtisseur s'approvisionne directement auprès d'agriculteurs ou de négociants en paille et réalise lui-même le contrôle qualité.

L'utilisation de la paille en construction concerne aujourd'hui 2 à 3 000 t/an pour la paille brute (200 à 300 maisons en bottes de paille construites chaque année et autant pour la fabrication de panneaux (RFCP, 2012). Cette consommation actuelle représente environ deux pour mille de la ressource disponible estimée à trois millions de tonnes/an (voir § 2.3.1.3.3.5). En dépit de cette abondance, la facilité d'approvisionnement n'est pas garantie dans les régions d'élevage en particulier, qui consomment comme litière plus de paille qu'elles n'en produisent, et doivent acheter cette paille dans les régions céréalières.

2.3.1.3.4.4 Le chanvre

Anciennement plante textile majeure, le chanvre a connu son apogée en France au milieu du XIX^{ème} siècle, où il occupait 175 000 ha en France. Victime de la concurrence du coton et des textiles de synthèse, sa surface était ramenée à 12 000 ha en 1920 (Larousse agricole 1920), et à seulement 700 ha en 1960 (Wikipedia). Dans les années 1970, la demande de l'industrie papetière a induit un début de relance. Aujourd'hui ce sont les nouveaux usages de la fibre (plasturgie en particulier) et le marché des matériaux de construction qui motivent la mise en culture de 8 000 à 12 000 ha par an en moyenne ces dernières années, pour une production de paille de l'ordre de 60 000 t/an.

La tige récoltée peut être traitée de plusieurs manières :

- soit la paille est broyée sans défibrage et donne un granulats en vrac pour isolant de remplissage ou fabrication de mortier/béton, avec un liant, ciment ou chaux.
- soit il y a rouissage et séparation de la fibre. La fibre peut alors être dirigée vers des usages « nobles » (textile, papier, plastiques renforcés...), ou bien vers la fabrication de matériaux de construction (laine en vrac, rouleaux et panneaux, feutre). Dans ce cas, la chènevotte (résidu de défibrage) reste généralement disponible pour valorisation en isolant en vrac ou granulats pour mortier/béton.

Contrairement à la paille de céréales, facilement utilisable à l'état brut, la paille de chanvre, rigide et coriace, est plus difficile à mettre en œuvre et nécessite un équipement industriel. De ce fait, les « filières courtes » identifiées par Nomadéis (2012) - agriculteurs producteurs de chanvre, équipés de matériel de défibrage de récupération, et qui vendent eux-mêmes leur production - est marginale : 5 % environ de la production. Les produits proposés sur le marché des matériaux de construction sont des panneaux et rouleaux à base de fibre, et des granulats bruts ou des blocs de béton de chanvre. Selon l'association interprofessionnelle des industriels de la filière, Interchanvre (2011), 20 % de la production de fibres et 30 % de la production de chènevotte sont dirigés vers la construction. Outre la papeterie spécialisée et la plasturgie, les autres usages sont le paillage horticole et la litière animale. Etant donné la diversité de ses usages et de ses modes de valorisation, le chanvre-construction doit être considéré pour partie comme un sous-produit des filières les plus nobles (papeterie, plasturgie), et pour partie comme une culture dédiée à la production de matériaux.

2.3.1.3.4.5 Le lin

Comme le chanvre, le lin a connu une apogée au milieu du XIX^{ème} siècle avec 250 000 ha cultivés pour tomber à 20 000 ha en 1920 (Larousse agricole 1920), pour les mêmes raisons que le chanvre. Espèce botanique unique (*Linum usitatissimum*), il est cultivée sous deux formes distinctes, le lin fibre et le lin oléagineux. Le premier est utilisé pour la qualité de sa fibre textile, le second pour la production d'huile. Ils occupent respectivement de 55 000 à 80 000 ha selon les années pour le premier, environ 15 000 ha pour le second (Nomadéis, 2012).

	Lin fibre	Lin oléagineux
Fibres longues	15 à 25 %	0 %
Fibres courtes	10 à 15 %	25 %
Anas (résidu de défibrage)	45 à 50 %	65 %
Poussières	10 %	10 %

Tableau 25. Répartition des produits et coproduits issus de la paille de lin.

Source : Nomadéis (2012).

Autant la fibre textile que l'huile de lin ont une valeur économique nettement supérieure à celle des produits de construction tirés du lin. Ce sont elles qui motivent la culture, les matériaux de construction tirés du lin ne sont que des coproduits de la filière. Ainsi pour le lin textile, la fibre longue représente 80 % du chiffre d'affaire de la filière, contre 3 à 4 % pour les coproduits dirigés vers la fabrication de matériaux de construction (Nomadéis 2012). Comme pour le chanvre, les autres usages des coproduits sont le paillage horticole, la litière animale, etc.

Les fibres courtes sont utilisées pour la fabrication de feutres de sous-couche de parquets, de panneaux et rouleaux isolants. Les anas sont associés à de la fibre de bois (et parfois à d'autres produits, comme la paille de colza) pour la fabrication de panneaux. Comme celle du chanvre, la filière lin étudie le développement de nouveaux matériaux : bétons et mortiers, produits de revêtement et de décoration. La récolte est systématiquement livrée aux entreprises de teillage (défibrage), lesquelles vendent les sous-produits aux entreprises de fabrication de produits de construction. La production actuelle brute de coproduits du lin textile est de 170 000 à 250 000 t/an pour les anas et de 38 000 à 55 000 t/an pour les fibres courtes. La part dirigée vers l'industrie des matériaux de construction est de 50 % pour les anas (330 000 t de panneaux mixtes contenant un tiers de lin), et seulement 1 % pour les fibres courtes (1 000 à 1 200 t de feutre isolant). La contribution du lin oléagineux à la filière matériaux de construction est inconnue, mais en progression (Nomadéis, 2012).

2.3.1.3.4.6 Les textiles recyclés

Cette filière se fonde sur les textiles usagés majoritairement composés de coton. Elle ne mobilise pas de surface cultivée en France métropolitaine, mais elle interfère évidemment avec les filières des autres isolants biosourcés.

Deux types de produits sont issus de cette filière : coton en vrac, panneaux et rouleaux isolants. Ces produits contiennent une part de fibre synthétique très variable d'un fabricant à l'autre. Les vêtements collectés sont triés. Selon leur état, ils sont dirigés vers la friperie pour réemploi, vers le recyclage ou bien éliminés. Le recyclage consiste pour partie à la fabrication de chiffons par découpe, pour partie à l'effilochage. Les fibres issues de l'effilochage sont surtout destinées à la fabrication de feutres automobiles, mais la fabrication d'isolant avec cette matière est en plein développement (Nomadéis, 2012). Sur les 700 000 t/an de déchets textiles générés en France, 430 000 t ont été collectées en 2011 (Federec, 2012 a), sur lesquels 125 000 t ont été triées puis destinées à 60 % au réemploi, à 25 % au recyclage, dont environ 20 000 t ont été effilochées (Federec, 2012 b). A partir de ces textiles effilochés, la production d'isolant est de 2 000 à 3 000 t en 2011. La fabrication d'isolants à base de textiles recyclés est donc relativement marginale, mais en plein développement (Nomadéis, 2012).

2.3.1.3.4.7 La laine de mouton

Jadis produit de valeur, le prix de la laine brute offert aux éleveurs (entre 0,3 et 1 €/Kg) couvre à peine les frais de tonte. La laine n'est aujourd'hui qu'un sous-produit de la viande et du lait, d'autant que le troupeau ovin français n'est pas génétiquement orienté vers la production de laine de qualité. Les laines de la meilleure qualité (c'est-à-dire des races sélectionnées pour cette qualité) sont destinées au textile, les autres sont disponibles pour des usages comme isolant en construction. La laine brute (laine en suint) est lavée et traitée, puis façonnée. Elle est associée à des fibres thermo-fusibles, pour donner des rouleaux et panneaux, à des films aluminium pour faire des isolants minces, ou seulement préparée pour application en vrac. La filière industrielle française de la laine, historiquement fondée sur le textile, est aujourd'hui sinistrée. La dernière usine de lavage française a fermé en 2009, de sorte que les laines françaises doivent être lavées à l'étranger. Le cheptel ovin français compte 8,5 millions de têtes (moyenne - FAO 2005/2010). La production française annuelle de laine en suint est estimée à 16 000 tonnes. Le lavage faisant perdre à la laine la moitié de son poids, 8 000 tonnes de laine lavée sont disponibles, dont 15 % sont dirigés vers le textile. En 2011, la

production française de matériaux isolants à base de laine de mouton est comprise entre 3 000 et 4 000 tonnes (Nomadéis, 2012).

2.3.1.3.4.8 Le miscanthus

Le miscanthus est une graminée pérenne qui est mise en culture pour une durée de 20 ans environ. D'origine asiatique, la culture du miscanthus a été introduite en Europe dans les années 1930. 2500 à 3000 ha ont été récemment plantés en France, principalement dans les régions céréalières de la moitié nord du pays, dans un objectif initial de valorisation énergétique. La récolte 2012 est estimée à 37 000 tonnes. Aujourd'hui cette filière naissante cherche des débouchés alternatifs à l'énergie, et des recherches sont en cours pour la mise au point de panneaux ou de bétons végétaux à base de granulats de miscanthus (Nomadéis 2012). L'avenir du miscanthus en France est incertain, il dépendra de choix stratégiques concernant la demande d'énergie adressée à l'agriculture. Sur ce terrain, il a l'avantage d'être une culture pérenne dotée d'un potentiel de rendement élevé (10 à 20 t de MS/ha.an selon les sources), qui une fois mise en place ne nécessite aucun travail de sol et peu de travail d'entretien. Relativement à ses usages en énergie ou en construction, il s'agit d'une culture dédiée, en concurrence pour l'occupation des sols avec les cultures alimentaires.

2.3.1.3.4.9 Le liège

Matériau aux propriétés très particulières, le liège trouve son emploi principal dans la fabrication de bouchons. Sur le marché des produits de construction, on trouve des panneaux agglomérés 100 % liège obtenus par voie humide et sans colle, des panneaux à base de bouchons recyclés avec ajout de colle, et des granulats en vrac.

L'aire de répartition naturelle du chêne-liège couvre l'ouest du bassin méditerranéen jusqu'à la façade atlantique. En France, on le trouve dans les régions PACA, Corse, Languedoc-Roussillon et Aquitaine. Autrefois productive, la suberaie française a été victime d'un déclin à peu près total depuis un demi-siècle, au point que la production française actuelle est estimée à 1 500 tonnes par an seulement, très loin derrière le Portugal, l'Espagne et le Maghreb (Institut méditerranéen du liège, 2005). La quasi-totalité des produits en liège vendus en France sont aujourd'hui importés (Nomadéis 2012). Des initiatives de relance de la filière sont en cours, mais elles ne pourront donner de résultat significatif qu'à moyen terme.

3.1.3.4.10 Synthèse sur les usages actuels des matériaux de construction biosourcés

	Gisement	Sous-produits valorisés dans la construction	Produits pour la construction
Ouate de cellulose	1,2 Mt/an de papier journal	Pas de sous-produits	30 000 t vrac, < 5 000 t panneaux
Produits connexes du bois	12 Mt/an de déchets de bois	Non connu	4 500 à 5 500 t/an panneaux rigides 22 000 à 28 000 t/an panneaux flexibles 8000 à 12 000 t/an de granulats
Paille	3 Mt/an de paille	2 500 à 3 500 t de botte de paille	2 000 à 3 000 t/an de bottes 500 t/an de panneaux en 2011, 3 000 t en 2012

Chanvre	58 000 t/an de paille	9 000 t/an de chène-votte 2 400 à 3 500 t/an de fibres	4 000 t/an panneaux 40 000 t/an de bétons et mortiers incorporant de la chène-votte
Lin	350 000 t/an de paille	1 000 t/an de fibres courtes 90 000 à 120 000 t/an d'anas	1 000 t/an de panneaux 330 000 t/an de panneaux anas/bois incorporant 1/3 de lin
Textile usagé	700 000 t/an de déchets	Non connu	2 000 à 3 000 t/an
Laine de mouton	+ de 1 200 t/an de laine	Pas de sous-produits	3 000 à 4 000 t/an panneaux et rouleaux
Miscanthus	37 500 t/an (2012)		-
Liège	1 500 t/an		-

Tableau 26. Usages actuels des matériaux biosourcés dans la construction (hors BO)*.

*simplifié et largement basé sur des estimations

Source : Nomadéis (2012)

Les matériaux isolants issus du bois – ouate de cellulose et produits connexes du bois – sont utilisés à hauteur de 75 000 t/an. Les matériaux issus de l'agriculture – paille, lin, chanvre et laine de mouton – le sont pour 180 000 t/an. Ces quantités sont très modestes en regard du volume de bois d'œuvre mis en œuvre, et bien plus encore devant la quantité de biomasse nécessaire à notre alimentation et à celle de nos animaux d'élevage, quantité qui dépasse les 100 millions de t/an. Elles sont également très modestes devant les six millions de t/an de grains aujourd'hui absorbés par l'industrie des agrocarburants.

Quant à la mobilisation de terres arables pour la production actuelle de matériaux de construction biosourcés, elle est relativement encore plus faible. En effet, les pailles de céréales (6000 t/an) et le lin-matériau (110 000 t/an) sont strictement des coproduits, disponibles après une récolte plus rémunératrice et destinée à un usage plus noble. On peut donc estimer nulle la surface qu'ils mobilisent. Ne reste guère qu'une partie de la production de chanvre-construction, celle qui est issue de culture entièrement dédiée à ce produit, qui peut entrer en concurrence avec d'autres usages de la terre.

Si ces usages sont quantitativement très modestes, les filières sont souvent dynamiques et créatives. Leur potentialité de développement est cependant conditionnée par l'abondance de la ressource et par la facilité à y accéder. De ce point de vue, les filières du lin et du chanvre sont beaucoup plus limitées que celle de la paille, pour laquelle l'accès à la ressource est encore très loin de poser un vrai problème.

2.3.1.3.5 Quelle place sur la terre pour les matériaux biosourcés ?

Comme on l'a vu, l'espace agricole français est aujourd'hui à peu près saturé, entre la forêt d'une part, des espaces improductifs ou artificialisés de l'autre. Sa production actuelle correspond à peu de choses près à la consommation alimentaire de la population du pays. On ne peut fonder des filières nouvelles gourmandes de terres sans remettre en cause cet équilibre. C'est donc dans des marges intérieures qu'il faut trouver de nouvelles ressources. De ce point de vue, les filières fondées sur le réemploi et le recyclage sont particulièrement pertinentes. Il y aurait sans doute beaucoup à faire avec les bois de démolition par exemple, qui pourraient souvent être réemployés, recyclés, et à défaut valorisés en énergie. Les filières fondées sur des coproduits de récolte sont également pertinentes. Elles ne mobilisent pas de terres. Elles opèrent une ponction sur la biomasse, mais cette ponction n'est que provisoire : en fin de vie, les matériaux biosourcés sont disponibles pour réemploi, recyclage, combustion ou retour au sol.

Au contraire, une récolte dédiée à la production de biomasse énergie mobilise de façon exclusive la surface qu'elle occupe, et cette récolte est définitivement détruite au moment même de sa valorisation.

C'est dans le cadre d'une hiérarchie des usages qu'il convient de penser l'avenir de ces filières. On peut proposer une ébauche de cette hiérarchie des fonctions de l'agriculture :

- fournir des produits végétaux pour l'alimentation humaine directe ;
- produire l'alimentation du bétail nécessaire à l'équilibre du régime alimentaire humain ;
- fournir des fibres textiles, des matériaux de construction et les matières premières naturelles pour la fabrication d'objets manufacturés ;
- fournir de l'énergie.

Enfin une cinquième fonction apparaît, à la fois la dernière par son intérêt économique immédiat et la plus fondamentale sur le long terme : le maintien de la capacité de renouvellement des processus biologiques de la croissance végétale, c'est-à-dire la conservation de la fertilité des sols et de la stabilité des agro-écosystèmes.

Le développement à grande échelle des agro matériaux suppose un recours important aux résidus de récolte. Aujourd'hui cette filière a l'originalité de se présenter sous deux visages antagonistes, industrialisée et mondialisée d'un côté, artisanale et locale de l'autre. Le potentiel d'inventivité spontanée des filières artisanales ne devrait pas être oublié, pas plus que son intérêt économique et social (livrer des logements de qualité à bon marché, rendre aux individus de la compétence et un pouvoir sur leur vie, renforcer la cohésion des communautés locales, etc.).

Le caractère biologique des matériaux naturels, la forte dimension locale des ressources disponibles, la complexité de ces filières interconnectées, et surtout l'interchangeabilité des types d'usages – aliments, matériaux, énergie -, tout cela invite à envisager la « filière biomasse » dans son ensemble, avec l'objectif non pas de maximiser le chiffre d'affaire d'un secteur économique au détriment des autres, mais de faire le plus possible avec le moins de ressource possible.

2.3.2 Besoins et usages dans la construction

2.3.2.1 Evolution de la population française

En prenant le rythme actuel de la croissance de population française les pronostics sont de l'ordre de 72 millions d'habitants en 2050 (Négawatt, 2012). Cela va avoir un effet considérable sur l'occupation des sols, l'urbanisme, ainsi que sur la construction, la réhabilitation de bâtiments et la consommation de matériaux.

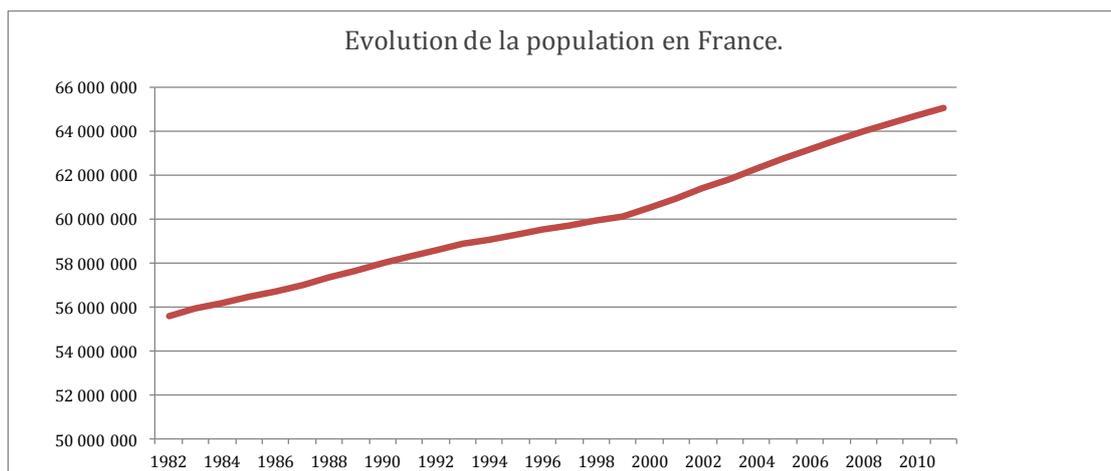


Figure 16. Evolution de la population en France.

Source : INSEE, 2011.

2.3.2.2 Evolution économique du secteur de la construction

2.3.2.2.1 Evolution du nombre de logements

Le nombre de logements en France (incl. DOMTOM) dépassera la barre de 35 millions d'ici 2020. En 2010 le nombre de logements en France (incl. DOM) est de 33,5 millions, il évolue parallèlement à la population.

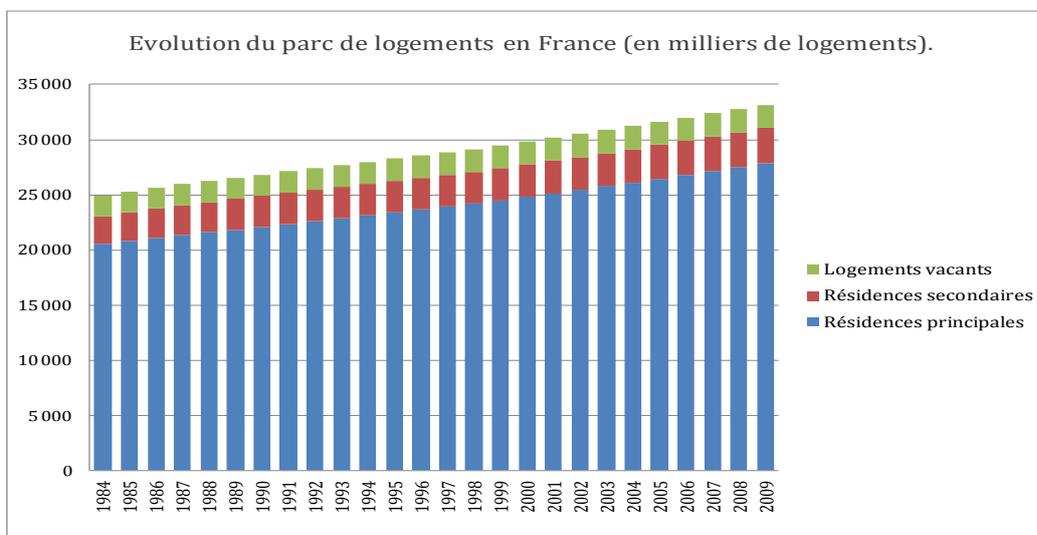


Figure 17. Evolution du parc de logements en France.

Source : CGDD-SOes, 2011.

LE PARC DE LOGEMENTS EN 2010

	En milliers de logements						Évolution en %
	1985	1990	1995	2000	2009	2010	2010/2009
Ensemble des propriétaires dont	11 000	12 087	12 823	13 816	16 038	16 272	1,5
Accédants	5 113	5 508	5 253	5 247	5 163	5 146	-0,3
Non accédants	5 887	6 579	7 570	8 569	10 875	11 126	2,3
Ensemble des locataires* dont	9 835	9 942	10 550	10 983	11 657	11 711	0,5
Secteur libre	6 456	6 042	6 055	6 248	6 562	6 586	0,4
Secteur social et logements des collectivités territoriales et des établissements publics	3 379	3 900	4 495	4 735	5 095	5 125	0,6
Ensemble des résidences principales	20 835	22 029	23 373	24 799	27 695	27 983	1,0
Résidences secondaires	2 532	2 837	2 891	2 946	3 149	3 162	0,4
Logements vacants	1 923	1 939	2 008	2 046	2 289	2 353	2,8
Ensemble des logements ordinaires	25 290	26 805	28 272	29 791	33 133	33 498	1,1

Source : Insee

Champ : France entière

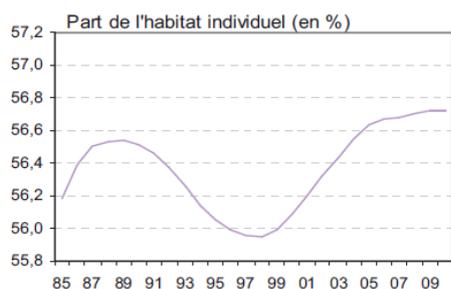
* Les ménages logés gratuitement sont regroupés avec les locataires. Ils représentent 2,9 % des ménages en 2010.

Tableau 27. Evolution du parc de logements pour 2010.

Source : CGDD-SOEs, 2012.

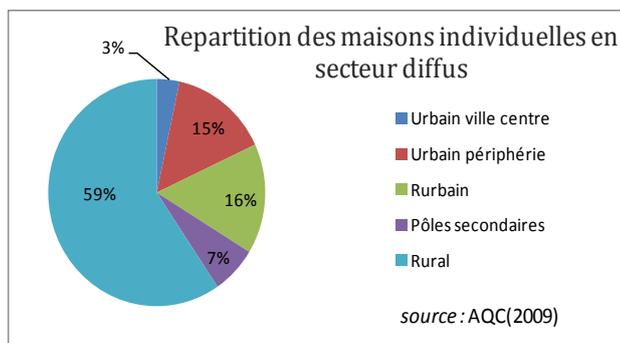
Après une légère baisse dans les années 90, la part de maisons individuelles a augmenté considérablement depuis 2000 et frôle maintenant les 60 % (Figure 19).

LA PART DES MAISONS INDIVIDUELLES DANS LE PARC S'ÉTABLIT À 56,7 % EN 2010



Source : Insee

Champ : Ensemble des logements, France entière



source : AQC(2009)

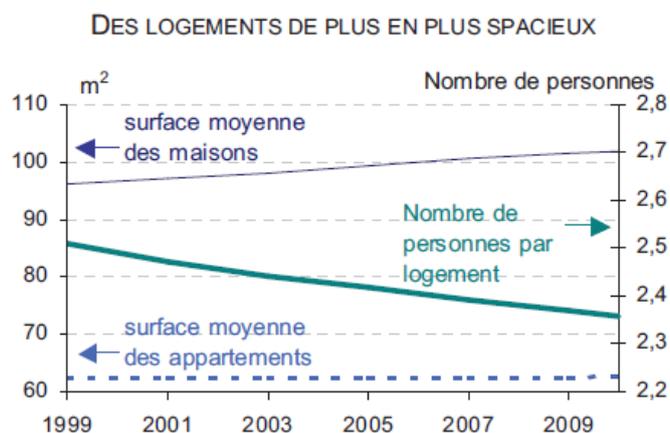
Figure 18. Evolution de la part des maisons individuelles.

Figure 19. La répartition géographique des maisons individuelles en 2009.

Source : CGDD-SOEs, 2012.

La majorité des maisons individuelles en secteur diffus se trouvent en milieu rural. En 2009 la surface moyenne de la maison individuelle secteur diffus est de 110 m² d'après l'enquête (AQC, 2009). Ceci correspond bien aux chiffres du CGDD ci-dessous (CGDD-SOEs, 2011).

Actuellement le nombre de personnes par logement est de 2,35. Les dernières dix années la surface moyenne des maisons individuelles a dépassé les 100 m², tandis que le nombre de personnes par logement ne cesse pas de baisser (2,35 en 2010). En revanche, la surface moyenne des appartements n'a pas changé et reste légèrement au-dessus de 60 m².



Source : MEDDTL – SOeS, Filocom 2010

Figure 20. Evolution des surfaces des logements.

Le scénario Négawatt (2012) considère qu'il y aura besoin de plus de cohabitation et de maison groupées afin de ralentir le besoin d'espace par personne, et fixe ce ratio à 2,20 habitants par logement en 2050. Nous partons de la même hypothèse : pas d'évolution du nombre de personnes par logement, tout en stabilisant la surface habitable par personne en 2020 et 2050 (Figure 21).

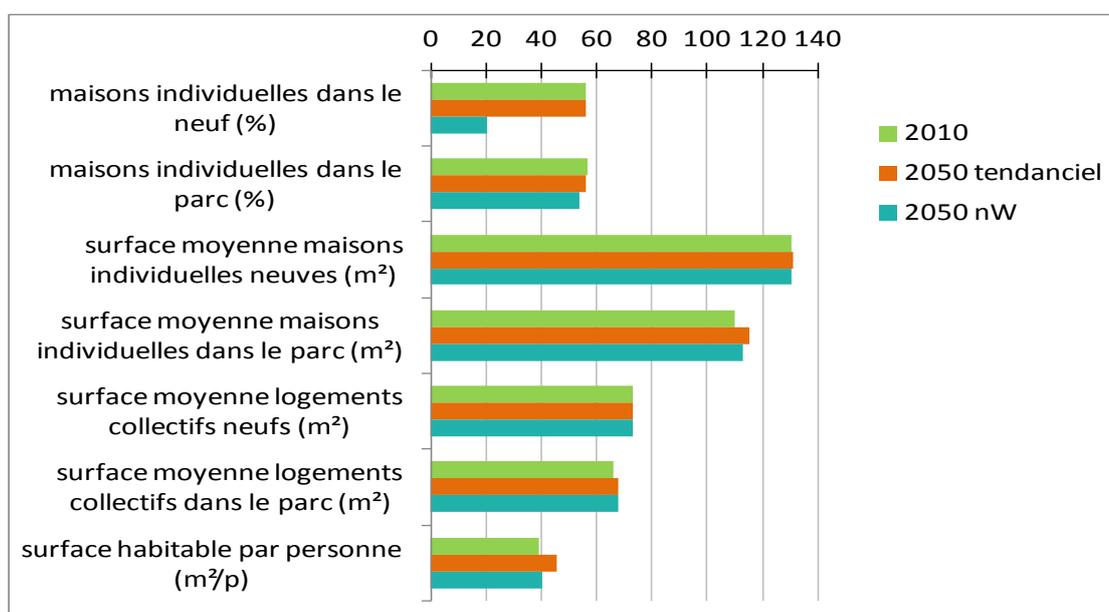


Figure 21. Evolution de la surface habitable des logements dans le scénario Négawatt.

Source : Négawatt, 2012.

2.3.2.2.2 Constructions nouvelles : répartition par type d'usage

La Figure 22 et la Figure 23 montrent bien que la crise économique a de fortes répercussions dans le bâtiment, freinant considérablement le nombre de nouvelles constructions mises en chantier à partir de 2009, que ce soit dans le tertiaire ou dans les logements individuels ou collectifs. Chaque année sont construits entre 300.000 et 400.000 logements, dont environ 150.000 à 200.000 individuels et 150.000 à 200.000 collectifs. En 2009 le nombre total des logements en construction est descendu au-dessous de la barre de 300.000. Pour les locaux, toutes activités confondues, la surface des locaux mis en chantier en 2009 était de 28 mil-

lions de m² contre 30 millions de m² pour les logements. En 2010 on remarque une légère augmentation, avec un total de 342.253 de logements mis en chantier, pour une surface de 33 millions de m² (Sit@del2, 2010)

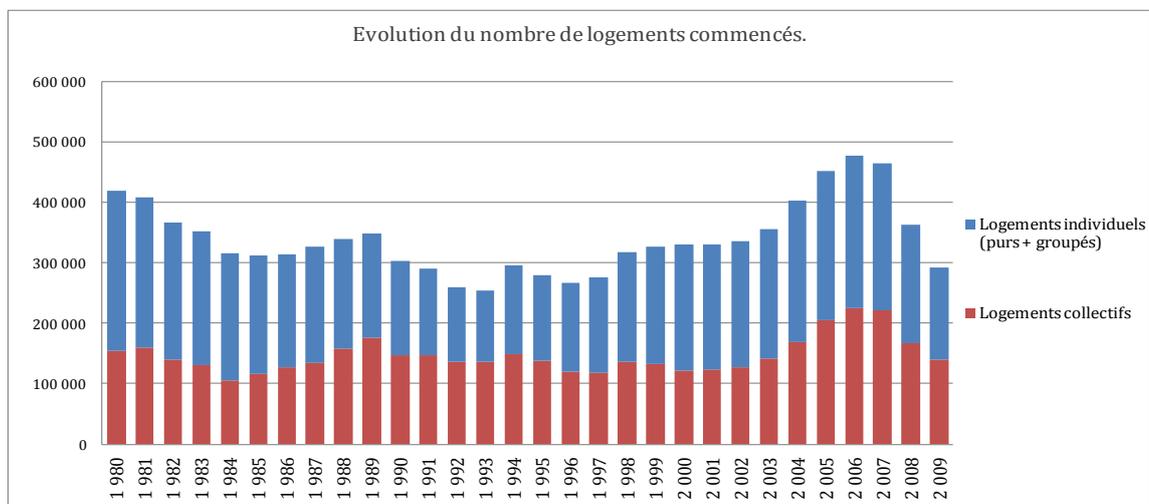


Figure 22. Evolution du nombre de logements commencés entre 1980 et 2009.

Source : Sit@del2, 2010.

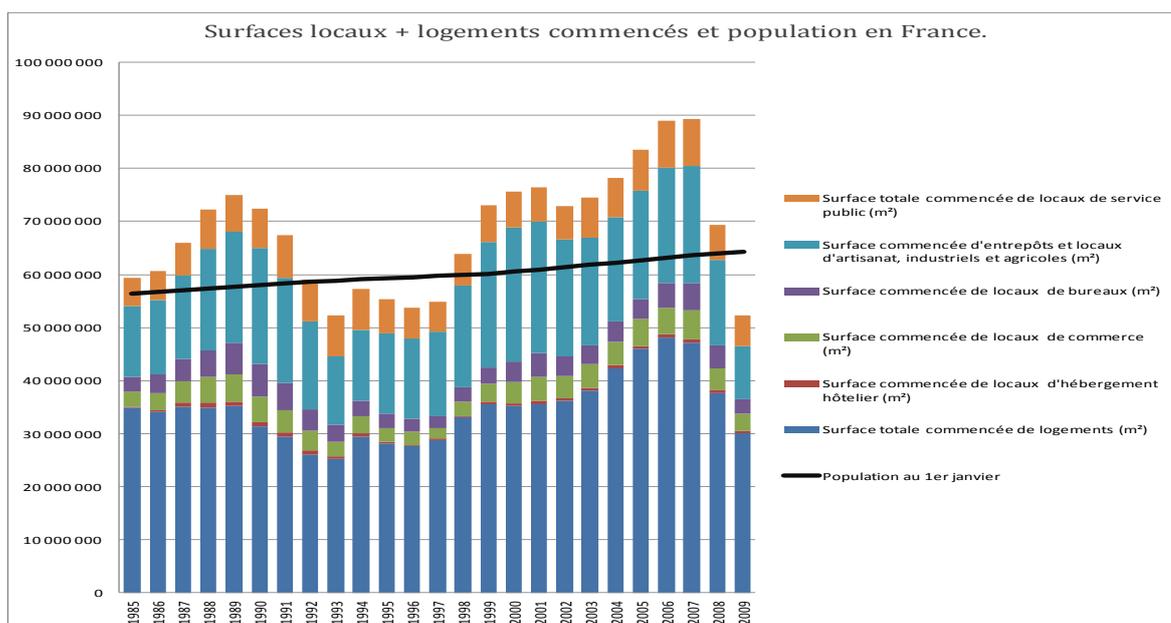


Figure 23. Evolution des surfaces des locaux et des logements « commencés » entre 1985 et 2009.

Source : Sit@del2, 2010.

Logements commencés 2010 (France entière)	Nombre de logements commencés	Surface de logements commencés (millions de m ²)
Logements individuels purs	127.661	16,8
Logements individuels groupés	53.285	4,9
dont Total logements individuels	180.946	21,7
Logements collectifs	143.957	10,2

Logements en résidence	21.115	10,2
TOTAL*	342.253	32,9

*Le nombre total des logements commencés inclut les annulations de chantiers

Tableau 28. Le nombre et les surfaces des logements commencés en France en 2010.

Source : CGDD-SOes, 2011.

2.3.2.2.3 Maison type en construction neuve

D'après l'enquête (AQC, 2009), en 2006 la maison individuelle type en secteur diffus, le « pavillon moyen » est de 110 m² en plain-pied ou avec les combles aménagés. Les fondations et la dalle sont en béton armé, les murs le plus souvent en parpaing (dans 72 % des cas), la charpente en fermettes de bois et les cloisons en plaque de plâtre sur rails (76 % des cas). Les planchers sont généralement en hourdis (67 % contre seulement 13 % de planchers en bois). L'isolation des combles et des murs est en laine minérale et en polystyrène expansé pour la dalle. Les menuiseries sont en PVC (70 % contre seulement 16 % de menuiseries en bois) et les volets roulants ont pris le dessus (48 % contre 33 %) sur les volets battants en bois.

Dans notre étude nous faisons la comparaison de la maison type « conventionnelle » décrite ci-dessus avec une maison à ossature bois isolée avec des matériaux biosourcés.

2.3.2.3 Les réhabilitations et rénovations

2.3.2.3.1 Répartition par période de construction

Le besoins en réhabilitation et rénovation énergétique sont énormes : il existe plus de 10 millions d'habitations construites avant 1949 avec des techniques de construction généralement artisanales, plus de 12 millions d'habitations à rénover de la période après-guerre, construites avec des techniques industrielles. Ajoutons, que la piètre qualité de la construction récente rend quasi indispensable les opérations de rénovation thermique.

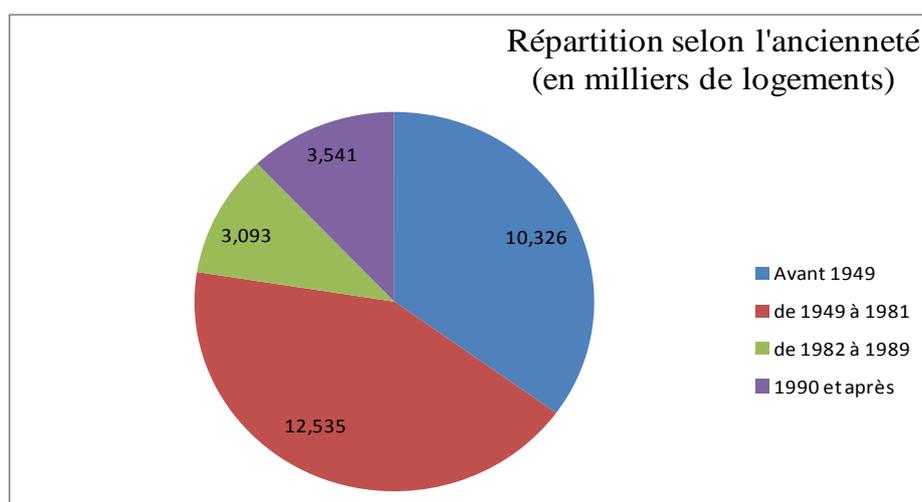


Figure 24. Répartition des résidences principales selon l'ancienneté.

Source : INSEE, 2010.

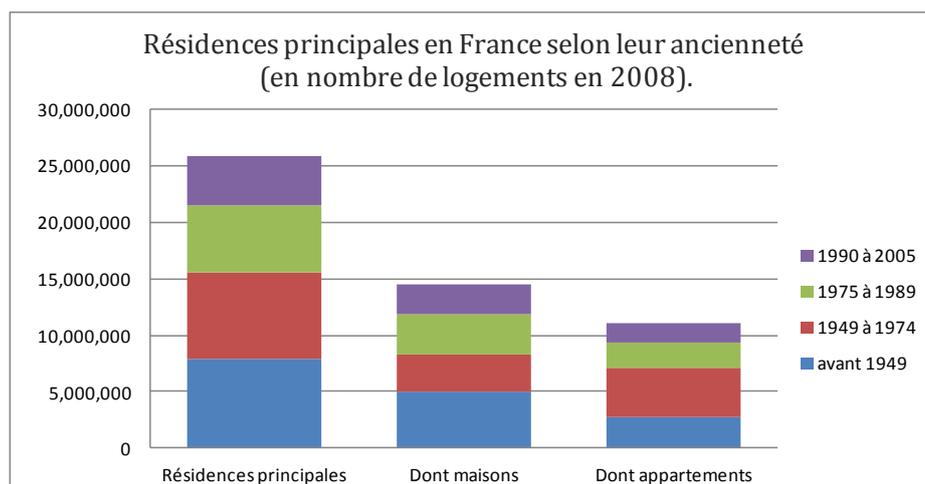


Figure 25. Répartition des résidences principales selon l'ancienneté et type de logement.

Source : INSEE-IRIS, 2009

Il reste difficile de trouver des données cohérentes sur le nombre annuel de rénovations et de réhabilitations. Sur un total de 9 millions de logements rénovés par an, seuls 200 000 sont satisfaisants du point de vue énergétique, d'après une enquête (Inforénovateur, 2009). Le Plan Bâtiment Grenelle vise 400 000 rénovations énergétiques par an à partir de 2013, afin de mettre le parc de bâtiments existants aux exigences actuelles et futures en matière d'économies d'énergie (PBG, 2010). Il y a 800 000 logements sociaux très énergivores à traiter en priorité d'ici à 2020, sur un total de logements sociaux de 4,5 millions (en 2009).

Consommation énergétique du parc de logements	kWhep1/m ² /an	Objectif d'économies
En 2009	240	-
Objectif Grenelle 2012	210	12 %
Objectif Grenelle 2020	150	38 %
Objectif Grenelle 2050	50 à 80	70 à 80%

Tableau 29. Objectif d'économies d'énergies dans le parc des logements.

Source : Inforénovateur, 2009.

L'ANAH traite environ 60 000 dossiers de rénovations par an dans le secteur locatif privé, mais elle ne spécifie pas l'envergure des travaux. Selon l'ANRU le nombre de logements réhabilités en 2010 dans le cadre du PNRU est de 322 300, pour un investissement moyen de 15 400 € par chantier (ANRU, 2011). Evidemment, le PNRU ne couvre qu'une petite partie du parc de logements existants en France, mais cela donne une indication.

En plus du logement, il faut également compter les bâtiments tertiaires, qui représentent 1.2 milliard de m².

Bâtiments tertiaires existants	Millions de m ²
tertiaire privé	480
tertiaire public	370
collectivités territoriales	250
Etat et ses opérateurs	120

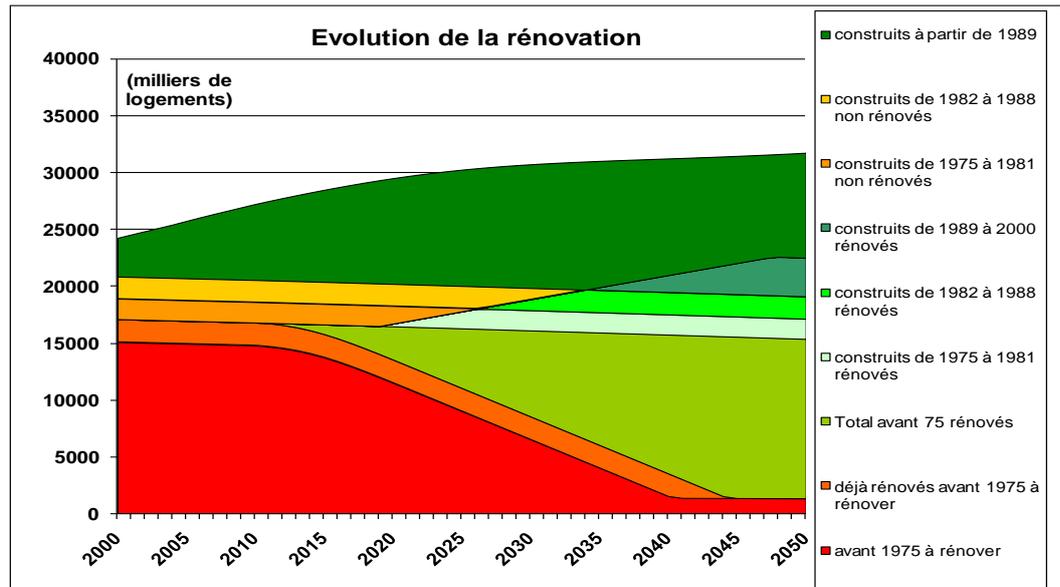
Total

1.220

Tableau 30. Répartition bâtiments tertiaires.

Source : PBG, 2010.

Dans le Scénario (Négawatt, 2012) les grandes périodes de réhabilitation des bâtiments existants se succèdent, en commençant par les bâtiments construits avant 1975, puis pour les bâtiments construits après 1975. Ainsi, en 2050 tout le parc des bâtiments existants devrait être conforme aux exigences d'économies d'énergie fixées. Une tâche qui est difficile à chiffrer, faute de données fiables par rapport au nombre de réhabilitations par an.



* 30 millions de logements à rénover d'ici 2050 ?

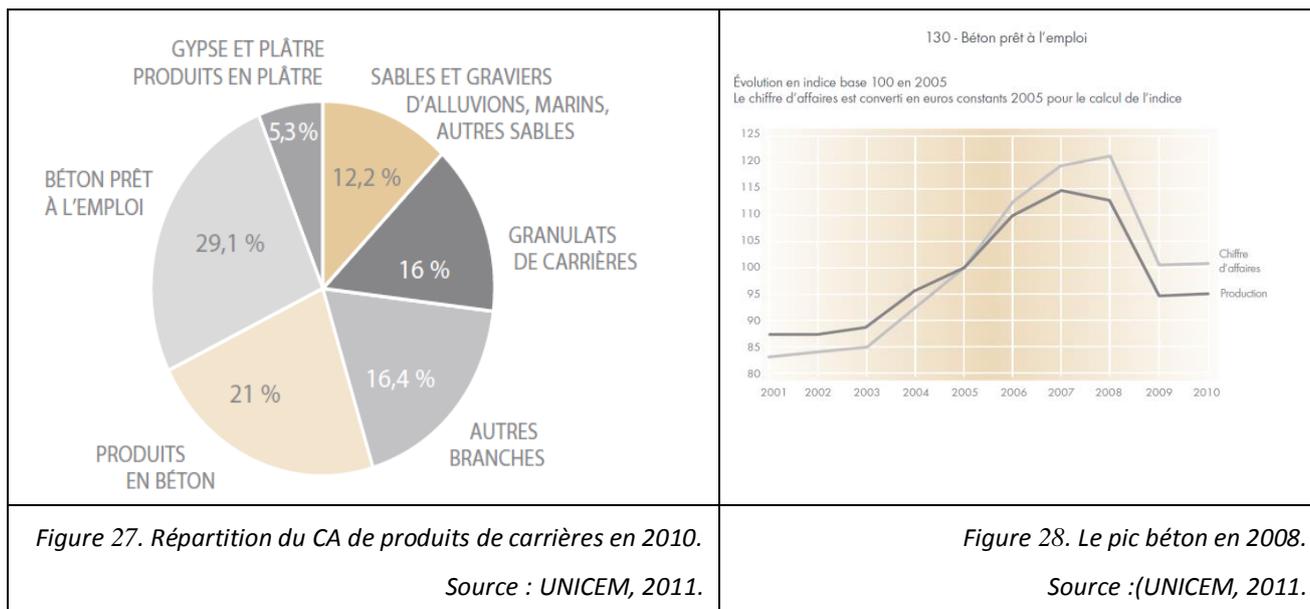
Figure 26. Evolution du nombre de rénovations.

Source : Négawatt (2012).

2.3.2.4 Les principaux matériaux de construction consommés à ce jour

2.3.2.4.1 Les granulats, sables, ciments, béton

La masse de produits de carrières extraits en France est de 365 millions de tonnes en 2010 (UNICEM, 2011). La répartition montre que la moitié du chiffre d'affaire dans le BTP concerne le béton (50,1 %). L'évolution du CA pour le béton prêt à l'emploi entre 2001 et 2010 montre bien le « pic béton » pour l'année 2008, jusqu'à ce que la crise mondiale dans l'immobilier se confirme aussi en France.



Le marché français du bâtiment est caractérisé par la position dominante du béton (SESSI, 2004). Dans le secteur du logement, les murs des maisons individuelles sont généralement montés en blocs de bétons (parpaings) sur des fondations et dalles en béton armé. Pour les logements collectifs c'est le béton banché qui est majoritaire dans la construction des murs.

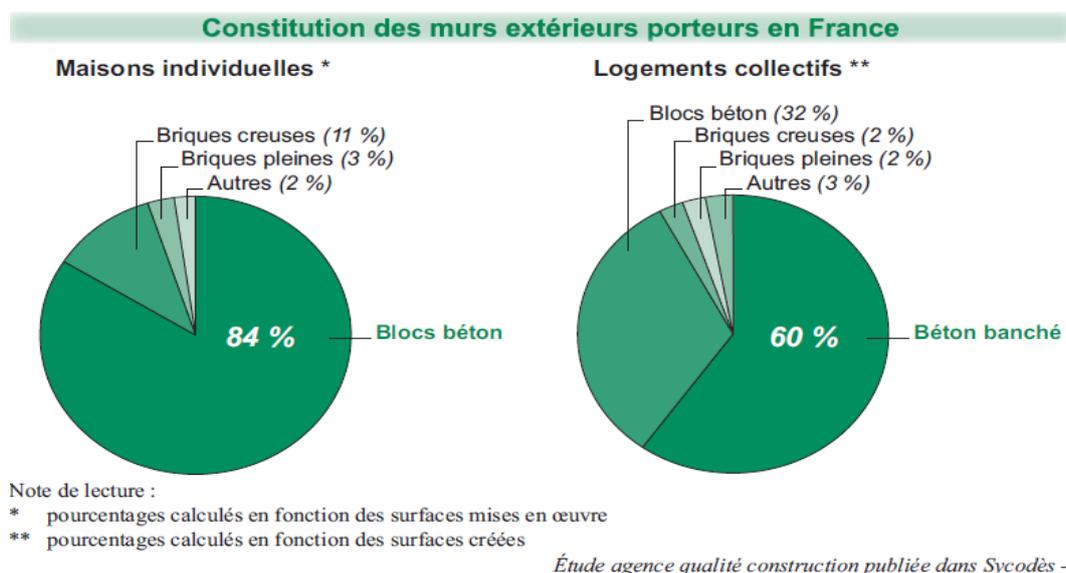


Figure 29. Matériaux des murs extérieurs.

Source : AQC, 2009.

Ces chiffres sont confirmés par l'enquête réalisée sur 2.000 maisons de (AQC, 2009) sur les part de marchés des différents matériaux dans la construction des logements (voir § 3.2.2.3). Pour la maison individuelle en secteur diffus 72% des murs extérieurs sont construits en blocs de béton (creux pour la plupart). Pour les bâtiments dans le secteur collectif 64% des murs des logements de moins de 3 niveaux sont en blocs de béton, tandis que pour les logements à plus de 8 niveaux 93% des murs sont en béton banché. Les résultats de

cette enquête ne donnent que des comparaisons en pourcentages, non pas des quantités absolues (en volume ou poids).

« individuel »

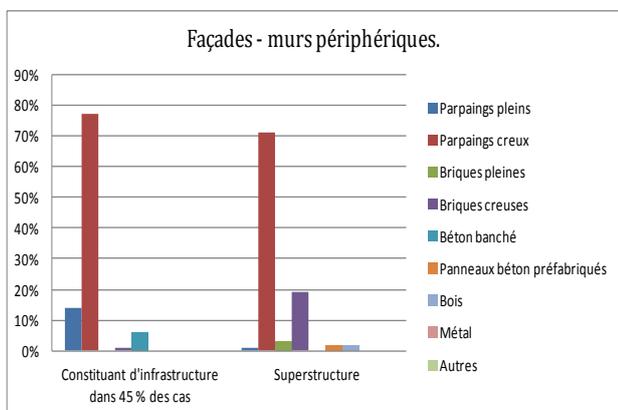


Figure 30. Matériaux des murs extérieurs « logements individuels ».

Source : AQC, 2009.

« collectif »

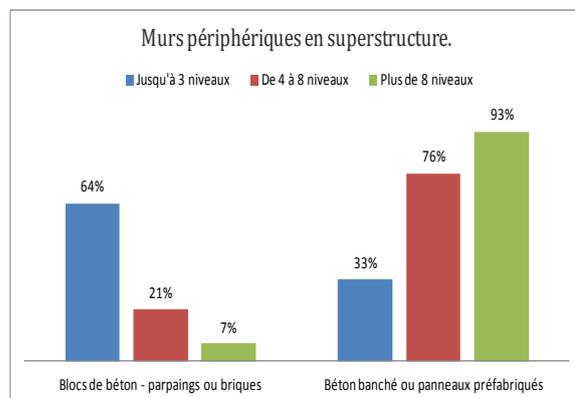


Figure 31. Matériaux des murs extérieurs « logements collectifs ».

Source : AQC, 2009.

La consommation de ciment en France est de 19 785.000 t en 2010 et légèrement supérieure à la production - la différence est couverte par l'importation (voir). Un français consomme 327 kg de ciment par habitant par an, ce qui est relativement modeste par rapport à d'autres pays Européens, comme la Grèce ou l'Espagne. Le champion Européen est le Luxembourg avec 1 005 kg/hab.an en 2009 (SFIC, 2011). En production aussi, la France vient loin derrière des pays comme l'Espagne, l'Italie et l'Allemagne. Le plus grand producteur de ciment est la Chine avec 1,5 milliards de tonnes produites en 2009, environ la moitié de la production mondiale (SFIC, 2011).

La consommation des liants hydrauliques (ciment et autres liants) par type d'ouvrage montre la grande part de la consommation pour la construction des logements. La répartition entre le bâtiment (62,5 %) et les travaux publics (37,5 %) montre encore l'importance du secteur du bâtiment par rapport aux TP.

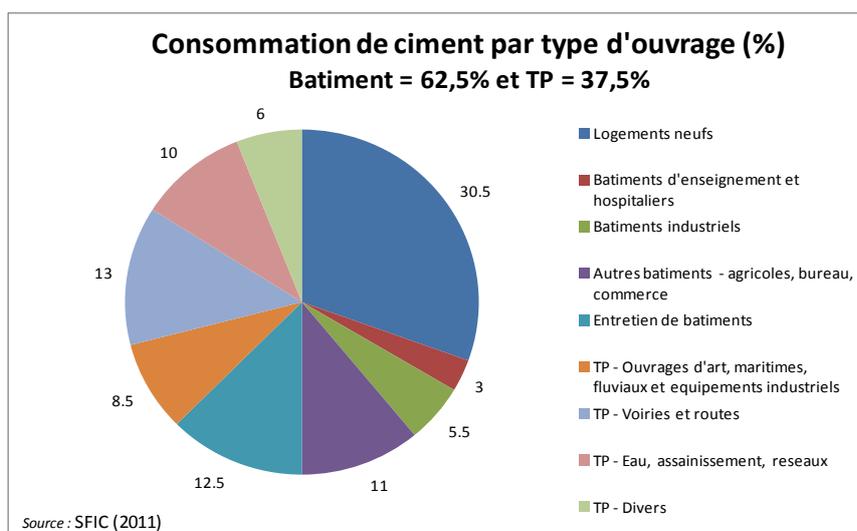


Figure 32. Consommation des liants hydrauliques par type d'ouvrage dans le bâtiment et les TP (2010).

La Figure 33 contient les plus grands flux en poids et volume de matériaux de construction et montre qu'il y a une grande différence entre l'année 2007 (*année de pic*) et 2010 (*année de crise*). Celle-ci montre le même « pic ciment » en 2007.

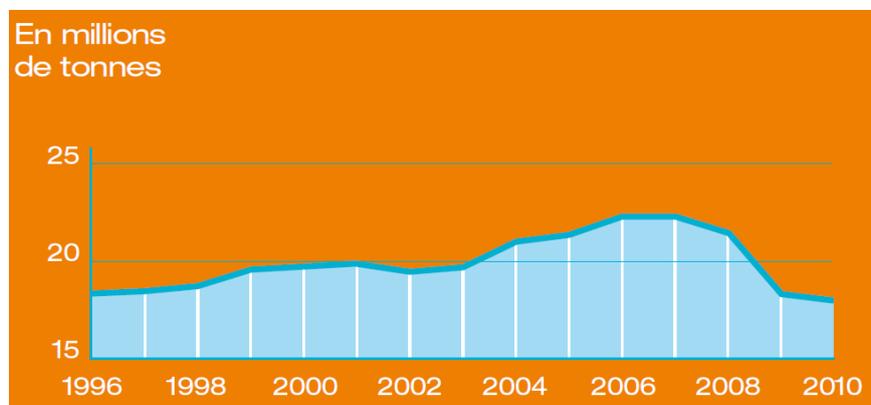


Figure 33. Evolution de la production de ciment en France 1996-2010.

Source : SFIC, 2011.

En 2006, 430 millions de tonnes de granulats ont été produites dans les 5 100 carrières autorisées en France. Cette ressource étant par nature épuisable, le recours au recyclage s'est accru. La production de granulats de recyclages a presque doublé depuis 1992 pour atteindre 23 millions de tonnes en 2006, soit 5,3 % de la production totale. Cette proportion est encore faible par rapport à d'autres pays européens, comme le Royaume-Uni ou l'Allemagne qui produisent environ 6 fois plus de granulats de recyclage (UNICEM, 2008). En 2010 la production de granulats a considérablement baissé par rapport à 2006. Seule la production de matériaux de recyclage a augmenté (+ 9,5 %), imputée à la seule progression des matériaux issus de la démolition des ouvrages de BTP (UNICEM, 2011).

Le Tableau 33 n'inclut pas les produits céramiques (faïences, porcelaines et appareils sanitaires), car nous considérons les flux "dérisoires" par rapport aux autres matériaux.

Matériaux de construction	Quantité (t, m ³)	Année	Source
Matériaux de carrières production	365.000.000 t	2010	UNICEM (2011)
Imports			
Exports			
Béton (production)			
Prêt à l'emploi	37.500.000 m ³	2010	UNICEM (2011)
<i>Idem</i>	45.161.000 m ³	2007	SESSI (2008)
Parpaings et blocs	11 090 700 t	2010	UNICEM (2011)
<i>Idem</i>	16.200.000 t	2007	SESSI (2008)
Autres produits béton BTP (1)	11.897.300 t	2010	UNICEM (2011)
Ciment			
Production	17.998.000 t*	2010	SFIC (2011)
<i>Idem</i>	22.300.000 t*	2007	SFIC (2011)
<i>Idem</i>	23503.000 t	2007	SESSI (2008)
Consommation	19.785.000 t	2010	SFIC (2011)
<i>Idem</i>	24.803.000 t	2007	SFIC (2011)
Imports	3.001.000 t	2010	SFIC (2011)
Exports	1.046.000 t	2010	SFIC (2011)
Production de clinker	14.901.000 t	2010	SFIC (2011)
	18.046.000 t	2007	SFIC (2011)
Chaux	NC		
Gypse (plâtre)	4.962.201 t	2006	SESSI (2009)
Tuiles	3.036.000 t	2007	SESSI (2008)
Briques	2.941.000 t	2007	SESSI (2008)
Pierres production (extraction)**			
Calcaires	322.000 m ³		UNICEM (2011)
Granits	110.400 m ³		UNICEM (2011)
Grès	19.800 m ³		UNICEM (2011)
Ardoises	12.800 t		UNICEM (2011)
Granulats (total) production	430.000.000 t	2006	UNICEM (2008)
<i>Roches meubles (1)</i>	174 mt	2006	UNICEM (2008)
<i>Roches massives (2)</i>	233 mt	2006	UNICEM (2008)
<i>Granulats de Recyclage (3)</i>	23 mt	2006	UNICEM (2008)
Granulats (total) production	364.500.000 t	2010	UNICEM (2011)
Sables et graviers <i>alluvionnaire, marin</i>	141.290.000 t	2010	UNICEM (2011)
Sables et graviers <i>de carrière</i>	106 430.000 t	2010	UNICEM (2011)
Granulats calcaires de carrière	95.430.000 t	2010	UNICEM (2011)
Calcaires production			
Calcaires industriels (4)**	8.127.700 t	2010	UNICEM (2011)
Calcaires crus (5)	2.681.300 t	2010	UNICEM (2011)
Métaux	NC		
Construction métalliques	659.776 t	2009	SCMF (2009)
Plastiques	NC		

*ex clinker : Batiment 62,5 %, TP 37,5 % ; 72,1 % pour le béton. ** hors sciages (m²). (1) poutres et poutrelles, hourdis, tuiles, pré-dalles, conduits et canalisations, éléments de murs, planchers et escaliers, etc. (hors parpaings et blocs !). (2) granulats d'origine alluvionnaire, granulats marins et autres sables. (3) granulats issus des roches calcaires et des roches éruptives. (4) granulats issus des schistes, des laitiers et des matériaux de démolition. (5) castines industriels et poudres de pierre, chaux et marbre – ***hors construction (6) marnes et amendements de calcaire, dolomie et craie.

Tableau 31. Tableau récapitulatif des grands flux de matériaux de construction.

2.3.2.4.2 Le bois dans la construction

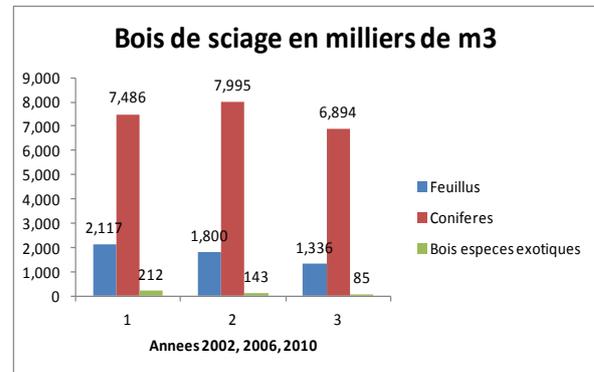
Depuis le début de la décennie, l'activité des industries du travail du bois progresse à un rythme soutenu.

En 2010 le volume du bois de sciage (hors grumes) en France est de 8,3 millions de m³ toutes espèces confondues (feuillus, conifères et bois exotique). Depuis 2006 les volumes ont diminué suite à la crise dans le BTP.

Tableau 32. Evolution des volumes de bois de sciage (hors grumes).

Source : Agreste, 2011.

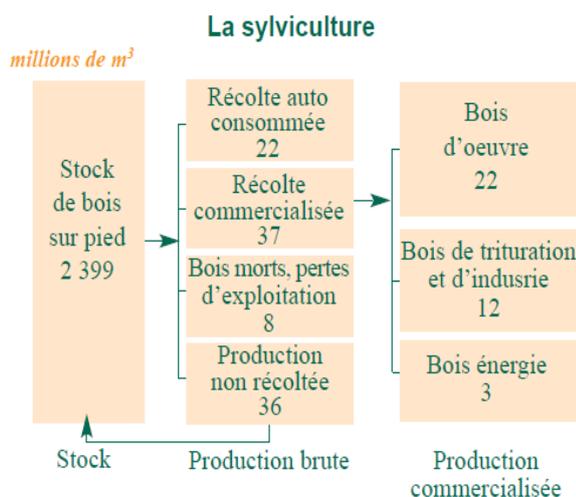
Bois de sciage en 2010	m3
Feuillus	1,336,000
Coniferes	6,894,000
Total especes temperes	8,230,000
Bois especes exotiques	85,000
Total bois scie	8,315,000



Le bois d'œuvre pour la construction, l'ameublement, ou l'emballage représente 78 % des bois commercialisés en France. Le bois d'industrie pour la fabrication des panneaux et les pâtes à papier représente 15 % des bois commercialisés en France et le bois énergie 7 %, essentiellement pour le chauffage (PIPAME, 2012).

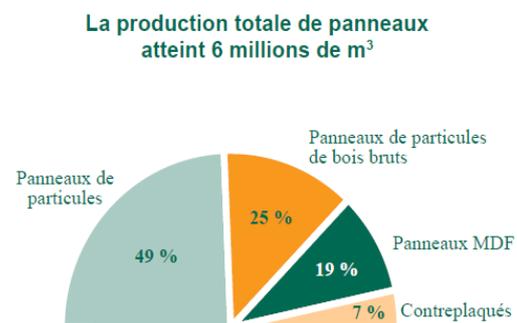
La production de panneaux de bois (6 millions m³ en 2006) profite indirectement de la construction de nouveaux logements et des travaux de rénovation. L'engouement pour la maison à ossature bois a accentué le développement de l'activité des entreprises de charpentes, avec un doublement des quantités produites en 2006. Le nombre de constructions de ces maisons est difficile à chiffrer, mais elles représentent environ 4 % des maisons individuelles construites (SESSI, 2008).

Source : SESSI, 2008.



Sources : Scees, Inventaire forestier national 2006

Figure 34. Production de bois en 2006.



Source : Sessi - enquêtes annuelles de branche 2006

2.3.2.4.3 Les isolants

Le marché français de l'isolation *rapportée* représente un chiffre d'affaires de 1,5 milliard d'euros en 2011. La part de marché occupée par les matériaux biosourcés est comprise entre 6 et 8 % (Nomadéis, 2012). Selon une estimation par Nomadéis (2012) le marché de l'isolation représente un total de 55 millions de m² par an. L'isolation thermique extérieure (ITE) représente 16 millions de m² par an, dont 10 millions de m² en panneaux polystyrène (recouverts d'enduits), soit près de 63 % du marché ITE, et ce volume croît rapidement.

Produits isolants	Chiffre d'affaires (M€)	Part du marché de l'isolation
Laines minérales	705 à 735	47 à 49 %
Panneaux à base de polystyrène	600	40 %
Produits bio-sourcés	90 à 120	6 à 8 %
Autres produits	75	5 %
Total marché de l'isolation rapportée en France	1 500	100 %

Tableau 33. Répartition du marché de l'isolation rapportée en 2011.

Source : Nomadéis, 2012.

Pour un état des lieux plus complet sur l'usage des isolants biosourcés dans la construction, voir la partie 2.3.1.3.

2.3.2.4.4 Importations et exportations de matériaux de construction

La construction est le secteur le plus énergivore du pays avec près de 43 % de l'énergie finale nationale consommée en 2009. Le bâtiment (BTP) génère également 123 millions de tonnes de CO₂ par an, soit près d'un quart des émissions françaises (PBG, 2010). La plus grande partie de cette énergie consommée vient du fonctionnement des bâtiments – (installations de chauffage, de refroidissement, d'éclairage, etc.). La part de l'énergie grise des matériaux de construction est aujourd'hui estimée à environ 10 %. Mais avec des bâtiments plus performants sur le plan thermique, cette part va augmenter considérablement dans les années à venir (Négawatt, 2012).

Les statistiques des douanes (2008) montrent que depuis les années 90 les importations des grand flux de matériaux de construction en France ont évolué beaucoup, tandis que les exportations ont diminué.

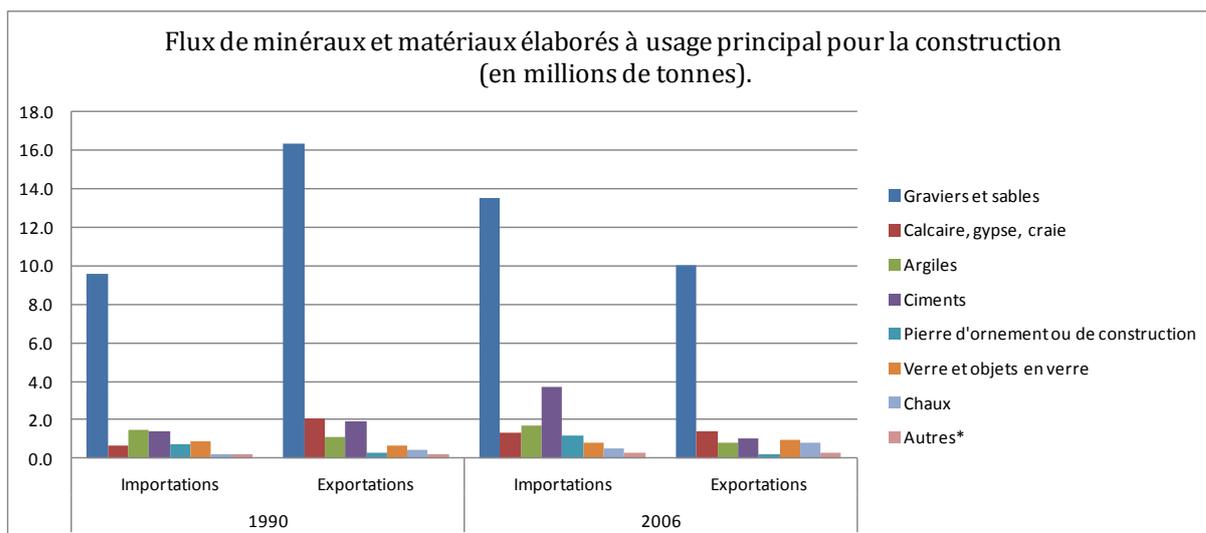


Figure 35. Flux de minéraux et matériaux élaborés à usage principal pour la construction (Mt).

Source : Direction générale des douanes (2008)

En chiffre d'affaire, la France importe plus de produits de construction qu'elle n'en exporte (Douanes, 2006). Les grands fournisseurs sont les pays voisins, l'Italie (avec les céramiques), l'Espagne, la Belgique (ciment, briques, béton, plâtre) et l'Allemagne (produits sanitaires).

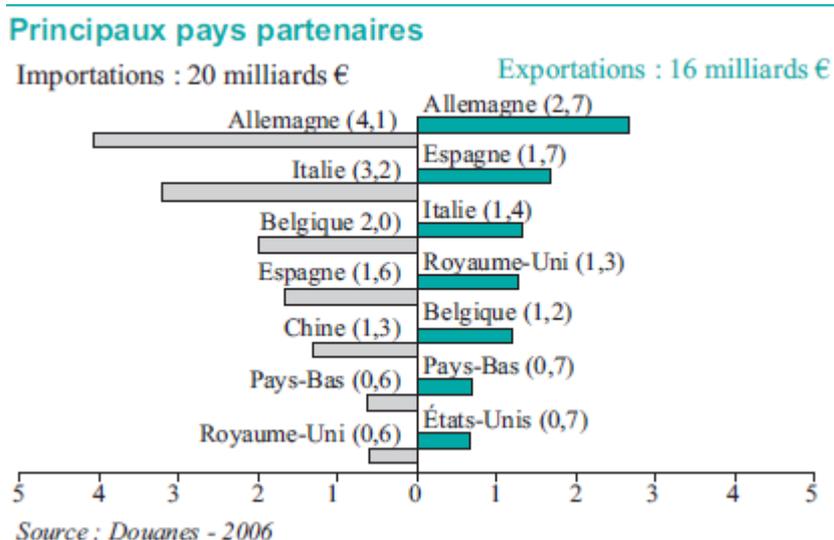


Figure 36. Importations/exportations de matériaux de construction.

Source : INSEE (2007).

Le chiffre d'affaire (CA) du secteur BTP est de 162 milliards d'euros en 2010, dont 123 M€ pour le bâtiment et 39 M€ pour les travaux publics (UNICEM, 2008). Un peu moins de 60 % du CA est généré dans le logement, le reste dans le « non-résidentiel ». Dans le bâtiment le CA généré par la rénovation (69 M€), pour le logement et le non-résidentiel, est supérieur à celui de la construction neuve (54 M€).

Travaux réalisés sur le marché intérieur

(En valeur)	Milliards d'€ HT 2010
BÂTIMENT	123
Logement	75
- Construction neuve	34
- Amélioration - Entretien	41
Bâtiment non résidentiel	48
- Construction neuve	20
- Amélioration - Entretien	28
TRAVAUX PUBLICS	38,7
TOTAL BTP	161,7

Sources : FFB - FNFP

Figure 37. Chiffres d'affaires dans la construction en 2010.

Source : UNICEM, 2008.

2.3.2.5 Perspectives pour la construction

Nos hypothèses portent sur l'évolution de l'activité du secteur de la construction – nombre et type des bâtiments construits et réhabilités chaque année – et surtout sur l'usage des matériaux biosourcés à l'avenir. Nous avons choisi deux modalités – modéré ou fort – pour le développement de la construction et réhabilitation. Ces modalités se traduisent dans nos scénarios par deux taux de substitution – faible ou fort – des matériaux conventionnels par les matériaux biosourcés (voir 2.2.3.3).

2.3.3 Principales sources statistiques

Source	Signification	Site
Agreste	La statistique, l'évaluation et la prospective agricole.	http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/
INSEE	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques	http://www.insee.fr/fr/
Scees	Service central des Enquêtes et Études statistiques	http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/
Sit@del 2	Base de données concernant le logement et la construction.	http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-ligne/r/sitdel2-donnees-detaillees-locaux.html
SOeS	Service de l'Observation et des Statistiques	http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/

2.4 BIBLIOGRAPHIE

Ademe, 2009. « Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020 ». Etude réalisée pour le compte de l'ADEME par l'IFN, avec l'Institut Technique Forêt Cellulose Bois Ameublement (FCBA) et l'association SOLAGRO.

Agreste, 2011. « Récolte de bois et production de sciages 2002-2010 ».

Agreste, Graphagri, 2012. <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/publications/graphagri/>

Alcimed, 2012. « *Marché actuel des nouveaux produits issus du bois et évolutions à échéance 2020* ». Etude réalisée pour le PIPAME (Pôle Interministériel de Prospective et d'Anticipation Economique).

ANRU, 2011. « *PNRU* ». [En ligne].

AQC, 2009. « *L'évolution des parts de marché des produits et matériaux de la construction* »

ATF, 2009. Amis de la Terre – France. « *Construire une société soutenable : quelle production pour quels usages du bois des forêts françaises ?* »

ATF, 2010. « *Les Ecomatériaux en France - État des lieux et enjeux dans la rénovation thermique des logements* »

Bimagri, s.d. « *Bimagri chiffres de l'agriculture* ». [En ligne].

Biomasse Normandie, 2002. « *Evaluation des quantités actuelles et futures de déchets épandus sur les sols agricoles et provenant de certaines activités* ».

Cemagref, 2009. « *Évaluation des volumes de bois mobilisables à partir des données de l'IFN « nouvelle méthode* » ».

CESE, 2012. « *La valorisation de la forêt française* ». Les avis du Conseil Economique, Social et Environnemental ; Marie de l'Estoile, rapporteure.

CGDD-SOes, 2011. « *Comptes du Logement - premiers résultats 2010, le compte 2009* ».

CGDD-SOes, 2012. « *Comptes du Logement - premiers résultats 2011, le compte 2010* ».

Cinotti, 1996. « *Évolution des surfaces boisées en France : proposition de reconstitution depuis le début du XIX^e siècle* ». Revue forestière française, Vol. 48, n° 6. Nancy : ENGREF, 547-562.

Cour des comptes, 2012. « *La politique d'aides aux biocarburants – évaluation d'une politique publique* ».

CSTB-FCBA, 2010. « *Etude européenne – Bois construction, étude comparative sur l'usage et le développement du bois construction en Europe* ».

Demesure et Much, 2001. « *L'évolution de la forêt française après la dernière glaciation* », in Le Perchec S., Guy P., Fraval A. (dir.), 2001. *Agriculture et biodiversité des plantes*. Dossiers de l'Environnement de l'INRA n°21.

Deprez, 2006. « *Rapport de la Commission des Affaires Economiques, de l'Environnement et du Territoire de l'Assemblée Nationale sur le devenir de l'industrie papetière et des industries dépendantes* ». <http://www.assemblee-nationale.fr/12/pdf/rap-info/i3253.pdf>

Direction générale des douanes, 2008. « *Statistiques* ».

ENPC, 2011. « *Le développement du bois énergie : solution durable pour répondre au défi énergétique ?* » Ecole des Ponts et Chaussées, Groupe d'Analyse des Politiques Publiques, janvier 2011.

FAO, 2001. « *Les arbres hors forêt: le cas de la France* ». Thierry Bélouard et Frédéric Coulon, dans « *Les arbres hors forêt - Vers une meilleure prise en compte* », cahier FAO conservation n°35.

FCBA, 2012. « *Filière bois, memento 2012* » [En ligne].

Federec 2012 a. « *Le marché du recyclage et de la valorisation en 2011* ».

Federec 2012 b. « *L'économie du recyclage, bilan de la production de matières premières recyclées 2011* ».

IFN, 2012. « *Memento 2012* ». www.ign.fr

IGN, 2012. « *La forêt en chiffres et en cartes* ». www.ign.fr

Inforénovateur, 2009. « *Les chiffres clefs de la rénovation énergétique* ». [En ligne].

INA P-G, 2003. « *Les prairies* ». INA P-G, Département AGER.

INSEE, 2007 « *Fournisseurs de la construction (en chiffres)* ». Ed 2007.

INSEE, 2010. « *Enquêtes nationales de logement* ».

INSEE, 2011. « *Estimations de population et statistiques de l'état civil* ».

INSEE-IRIS, 2009. « *Données infra-communales - Recensement de la population 2008 (exploitation principale)* ».

Institut méditerranéen du liège, 2005. « *Etat des lieux de la filière liège française* ».

Interchanvre, 2011. « *Le chanvre européen et la PAC 2013. Intégration dans le verdissement ?* »

Kahn, L., 1978. « *Shelters* ». Lloyd kahn ed.

McKinsey, 2007. « *Curbing global energy demand growth : the energy productivity opportunity* ». McKinsey Global Institute.

MEDDEM, 2011. <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr>

Négawatt, 2012. « *Scénario Négawatt* ».

Nomadéis, 2012. « *Etude sur le secteur et les filières de production des matériaux et produits biosourcés utilisés dans la construction (à l'exception du bois). Partie I Etat des lieux socio-économique du secteur et des filières* ». Rapport d'étape, non publié.

PBG, 2010. « *Plan Bâtiment Les chiffres clefs* ». <http://www.legrenelle-environnement.fr/Les-chiffres-clefs,1433.html>

PIPAME, 2012. « *Marché actuel des nouveaux produits issus du bois et évolutions à échéance 2020* ».

Pointereau P., 2009. « *Abandon et artificialisation des terres agricoles, Courrier de l'environnement de l'INRA n° 57* ». Courrier de l'environnement de l'INRA éd. INRA.

Pointereau P., Coulon F., 2005. « *Bilan imports-exports en termes équivalent surface, Solagro, non publié ; cité dans Abandon et artificialisation des terres agricoles* ». Le Courrier de l'Environnement n° 57.

SESSI, 2006. « *Construction et matériaux – des liens très étroits* ». <http://www.insee.fr/sessi/publications/etudes/mat/materiaux.htm>

SESSI, 2008. « *Le bois en chiffres - Chiffres clés productions industrielles* ».

SFIC, 2011. « *Infociments-2011 l'Essentiel* ».

Sit@del2, 2010. « *Logements commencés 1985-2009* ».

Solagro, 2012. « *Afterres 2050 (synthèse) - Scénario d'utilisation des terres agricoles et forestières pour satisfaire les besoins en alimentation, en énergie, en matériaux, et réduire les gaz à effet de serre* ». www.solagro.org

Thesiger A., 1983. « *Les Arabes des marais* ». Collection Terre humaine éd. Plon.

UNICEM, 2008. « *Statistiques 2007* ».

UNICEM, 2011. « *Statistiques 2010* ».

3 Partie 2 : Modélisations, simulations, ressources et besoins

Auteurs : Luc Floissac (LRA), Hans Valkhoff

3.1 INTRODUCTION

Le projet d'étude TERRACREA a pour objectif d'estimer l'impact économique, sociétal et environnemental de la production et de l'utilisation des agro-ressources dans le domaine des matériaux de construction.

Les principales ressources agricoles et forestières utilisables et les principaux besoins en matériaux biosourcés dans la construction y sont estimés aux horizons 2030 et 2050. Des stratégies de production agricole, forestière et d'utilisation de coproduits pour le bâtiment qui n'entrent pas en concurrence avec l'alimentation et les usages usuels sont proposées. Il s'agit de vérifier à quelles conditions la construction et la réhabilitation utilisant des matériaux biosourcés peuvent être compatibles avec un aménagement du territoire et une agriculture durable, sans susciter un recours excessif à l'importation.

Nous avons réalisé un très travail de recueil de données statistiques (*voir* rapport tâche-1). Nous disposons de données dans le domaine agricole et de la sylviculture, des surfaces construites et des typologies de bâtiments construits.

Concernant le marché de la construction et de la réhabilitation, l'étude OPEN (Observatoire Permanent de l'amélioration Energétique du logement), menée par le cabinet BiiS pour le compte de l'Ademe, s'est révélé une entrée particulièrement intéressante dans le domaine de l'usage des matériaux de construction et de la description des opérations de réhabilitation. Ainsi, au niveau du marché de la rénovation, le LRA a pu accéder à l'étude complète OPEN (campagne 2011), dont les résultats ne sont publiés qu'en synthèse par l'ADEME. Ces données, agrégées et générales ont été complétée grâce au concours du service bâtiment de l'ADEME à Sophia-Antipolis qui a commandé au cabinet BIIS, des données plus détaillées qui ont été mises à la disposition du projet TERRACREA.

Il s'agit de deux études spécifiques réalisées à partir de la base de données « OPEN » :

- l'étude « Réhabilitation » pour décerner le nombre et l'ampleur des rénovations ;
- l'étude « Parts de Marché des produits de construction ».

En parallèle, nous avons développé le simulateur TERRACREA qui permet de réaliser des simulations (§ 3.3) et d'évaluer les besoins en matériaux de construction à l'horizon 2030, 2050 afin de les confronter avec les ressources potentiellement disponibles à ces dates. Il s'agit en particulier d'évaluer si es ponts durs sont à craindre en terme d'approvisionnement en matières premières biosourcés et d'évaluer d'éventuels conflits d'usage des terres arables.

3.2 DONNEES UTILISEES

3.2.1 Bâtiments neufs

3.2.1.1 Bâtiments résidentiels

Au 31 décembre 2011 le parc de bâtiments existant en France compte 33,2 millions de logements.

- Le nombre de logements commencés cette année-là est d'environ 346 000, soit une augmentation annuelle de la surface construite de 33,3 millions de m² de planchers.
- Dans le secteur non résidentiel, la surface du parc existant est d'environ 1,22 milliard de m² (tertiaire/industriel/agricole). Chaque année cette surface s'accroît de près de 22 millions de m² (Sit@del2).

Logements neufs mise en chantier (2010)	Nombre de logements commencés	Surface de logements commences m ²	Total surface tous locaux commences m ²
Logements individuels purs	127 661		
Logements individuels groupés	53 285		
Total logements individuels	180 946		
Logements collectifs	143 957		
Logements en résidence	21 115		
Annulations	3 765		
TOTAL 2010	346 018	33 313 876	21 796 921
Total Parc existant	33,2 millions		950 000 000

Tableau 34. Parc résidentiel et non résidentiel en 2010.

Source : Sit@del-2 (2014).

La surface moyenne dans le parc existant est de 110 m² pour de la maison individuelle et de 66 m² pour le logement collectif (INSEE 2006), soit une surface moyenne du parc des résidences principales de 85 m² en 2010 (CGDD *Compte du logement 2010* (2012)). Dans la construction neuve les surfaces moyennes augmentent légèrement au fil du temps. Ainsi, les logements mis en chantier en 2010 ont une surface moyenne de 122 m² dans le secteur de la maison individuelle et de 71 m² dans celui du logement collectif.

Constructions résidentielles 2010	Individuel pur	Individuel groupé	Individuel total	Collectif
Nombre France métropolitaine	128 859	46 756	175 615	151 226
Surface cumulées des logements (m ²)	16 973 047	4 517 597	21 490,644	10 748,118
Surface moyenne des logements (m ²)	131	96	122	71

Tableau 35. Surface moyennes des logements construits en 2010.

Source : Sit@del-2 (2014).

Le nombre d'étages des immeubles dans le secteur du logement collectif est décrit dans le Tableau 38.

Logements collectifs en 2005 (immeubles)	Part du parc existant des immeubles
≤ 4 étages	85 %
5 à 8 étages	13 %
≥ 9 étages	2 %

Tableau 36. Répartition du nombre d'étages des immeubles collectifs existants.

3.2.1.2 Bâtiments non résidentiels

Les bâtiments non résidentiels couvrent les secteurs de :

- l'agriculture,
- l'industrie et l'artisanat,
- le tertiaire (privé ou public).

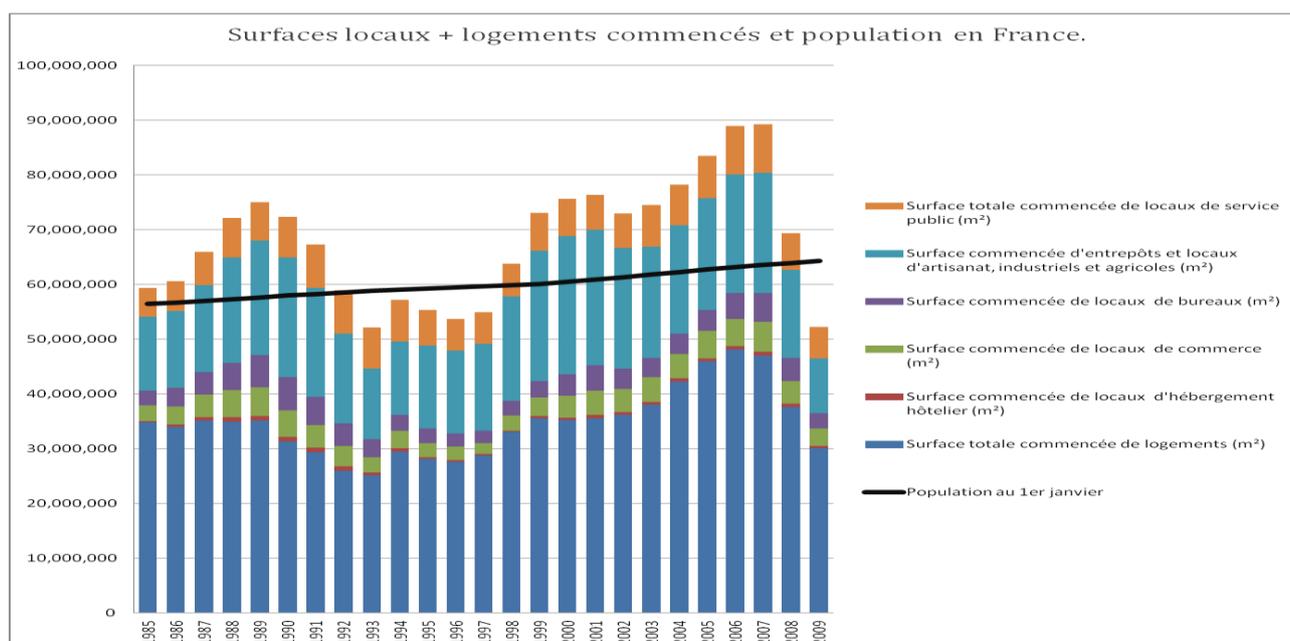


Figure 38. Evolution des surfaces tertiaires construites par type de locaux.

La Figure 38 montre bien que depuis le début de la crise économique en 2008 le rythme de renouvellement des bâtiments a fortement chuté. En 2010 la surface de construction des locaux tertiaires (tous usages confondus) est de 21,8 millions de m², soit un taux de croissance de 2 % (Sit@del2,2014). Pour la construction des logements ce rythme est légèrement au-dessus de 1%. À l'horizon 2030 nous nous sommes basés sur l'objectif du gouvernement de construire 500 000 logements par an, à partir de 2017.

La loi Grenelle-2 prévoit une obligation pour le parc tertiaire d'engager des travaux de rénovation énergétique dans un délai de 8 ans, à compter du 1^{er} janvier 2012. En attendant le décret qui doit préciser la nature et les modalités des travaux, le rapport Gauchot (Plan Bâtiment 2011) propose l'obligation de faire des travaux à partir d'un seuil de 1 000 m² (celui de la RT existant globale) jusqu'en 2014, puis de descendre ce seuil à 500 m² jusqu'en 2017, année où le seuil de 50 m² préconisé par la directive européenne 2010/31/UE entrera en vigueur. Afin d'anticiper l'application de la loi de Grenelle-2, le groupe de travail du Plan Bâtiment propose une charte inspirée du rapport Gauchot.

Répartition surfaces par existant non résidentiel (2008)	Millions de m ²
Tertiaire privé	480
Commerces	200
Bureaux	184
Hôtellerie	23
Tertiaire public	370
Collectivités	250
Etat	120
Total tertiaire (locaux chauffés)	850
Entrepôts (locaux non chauffés)*	100
<i>* industriels / artisanaux / agricoles / logistique</i>	
Total non résidentiel	950 Mm²

Tableau 37. Répartition des surfaces dans le secteur non-résidentiel.

Source : Plan bâtiment (2011).

Le parc tertiaire est très diversifié et chaque segment possède ses spécificités :

- bâtiments privés et publics (écoles, mairies, grandes surfaces, commerces) ;
- grands ensembles tertiaires en Ile-de-France ;
- « petit tertiaire » en zone rurale.

Dans un souci de simplification et en raison du manque de précision sur les données disponibles, la modélisation TERRACREA n'intègre pas une différenciation morphologique (paragraphe 0) des bâtiments tertiaires.

Répartition surfaces tertiaires par activité (2004)	Part des surfaces
Commerces	23 %
Bureaux	21 %
Enseignement	20 %
Sante	12 %
Sports	8 %
Cafe, hotels, restaurants	7 %
Habitat communautaire	6 %
Transports	3 %
TOTAL	850 Mm²

Tableau 38. Segmentation du tertiaire privé et public.

Source : Ceren (2008).

3.2.2 Bâtiments existants

La tâche-1 de l'étude TERRACREA a montré qu'il est difficile de trouver des données cohérentes concernant le nombre annuel de rénovations et de réhabilitations.

Nous avons toutefois pu recenser que sur un total de 9,7 millions de logements améliorés par an, seulement 2,6 millions ont fait l'objet de travaux avec impact énergétique (OPEN, 2013). Ainsi comparé aux 127 000 réhabilitations réalisées en 2013, l'objectif de 500 000 rénovations énergétiques du programme (PREH) du gouvernement donne une idée de l'ampleur de l'effort à entreprendre.

L'Observatoire Permanent de l'amélioration Énergétique du logement (OPEN) lancé par l'ADEME en 2006, permet de disposer de plusieurs campagnes annuelles de résultats qui décrivent le marché de la rénovation thermique des logements. Les études OPEN donnent des chiffres sur le nombre de rénovations et sur les bouquets de travaux portant sur plusieurs postes. Elles se focalisent principalement sur les travaux ayant un impact énergétique.

Pour l'étude TERRACREA nous cherchons à connaître les flux des matériaux engendrés dans les travaux de rénovation, indépendamment du fait que les travaux soient avec ou sans impact énergétique. Ainsi, dans les simulations (§ 3.3.2) des flux de matériaux nous nous sommes efforcés de différencier : entretien et petits travaux, rénovations légères, et rénovations lourdes ou réhabilitations.

Avec l'appui de l'ADEME (propriétaire des données OPEN) nous avons réalisé un traitement spécifique des résultats OPEN adapté au périmètre TERRACREA. Pour cela, le cabinet BIIS a remanié les données OPEN 2013 afin notamment de faire ressortir les parts de marché des matériaux biosourcés.

Pour les modélisations TERRACREA nous avons définis avec le concours du cabinet BiiS trois catégories de travaux d'amélioration : entretien, rénovation, réhabilitation (voir le Tableau 39 pour la définition des périmètres). Il s'agit d'une réhabilitation quand les travaux de rénovation concernent à la fois plusieurs postes : au moins une des parois opaques, plus les ouvertures et le chauffage.

Dénomination	Nature des travaux ou ouvrage concerné	Regroupement de postes	Périmètre OPEN
Poste Toiture	Charpente, isolation de la toiture par l'extérieur, couverture, étanchéité, gouttière, descente d'eau	Parois opaques = toiture, façade, agencement	Travaux de type OPEN = Toiture Façade Agencement Ouverture Chauffage
Poste Façade	Ravalement, isolation de mur par l'extérieur, bardage, crépis, peinture et lasure extérieurs		
Poste Agencement	Cloison, isolation intérieure de mur, de chape, plafond et comble, plâtrerie et calfeutrement		
Poste Ouverture	Portail, serrure, blindage, fenêtre, volet, store et porte extérieurs, automatisme et véranda		
Poste Chauffage	Radiateur, chaudière, pompe à chaleur, cheminée, insert, poêle, régulateur, chauffe-eau		
Poste Structure	Terrassement, fondation, poutre, pilier, plancher, mur du clos, mur pignon ou de refend		
Poste de travaux	Entretien	Rénovation	Rénovation AVEC impact énergétique
Toiture	Traitement de charpente, remaniement d'éléments de couverture, pose de gouttière ou de descente d'eau	Rénovation d'un pan ou de la totalité d'une toiture	Rénovation toiture avec isolation par l'extérieur
Façade	Traitement localisé de fissure, de remontée capillaire, peinture de menuiserie extérieure	Gommage, jointoiment, peinture, crépi, bardage et parement	Rénovation de façade avec isolation par l'extérieur
Agencement	Construction d'un mur d'agencement, d'une cloison séparative, réalisation d'alcôve ou de placard en maçonnerie	Réfection d'un mur, de plancher, de plafond ou travaux en combles	Isolation de murs, plafond, planchers et combles
Ouverture	Pose de portail, de porte de garage, travaux de serrurerie, de blindage de porte, d'automatisation de fermeture	Pose d'une fenêtre, d'une porte extérieure, de volet	Pose de portes extérieures et de fenêtres isolantes
Chauffage	Réparation d'appareil, changement de brûleur, pose d'un chauffe-eau d'appoint	Pose d'une installation principale de chauffage ou eau chaude sanitaire	Rénovation de l'installation principale de chauffage

Tableau 39. Définitions des postes de travaux d'amélioration selon OPEN.

Source : BIIS, Observatoire des travaux - Campagne 2013.

Dans l'étude TERRACREA la modélisation de la partie rénovation est basée sur les données OPEN 2013, ceci étant lié au fait que la ventilation des résultats d'enquête nécessitaient un traitement adapté. Le nombre de logements ayant subi des travaux a considérablement augmenté depuis 2010 (9,7 millions en 2013 au lieu de 6,4 millions), année de référence pour la modélisation. Cependant, la part des travaux type OPEN est restée constante (autour de 50 % de la totalité des travaux).

Situation d'ensemble du marché de la rénovation en 2013 (enquêtes de ménages)							
Année 2013 (en milliers de logements)		Nombres d'opérations par poste concerné					
Ensemble des logements en France métropolitaine (au 1er janvier 2012)	33,192	Toiture	Façade	Agencement	Ouverture	Chauffage individuel	Structure
Travaux d'entretien-amélioration (hors extension et agrandissement)	9,734	461	497	765	1,714	1,595	301
Travaux de type OPEN	4,485	461	497	765	1,714	1,595	301
Rénovation avec impact énergétique (sens OPEN)	2,597	147	116	620	1,353	852	261
Travaux de réhabilitation	127	54	45	90	127	76	55
DONT Travaux de réhabilitation avec isolation		4	13	85			
Travaux de rénovation (hors réhabilitation)	2,780	314	354	635	1,308	944	212
DONT Travaux de rénovation (hors réhabilitation) avec isolation		143	103	535			
Travaux d'entretien, (postes OPEN (hors extension et agrandissement)	1,578	93	98	40	279	575	34

Tableau 40. Marché de la rénovation en 2013 selon OPEN.

Source : BIIIS, Observatoire des travaux - Campagne 2013.

Sur un total de 4,5 millions de logements ayant subi des travaux de type OPEN en 2013, 127 000 concernent des réhabilitations, 2,8 millions des rénovations et 1,6 millions des travaux d'entretien. Les opérations les plus nombreuses concernent les ouvertures et le chauffage.

En 2013 (Tableau 40), les statistiques montrent que le plus souvent 4 fenêtres ont été changées (médiane), avec une moyenne de 6 fenêtres changées sur les 1 714 opérations observées. Cela conforte le raisonnement que le nombre total des logements rénovés n'est pas artificiellement gonflé par de « petits travaux » lorsque seulement une ou deux fenêtres sont changées

Ainsi, globalement, on peut estimer que près de 40 % du marché de la rénovation relève de travaux d'entretien courant et de gros entretien, contre plus de 60 % consacrés à des grosses réparations et des travaux d'amélioration (SYNAMOB, 2008). Près de 80 % du marché concerne les ménages propriétaires-occupants contre 20 % des bailleurs privés et sociaux (CAH 2008). En 2006 62 % des travaux de rénovation sont faites par des entreprises, contre 26 % par les occupants et 12 % sous forme d'activité non-déclarée (ce qui rend encore plus difficile l'estimation de l'ampleur des travaux réalisés).

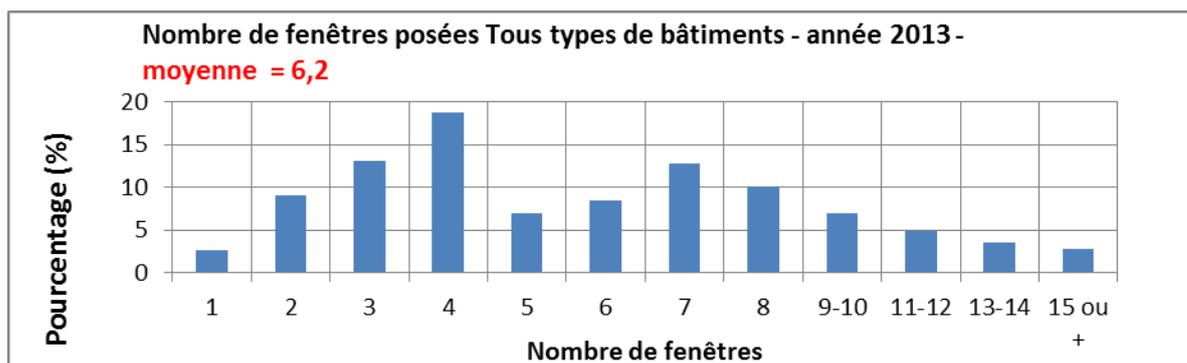


Figure 39. Distribution de nombre de fenêtres par opération.

Source : BIIS, Observatoire des travaux - Campagne 2013.

3.2.3 Parts de marché des matériaux biosourcés

Nous avons utilisé autant que possible des références de parts de marché actuelles (2010), à partir des études et bases de données disponibles - OPEN (2014), FCBA, AQC (2010), Nomadéis (2012), C&B (2013) et Forêt et Bois (2014). Ceci nous a permis de croiser les données et d'évaluer pour la plupart des éléments constructifs les parts de marché applicables à l'année de référence (2010)

D'autre part les chiffres sur des flux de matériaux biosourcés vendus en France en 2010 ont permis de calibrer le simulateur pour l'année de référence (voir le paragraphe 3.4.3) et de recouper ainsi les différentes sources.

Le recoupement des données pour le marché des isolants biosourcés est présenté dans le Tableau 41. Ainsi par exemple, la part de marché actuelle des isolants biosourcés est comprise entre 7 et 10%. La ouate de cellulose en prend environ la moitié (40 000 tonnes), suivie par la laine de bois (450 000 m³). On notera que lorsque nous ne disposons pas des données spécifiques au marché de la rénovation, nous avons appliqués les parts de marché observées dans la construction neuve.

Postes OPEN	Éléments constructifs	% Biosourcé neuf 2013	% Biosourcé reno 2013	% Biosourcé AQC (2005)
Ouvertures	Fenêtres	10.2	10.6	16
	Volets	17.7	18.0	37
	Portes ext	17.7	18.5	
	Portes garages	22.8	9.8	
Structure	Planchers hauts/int	27.2	53.8	13
	Planchers bas	5.7	29.1	
	Murs porteurs	3.4	4.9	2
Agencement isolation	Planchers de comble	n.a.	7.0	
	Rampants de comble	n.a.	10.3	
Revêtement façade	Bardage	5.0	2.5	2
Toiture	Fermettes	n.a.	n.a.	72
	Charpente tradition			23

Tableau 41. Parts de marchés des matériaux biosourcés référencés.

Sources : OPEN/Biis ; AQC.

Nous ne disposons pas à ce jour de chiffres précis concernant la pénétration des produits biosourcés sur le marché de l'isolation. Les produits d'origine végétale y représenteraient aujourd'hui environ 10 % du marché de l'isolation (Le Moniteur, 2014). Si pour l'isolation des combles la ouate de cellulose est le matériau biosourcé le plus utilisé, pour les façades les isolants en fibre de bois constituent le premier choix (Le Moniteur, 2014).

Concernant la part du bois dans le marché de la construction nous nous basons surtout sur les données de France Forêt et Bois (2013) et en partie sur les chiffres de l'AQC (2010) et du FCBA (2011). La part de marché du bois est élevée pour les fermettes (72 %) et les panneaux (5,2 millions de m³), mais pour la majorité des autres produits (menuiseries, volets, planchers) le bois perd du terrain chaque année par rapport à ses concurrents non-biosourcés. Seul le marché de la maison ossature bois est en train de gagner de la place en France et en représente 12 % en 2012 (Forêt et Bois, 2013). Au niveau du marché de l'extension-surélévation, la part du bois dépasse même les 18 %. Côté logements collectifs, la construction bois atteint 5 % du total. Cette part devrait augmenter selon l'enquête menée par Forêt et Bois, 2013.

3.3 MODELISATIONS

3.3.1 Objectif des modélisations

L'objectif des modélisations est de mettre en regard à l'horizon 2010, 2030, 2050 les besoins du secteur du bâtiment en matériaux biosourcés et les ressources disponibles sur le territoire national. Elles prennent en compte à la fois l'évolution prévisible du pays (population, surface construite, surface cultivable, surface boisée, etc.) en faisant évoluer d'autres paramètres plus incertains (parts de marché des produits biosourcés dans la construction, rythme de rénovation annuel, etc.).

Chaque modélisation se traduit par des besoins en matériaux (exprimées en millions de m³ ou en tonne par an) qui sont ensuite confrontés avec des estimations de disponibilité de ressources agricoles ou forestières mettant ou pas en avant de potentiels conflits d'usages des terres.

3.3.2 Horizon et périmètre des modélisations

Le cadre géographique des modélisations est la **France métropolitaine** à laquelle s'ajoute un **zoom sur la région Ile-de-France**.

L'horizon temporel des simulations repose sur les **années 2010, 2030 et 2050**.

- L'année 2010 est utilisée pour :
 - Disposer de données statistiques fiables concernant les secteurs de :
 - la construction et de la rénovation de bâtiments
 - l'usage des matériaux de construction et leurs parts de marché respectives. Les matériaux biosourcés y font l'objet d'un examen particulier.
 - la description du parc de bâtiments existants.
 - la production agricole et sylvicole métropolitaine ainsi que les échanges avec l'extérieur dans le domaine du bois.
 - Valider le fonctionnement du simulateur en « jouant » l'année 2010 et en vérifiant que les résultats simulés sont cohérents avec la réalité observée.
- Les années 2030 et 2050 sont modélisées à partir de l'année 2010 en jouant à la fois sur des paramètres :

- fortement prévisibles (**population, taux d’occupation des bâtiments**, quantité moyenne de m² de plancher par habitant et par type de bâtiment etc.),
- liés à des politiques plus ou moins volontaristes (**densification urbaine, rythme d’entretien, de rénovation, de réhabilitation** etc.),
- influencés par des évolutions économiques ou par des politiques de développement de filières. C’est le cas par exemple pour l’estimation des **parts de marché** des produits biosourcés à l’horizon 2030 – 2050.

3.3.3 Modélisation du secteur du bâtiment

Les modélisations réalisées s’appuient sur les **données statistiques reconnues** et sur des quantités de matériaux mobilisés déterminées à partir de morphologie types et de taux d’incorporation de produits biosourcés par élément constructif.

3.3.3.1 Typologie de bâtiments

La modélisation des bâtiments (Tableau 42) est réalisée à la fois selon une typologie bien décrite statistiquement et relativement homogène d’un point de vue morphologique. Pour chacune de ces catégories, des données statistiques fiables sont disponibles du point de vue de leurs surface de plancher (moyennes et ou cumulées).

Type d’occupation	Type de bâtiments	Nb moyen de niveaux modélisés
Résidentielle	Individuels	1
		2
	Collectifs	1 à 4
		5 à 8
		9 et plus
Non résidentielle	Agricoles	1
	Industriels & artisanaux	1
	Tertiaires	3

Tableau 42. Typologie des bâtiments

3.3.3.2 Morphologie de bâtiments

Pour chaque type de bâtiment, une « morphologie moyenne type » est modélisée. Elle s’appuie sur le type d’occupation et le nombre de niveaux pour établir des **ratios d’éléments constructifs par m² de plancher**.

Exemple :

- pour une maison individuelle sur un seul niveau :
 - la surface de mur et de plafond est considérée équivalente à celle du plancher soit un ratio de 100%,
 - la surface d’ouvertures est équivalente à 20 % de la surface de plancher, etc.
- pour une maison individuelle sur un deux niveaux, la surface de toiture est de la moitié de celle de ses planchers, etc.
- pour un bâtiment tertiaire, sachant que l’on considère qu’en moyenne ce type de bâtiment est sur 3 niveaux, la surface de toiture est d’un tiers de celle des planchers, etc.

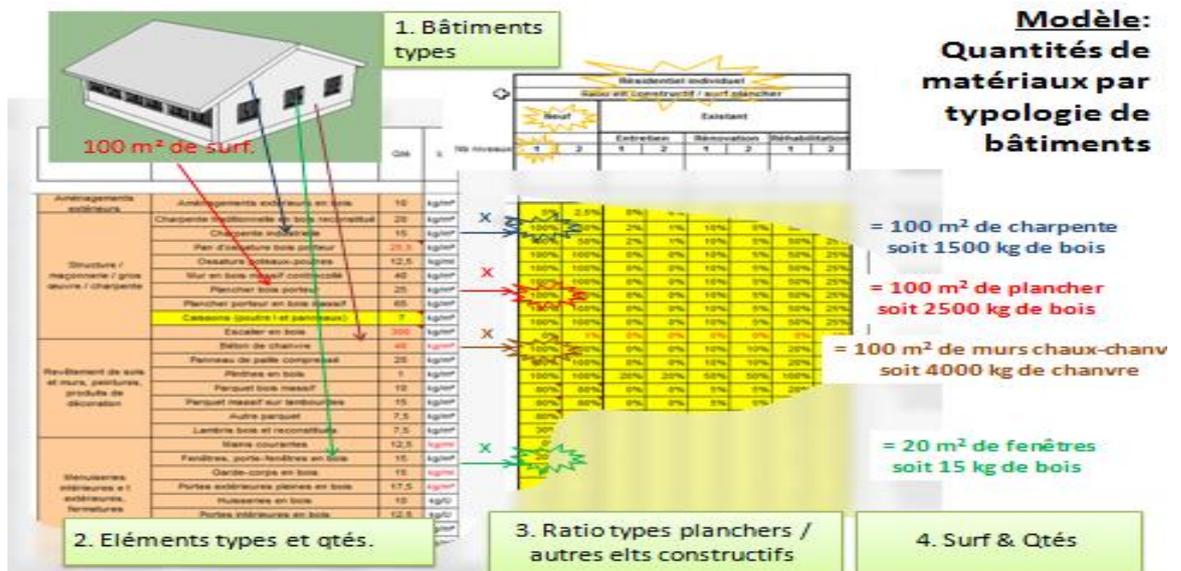


Figure 40. Exemple de détermination de ratios d'éléments constructifs en regard avec l'usage et la typologie d'un bâtiment et sa surface de plancher

3.3.3.3 Taux d'incorporation de matériaux biosourcés par type d'élément constructif

Pour chaque élément constructif, les quantités d'incorporation de produits biosourcés sont intégrées au simulateur. Elles sont conformes à l'Arrêté du 19 décembre 2012 relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label « bâtiment biosourcé ».

En effet, l'Arrêté du 19 décembre 2012 présente le double intérêt de :

- lister de manière quasi exhaustive les éléments constructifs susceptibles d'incorporer des produits biosourcés ;
- donner pour chacun d'entre eux la nature et la quantité de matériaux biosourcés employée.

Ainsi, les taux d'incorporation γ sont définis pour les catégories décrites dans le Tableau 43. Celles-ci sont-elles mêmes subdivisées en sous catégories plus détaillées. Dans certains cas (isolants par exemple), une description plus fine que celle de l'Arrêté a été employée afin de décrire plus précisément les principaux produits disponibles sur le marché.

Catégorie	Sous catégories	Quantité
Aménagements extérieurs	Aménagements extérieurs en bois	10 kg/m ²
Structure / maçonnerie / gros œuvre / charpente	Charpente traditionnelle en bois reconstitué	20 kg/m ²
	Charpente industrielle	15 kg/m ²
	Pan d'ossature bois porteur	25 kg/m ²
	Ossature poteaux-poutres	13 kg/m ²
	Mur en bois massif contrecollé	40 kg/m ²
	Plancher bois porteur (haut et intermédiaire)	25 kg/m ²
	Plancher porteur en bois massif (haut et intermédiaire)	65 kg/m ²
	Planchers bas	7 kg/m ²
	Escalier en bois	300 kg/niveau
Revêtement de sols et murs, peintures, produits de décoration	etc.	etc.
Menuiseries intérieures et extérieures, fermetures	etc.	etc.
Façades	etc.	etc.
Isolation planchers bas et intermédiaires	Laine de bois	6 kg/m ²
	Laine de chanvre	5 kg/m ²
	Laine de lin	5 kg/m ²
	Laine de mouton	5 kg/m ²
	Ouate de cellulose	6 kg/m ²
	Coton	4.5 kg/m ²
	Fibre de bois	110 kg/m ²
	Liège	110 kg/m ²
	Bottes de paille	100 kg/m ²
Isolation des murs	etc.	etc.
Isolation des planchers hauts, combles et toitures	etc.	etc.
Couverture, étanchéité	etc.	etc.
Cloisonnement, plafonds suspendus	etc.	etc.
Divers	etc.	etc.

Tableau 43. Extrait des taux d'incorporation de matériaux biosourcés par ouvrage selon l'arrêté du 19/12/2012.

3.3.3.4 Parts de marché des matériaux biosourcés

La détermination des quantités de matériaux biosourcés mobilisés pour la construction ou la réhabilitation de bâtiments repose sur :

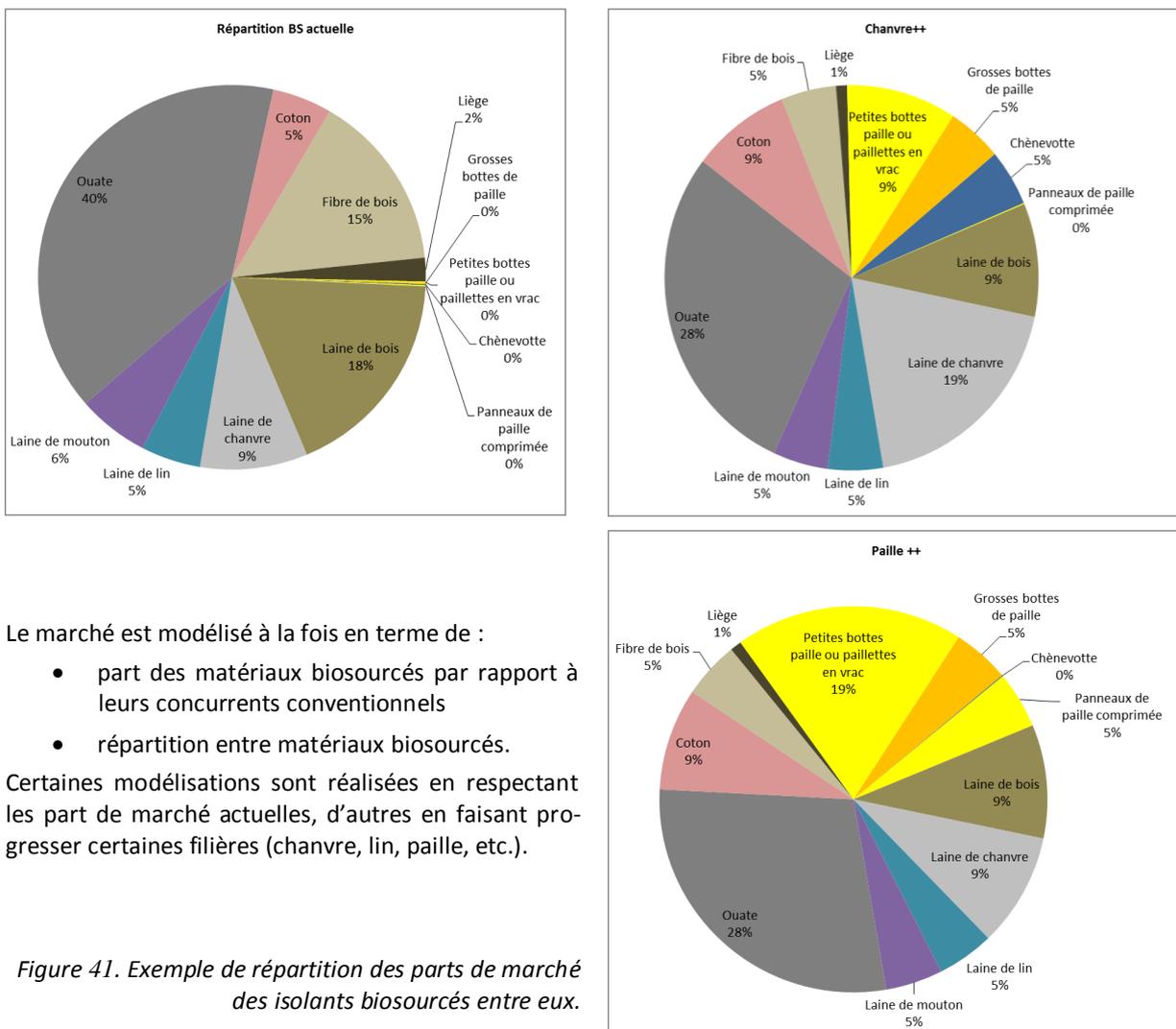
- leur morphologie (voir paragraphe 3.2.1.1)
- leur part de marché sur le territoire national pour :

le type de bâtiment concerné (

- Figure 41).
- le type d'opération menée (construction neuve, entretien, rénovation, réhabilitation).

Exemple : dans le secteur de la maison individuelle neuve, la part de marché de la construction à ossature bois est de 12 %. Les quantités de bois nécessaires à la construction des murs des maisons individuelles neuves de l'année modélisée correspondent donc à la quantité de bois incorporée dans 12 % des surfaces totales de murs à construire pour ce segment de marché, etc.

La prise en compte des parts de marché par type de bâtiment et par type d'opération permet de pondérer les quantités de matériaux biosourcés mobilisés par segment de marché. Elle permet de moduler celles-ci pour les maisons individuelles, les logements collectifs, les bâtiments artisanaux ou industriels, etc. Cette modulation est liée au type d'opération (construction neuve, entretien, rénovation, réhabilitation) et au type de ressource mobilisée.



3.3.3.5 Ampleur de travaux et matériaux mobilisés

Les ampleurs de travaux réalisées sur les bâtiments existants s'appuient en 2010 sur des données statistiques issues de l'étude OPEN menée par l'ADEME. Elles portent sur des éléments regroupés au sein de grandes catégories (façades, toitures, structures, agencements, ouvertures). Ces données ont été recoupées avec les types d'élément constructifs définis par le label « bâtiment biosourcé » qui sont utilisés par le simulateur.

Dans le cas des **bâtiments existant**, les **quantités de matériaux mobilisés** sont **pondérées par l'ampleur des travaux réalisés**.

3.3.3.6 Rythme de construction, d'entretien, de rénovation et de réhabilitation

Le dynamisme du secteur de la construction neuve et des travaux dans les bâtiments existants est essentiellement dépendant :

- du parc existant,
- de l'évolution de la population,
- de l'ambiance économique générale,
- des obligations normatives et réglementaires,
- de politiques menées (en faveur de la réhabilitation thermique par exemple).

Ces paramètres sont modélisés à partir de macro paramètres :

- à partir des projections d'évolution de la population
- d'un rythme de construction / travaux sur les bâtiments existant modulable par type de bâtiment.

Ainsi dans le cas des travaux sur les bâtiments existants, ceci se traduit par des taux annuels d'intervention sur le parc existant.

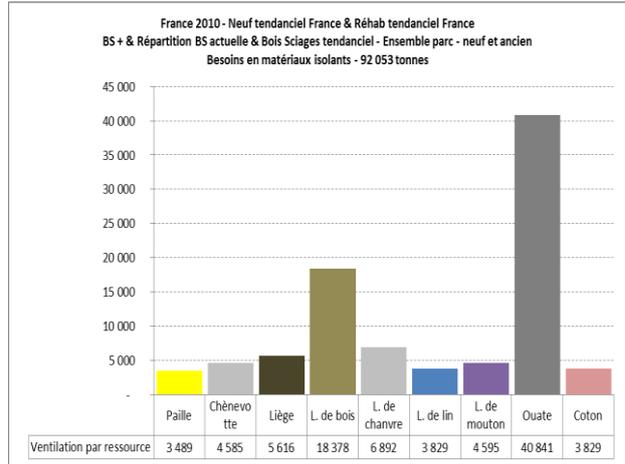
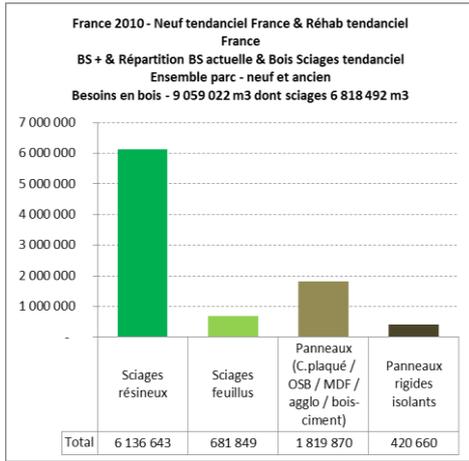
Territoire et année		France 2010
Rythme	Rythme réhab	Réhab tendanciel France
	Rythme neuf	Neuf tendanciel France
Parts de marché	Sciages	Bois Sciages tendanciel
	Parts de marché des biosourcés	BS +
	Répartition marché isolants BS	Répartition BS actuelle
Tx de chutes de chantier		10%

Tableau 44. Exemple de « macro paramètres » d'entrée du simulateur.

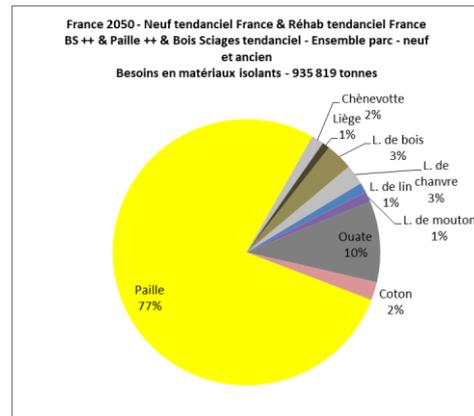
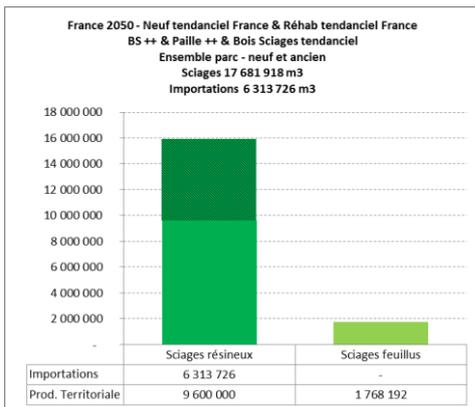
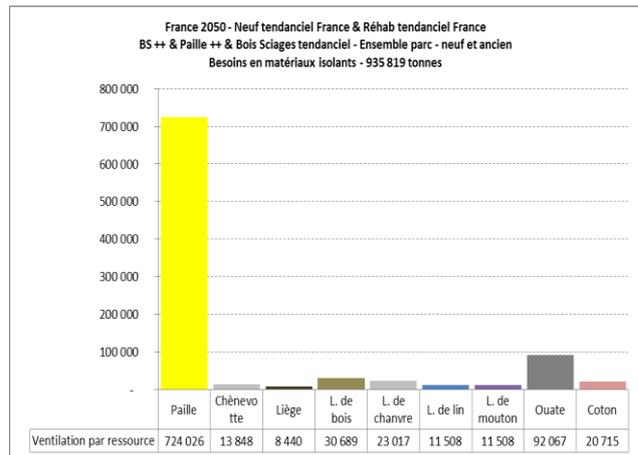
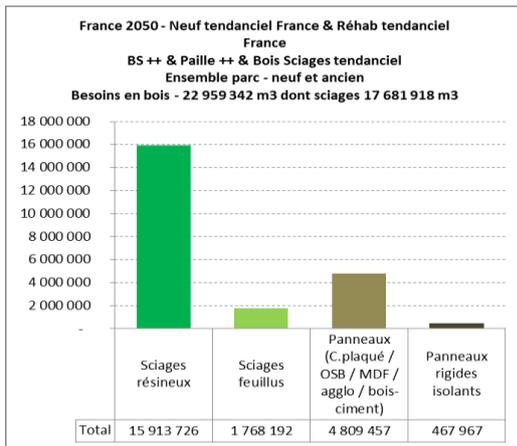
3.3.3.7 Résultats et sorties des simulations pour le secteur du bâtiment

Les calculs réalisés par le simulateur se traduisent par des résultats qui portent sur :

- Les surfaces de plancher à construire, entretenir, rénover, réhabiliter à l'horizon temporel examiné par type de bâtiment ;
- Les quantités de matériaux mobilisés par ressource.



La modélisation de l'année 2010 rend compte à la fois des quantités de matériaux mobilisées et des parts de marché des matériaux biosourcés.



Dans cet exemple, en 2050, une politique très volontariste de travaux sur les bâtiments existants et de promotion de la filière bois et paille se traduit par une augmentation des volumes de bois sciés et par une part prépondérante du recours à l'isolation en paille. Sans augmentation de la part de marché des feuillus, les importations de bois résineux (en hachuré) sont inévitables.

Figure 42. Exemples de sorties du simulateur.

3.3.3.8 Principales données et projections réalisées

Les principales données utilisées pour les simulations sont indiquées dans le Tableau 45. Elles s'appuient généralement sur des statistiques en 2010 et sont parfois complétées par des estimations. La modélisation des années 2030 et 2050 s'appuie sur les chiffres de 2010 afin de réaliser des projections aussi réaliste que possibles reliées si nécessaire à des politiques envisageables.

Données	Année 2010	Années 2030 et 2050
Population	Statistiques	Projection (INSEE)
Taux d'occupation des logements	Statistiques	Idem 2010
Nombre de logements	Statistiques	Projection = population x taux d'occupation logements
Surf. Moyenne des logements :		
individuels neufs		
collectifs neufs	Statistiques	Idem 2010
individuels existants		
collectifs existants		
Répartition parc logement :		
individuels	Statistiques	Projection (avec densification habitat)
collectifs		
Répartition logements par nb niveaux	Statistiques	Idem 2010
Construction de bâtiments :		
Individuels		
Collectifs		
Agricoles	Statistiques	Projection avec ratio par habitant modulé selon politique choisie
Industriels et artisanaux		
Tertiaires		
Entretien, rénovation, réhabilitation de bâtiments :		
Log. Individuels	Statistiques et estimations	Projection avec ratio par habitant modulé selon politique choisie
Log. Collectifs		

Agricoles		
Industriels et artisanaux		
Tertiaires		
Ampleur de travaux et matériaux mobilisés	Statistiques et estimations	Projection selon politique choisie
Part de marché des produits biosourcés par élément constructif et type de bâtiment	Statistiques et estimations	Projection selon politique choisie

Tableau 45. Modélisation du parc de bâtiment et de son évolution : principales entrées du simulateur.

3.3.3.9 Résumé schématique de fonctionnement du simulateur

La modélisation consiste à partir de statistiques et des projections d'évolution de la population, des bâtiments existants ou neufs, de la morphologie des édifices, des ampleurs de travaux réalisés, des parts de marché des matériaux employés, etc. pour aboutir à des quantités de matières biosourcées mobilisées pour le scénario et l'année analysée.

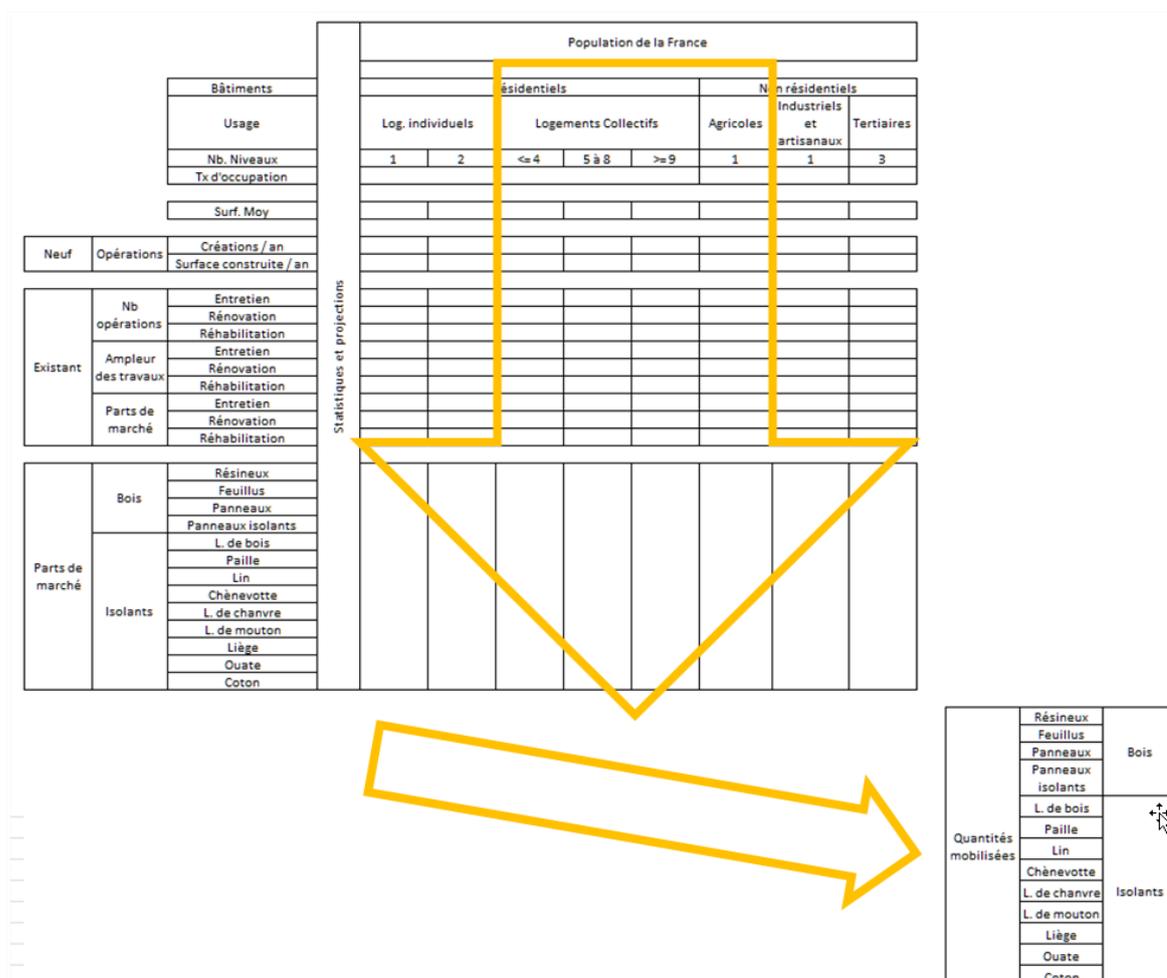


Figure 43. Schéma de fonctionnement du simulateur.

3.4 SCENARI TERRACREA

Nous avons développé plusieurs scénarii qui permettent de comparer les besoins en matériaux biosourcés dans la construction et la réhabilitation à l'horizon 2030 et 2050, en changeant une ou plusieurs paramètres, tels que le rythme annuel de construction et de la réhabilitation, la part de marché « biosourcé » et la répartition des isolants. Le Tableau 46 récapitule les principaux paramètres des scénarii et les constantes et paramètres de l'étude.

3.4.1 Paramètres communs à l'ensemble des simulations

Paramètres modélisation TERRACREA			2010	2030	2050
Population			63 000 000	67 000 000	70 000 000
Taux d'occupation logements				0.53	
Répartition des logements	individuels		57 %	50 %	40 %
	collectifs		43 %	50 %	60 %
Surf. Moyennes logements	individuels neufs			122 m ² / log.	
	collectifs neufs			71 m ² / log.	
	individuels anciens			110 m ² / log.	
	collectifs anciens			66 m ² / log.	
Répartition des immeubles de log. collectifs par nb. de niveaux	inf. ou égal à 4			85 %	
	5 à 8 niveaux			13 %	
	9 niveaux et plus			2 %	
Rythme de constructions neuves	Nb. de logements neufs / an		346 018	500 000	600 000
	Surfaces construites (m ² / an)	Agricoles	16 493 053	17 540 231	18 325 615
		Industriels et artisanaux	83 506 947	88 808 975	92 785 496
		Tertiaires	850 000 000	903 968 254	944 444 444
Rythme de travaux	Résidentiels	Entretien		5 %	
		Rénovation		8 %	
		Réhab.		Variable selon scénario	
	Agricoles	Entretien		5 %	
		Rénovation		10 %	
		Réhab.		5 %	
	Industriels et artisanaux	Entretien		15 %	
		Rénovation	10 %	15 %	20 %
		Réhab.	5 %	10 %	15 %
	Tertiaires	Entretien		15 %	
		Rénovation	10 %	15 %	20 %
		Réhab.	5 %	7 %	10 %
Taux de chutes des bois sciés et des panneaux				10 %	

Tableau 46. Principaux paramètres communs à l'ensemble des simulations.

3.4.2 Paramètres de simulation des parts de marché

Le Tableau 46 illustre les scénarii analysés. On y fait varier, le rythme de construction / réhabilitation, les parts de marché des matériaux biosourcés et de la construction à ossature bois.

		France 2010	IDF 2010	France 2030	France 2050	IDF 2030	IDF 2050	IDF 2030	IDF 2050
Rythme construction neuve (en % du parc)	Scénario	Neuf constat 2010		Neuf tendanciel France		Neuf tendanciel IDF		Neuf schéma climat IDF	
	logements	0.4%	0.8%	1.3%	1.5%	1.4%	1.6%	1.6%	2.0%
	tertiaire	2.3%	2.1%	2.3%	2.5%	2.3%	2.5%	2.6%	3.0%

Tableau 47. Exemple de modélisation du rythme de construction neuve en France et en Ile-de-France.

		France 2010	IDF 2010	France 2030	France 2050	France 2030	France 2050	IDF 2030	IDF 2050	IDF 2030	IDF 2050
Rythme réhabilitation	Scénario	Réhab constat 2010		Réhab tendanciel France		Réhab ++ France		Réhab tendanciel IDF		Réhab schéma climat IDF	
	logements	0.4%	0.5%	1.5%	2.0%	2.0%	2.5%	1.5%	2.0%	2.5%	3.0%
	tertiaire	5%	1%	7%	10%	10%	15%	2.0%	3.0%	3.0%	5.0%

Tableau 48. Exemple de modélisations du rythme de réhabilitation en France et en Ile-de-France.

		France 2010	France 2030	France 2050	France 2030	France 2050	France 2030	France 2050	France 2030	France 2050
Parts de marché des BS	Scénario	Constat 2010	BS +		BS ++		Isol. BS +++		BS ++ & MOB ++	
			Coeff		Coeff		Coeff		Coeff	
Logements neufs	Aménagements extérieurs	10%	11%	12%	15%	30%	15%	30%	15%	30%
	Charpente	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
	Murs	10%	11%	12%	15%	30%	15%	30%	30%	50%
	Planchers	30%	33%	36%	35%	40%	35%	40%	40%	50%
	Revêtements de sols	10%	11%	12%	15%	20%	15%	20%	15%	20%
	Menuiseries intérieures, extérieures et fermetures	20%	22%	24%	25%	30%	25%	30%	25%	30%
	Façades	5%	6%	6%	10%	20%	10%	20%	30%	50%
	Isolation	7%	8%	8%	14%	30%	40%	75%	30%	50%
	Couverture (sous-toiture)	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
	Ossature non porteuse	1%	1%	1%	2%	3%	2%	3%	2%	3%
Divers	5%	6%	6%	10%	15%	10%	15%	10%	15%	
Log. existants (entretien, réno, réhab)	Aménagements extérieurs	10%	11%	12%	20%	30%	20%	30%	20%	30%
	Charpente	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
	Murs	10%	11%	12%	15%	30%	15%	30%	15%	30%
	Planchers	40%	44%	48%	45%	50%	45%	50%	45%	50%
	Revêtements de sols	30%	33%	36%	40%	50%	40%	50%	40%	50%
	Menuiseries intérieures, extérieures et fermetures	30%	33%	36%	40%	50%	40%	50%	40%	50%
	Façades	5%	6%	6%	10%	20%	10%	20%	10%	20%
Isolation	7%	8%	8%	14%	30%	40%	75%	14%	30%	
Couverture (sous-toiture)	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	
Ossature non porteuse	5%	6%	6%	10%	15%	10%	15%	10%	15%	
Divers	5%	6%	6%	10%	15%	10%	15%	10%	15%	
Bâtiments non résidentiels	Bâts agricoles (neuf et existants)	24%	26%	29%	30%	35%	30%	35%	40%	50%
	Bâts. ind. & artisanaux (neuf et existants)	13%	14%	16%	20%	30%	20%	30%	30%	40%
	Bâts. tertiaires (neuf et travaux)	10%	11%	12%	15%	20%	15%	20%	20%	30%

Tableau 49. Exemple de modélisations des parts de marché des produits biosourcés.

Description des scénarii :

A l'horizon 2030 et 2050, le rythme de réhabilitation, de pénétration du marché par les matériaux biosourcés, de diffusion des systèmes de construction à ossature bois (MOB) sont modélisés.

Rythme de construction neuve			
Constat 2010	Neuf tendanciel France	Neuf tendanciel Ile-de-France	Neuf schéma climat Ile-de-France

	Conforme aux tendances actuelles du marché avec une légère augmentation des rythmes de construction	Conforme aux objectifs du « schéma climat Ile-de-France »
--	---	---

Rythme de réhabilitation				
Constat 2010	Réhab. tendanciel France	Réhab tendanciel Ile-de-France	Réhab ++ France	Réhab schéma climat Ile-de-France
	Conforme aux tendances actuelles du marché avec une légère augmentation des rythmes de réhabilitation		Le rythme de travaux sur les bâtiments existant est conforme aux objectifs de l'Etat (facteur 2 en 2030, facteur 3 en 2050);	Conforme aux objectifs du « schéma climat Ile-de-France »

Parts de marché des matériaux biosourcés			
BS +	BS ++	BS ++ & MOB ++	Isol BS +++
La part de marché des matériaux biosourcés très légèrement sur un rythme tendanciel	La part de marché des matériaux biosourcés augmente fortement	Combinaison du cas précédent avec en sus une forte augmentation de la part de marché de la construction à ossature bois.	La part de marché des matériaux biosourcés augmente fortement, celle des isolant encore plus

On notera que le niveau de détail des part de marché est modélisé de manière plus fine dans le secteur du bâtiment résidentiel car :

- Les données statistiques actuelles y sont plus fines que pour les autres secteurs
- Les éléments constructifs employés sont plus variés dans le secteur du logement que dans ceux des bâtiments agricoles, industriels et artisanaux.
- Peu de données sont disponibles concernant la nature des matériaux employés dans le tertiaire.

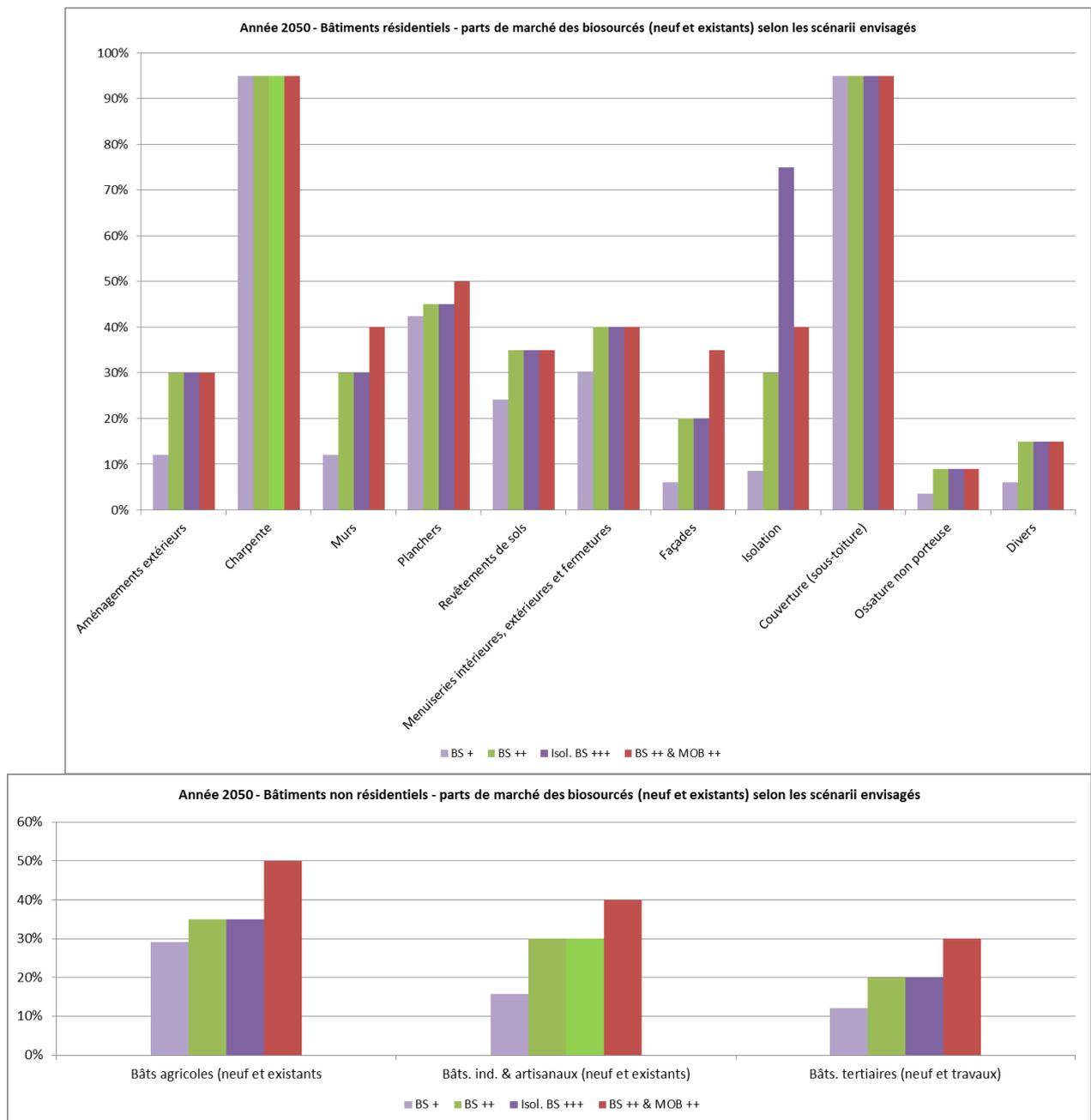


Figure 44. Année 2050 : Parts de marché des matériaux biosourcés selon les scénarii envisagés.

3.4.3 Scénario « Tendancier »

3.4.3.1 Paramètres

Le scénario tendancier est le scénario de base « business as usual » utilisé :

- Comme paramétrage par défaut des autres simulations
- Pour calibrer le simulateur avec la réalité des données statistiques disponibles en 2010 concernant le marché des matériaux biosourcés dans la construction et la réhabilitation.

		2010 Ref	2030	2050
		Scénario	Tendanciel	
		Constat 2010		
Rythme réhabilitation	logements	0.4%	1.5%	2.0%
	tertiaire	5%	7%	10%
Bâtiments non résidentiels	Bâts agricoles (neuf et existants)	24%	26%	29%
	Bâts. ind. & artisanaux (neuf et existants)	13%	14%	16%
	Bâts. tertiaires (neuf et travaux)	10%	11%	12%

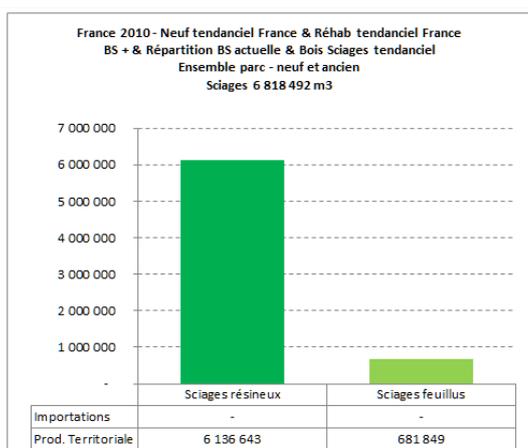
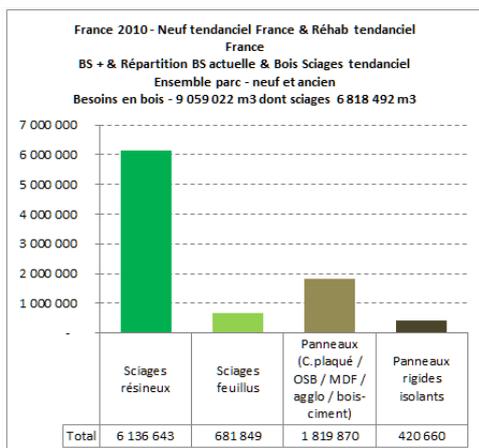
Territoire et année		France 2010
Rythme	Rythme réhab	Réhab tendanciel France
	Rythme neuf	Neuf tendanciel France
Parts de marché	Sciages	Bois Sciages tendanciel
	Parts de marché des biosourcés	BS +
	Répartition marché isolants BS	Répartition BS actuelle
Tx de chutes de chantier		10%

Territoire et année		France 2050
Rythme	Rythme réhab	Réhab tendanciel France
	Rythme neuf	Neuf tendanciel France
Parts de marché	Sciages	Bois Sciages tendanciel
	Parts de marché des biosourcés	BS +
	Répartition marché isolants BS	Répartition BS actuelle
Tx de chutes de chantier		10%

Tableau 50. Principaux paramètres de la simulation.

		Scénario « Tendanciel »	
		2030	2050
Rythme	Réhabilitation	Tendanciel	
	Construction	Tendanciel	
Parts de marché	Part des produits biosourcés	BS ++	
	Répartition entre isolants biosourcés	Idem actuelle	

3.4.3.2 Résultats année 2010



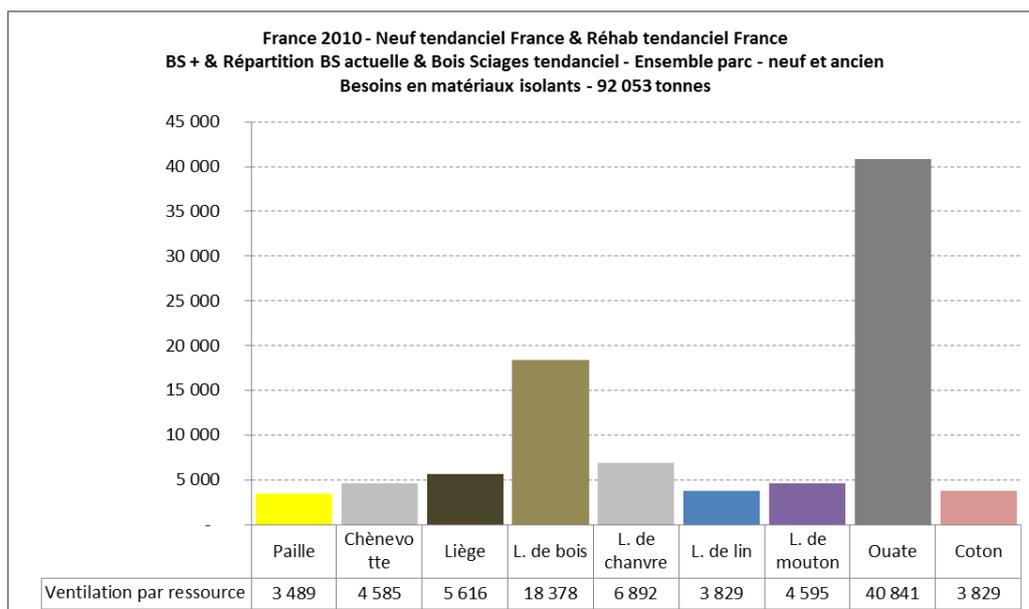


Figure 45. Scénario Tendanciel 2010 : besoins en bois d'œuvre, panneaux de bois et isolants.

Les résultats des simulations sont très proches des données statistiques disponibles pour l'année 2010 :

- Le total des sciages de bois (feuillus et résineux) est de 6,8 millions m³, ce qui correspond aux ressources actuelles disponibles.
- En termes de volumes le bois disponible en France est suffisant. Toutefois compte tenu que les consommations de bois de sciages dans le bâtiment sont déséquilibrées entre résineux et feuillus dans un contexte où la forêt française est majoritairement et naturellement peuplée de feuillus. Ceci se traduit notamment par des importations importantes de bois d'œuvre et une balance commerciale nettement déficitaire dans ce secteur.
- Les besoins de ouate de cellulose sont conformes au 40 000 tonnes vendues en France en 2010 (Source : Oliver Legrand).
- Les consommations de laine de bois correspondent au 450 000 m³ (soit environ 18 400 tonnes) – Source Nomadéis.
- Les parts de marché relatives des isolants biosourcés entre eux sont proches des données fournies par les filières concernées.
- La part de marché des isolants biosourcés dans le marché de l'isolation est conforme aux statistiques disponibles (7 à 10 % dans le neuf et la réhabilitation - Source OPEN).

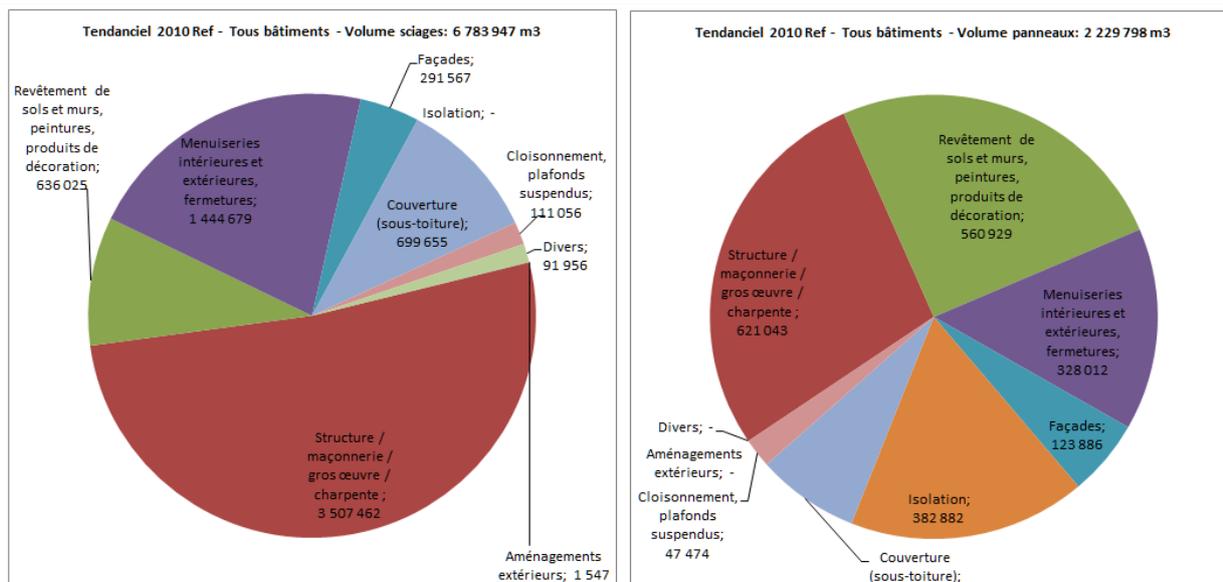


Figure 46: Répartition des consommations de bois et de panneaux par ouvrages.

On constate que :

- plus de la moitié des sciages sont consommées par la structure, le gros œuvre et la charpente
- que les menuiseries (fenêtres, portes – en particulier intérieures, occultations, etc.) consomment près de 1,5 million de bois m³/an.

Rappel :

- la charpente (industrielle ou traditionnelle) en bois représente :
 - 95 % du marché des bâtiments résidentiels en 2010.
 - 24 % du marché de la structure des bâtiments
 - 13 % du marché de la structure des bâtiments industriels et artisanaux
 - 10 % du marché la structure des bâtiments tertiaires
- Les parts de marché de la menuiserie bois en sont en régression constante dans le neuf mais aussi dans l'existant.

Part de marché	Bois	PVC	Autres
Neuf	10 %	62 %	28 %
Existant	11 %	73 %	16 %

Tableau 51. Parts de marché selon l'habitat et le matériau.

Source : OPEN/Biis 2013.

3.4.3.3 Résultats année 2050

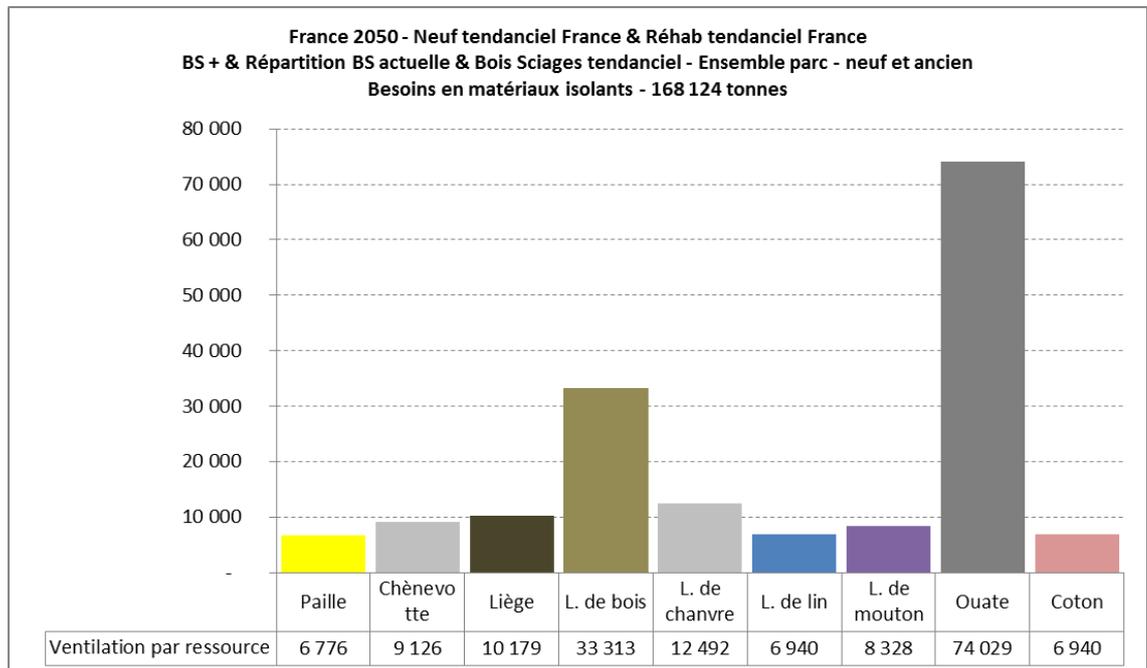
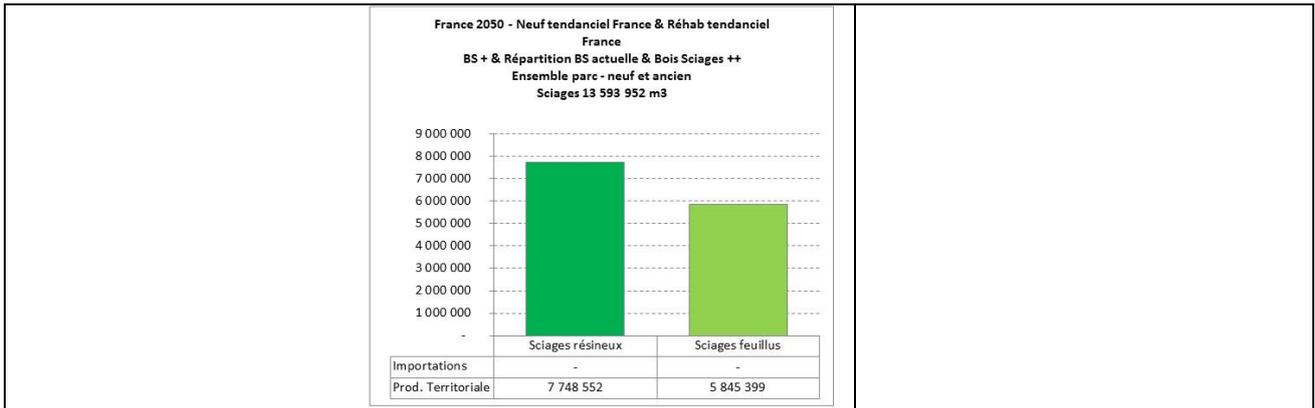
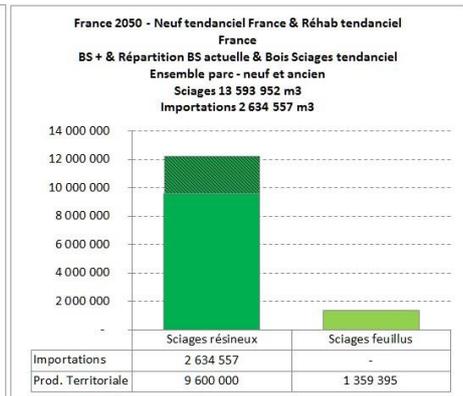
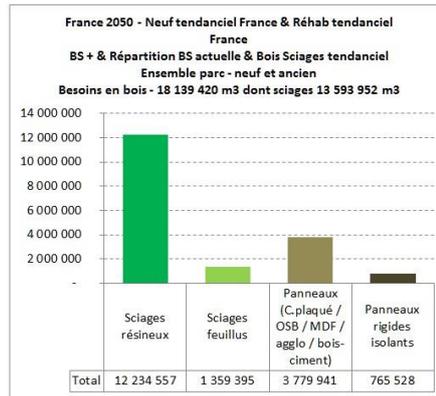


Figure 47. Scénario Tendanciel 2050 : besoins en bois d'œuvre, panneaux de bois et isolants.

Les résultats des simulations montrent en 2050 :

- Le total des sciages de bois (feuillus et résineux) est de 13,6 millions m³. Sans rééquilibrage partiel en faveur des feuillus les importations sont nécessaires.

- Les quantités de sciages et de panneaux doublent quasiment du simple fait de l'augmentation de la population (et donc des bâtiments construits ou en travaux) et de la légère progression des parts de marché des biosourcés.
- La part de marché des isolants biosourcés dans celui de l'isolation augmente légèrement
- Les parts de marché entre isolants biosourcés restent proches de celles de 2010, la ouate de cellulose et la laine de bois continue à dominer le secteur des isolants biosourcés.

3.4.3.4 Conclusions

La ouate de cellulose reste l'isolant biosourcé le plus répandu. La laine de bois augmente ses parts de marché et vient la talonner. Les autres filières progressent moins vivement.

3.4.4 Scénario « Réhab ++ »

3.4.4.1 Paramètres

Ce scénario se distingue du scénario tendanciel par une forte augmentation des rythmes de réhabilitation des bâtiments résidentiels et tertiaires (les bâtiments agricoles, industriels et artisanaux ne sont pas affectés).

Rappelons qu'un rythme annuel de :

- 2,5 % du parc réhabilités correspond à la réalisation de travaux sur 927 500 de logements
- 15 % du parc représente 14 335 000 m² de planchers de bâtiments tertiaires

La part de marché des matériaux biosourcés reste identique à celle du scénario tendanciel.

		2010 Ref	2030	2050
		Scénario	Réhab ++	
		Constat 2010		
Rythme réhabilitation	logements	0.4%	2.0%	2.5%
	tertiaire	5%	10%	15%
Bâtiments non résidentiels	Bâts agricoles (neuf et existants)	24%	26%	29%
	Bâts. ind. & artisanaux (neuf et existants)	13%	14%	16%
	Bâts. tertiaires (neuf et travaux)	10%	11%	12%
Territoire et année		France 2050		
Rythme	Rythme réhab	Réhab ++ France		
	Rythme neuf	Neuf tendanciel France		
Parts de marché	Sciages	Bois Sciages tendanciel		
	Parts de marché des biosourcés	BS +		
	Répartition marché isolants BS	Répartition BS actuelle		
Tx de chutes de chantier		10%		

Tableau 52. Principaux paramètres de la simulation.

		Scénario « Réhab ++ »	2030	2050
Rythme	Réhabilitation		++	
	Construction		Tendanciel	
Parts de marché	Part des produits biosourcés		BS +	
	Répartition entre isolants bio-		Idem actuelle	

3.4.4.2 Résultats année 2050

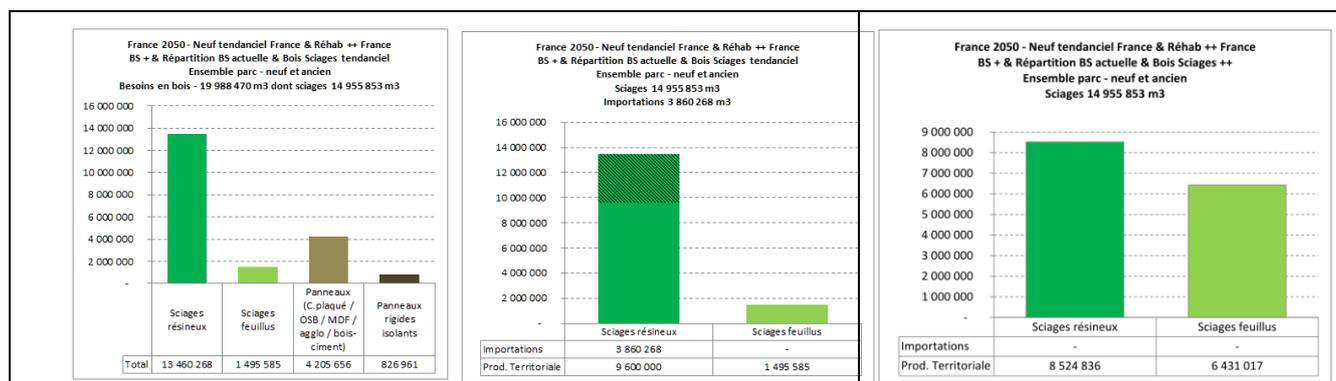
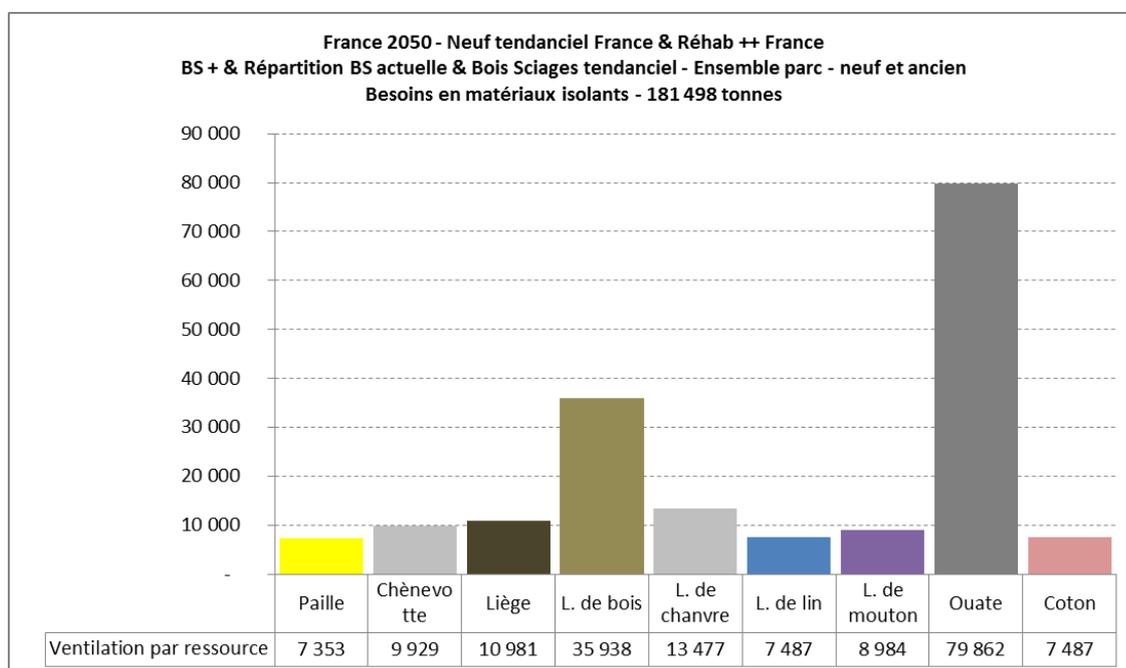


Figure 48. Scénario « Réhab ++ » : besoins en bois d'œuvre, panneaux de bois et isolants.



Les résultats des simulations montrent que :

- Le total des sciages de bois (feuillus et résineux) passe à près de 15 millions m³ ce qui est inférieur aux ressources mobilisables (16,9 millions de m³).
- Les consommations de bois de sciages dans le bâtiment restent déséquilibrées entre résineux et feuillus. Sans rééquilibrage partiel en faveur des feuillus, les importations sont nécessaires.
- Le total des besoins en matériaux biosourcés est proche du double de celui de 2010.

3.4.4.3 Conclusions

En 2050, à rythme de construction neuve tendanciel et dans un contexte où la réhabilitation est promue, les besoins en bois et en matériaux biosourcés sont compatibles avec les ressources mobilisables dans un cadre de parts de marché biosourcés conforme au scénario tendanciel. Les importations de bois sont inévitables sans rééquilibrage des sciages en faveur des feuillus.

3.4.5 Scénario « Biosourcé ++ »

3.4.5.1 Paramètres

Ce scénario se distingue du scénario tendanciel par une forte augmentation de la pénétration du marché de la construction et de la réhabilitation par les matériaux biosourcés. Celle-ci est (tous secteurs confondus) en moyenne supérieure à celle du scénario tendanciel de 6% en 2030 et 15% en 2050.

		2010 Ref	2030	2050
		Scénario	BS ++	
		Constat 2010		
Rythme réhabilitation	logements	0.4%	1.5%	2.0%
	tertiaire	5%	7.0%	10.0%
Bâtiments non résidentiels	Bâts agricoles (neuf et existants)	24%	30%	35%
	Bâts. ind. & artisanaux (neuf et existants)	13%	20%	30%
	Bâts. tertiaires (neuf et travaux)	10%	15%	20%
Territoire et année		France 2050		
Rythme	Rythme réhab	Réhab tendanciel France		
	Rythme neuf	Neuf tendanciel France		
Parts de marché	Sciages	Bois Sciages tendanciel		
	Parts de marché des biosourcés	BS ++		
	Répartition marché isolants BS	Répartition BS actuelle		
Tx de chutes de chantier		10%		

Tableau 53. Principaux paramètres de la simulation.

	Scénario « Biosourcé ++ »	2030	2050
Rythme	Réhabilitation	Tendanciel	
	Construction	Tendanciel	
Parts de marché	Part des produits biosourcés	BS ++	
	Répartition entre isolants biosourcés	Idem actuelle	

3.4.5.2 Résultats année 2050

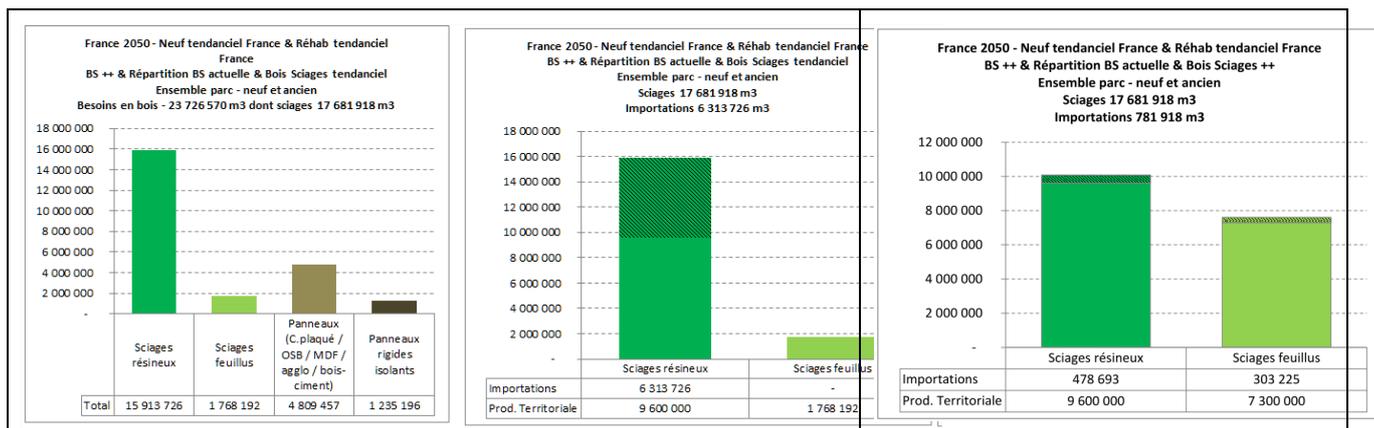
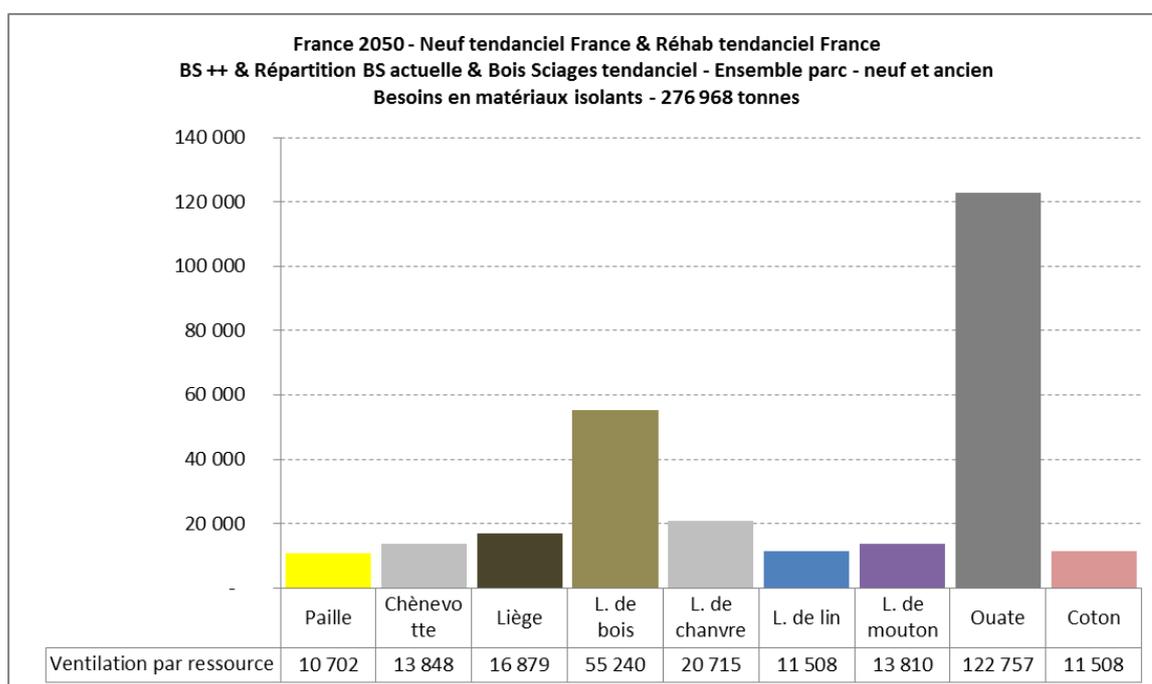


Figure 49. Scénario « Biosourcé ++ 2050 : besoins en bois d'œuvre, panneaux de bois et isolants.



Les résultats des simulations montrent que :

- Le total des sciages de bois (feuillus et résineux) passe à 17,6 millions m³, ce qui est légèrement supérieur aux ressources mobilisables (16,9 millions de m³).
- Les consommations de bois de sciages dans le bâtiment restent déséquilibrées entre résineux et feuillus. Sans rééquilibrage fort en faveur des feuillus, les importations sont nécessaires.
- Le total des besoins en matériaux biosourcés est trois fois supérieur à celui de 2010 mais reste toutefois largement en deçà des ressources mobilisables.

3.4.5.3 Conclusions

En 2050, une forte augmentation de la part de marché des matériaux biosourcés est soutenable en termes de ressources mobilisables mais la ressource bois constitue un point dur qui se traduit par des importations. Un usage important d'isolants d'origine biosourcés ne pose pas de problèmes de disponibilités.

3.4.6 Scénario « Isolants biosourcés +++ »

3.4.6.1 Paramètres

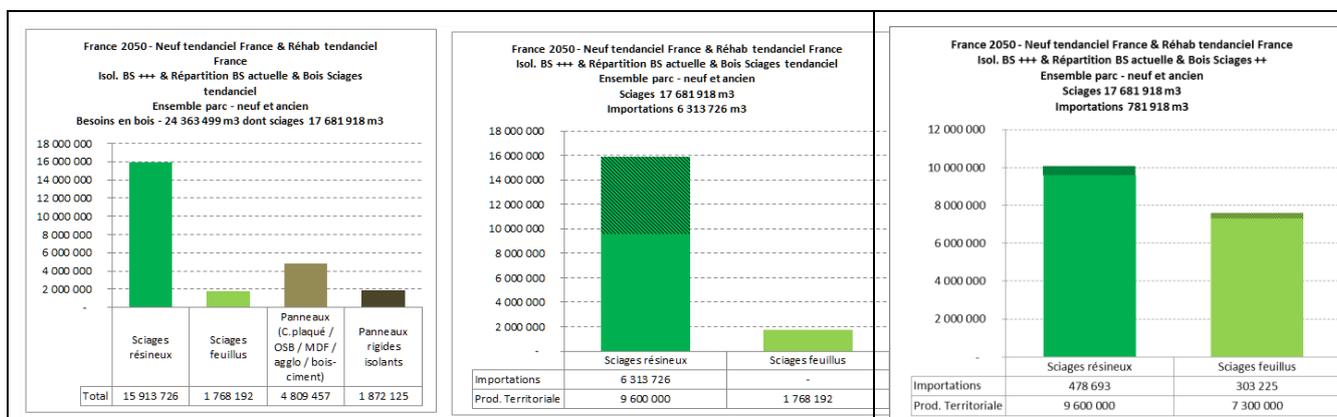
Ce scénario se distingue du scénario tendanciel par une très forte augmentation de la pénétration du marché de la construction et de la réhabilitation par les matériaux biosourcés dans le secteur de l'isolation. Celle-ci est (tous secteurs confondus) en moyenne supérieure à celle du scénario tendanciel de 8 % en 2030 et 19% en 2050. Les tendances y sont proches du scénario précédent « Biosourcé ++ » mais intègrent une massification du recours aux isolants biosourcés.

		2010 Ref	2030	2050
Scénario		Constat 2010	Isol. BS +++	
Rythme réhabilitation	logements	0.4%	2.0%	2.5%
	tertiaire	5%	10.0%	15.0%
Bâtiments non résidentiels	Bâts agricoles (neuf et existants)	24%	30%	35%
	Bâts. ind. & artisanaux (neuf et existants)	13%	20%	30%
	Bâts. tertiaires (neuf et travaux)	10%	15%	20%
Territoire et année		France 2050		
Rythme	Rythme réhab	Réhab tendanciel France		
	Rythme neuf	Neuf tendanciel France		
Parts de marché	Sciages	Bois Sciages tendanciel		
	Parts de marché des biosourcés	Isol. BS +++		
	Répartition marché isolants BS	Répartition BS actuelle		
Tx de chutes de chantier		10%		

Tableau 54. Principaux paramètres de la simulation.

	Scénario « Biosourcé +++ »	2030	2050
Rythme	Réhabilitation	Tendanciel	
	Construction	Tendanciel	
Parts de marché	Part des produits biosourcés	BS +++	
	Répartition entre isolants biosourcés	Idem actuelle	

3.4.6.2 Résultats année 2050



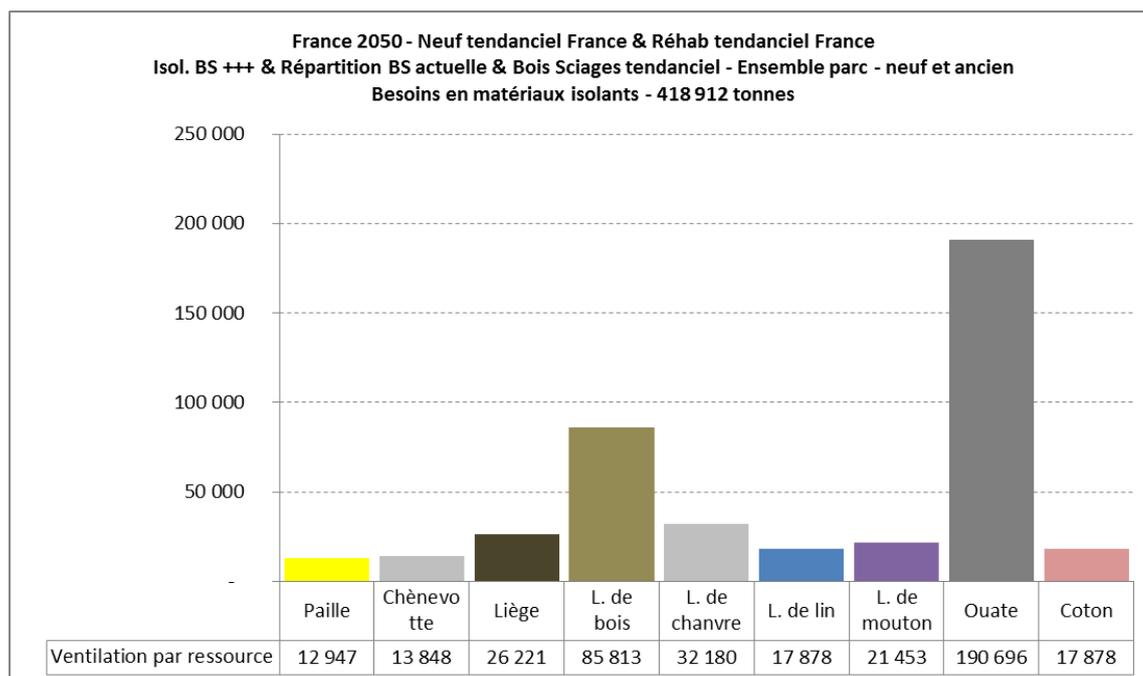


Figure 50. Scénario « Isolants biosourcés +++ » 2050 : besoins en bois d'œuvre, panneaux de bois et isolants.

Les résultats des simulations montrent que :

- Le total des sciages de bois (feuillus et résineux) passe à plus de 17,6 millions m³, ce qui est légèrement supérieur aux ressources mobilisables (16,9 Mm³).
- Les consommations de bois de sciages dans le bâtiment restent déséquilibrées entre résineux et feuillus (Figure 50) mais il est possible de limiter fortement les importations en augmentant la part de marché des feuillus dans le bois construction.
- Le total des besoins en matériaux biosourcés est cinq fois supérieur à celui de 2010 mais reste toutefois largement en deçà des ressources mobilisables.

3.4.6.3 Conclusions

En 2050 :

- La ressource bois constitue un point dur qui se traduit par des importations. Celles-ci peuvent être faibles en développant l'usage des feuillus dans la construction.
- Une très forte augmentation de la part de marché des matériaux biosourcés dans le domaine de l'isolation est soutenable en termes de ressources mobilisables.

3.4.7 Scénario « Réhab ++ & Biosourcé ++ »

3.4.7.1 Paramètres

Ce scénario est une combinaison des scénarios « Réhab ++ » et « Biosourcé ++ ». Il se traduit donc par une double augmentation des besoins liée à :

- Une accélération du rythme de travaux sur les bâtiments existants par rapport au scénario tendanciel

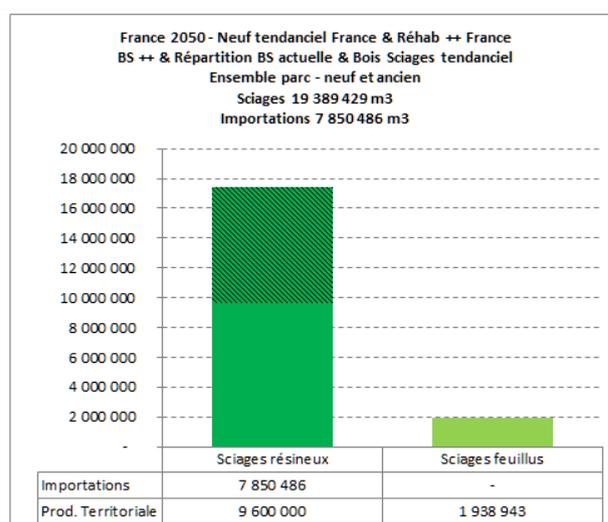
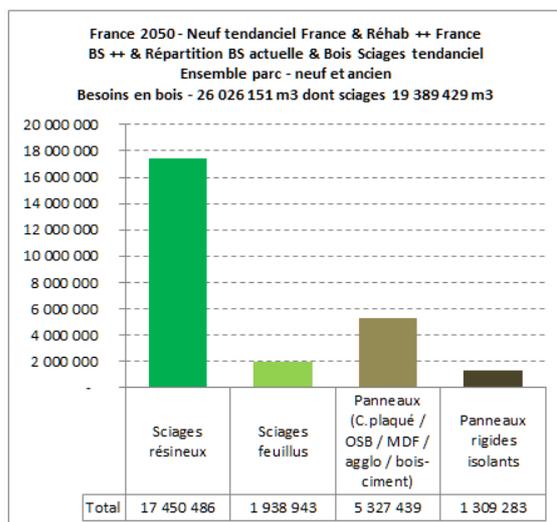
- Un accroissement de la part de marché globale des matériaux biosourcés dans le secteur du bâtiment.

		2010 Ref	2030	2050
		Scénario Constat 2010	Réhab ++ & BS ++	
Rythme réhabilitation	logements	0.4%	2%	2.5%
	tertiaire	5%	10%	15%
Bâtiments non résidentiels	Bâts agricoles (neuf et existants)	24%	30%	35%
	Bâts. ind. & artisanaux (neuf et existants)	13%	20%	30%
	Bâts. tertiaires (neuf et travaux)	10%	15%	20%
Territoire et année		France 2050		
Rythme	Rythme réhab	Réhab ++ France		
	Rythme neuf	Neuf tendanciel France		
Parts de marché	Sciages	Bois Sciages tendanciel		
	Parts de marché des biosourcés	BS ++		
	Répartition marché isolants BS	Répartition BS actuelle		
Tx de chutes de chantier		10%		

Tableau 55. Principaux paramètres de la simulation.

		2030	2050
Scénario « Réhab ++ & Biosourcé ++ »			
Rythme	Réhabilitation	++	
	Construction	Tendanciel	
Parts de marché	Part des produits biosourcés	BS ++	
	Répartition entre isolants biosourcés	Idem actuelle	

3.4.7.2 Résultats année 2050



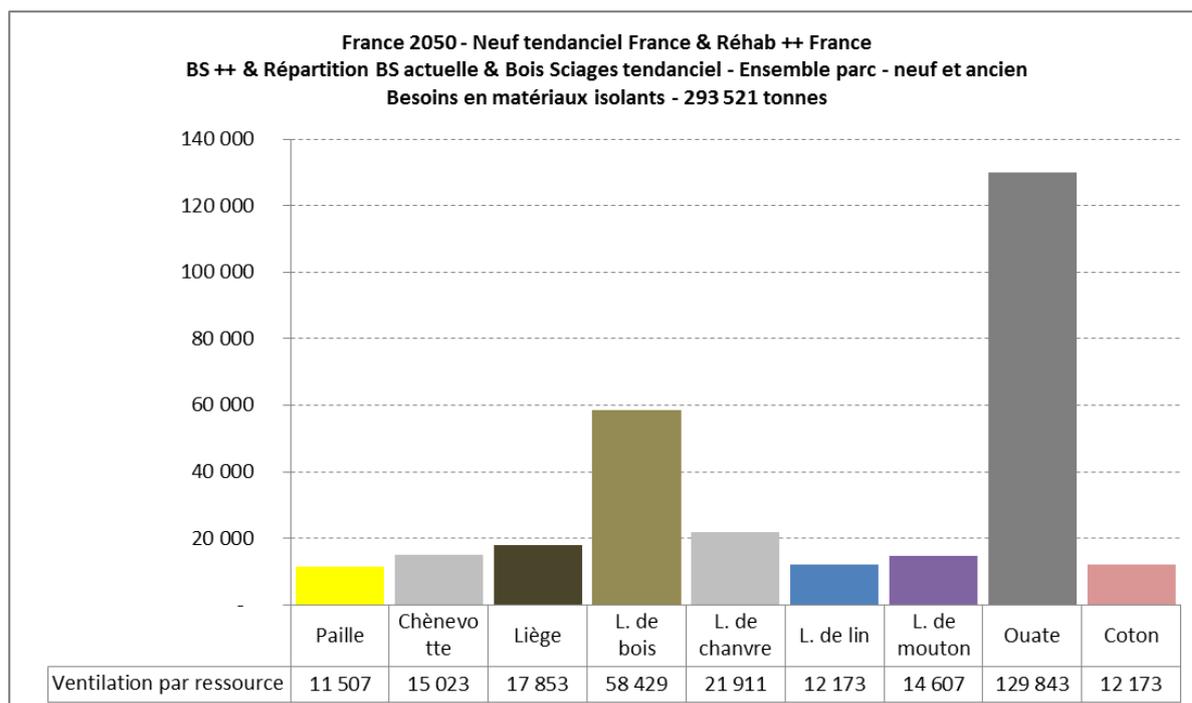


Figure 51. Scénario « Réhab ++ & Biosourcé ++ » 2050 : besoins en bois d'œuvre, panneaux de bois et isolants.

Les résultats des simulations montrent que :

- Le total des sciages de bois (feuillus et résineux) passe à un peu plus de 19 millions m³, ce qui est supérieur au niveau des ressources mobilisables (16,9 millions de m³) sur le territoire métropolitain.
- Les consommations de bois de sciages dans le bâtiment restent déséquilibrées entre résineux et feuillus. Un rééquilibrage fort en faveur des feuillus permet de réduire les importations mais n'est pas suffisant.
- Le total des besoins en matériaux biosourcés est trois fois supérieur à celui de 2010 mais reste toutefois largement en deçà des ressources mobilisables.

3.4.7.3 Conclusions

En 2050, une forte augmentation du rythme de travaux sur le parc existant ainsi que de la part de marché des matériaux biosourcés est soutenable en termes de ressources mobilisables mais les volumes de bois nécessaires sont au-delà du niveau du maximum disponible dans le pays. Un rééquilibrage des sciages en faveur des feuillus est nécessaire pour limiter les importations de bois.

3.4.8 Scénario « Réhab ++ & Biosourcé ++ & MOB ++ »

3.4.8.1 Paramètres

Ce scénario est une combinaison des scénarios « Réhab ++ » et « Biosourcé ++ » auquel est ajouté une hypothèse de forte augmentation de part de marché de la construction à ossature bois

Il se traduit donc par :

- une augmentation importante des rythmes de travaux, de l'usage des isolants biosourcés (10 % d'augmentation par rapport au scénario tendanciel en 2030, 30 % en 2050).

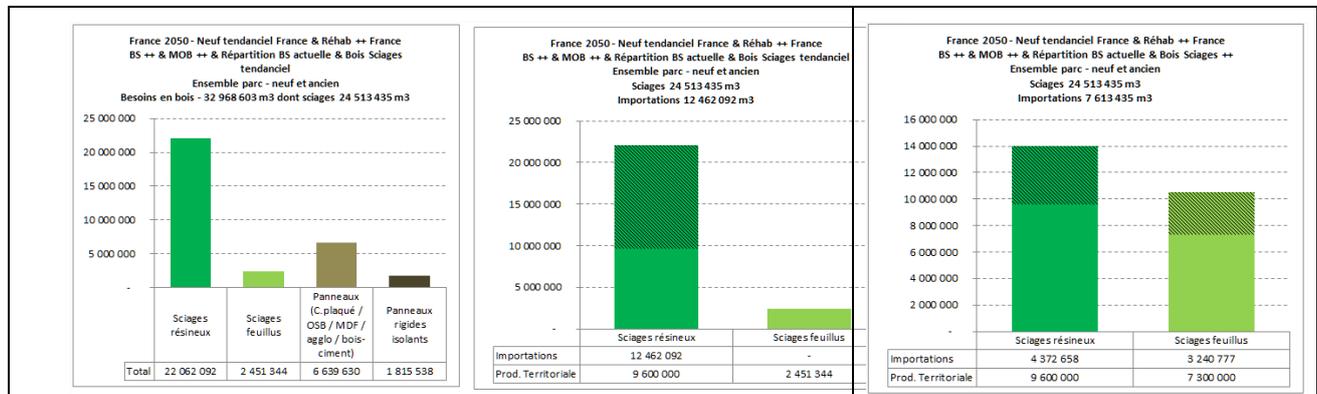
- une très forte augmentation des parts de marché du bois dans la construction neuve.

		2010 Ref	2030	2050
		Scénario	Réhab ++ & BS ++ & MOB ++	
		Constat 2010		
Rythme réhabilitation	logements	0.4%	2%	2.5%
	tertiaire	5%	10%	15%
Bâtiments non résidentiels	Bâts agricoles (neuf et existants)	24%	40%	50%
	Bâts. ind. & artisanaux (neuf et existants)	13%	30%	40%
	Bâts. tertiaires (neuf et travaux)	10%	20%	30%
Territoire et année		France 2050		
Rythme	Rythme réhab	Réhab ++ France		
	Rythme neuf	Neuf tendanciel France		
Parts de marché	Sciages	Bois Sciages tendanciel		
	Parts de marché des biosourcés	BS ++ & MOB ++		
	Répartition marché isolants BS	Répartition BS actuelle		
Tx de chutes de chantier		10%		

Tableau 56. Principaux paramètres de la simulation.

	Scénario « Réhab ++ & Biosourcé ++ & MOB ++ »	2030	2050
Rythme	Réhabilitation	++	
	Construction	Tendanciel	
Parts de marché	Part des produits biosourcés	BS ++ & MOB ++	
	Répartition entre isolants biosourcés	Idem actuelle	

3.4.8.2 Résultats année 2050



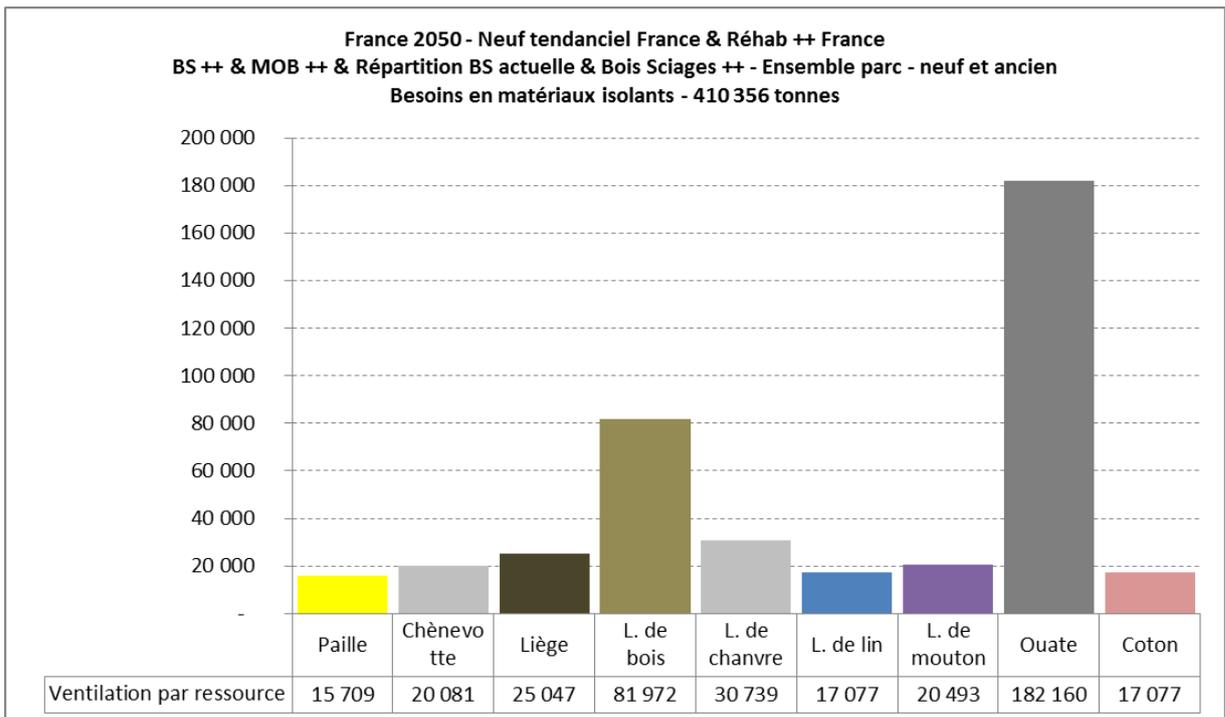


Figure 52. Scénario « Réhab ++ & Biosourcé ++ & MOB ++ » 2050 : besoins en bois d'œuvre, panneaux de bois et isolants.

Les résultats des simulations montrent que :

- Le total des sciages de bois (feuillus et résineux) est d'environ 24,5 millions m³, ce qui est très largement supérieur au niveau des ressources mobilisables (16,9 millions de m³) sur le territoire métropolitain.
- Les consommations de bois de sciages dans le bâtiment restent déséquilibrées entre résineux et feuillus. Un rééquilibrage fort en faveur des feuillus permet de réduire les importations mais n'est pas suffisant.
- Le total des besoins en matériaux biosourcés est trois fois supérieur à celui de 2010 mais reste toutefois largement en deçà des ressources mobilisables.

3.4.8.3 Conclusions

Comme dans l'ensemble des scénarii envisagées, les besoins en isolants biosourcés sont compatibles avec les ressources mobilisables.

La ressource métropolitaine en bois n'est pas suffisante pour couvrir l'intégralité des besoins liés à une massification de la construction en bois sans recourir de façon importante à des importations. Ceci reste vrai même en modifiant profondément les usages du bois au profit du secteur du bâtiment et en accroissant l'usage des feuillus dans la construction

3.4.9 Comparaison des scénarii et conclusions

L'ensemble des simulations réalisées montrent que :

- L'augmentation de la population se traduit logiquement par une augmentation du parc existant et des constructions neuves dans tous les secteurs (bâtiments résidentiels, agricoles, industriels et artisanaux, tertiaires). Dans ce cadre, les besoins en matériaux vont croissant quelles que soient les hypothèses étudiées.
- Compte tenu des besoins et de la volonté de l'Etat, le rythme de construction et de rénovation devrait s'accélérer. Ceci accroît donc les besoins en matériaux en sus de l'augmentation « mécanique » liée à l'évolution de la population.
- L'augmentation de la pénétration des matériaux biosourcés dans le secteur des isolants est compatible avec l'ensemble des scénarii étudiés. Des rééquilibrages éventuels entre ressources sont envisageables dans ce domaine en fonction des disponibilités et des stratégies de production / valorisation envisagées.
- La ressource bois constitue un point dur dans la plupart des scénarii (en particulier dans le cas d'une massification de la construction à ossature bois).

3.4.10 Conclusions générales sur les simulations

Les conclusions à tirer des simulations réalisées sont différentes selon les ressources mobilisées

- Dans le domaine du bois, les tensions pourraient être importantes. La promotion de la construction en bois n'est envisageable (hors déséquilibre assumé de la balance commerciale) qu'en :
 - rééquilibrant de manière très volontariste, les essences employées au profit de feuillus afin de faire coïncider autant que possible la consommation avec la capacité de production de nos forêts.
 - accroissant de manière importante la part de bois utilisée au profit du secteur de la construction ;
 - limitant voire mieux réduisant le recours au bois énergie dont une partie pourrait être employée pour construire.
- Dans le domaine des isolants, les tensions potentielles sont a priori absentes en termes de ressources mobilisables. Nous soulignons toutefois que :
 - Le prix des matières entrant dans la composition des matériaux de construction doit être relativement faible pour être compétitif face à leurs concurrents conventionnels. La promotion de filières valorisant « plusieurs fois » les productions au travers de l'usage de co-produits semble donc la plus prometteuse. Dans cette optique, la partie :
 - « noble » de la plante (graine, fibre longue, etc.) devrait être réservée à des usages rémunérateurs (secteur de l'alimentation humaine ou animale, cosmétique, habillement, produits techniques, etc.)
 - « commune » de la plante pourrait trouver une valorisation intéressante dans le secteur de la construction et améliorer ainsi les revenus des agriculteurs.
 - La concurrence potentielle des « nouveaux usages » de la biomasse et en particulier sa valorisation énergétique présente un risque important de déstabilisation des filières de construction voire de la production alimentaire.
- Compte tenu des incertitudes liées aux changements climatiques, la productivité de l'agriculture et plus encore de la sylviculture pourrait baisser. Ceci impose d'assujettir l'ensemble des politiques de promotions de ressources renouvelables à une gestion sobre de celles-ci.
- La gestion du stock et de la ressource en bois doit être planifiée sur plusieurs dizaines d'années. Le rythme d'adaptation de cette filière à des besoins supplémentaires doit donc être largement anticipé.
- Les filières de production de matériaux isolants sont relativement interchangeables entre elles et présentent l'avantage de fonctionner sur un rythme rapide (annuel le plus souvent).

4 Partie 3 : Propositions de stratégies pour la production et pour la gestion des concurrences d'usages

Auteurs : Pierre Besse (LRA), Sylvain Angerand (AT France)

4.1 CADRE ET HYPOTHESES

Notre objectif est ici de vérifier la possibilité d'une expansion sur le territoire français de l'usage des matériaux biosourcés dans la construction, et de poser les conditions de cette expansion. Nous nous appuyons sur l'état des lieux de la disponibilité actuelle des ressources établi précédemment (voir « **Partie 1 : Etat des lieux. Ressources et besoins** »), et sur les prospectives et études disponibles quant à cette disponibilité aux horizons 2030 et 2050.

Le cadre général de notre étude est celui du scénario Afterres2050. Ce cadre nous paraît représenter un certain équilibre entre le *raisonnable* (pas de rupture technique, pas de rupture majeure sur les plans économique et politique...) et le *souhaitable* (diminution sensible des émissions de GES, équilibre conservé quant à l'autonomie alimentaire du pays, ...). Toutefois nous avons été amenés à introduire quelques hypothèses supplémentaires, et parfois à nous écarter quelque peu d'Afterres, soit que ce scénario soit trop imprécis dans le détail, soit que la régulation des concurrences d'usage ou le maintien de la fertilité des sols nous semble imposer des choix qu'Afterres ne fait pas. Ces hypothèses nouvelles seront discutées dans le cours de l'exposé.

Pour rappel, les hypothèses et principes fondamentaux que nous partageons avec Afterres sont les suivants :

- Une occupation du sol relativement stable. L'artificialisation des sols se poursuit sur un rythme un peu ralenti, le partage du territoire entre agriculture et forêt reste le même qu'aujourd'hui.
- La productivité et la production brute de biomasse sont également relativement stable, tant pour la forêt que pour l'agriculture. Les modes de production agricoles évoluent vers l'agriculture biologique et intégrée, ce qui fait diminuer la dépendance énergétique de l'agriculture et ses émissions de gaz à effet de serre.
- Les surfaces consacrées en France à des cultures d'exportation compensent à peu près celles qui sont occupées, ailleurs, par des produits que nous importons. Cet équilibre est préservé sur la durée de la prospective.

Par ailleurs, quels que soient l'état des conjonctures économiques, quels que soient les potentiels à court terme, nous subordonnons les possibilités et les options de prélèvement à un principe communément adopté dans les prospectives à long terme, selon lequel s'impose une hiérarchie qui ordonne les usages de la biomasse, depuis les plus nobles – alimentation, fibre textile, matériau de construction – vers les moins nobles, en particulier l'usage énergétique.

Un autre principe, peut-être plus fondamental, est de veiller à ce que les choix stratégiques opérés ne constituent pas de menace excessive contre le potentiel de fertilité des sols et contre l'intégrité des écosystèmes

forestiers et agricoles. Ce principe peut amener à restreindre le niveau des prélèvements en deçà de ce qui est techniquement et économiquement possible à court terme.

Après avoir établi nos éléments de prospective quant à la disponibilité des matières, nous proposerons des options possibles pour la régulation des concurrences entre usages de la biomasse et pour la compatibilité des différentes filières fondées sur la biomasse.

4.2 PROSPECTIVES

4.2.1 Le bois

Au-delà de la récolte et de la consommation actuelle, une disponibilité supplémentaire existe, même si son chiffrage est sujet à incertitudes et imprécisions.

La difficulté d'un exercice de prospective à l'horizon 2050 est que cette disponibilité dépend de la capacité des écosystèmes forestiers à s'adapter aux changements climatiques, et donc à l'évolution de la productivité biologique. Plusieurs stratégies pour faciliter l'adaptation des forêts aux changements climatiques sont actuellement discutées, Terracrea proposant une stratégie permettant de réduire au maximum le risque de baisse de la productivité biologique en favorisant la résilience des forêts et une amélioration de la qualité des sols forestiers.

Cette stratégie de gestion du risque écologique est articulée avec une stratégie de filière cohérente qui repose en priorité sur la production de bois d'œuvre de feuillus. Aujourd'hui la demande en bois de construction augmente et s'oriente préférentiellement vers les résineux, stimulant un courant d'importation de bois résineux standardisés depuis l'Europe du Nord, tandis qu'il reste dans les forêts françaises une disponibilité supplémentaire de bois d'œuvre, constituée majoritairement par du bois de feuillus (SESSI, 2008). La part respective de disponibilité supplémentaire de bois d'œuvre est de 72 % de feuillus et 28 % de résineux (Cemagref, 2009), tandis que pour les BIBE elle est de 85 % pour les feuillus et 15 % pour les résineux (Ademe, 2009). Ne faut-il pas réfléchir au moyen de valoriser ces bois de feuillus en construction ? Historiquement, les résineux ont été favorisés et ont supplanté les feuillus climaciques dans nombre de régions, au risque d'une dégradation à long terme de certains sols et au détriment de la richesse des écosystèmes forestiers concernés. Un développement quantitatif important et sans nuances de l'usage du bois dans la construction comporte le risque d'accentuer cette tendance. Aussi convient-il sans doute de réfléchir à l'équilibre global feuillus / résineux dans la forêt française sur le long terme et, parmi les résineux choisis, à la place des essences les plus nobles pour des usages en construction (douglas, cèdre, mélèze, etc.), en réponse au recours à l'importation.

Les ressources en bois sont très dispersées sur le territoire national, mais avec des disparités très fortes entre régions. L'hétérogénéité régionale porte sur les surfaces boisées et la production récoltée (de 0,8 m³/ha/an en Nord-Pas-de-Calais à 9,6 m³/ha/an en Aquitaine) ; sur la productivité par unité de surface (de 2 à 8 m³/ha/an selon les régions) ; sur l'âge des peuplements, sur le volume de bois sur pied et sur les caractéristiques des bois produits (type d'essences, qualité des grumes), etc. (IFN, 2012). Cette caractéristique de la ressource bois suggère des politiques de développement régionalisées, d'autant que les caractéristiques souhaitables pour les bâtiments, logements en particulier, sont différentes selon les régions.

4.2.1.1 Hypothèses structurantes

Le scénario proposé par Terracrea a pour double objectif de maintenir, voire d'améliorer, la capacité de résilience des forêts et de répondre aux besoins en bois pour le secteur de la construction. La stratégie de gestion des forêts proposée repose sur les principes suivants :

- Restaurer de haut niveaux de biodiversité dans les forêts françaises : création d'un réseau forestier de bonne qualité écologique pour favoriser les migrations (et donc l'adaptation) des espèces et une sylviculture plus soutenable dans les forêts exploitées (mélange d'espèces locales, gros arbres morts...).
- Pas d'exploitation des rémanents (branches dont le diamètre est < 7cm) pour améliorer la qualité des sols forestiers (fertilité, rétention d'eau, capacité de stockage du carbone....).
- Orienter la gestion des forêts vers une sylviculture privilégiant le mélange d'essences locales et adaptées aux stations, le couvert permanent des sols (gestion irrégulière) et la production de bois d'œuvre (plutôt que vers la production de petits et moyens bois).

En ce qui concerne, la filière de transformation du bois, Terracrea propose les hypothèses suivantes :

- La hiérarchie des usages est respectée, c'est-à-dire que le bois d'œuvre est transformé en sciage et non pas en bois énergie.
- Des actions sont mises en œuvre, au niveau de la filière, pour transformer le potentiel de production de bois d'œuvre, notamment feuillus, en sciages.
- À partir de 2030, une économie relocalisée et une balance commerciale équilibrée pour l'ensemble des produits issus du bois (sciages, panneaux, papiers...) L'hypothèse d'un excédent commercial destiné aux besoins des pays limitrophes moins riches en ressources naturelles, bien que pertinente, n'est pas examinée dans cette étude.

4.2.1.2 Stratégies

4.2.1.2.1 Face aux changements climatiques, maximiser les chances de maintenir la productivité des forêts à l'horizon 2050

L'intensité des changements climatiques dans les prochaines décennies est encore très difficile à évaluer en raison d'incertitudes inhérentes aux prévisions des émissions de gaz à effet de serre (GES), mais la nature de ces évolutions fait désormais l'objet d'un consensus : augmentation de la teneur en CO₂, hausse des températures moyennes, modifications de la pluviométrie ou encore multiplication des événements extrêmes. Quelles sont les conséquences de ces évolutions sur la productivité des forêts françaises ? Certains facteurs ont un effet positif sur la productivité comme la hausse de la teneur en CO₂ de l'atmosphère ou l'allongement de la saison de végétation lié à l'augmentation des températures moyennes (Seguin, 2010). À l'inverse, d'autres facteurs pourraient entraîner une baisse importante de la productivité, comme la diminution de la pluviométrie et la hausse des températures qui augmenteraient les besoins en eau et donc le stress hydrique. Les modèles climatiques prévoient en effet des précipitations parfois plus importantes en hiver, mais globalement plus rares en été au moment où la végétation en a le plus besoin. Il est donc très difficile de prévoir comment la productivité moyenne des forêts va évoluer. Pour affiner l'analyse, l'INRA a essayé de modéliser le déplacement des aires de distribution de différentes espèces à l'horizon 2050 et 2100. Les risques de dépérissement les plus importants concerneraient les peuplements de sapin et de hêtre alors qu'une espèce comme le chêne vert pourrait s'étendre vers le Nord. De façon générale, les changements climatiques pourraient entraîner l'émergence ou le déplacement de maladies et de ravageurs (insectes).

Pour essayer de limiter les effets négatifs, la Stratégie Nationale d'Adaptation au Changement Climatique (SNACC), et le plan d'action qui lui est associée (PNACC 2011-2015), prévoient la restauration et le renforce-

ment des capacités d'adaptation et de résilience des forêts mais sans en définir les modalités et notamment les orientations de gestion que cela impliquerait. Pour certains, l'adaptation des forêts implique un raccourcissement des rotations d'exploitations et un recours massif à la plantation d'espèces plus adaptées (notamment des espèces exotiques). Cette option consisterait à minimiser le risque économique de moyen terme en évitant les pertes liées aux événements extrêmes, mais elle pose plusieurs problèmes : d'une part, elle pourrait entraîner une baisse de la récolte de bois d'œuvre de qualité dont la production nécessite des cycles longs, et d'autre part elle pourrait conduire à une diminution de la biodiversité en forêt, et donc de sa capacité de résilience.

Pour favoriser la résilience des forêts, Terracrea propose de :

- Créer un réseau écologique de forêts protégées cohérent et permettant la circulation, et la migration, des espèces.
- Ne pas exploiter les rémanents (bois dont le diamètre est inférieur à 7 cm), au sein des forêts gérées, et restaurer des volumes suffisants de gros arbres morts.
- Orienter la gestion des forêts vers une sylviculture privilégiant le mélange d'essences locales et adaptées aux stations, le couvert permanent des sols (gestion irrégulière) et la production de bois d'œuvre (plutôt que vers la production de petits et moyens bois).

L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN, 2007) recommande qu'environ 10 % des écosystèmes de chaque pays soient protégées. Le taux de forêts protégées par les catégories UICN I, II et IV (réserves intégrales non exploitées et de réserves naturelles/parc national dont une partie fait l'objet d'exploitation est d'environ 1 % (Vallauri *et al*, 2010). Même si l'on considère les îlots de sénescence qui ne correspondent à aucun statut UICN, la surface de forêt protégée de façon intégrale est sans doute de l'ordre de 1,5 % ce qui est très insuffisant. Par ailleurs, le taux de bois mort en forêt (arbre dont le diamètre est supérieur à 25/30 cm) est globalement faible – de l'ordre de 5 m³/ha (IFN, 2012) – alors qu'il conviendrait d'avoir au moins 20 m³/ha et 3-5 arbres biotopes / ha (grand arbre mort sur pied) pour restaurer la biodiversité et enrayer la disparition de nombreuses espèces animales ou végétales liées aux forêts âgées (Vallauri *et al*, 2010).

Terracrea propose ainsi de « geler » 5 % de la production biologique bois fort pour créer un réseau de zones non exploitées, à différentes échelles – des massifs de plusieurs centaines d'hectares aux îlots de sénescence. Ce réseau recouvre en partie les zones inexploitable pour des raisons techniques (d'où le choix d'une réfaction de 5 % et non de 10 %) mais en partie seulement : il est important qu'une partie des forêts les plus productives soient également intégralement protégées pour constituer une trame verte satisfaisante. Cette part de la production biologique non exploitée doit également permettre d'atteindre un objectif d'au moins 20 m³/ha de gros bois mort et 3-5 arbres biotopes / ha.

L'exploitation des menus bois est envisagée par les études de disponibilité de l'Ademe et du Cemagref, en prenant en compte les recommandations du guide sur la récolte raisonnée des rémanents de l'Ademe (Cacot *et al*, 2006). Il s'agit de recommandations minimales. Les rémanents jouent un rôle essentiel pour conserver des sols forestiers de bonne qualité écologique (fertilité, biodiversité, stockage de carbone, facilité de régénération naturelle...) et comme le reconnaît ce guide : « *Le retour au sol des résidus de récolte bonifie le statut organique du sol et accroît la productivité. Ramasser les rémanents a de fait un effet dépressif sur la croissance en hauteur des arbres, sur les sols les plus pauvres et en l'absence de fertilisation compensatoire. Cet effet se fera d'autant plus sentir que le peuplement est jeune, lorsque ses besoins en éléments nutritifs sont les plus forts* » (Cacot *et al*, 2006).

L'objectif prioritaire étant de conserver un bon état écologique des forêts pour préserver la productivité biologique sur le long terme et favoriser l'adaptation des forêts aux changements climatiques, **Terracrea fait le choix d'exclure la récolte des rémanents dont le diamètre est inférieur à 7cm et ceci quel que soit le type de sol.** Aucune fertilisation compensatoire n'est ainsi nécessaire.

4.2.1.2.2 Une productivité biologique qui augmente de façon modérée jusqu'en 2030 puis qui stagne

L'évaluation actuelle de la production biologique est l'objet de nombreux débats et a été fortement révisée (de l'ordre de 20 %) à la baisse par l'IFN. Or, cette marge d'incertitude relativise de façon forte l'évaluation des disponibilités potentielles en bois. De plus, comme nous l'avons discuté précédemment, il est très difficile de prévoir comment va évoluer la productivité biologique des forêts à l'horizon 2050 en raison des changements climatiques.

Terracrea a fait le choix de stratégies permettant de limiter au maximum la baisse de productivité des forêts liée aux changements climatiques en favorisant la résilience et la restauration écologique des forêts, mais ces stratégies peuvent être insuffisantes.

De plus, le choix d'orienter la sylviculture vers la production de bois d'œuvre se traduit, à moyen terme, par une baisse de la productivité annuelle, car la croissance d'un peuplement forestier jeune est plus importante que la croissance d'un peuplement forestier plus âgé. Aferre fait l'hypothèse que la production biologique devrait constituer d'augmenter jusqu'en 2040 puis stagner à environ 105 Mm³ bois fort tige ou 157 Mm³ de biomasse totale. Terracrea considère également que la production biologique devrait continuer à augmenter mécaniquement jusque 2030 en raison de la structure actuelle des peuplements relativement jeune, mais envisage une stagnation dès 2030 en raison de l'exposition aux changements climatiques, mais aussi d'une évolution de la sylviculture vers la production de gros bois.

En prenant en compte ces paramètres, **Terracrea propose de considérer une augmentation de la productivité de 10 % d'ici à 2030 puis une stagnation.** Les hypothèses d'évolution de la production biologique permettent de calculer la production biologique bois fort tige (BFT) et la production biologique menu bois qui est laissée au sol. Plusieurs coefficients de réfaction sont ensuite appliqués pour estimer la disponibilité soutenable :

- Une part de la production biologique est inexploitable techniquement (mauvaises conditions d'accès) : Terracrea applique une réfaction de 13 % sur la production biologique BFT comme le propose l'étude du Cemagref (2009).
- Une part (5 %) de cette production biologique BFT exploitable est mise en réserve pour créer un réseau écologique forestier et pour restaurer des volumes suffisants de gros bois morts.

Le tableau de disponibilité est donc le suivant :

		2010	2030	2050
Production biologique (PB) totale		130	143	143
PB – bois fort tige (BFT)		89,3	98,2	98,2
PB non exploitée - bois <7cm		40,7	44,8	44,8
PB non exploitée - inaccessibilité	13,0 %	11,6	12,8	12,8
PB non exploitée - protection	5,0 %	3,9	4,3	4,3
Disponibilité soutenable (en Mm³)		73,8	81,2	81,2

Tableau 57. Evolution de la disponibilité soutenable à l'horizon 2050.

4.2.1.2.3 Orienter la sylviculture vers la production de bois d'œuvre de qualité

La hiérarchie des usages est régulièrement rappelée par les pouvoirs publics (priorité à l'exploitation de bois d'œuvre et seulement dans un deuxième temps au bois d'industrie et bois énergie, BIBE) mais la tendance est à la baisse de la récolte de bois d'œuvre et à l'augmentation de la récolte de BIBE, avec le développement du bois-énergie (chaufferies collectives et projets industriels). Cette tendance pourrait s'accroître avec la hausse du prix de l'énergie.

La récolte de bois d'œuvre résineux – tiré par le secteur de la construction – est en constante progression et la marge de développement est restreinte. À l'inverse, l'exploitation de bois d'œuvre feuillus – qui représente plus de 60 % de la ressource – est en chute depuis plusieurs années faute de débouchés. Le Cemagref évalue la disponibilité en bois d'œuvre (BO) à 34,5 Mm³ (dont 15,0 Mm³ de bois feuillus et 19,5 Mm³ de bois résineux) et évalue la disponibilité supplémentaire – c'est-à-dire en prenant en compte une consommation de 20,4 Mm³ en 2009 – à 14,0 Mm³ dont 10,1 Mm³ de bois feuillus et 3,9 Mm³ de bois résineux. Depuis cette étude, la consommation de bois d'œuvre a encore diminué - 18,2 Mm³ en 2013 (IFN, 2014). **Terracrea considère que la priorité doit être de produire et de récolter du bois d'œuvre mais que le potentiel de récolte maximum ne pourra être atteint qu'en 2050** et sous réserve que des mesures de soutien importantes soient mises en œuvre pour enrayer le déclin de récolte et de la transformation de bois d'œuvre feuillus.

À l'horizon 2050, nous considérons que la disponibilité en bois d'œuvre est équivalente à celle proposée par le CEMAGREF en 2009. Les facteurs susceptibles d'augmenter ce potentiel (hausse de la productivité) seraient alors compensés par les facteurs susceptibles de le diminuer (hausse du volume de gros bois mort non récolté). L'impact des changements climatiques sur la disponibilité en bois d'œuvre est quant à lui très difficile à évaluer. Cette hypothèse de stabilité de la disponibilité en bois d'œuvre – cohérente avec l'objectif de favoriser la résilience des forêts – est discutable mais n'est pas centrale pour notre étude.

Pour 2010, nous considérons que la récolte de BIBE est équivalente à celle évaluée par l'Ademe (2009) soit 31,9 Mm³. À partir de 2030, nous considérons que l'ensemble de la filière est organisé pour récolter l'ensemble de la disponibilité soutenable. Le gisement de BIBE correspond à la différence entre cette disponibilité et la récolte BO, soit 53,5 Mm³ pour 2030 et 46,7 Mm³ pour 2050. Le gisement de BIBE est plus élevé en 2030 mais de façon transitoire car nous considérons qu'en 2030, la filière n'est pas encore capable de transformer l'intégralité du BO, notamment feuillu.

		2010	2030	2050
BO	BO résineux	15,4	17,4	19,5
	BO feuillus	5,4	10,2	15
Total BO (en Mm³)		20,8	27,6	34,5
Solde / Total BIBE (en Mm³)		31,9	53,5	46,7

Tableau 58. Evolution de la production de BO et de BIBE à l'horizon 2050.

Il est important de remarquer qu'une part importante du BIBE est liée à l'exploitation de BO (bois d'œuvre, grosses branches des houppiers) : si la tendance à la baisse de l'exploitation de BO se poursuit, cela entraînera une baisse du BIBE lié. En 2050, la récolte de BO est quasiment équivalente à la récolte de BIBE ce qui serait le signe d'une filière à maturité car on considère que 1 m³ de bois transformé génère 1 m³ de BIBE (bois d'éclaircies, houppiers...) et 0,5 m³ de produits connexes de scieries.

La destination des sciages de BO feuillus et résineux est ensuite discutée. Alcimed (2012) note : « On peut observer des incohérences entre les volumes récoltés et les volumes transformés. Près de 28 % de la récolte de BO n'est pas destinée à la première transformation. C'est un fait : de plus en plus de sur billes, notamment en hêtre, prennent la direction des industries de la trituration ou sont transformées en bois de chauffage ». Il

est donc difficile de connaître précisément la part de BO récoltée qui est transformée dans les scieries françaises. Les enquêtes de branches du Ministère de l'Agriculture (Agreste, 2010) permettent néanmoins de connaître de façon assez précise la production des scieries françaises : en 2010, la production de sciage résineux a été de 6,9 Mm³ et celle de feuillus de 1,3 Mm³. En prenant en compte les importations et les exportations, la consommation apparente est évaluée à 10,8 Mm³. À partir de 2030, nous considérons que la balance commerciale est équilibrée (importation = exportation, soit consommation apparente = production) et en 2050, nous considérons que la filière est organisée pour transformer tout le potentiel de BO.

	2010				2030	2050
	Production	Import.	Export.	Conso apparente	Production (= Conso apparente)	Production (= Conso apparente)
Sciages résineux	6,9	3,5	0,6	9,8	9,6	11,7
Sciages feuillus	1,3	0,1	0,4	1	5,6	9
Total Sciages (en Mm³)				10,8	15,2	20,7

Tableau 59. Evolution production et consommation apparente de sciages – tous secteurs.

Le rendement matière de transformation des grumes varie de 45 à 63 % selon les essences. Il est en général plus faible pour les feuillus que pour les résineux. La valeur moyenne de 50 % est celle qui est la plus communément utilisée et que nous retiendrons pour 2010 (FCBA, 2011). **Terracrea prévoit une augmentation du rendement matière de 50 à 60 %, soit le rendement le plus élevé aujourd'hui, pour l'ensemble des bois, feuillus ou résineux, d'ici à 2050.** Cette hypothèse repose notamment sur les perspectives de développement du bois abouté qui permettrait de valoriser les plus petites sections et donc d'augmenter le rendement matière.

	2010	2030	2050
Taux de transformation (rendement matière)	50%	55%	60%

Tableau 60. Evolution taux de transformation des scieries françaises à l'horizon 2050.

Nous discutons ensuite de la destination de ces sciages. Alcimed (2012) explique : « La destination des sciages de feuillus et les caractéristiques des marchés utilisateurs en France sont très mal connues. Les fédérations professionnelles et organismes rencontrés ou contactés n'ont en règle générale pas d'éléments quantitatifs sur les marchés, et très peu d'éléments qualitatifs », et ajoute plus loin : « La construction est le principal débouché du bois français avec 65 % des utilisations de sciages et 40 % des panneaux ». Pour 2010, le volume de sciages destiné à la construction serait ainsi de 7,0 Mm³. Ce chiffre est sans doute sous-évalué puisque le même taux de destination (65 %) est appliqué sur les bois d'importation alors que ceux-ci sont beaucoup plus utilisés dans la construction (notamment les résineux).

À l'horizon 2050, Terracrea fait l'hypothèse que les utilisations hors construction n'augmentent pas. Il s'agit en particulier du secteur de l'emballage et de la palette dont l'augmentation n'est pas compatible avec une économie relocalisée. En considérant que tout le potentiel de BO est transformé, il est possible d'évaluer le volume de sciages disponibles pour le secteur de la construction à l'horizon 2050, soit environ 16,9 Mm³. Des valeurs intermédiaires sont fixées pour 2030.

	2010	2030	2050
Taux d'utilisation dans le secteur de la construction	65 %	75 %	82 %
Sous-Total Sciages – construction	7	11,4	16,9
Sous-Total Sciages – hors construction	3,8	3,8	3,8
Total Sciages (en Mm³)	10,8	15,2	20,7

Tableau 61. Evolution du taux d'utilisation des sciages dans la construction à l'horizon 2050.

Nous calculons ensuite l'évolution du ratio résineux / feuillus. En 2010, le secteur de la construction a utilisé environ 91 % de sciages résineux et 9 % de sciages feuillus. Pour être compatible avec la ressource disponible (et limitée pour les résineux), ce ratio doit évoluer vers 57 % de résineux / 43 % feuillus à l'horizon 2050.

	2010		2030		2050	
	en Mm ³	%	en Mm ³	%	en Mm ³	%
Sciages résineux – construction	6,4	91 %	7,2	63 %	9,6	57 %
Sciages feuillus – construction	0,7	9 %	4,2	37 %	7,3	43 %
Total Sciages – Construction (en Mm³)	7	100%	11,4	100%	16,9	100%

Tableau 62. Evolution du taux de répartition sciages résineux / feuillus dans le secteur de la construction à l'horizon 2050.

Discussion avec les résultats du simulateur

À l'horizon 2050, le potentiel de sciage est limité et seul le scénario « Rehab++ » est compatible avec la ressource disponible. Plusieurs hypothèses peuvent permettre d'augmenter le volume de sciage :

- Un développement des techniques de lamellé-collé ou d'aboutage, qui permettent de valoriser davantage de bois de qualité secondaire et de plus petite section. Nous avons déjà pris en compte le développement de ces techniques en considérant que le rendement matière peut augmenter de 50 % aujourd'hui à 60 % à l'horizon 2050, mais il est possible d'imaginer que l'augmentation de ce rendement sera plus importante.
- Une réorientation de la gestion de certains peuplements vers une sylviculture de production de BO, dont les impacts seront encore peu visibles en 2050, mais qui monteront en puissance dans les décennies suivantes.

4.2.1.2.4 Evolution de la consommation de panneaux, impacts sur la récolte de BI et l'utilisation de PCS

Le tableau ci-dessous (d'après FCBA, 2011) résume la structure d'approvisionnement des industries de la trituration en 2009 (mémento FCBA 2010 non publié).

	BI (en Mt)		PCS (en Mt)	
	Mt	%	Mt	%
Panneaux	3,5	44,5%	2,6	57,5%
Papiers / Cartons	4,4	55,5%	1,9	42,5%
Total (en Mt)	7,9	100,0%	4,5	100,0%

Tableau 63. Répartition de la récolte de BI et des PCS dans les industries de trituration en 2009.

Les usines de panneaux ont réceptionné en 2009 environ 6,1 Mt de bois dont 58 % de bois rond (bois d'industrie) et 42 % de produits connexes de scieries. Cet approvisionnement a permis de produire environ 4,1 Mm³ de panneaux de bois. D'après Alcimed (2012), 40 % des panneaux sont utilisés dans le secteur de la construction. À l'horizon 2050, Terracrea fait l'hypothèse que les utilisations hors construction n'augmentent pas.

	2010	2030	2050
Taux d'utilisation dans le secteur de la construction	40%	63%	73%
Sous-Total Panneaux – construction	1,6	4,2	6,7
Sous-Total Panneaux – hors construction	2,4	2,4	2,4
Total Panneaux (en Mm3)	4,1	6,6	9,1

Tableau 64. Evolution de la consommation de panneaux dans le secteur de la construction à l'horizon 2050.

La décomposition des flux concernant l'industrie papetière est plus complexe, car elle nécessite de prendre en compte des importations de bois ronds, de pâte à papier et de papiers recyclés. En 2009 (pour rester cohérent avec l'analyse du marché des panneaux), les usines de production de pâte à papier ont réceptionné environ 6,3 Mt de bois dont 70 % de bois rond (bois d'industrie) et 30 % de produits connexes de scieries. La production a été de 8,3 Mt et la consommation apparente de 9,5 Mt (5,8 Mt d'importation et 4,6 Mt d'exportation) (Copacel, 2013).

Discussion avec les résultats du simulateur

Pour 2010, le simulateur évalue la consommation de panneaux dans la construction à 2,2 Mm³ ce qui est très proche de notre estimation (1,6 Mm³) - si l'on intègre en plus les contreplaqués (soit environ 0,3 à 0,4 Mm³) - calculée à partir des données FCBA et du taux d'utilisation de 40 % proposé par Alcimed.

À l'horizon 2050, le potentiel de production de panneaux est couplé au niveau de transformation de BO. Si le potentiel de transformation de BO en sciage est réalisé, la disponibilité en BI et en PCS pour la production de panneaux n'est pas limitante. Le solde est disponible pour d'autres usages, notamment une valorisation énergétique.

4.2.1.2.5 Évaluation du gisement disponible pour le bois-énergie et d'autres usages

L'Union Européenne a fixé comme objectif, à l'horizon 2020, de couvrir 23 % de sa consommation d'énergie à partir de sources d'énergies renouvelables (principalement éolien et biomasse issue de l'agriculture et de la forêt). Le bois pourrait ainsi remplir un tiers de cet objectif (UIPP, 2010). En France, le Grenelle de l'Environnement a fixé à 21 Mm³ la quantité de bois supplémentaire à mobiliser à l'horizon 2020 avec un objectif intermédiaire de 12 Mm³ (objectif non atteint).

L'Union des Industries des Panneaux de Process estime que « depuis quelques années, les industriels des panneaux de process éprouvent de plus en plus de difficultés d'approvisionnement. Pour les acteurs de l'énergie, il devient plus facile de prendre en considération les bois de trituration et les produits connexes de scierie, voire peu à peu la grume dans certains pays, que de se contenter des rémanents dont le rendement est faible au regard de leurs coûts d'exploitation (main d'œuvre, transport, transformation et stockage) », et ajoute : « l'implantation récente des acteurs de l'énergie dans certaines régions (producteurs de pellets notamment, granulés de bois de chauffage à partir de sciures) les contraint à aller de plus en plus loin pour trouver des scieries en mesure de leur vendre les produits qu'elles achetaient auparavant au plan local. Et ce en complète contradiction avec les efforts fournis par la France pour réduire ses émissions carbone... Mais jusque quand trouveront-ils en France des scieries qui leur vendront des PCS ? Pour compenser ce manque de matière, les Industries des Panneaux de Process se voient contraintes d'acheter des rondins supplémentaires (et par manque de matière, des bois de plus en plus gros) concurrençant ainsi les scieries dans leurs approvisionnements » (UIPP, 2011).

Avant que la demande en bois énergie ne commence à se structurer, les industries de la trituration avaient le monopole sur le gisement de produits connexes de scieries, les bois d'éclaircies et autres houppiers et

elles ne le souhaitent pas le voir remettre en cause. Selon l'UIPP (2011) : « Pour éviter les conflits d'usage, le bois-énergie devrait puiser uniquement dans les bois rémanents et dans les plaquettes forestières, c'est-à-dire les branches et les feuillages des bois coupés, non exploités par l'industrie et la construction, et laissés en forêt ». Pour Terracrea, cette option n'est pas acceptable, car le maintien des rémanents en forêt permet de garantir un bon niveau de qualité des sols (notamment en terme de fertilité). Des arbitrages doivent donc être faits pour partager le gisement de BIBE et de PCS de façon soutenable et selon les priorités de la société.

À l'horizon 2050, Terracrea a évalué les besoins en panneaux pour la construction et les besoins en terme d'approvisionnements. Ce besoin implique un prélèvement en forêt (BIBE) ou une utilisation de PCS très inférieure au gisement (sous réserve que le potentiel de BO soit transformé). Le solde est donc utilisable pour d'autres usages, notamment énergétiques.

Par exemple, pour le scénario « Rehab++ & BS ++ », la demande en panneaux serait de l'ordre de 6,7 Mm³ à l'horizon 2050. La production de 6,7 Mm³ de panneaux nécessiterait un approvisionnement de 12,0 Mm³ de BI et 4,3 Mt de PCS (si l'on considère que la structure d'approvisionnement des usines de panneaux est identique à 2009). En considérant que la demande en BI et PCS pour l'industrie papetière n'augmente pas, nous pouvons évaluer le solde disponible pour des usages énergétiques.

	2010		2030		2050	
	BIBE	PCS	BIBE	PCS	BIBE	PCS
Panneaux (en Mm ³)	5,3	2,8	8,7	3,8	12,0	4,7
Papiers / Cartons (en Mm ³)	6,7	2,1	6,7	2,1	6,7	2,1
Solde pour énergie (en Mm ³)	19,9	3,3	38,2	9,3	28,0	7
Solde pour énergie (en TWh)	60,1		123,1		90,6	
Total (en Mm³)	31,9	8,2	53,5	15,2	46,7	13,8

Tableau 65. Evolution du solde de BIBE et de PCS pour des usages énergétiques (en Mm³ et TWh) à l'horizon 2050 selon le scénario « Rehab ++ & BS ++ »

Ce gisement est potentiellement beaucoup plus important si l'on diminue la consommation de papier. En effet, une grande partie de la consommation actuelle de papier est liée aux prospectus et aux emballages, ce qui constitue des consommations superflues. L'European Paper Network, qui regroupe plus d'une cinquantaine d'organisations environnementales, appelle ainsi les pays européens à réduire leur consommation de papier de 50 % (European Paper Network, 2014).

4.2.1.2.6 Discussion par rapport au scénario Afterres

Le scénario Afterres 2050 prévoit une augmentation de la production biologique jusqu'en 2050 puis une stagnation. Cette hypothèse est également retenue par Terracrea, mais, face aux incertitudes liées aux changements climatiques, nous proposons de limiter cette augmentation à 143 Mm³ (soit + 10 %) au lieu de 153 Mm³ proposé par Afterres 2050.

		2010	2030	2050
Production biologique	BFT	86	102	96-105
	Totale	129	153	143-158
BO		22	29	30-32
BIBE	BI	12	16	17-18
	BE	22	41	44-50
Pertes Exploitation		6	9	9 – 10

Total Exploitation (en Mm³)	62	95	108-110
Bois énergie issu de la forêt	53,0	108,0	132,0
Connexes de scierie	12	21	24
Total ressources brutes (TWh)	65	129	156

Tableau 66. Evolution de l'exploitation forestière et des ressources brutes selon Afterres.

La récolte de BO proposée par Afterres 2050 (30-32 Mm³) à l'horizon 2050 est inférieure à celle proposée par Terracrea (34,5 Mm³). Pour Terracrea, la priorité doit être la production de BO, c'est pourquoi nous avons considéré que tout le potentiel disponible évalué par le Cemagref devrait être récolté. La récolte de BI des deux scénarios est très proche (17-18 Mm³ pour Afterres 2050 et 18,7 Mm³ pour Terracrea).

En revanche, la principale divergence porte sur le solde en BIBE et PCS disponible pour des usages énergétiques à l'horizon 2050. Ce solde est évalué à un équivalent de 156 TWh en 2050 pour Afterres et seulement 90,6 TWh pour Terracrea. En 2030, les scénarii ne divergent pas de façon significative (129 TWh en 2030 pour Afterres et 123,1 TWh pour Terracrea). L'explication principale est que le scénario Terracrea prévoit une moindre pression de prélèvement en forêt (notamment par la non-exploitation des rémanents) et une montée progressive de la capacité de transformation de bois d'oeuvre jusqu'en 2050 : en 2030, le décalage entre les deux scénarios est atténué par le fait qu'une partie de la disponibilité en bois d'oeuvre est utilisée comme bois énergie mais uniquement de façon transitoire.

4.2.1.3 Actions complémentaires à mettre en œuvre

4.2.1.3.1 Soutenir le secteur de la première transformation – notamment feuillus

L'une des hypothèses centrales de Terracrea est que la totalité du potentiel de BO soit valorisée en sciage / tranchage / déroulage. En effet, la disponibilité supplémentaire de BIBE en forêt est limitée, et la concurrence des usages est très forte, aussi, il est indispensable de développer le gisement pour répondre aux besoins (notamment énergétique) d'une société soutenable à l'horizon 2050.

La disponibilité supplémentaire de BO résineux est-elle aussi limitée ce qui signifie que l'essentiel du potentiel réside dans la transformation du BO feuillu. Or comme l'observe le Comité du Bois (2012), « depuis 25 ans, la production de sciages feuillus a diminué d'environ 30 % (en raison du recul des débouchés traditionnels – notamment le meuble massif - et de la fermeture progressive des petites scieries), tandis que celle de sciages résineux a augmenté de 50 % (du fait de la forte demande des secteurs de la construction et de l'emballage) », en concluant sur la nécessité « de mesures indispensables pour enrayer la baisse de la transformation de bois d'oeuvre feuillus (normalisation, R&D, soutien aux petites et moyennes scieries, développement de la vente directe...) ».

Alcimed (2012) rejoint cette analyse : « Au-delà des utilisations traditionnelles du bois en charpente par exemple, de nouvelles applications font leur apparition qui, à terme, doivent permettre un essor du secteur, notamment au travers d'innovations constructives, telles que l'ossature bois, la poutre en I ou la mixité des matériaux. Les innovations de marché connaissent également une expansion, avec les bâtiments R+2 et la maison en bois accessible à tous. D'autres usages du bois massif sont regroupés sous l'appellation bois reconstitué ou bois d'ingénierie. La matière première est alors modifiée afin d'offrir de nouveaux produits, possédant des capacités techniques et mécaniques équivalentes à celles du bois massif. Le bois contrecollé, présent dans les pays étrangers depuis plusieurs dizaines d'années et naissant en France, ainsi que les

panneaux à base de bois remplacent par exemple avantageusement le bois massif dans certaines applications ».

Le FCBA (2012) a réalisé une étude prospective sur les actions à mettre en œuvre pour bien valoriser le BO feuillu qui rejoint les recommandations d'Alcimed. Par exemple, dans le domaine de la charpente (qui est aujourd'hui dominé par les résineux), le FCBA souligne que d'autres pays, comme l'Italie, ont su développer des filières valorisant de façon plus efficace leur ressource, avec par exemple un produit comme la poutre « Uso Fiume », destinée aux charpentes de maisons traditionnelles. Le FCBA note que « ce type de poutre s'obtient à travers l'équarrissage qui part de la base de la poutre jusqu'à la pointe avec un arrondissement sur toute la longueur. Il est caractérisé par une bonne résistance mécanique ».



Figure 53. Poutre « Uso Fiume ».

Source : Alcimed, 2012.

Ces innovations sont indispensables pour justifier l'hypothèse Terracrea d'augmentation du taux de transformation des bois : par exemple, la valorisation des petites sections de bois par aboutage ou collage doit permettre d'augmenter le taux de transformation qui est aujourd'hui en moyenne à 50 % à environ 60 %.

4.2.1.3.2 De la nécessité de politique territoriale d'usage de la biomasse

Les tensions qui existent aujourd'hui entre les industries de la trituration et les promoteurs du bois-énergie préfigurent des conflits d'usages croissants, en l'absence de politiques publiques claires permettant d'arbitrer entre les différents usages de la biomasse.

L'une des limites de Terracrea, et de nombreux scénarios, est l'approche au niveau national qui implique un raisonnement sur des moyennes. En réalité, la situation est beaucoup plus contrastée d'une région à l'autre comme le montre l'étude de l'Ademe (2009) : dans certaines régions (Basse-Normandie, PACA ou Nord-Pas-de-Calais), le gisement disponible de BIBE serait déjà entièrement mobilisé et la disponibilité supplémentaire serait négative. L'Ademe explique ainsi que « dans ces régions, il est conseillé de retenir qu'il n'y a probablement pas de disponibilités supplémentaires, c'est-à-dire en plus des volumes mobilisés à ce jour. L'analyse détaillée des contextes techniques et économiques régionaux permettrait toutefois d'affiner ces estimations ».

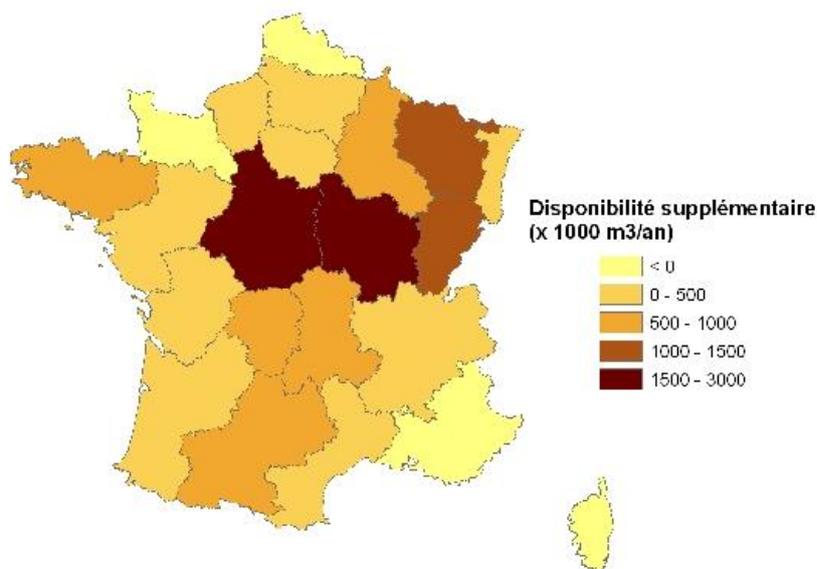


Figure 54. Disponibilité régionale supplémentaire en BIBE.

Source : Ademe, 2009.

Comme le montre cette carte, 17 régions sur 21 ont une disponibilité supplémentaire en BIBE inférieure (ou égale) à 1 Mm³/an. Or, de plus en plus de projets industriels importants se développent avec des approvisionnements en bois supérieurs à 0,1 Mm³/an, pouvant même atteindre 0,8 à 1 Mm³/an dans le cas de la conversion de la centrale à charbon vers le bois de Gardanne. Si une partie du bois devait provenir de déchets verts ou de bois en fin de vie, et d'une partie importée au démarrage, la structure d'approvisionnement prévue à partir de 2025 reposera en majorité sur des prélèvements en forêts. Ce projet risque donc de déstabiliser non seulement la région PACA, une des régions déjà en tension selon l'Ademe, mais également les régions périphériques puisque le rayon d'approvisionnement pourrait atteindre 400 km.

Au-delà des slogans sur la sous-exploitation de la forêt française, la réalité est que de nombreuses régions sont déjà en tensions et que la filière bois est très fragile. Pour Terracrea, il est donc indispensable de mettre en place, au niveau national mais aussi au niveau régional, des outils de pilotages territoriaux qui permettent d'organiser les filières, d'arbitrer entre les usages et d'éviter les déstabilisations créées par des projets sur dimensionnés. L'UIPP (2010) propose ainsi que « *l'implantation des sites énergétiques les plus importants, et particulièrement, leurs plans d'approvisionnement, doivent être étudiés par les cellules biomasses, élargies à l'interprofession (industriels, scieries, exploitants forestiers, coopératives forestières, propriétaires forestiers). Les décisions dans les différentes régions seront visées par le Préfet, et également par un coordinateur national en mesure de faire la synthèse entre les besoins des différents utilisateurs de bois, nationaux et internationaux. Ces décisions doivent être rendues publiques* ».

Pour Terracrea, le gisement supplémentaire de bois énergie en forêt étant très limité, les objectifs de développement du bois-énergie devraient être couplés à des objectifs de transformation du bois d'œuvre et de réduction de la demande en énergie. S'il est important de fixer des objectifs sur le long terme, il est aussi indispensable de mettre en place les outils de pilotage, et de suivi des indicateurs de couplage, qui permettent d'éviter des tensions entre les différentes filières.

Ces outils de pilotage devraient également être développés au niveau européen car, comme le notent plusieurs rapports, l'Europe est globalement en tension sur le bois. L'UIPP (2010) remarque ainsi : « *Selon l'étude Forest Products Annual Market Review 2009-2010, le marché global du bois en Europe s'est élevé à 446 millions de m³ en 2009, dont 346 millions de m³ pour des utilisations industrielles et 100 millions de m³*

pour l'énergie. Dans le même temps, l'augmentation de l'utilisation de la biomasse et du bois-énergie atteint + 20 % par an. Tous les pays européens sont effectivement soumis à la même échéance, même ceux qui n'ont pas de forêts ! Nos voisins (allemands, anglais, italiens, espagnols...) n'hésitent donc pas à puiser dans les ressources forestières de l'hexagone et entrent alors en concurrence avec les industriels français. Différentes études ont ainsi pointé les écarts entre le volume de bois disponible pour la biomasse en Europe et la quantité qui est nécessaire pour remplir les objectifs d'énergie renouvelable : 230 millions de m³ (McKinsey 2007) à 400 millions de m³ de bois (FAO/UNECE/Université de Hambourg) devraient manquer en Europe à l'horizon 2020 ! »

4.2.1.3.3 Réduire la demande en énergie, une condition indispensable pour limiter les conflits d'usages

L'un des principaux angles morts des politiques énergétiques actuelles, ou en discussion comme la loi de programmation pour un nouveau modèle énergétique proposée par le gouvernement, concerne la nécessité de réduire globalement la demande en énergie de façon drastique. Sans couplage entre une réduction de la demande et le développement des usages énergétiques du bois, les effets directs ou indirects seront potentiellement importants sur les forêts et les maillons les plus faibles de la filière bois. Une meilleure efficacité dans la valorisation du bois-énergie est souhaitable qu'il s'agisse de mesures concernant les ménages (programme de remplacement des foyers à faible rendement par des poêles ou des chaudières performants) ou industriels (systématisation de la cogénération). Enfin, dans un contexte déjà tendu, la perspective d'utiliser le bois comme un agrocarburant de seconde génération n'est clairement pas soutenable (LNE, 2014).

4.2.2 La biomasse agricole

La demande actuelle adressée à l'agriculture pour la fourniture de matériaux biosourcés est quantitativement marginale (voir rapport tâche I). La capacité de l'agriculture à répondre dès aujourd'hui à une augmentation très sensible de cette demande peut sembler évidente, mais une prospective à l'horizon 2050 doit prendre en compte un contexte chargé :

- saturation du territoire cultivé,
- accroissement de la population,
- menaces liées au changement climatique,
- ouverture depuis dix ans d'une demande spécifique en biomasse pour la production d'énergie renouvelable, demande qui est déjà très significative et potentiellement illimitée.

D'autre part, le secteur de la construction est l'objet depuis un demi-siècle d'une industrialisation poussée. Si la dispersion géographique des chantiers impose encore de recourir à un grand nombre d'entreprises relativement autonomes, les modalités techniques de la construction se sont profondément homogénéisées et font appel à un nombre réduit de matériaux de base – ciment, fer, verre, matières plastiques...- matériaux standardisés mis en oeuvre selon des procédés eux-mêmes standardisés, les uns et les autres encadrés dans un réseau rigide de contraintes réglementaires, de sorte que les opérateurs de la construction, concepteurs et bâtisseurs, ont beaucoup perdu en autonomie de décision et en créativité potentielle. C'est dans cette situation qu'ils font face à un effort de construction massif et quasi continu depuis plusieurs décennies, la quantité de bâtiments construits annuellement étant sans doute sans précédent dans l'histoire de notre pays.

De son côté, l'agriculture peut fournir en quantité des matériaux naturels, en particulier es coproduits de cultures nobles, comme les pailles de céréales. Mais ces matériaux ont leurs caractères propres : disponibles en quantité dispersées, de nature plus ou moins variable selon les agrosystèmes locaux, hétérogènes et mouvants quant à leurs caractéristiques techniques. Amplement validés par des usages traditionnels très anciens, ils ne se prêtent pas toujours facilement à des procédés de valorisation industrialisés et standardisés. Ils sont aussi souvent utilisables à l'état brut, sans transformation industrielle. Mais alors se pose la

question de la caractérisation de leurs possibilités techniques, de la normalisation des produits finis, de l'élaboration et de la reconnaissance de règles professionnelles pour leur mise en œuvre, toutes choses qu'exige un marché fortement (et de plus en plus) encadré par la réglementation et l'assurance. Se pose également la question de la formation des acteurs de la construction, de l'architecte à l'artisan, à l'utilisation de ces matériaux qui, bien que parfois d'un usage millénaire, ont souvent aujourd'hui le caractère de la nouveauté.

La difficulté d'une prospective à long terme dans ce domaine tient à tous ces facteurs, mais aussi à l'agriculture elle-même, entrée avec la révolution industrielle dans un cycle d'évolutions et de révolutions permanentes, soumise de la part de la société à des demandes de plus en plus pressantes et souvent contradictoires. Il serait paradoxal que la demande de matériaux de la part d'un secteur de la construction devenu plus « écologique », à l'instar des agrocarburants, ne stimule les formes d'agriculture les plus industrielles, les plus énergivores, les plus déstructurantes au plan social. D'autre part, les filières industrielles qui seraient fondées sur des produits concurrençant les produits nobles seront soumises à une incertitude chronique sur leur approvisionnement. Contrairement au bois d'œuvre qui offre à priori la meilleure rémunération à l'exploitant forestier et la plus forte valeur ajoutée à l'ensemble de la filière, les matières premières biosourcées à destination de la construction ont le caractère d'un surplus de production, éventuellement disponible si et seulement si les autres fonctions de l'agriculture sont pleinement remplies.

4.2.2.1 Hypothèses structurantes

Notre prospective sur le potentiel de production de matériaux biosourcés par l'agriculture repose sur les hypothèses suivantes :

- à rebours de l'évolution subie pendant la seconde moitié du XX^{ème} siècle, on voit revenir les principes de l'écologie scientifique au cœur de la pratique agricole et de la science agronomique. Cette évolution est déjà largement engagée, d'un côté et depuis presque un siècle par l'agriculture biologique, de l'autre beaucoup plus récemment mais de manière peut-être plus profonde par le mouvement de l'agriculture de conservation.
- de la même manière, on voit les filières économiques des produits agricoles commencer d'évoluer à rebours. Les producteurs agricoles reprennent à leur compte une part significative du stockage, de la transformation et de la vente directe au consommateur des produits agricoles. Déjà engagée pour les produits alimentaires, cette évolution s'ébauche plus difficilement sur le petit secteur des matériaux biosourcés issus de l'agriculture, mais les expériences récentes autour du ballot de paille et du chanvre-construction sont déjà riches d'enseignements à cet égard.
- le secteur de la construction évolue pour partie dans le même sens, avec le redéploiement d'un artisanat moins dépendant des fournitures industrielles, plus autonome dans ses décisions, plus à même de concevoir les bâtiments et de les construire en fonction des ressources naturelles disponibles localement et des caractéristiques du climat local.
- l'arbitrage de la répartition des produits de l'agriculture entre filières est assuré : la hiérarchie des usages est reconnue, et à défaut d'une régulation spontanée par les mécanismes économiques du marché, elle est prise en compte dans les politiques publiques d'orientation des filières.

4.2.2.2 Stratégies

4.2.2.2.1 Typologie des isolants biosourcés

Les matériaux biosourcés remplissent dans les bâtiments des fonctions multiples : structure, menuiseries, isolation, aménagement intérieur. Le bois est présent sur tous ces postes. C'est évidemment un matériau de choix pour les structures et menuiseries, tandis que ses coproduits se prêtent à la fabrication de panneaux ou d'isolants. En revanche, les matériaux fournis par l'agriculture sont tous ou presque issus de plantes her-

bacées, le plus souvent annuelles. Si leur nature biochimique est comparable à celle du bois (assemblage de cellulose et de lignine), ils contiennent moins de lignine que le bois, ne constituent guère de structures dépassant le mètre de longueur, n'ont pas la résistance mécanique du bois ni sa résistance à l'humidité. Hors usage très particulier (matière première pour panneaux, paille porteuse par exemple), ils ne sont pas de nature à remplacer le bois pour les fonctions de structure, et sont confinés à des usages en aménagement intérieur, et surtout à la fonction d'isolation. C'est donc au regard des besoins en matériaux isolants que nous évaluerons la disponibilité des matériaux biosourcés issus de l'agriculture.

Les isolants biosourcés actuellement en usages sont très divers, tant par leur nature que par leur provenance, par le prix des matières premières et des produits finis, par leurs possibilités d'applications. Il y a des granulats (chènevotte, anas de lin) et des fibres (laine de mouton, fibres courtes du lin textile, fibre du lin oléagineux...). Les granulats peuvent être facilement déposés à plat en isolation de comble. Dans les autres situations (rampant de toiture, parois verticales), ils nécessitent la réalisation de caissons ou de contre-cloisons. Les fibres se prêtent à la fabrication industrielle de panneaux semi-rigides ou de rouleaux, plus pratiques d'emploi, pouvant se poser sans caisson en sous-face de toiture, parfois s'utiliser en doublage de paroi verticale sans crainte de tassement, permettant un travail de pose rapide. Mais ces produits sont nettement plus chers que les granulats, plus chers également que les isolants minéraux ou synthétiques comparables.

La paille de céréale est un cas particulier : on peut l'utiliser en remplissage de caisson comme un granulats, on peut aussi l'utiliser en botte liée, pour le remplissage de parois ossature bois par exemple, sans traitement préalable, l'enduit ou le parement en plaques la protégeant contre le feu. Elle peut aussi donner lieu à la fabrication de panneaux comprimés. La ouate de cellulose est un autre cas particulier : une fibre courte et fragile, dont la mise en œuvre s'apparente à celle des granulats.

Selon les voies d'utilisation, les matières premières biosourcées sont mises en oeuvre brutes ou transformées, pures ou adjuvantées de colles (panneaux) ou de fibres de synthèse (pour les laines de chanvre, de lin, de mouton...). Dans ce dernier cas, les fibres synthétiques représentent couramment 20 % du poids de l'isolant, parfois plus.

Les filières se distinguent enfin par leur articulation technico-économique à la production agricole. De ce point de vue, elles se répartissent en trois catégories :

- les **filières de coproduits** : paille de céréales, résidus de lin, chènevotte, copeaux de bois, etc. On peut considérer que ces filières n'ont aucun impact sur l'occupation des sols, du fait que la production est motivée par un produit noble dont la valeur détermine et justifie le choix de mise en culture. Ces filières peuvent livrer soit des produits bruts ou peu transformés (granulats en vrac, botte de paille), soit des produits élaborés après une étape industrielle. La sécurité de l'approvisionnement est liée à la stabilité de la production - garantie pour les céréales, mesurée pour le lin, moins évidente pour le chanvre.
- les **filières de cultures dédiées** comme le chanvre-construction (chanvre mis en culture dans un but de valorisation intégrale comme matériau de construction) et le miscanthus. Si ces filières devaient prendre beaucoup d'ampleur, il est clair qu'elles empièteraient sur le domaine agricole disponible pour des productions plus nobles.
- les **filières de recyclage**, par exemple la ouate de cellulose et le textile recyclé.

Du point de vue de l'occupation des sols, et plus largement de l'impact écologique global des filières, il est clair que les filières de recyclage sont à privilégier. Leur potentiel de développement est certainement important, mais elles doivent faire face à des difficultés spécifiques : concurrence entre filières, substrat hétérogène, dispersé, plus ou moins pollué (encre dans le papier recyclé, couleurs et fibres synthétiques dans les textiles usagés), opérations complexes qu'exige la transformation en isolant standardisé. Elles nécessitent

une étape industrielle. Ces filières n'utilisent aujourd'hui qu'une petite part de la ressource théorique, et auraient à gagner à ce que leurs revendications puissent remonter, sinon jusqu'à la fabrication, au moins jusqu'à la distribution, et à ce que la collecte et le tri soient pris en charge mieux qu'aujourd'hui par les particuliers et les collectivités territoriales.

La prise en compte de cette diversité des matières premières, des produits finis, des applications et des types d'articulation entre production et usage est indispensable pour aborder l'étude des filières et la prospective sur la disponibilité des produits bruts, l'impact sur l'occupation des sols et la gestion des concurrences d'usage.

4.2.2.2 Le cadre fondamental du cycle de la biomasse

Sauvages ou cultivés, les végétaux sont les créateurs uniques et universels de biomasse. La photosynthèse génère des molécules de sucres, qui sont à la fois le combustible de la cellule végétale pour la couverture de tous ses besoins énergétiques, et la *brique élémentaire* que le végétal polymérise et modifie pour l'élaboration de tous ses tissus. L'appréciation de l'effet de la photosynthèse doit prendre en compte les deux voies, les deux « destins » qui attendent les sucres issus de la photosynthèse :

- certains seront rapidement détruits par la respiration de la plante elle-même, ou bien diffusés dans le sol par les racines (exsudation ou redéposition racinaire), pour l'entretien des microorganismes de la rhizosphère qui les détruiront aussi par leur respiration. Les quantités en cause sont difficiles à mesurer, mais les évaluations font état de taux de 10 à 90 % des sucres photosynthétisés pour le seul compartiment de l'exsudation racinaire. La durée de vie de ces sucres est très brève, de quelques secondes à quelques jours.
- d'autres seront utilisés pour l'élaboration des structures végétales et donneront la biomasse condensée, beaucoup plus stable, aux propriétés très diversifiées. La durée de vie de ces structures s'étend de quelques heures (herbe jeune pâturée et digérée par l'animal...) à quelques milliers d'années (bois des arbres les plus longévifs). Cette biomasse condensée est la seule dont l'accès est possible pour les animaux et les hommes. Son « destin » est double : consommation et destruction par respiration par les hommes et les animaux, ou bien condensation en humus par les microorganismes du sol. L'humus a la propriété de bonifier le sol et d'autoriser une meilleure croissance végétale. Il est dégradé et respiré tôt ou tard par ces mêmes microorganismes, selon un pas de temps qui va de quelques semaines à quelques millénaires.

La biomasse disponible est donc un flux (et non un gisement), issu d'un cycle qui s'auto-entretient. Ce cycle est à la fois fermé sur lui-même et ouvert, les milieux naturels pouvant supporter un taux modéré d'exportation de biomasse sans diminution trop sensible de l'ampleur du cycle. Mais la réalimentation du cycle par la restitution d'une quantité suffisante de biomasse est rigoureusement indispensable, sans quoi la formation d'humus et l'activité microbienne s'éteignent progressivement. La détermination de ce taux minimum de retour de biomasse au sol constitue un point crucial dans l'appréciation du caractère durable de toute activité de production agricole, mais elle est particulièrement délicate (voir rapport tâche 1), car elle est fonction de la dynamique complexe de l'évolution de la matière organique dans les sols.

Si la fertilité des sols est un objet de controverses depuis les origines de la pédologie, un consensus se dégage autour de l'idée qu'elle est intimement liée à l'activité biologique qui se déploie dans les sols. La matière organique dite *déchétuaire*, laissée au sol, emprunte deux voies divergentes : minéralisation et humification. Dans un premier temps, les microorganismes du sol digèrent et minéralisent les fractions les plus fragiles de la matière organique, tandis qu'ils découpent et réassemblent en humus les fractions les plus réfractaires. La minéralisation détruit instantanément la matière qui en est l'objet, en fournissant de l'énergie métabolique aux microorganismes et en libérant les nutriments contenus dans la biomasse déchétuaire, nutriments qui sont alors à disposition des plantes cultivées. A l'opposé, l'humus est stabilisé par les argiles et

confère aux sols des caractères physiques et chimiques favorables à la croissance végétale. L'humus est relativement stable : sa durée de vie dans les sols est de l'ordre, selon sa composition biochimique et les conditions qui règnent dans les sols, de quelques années à quelques siècles. Il finit par être minéralisé à son tour. Il libère alors les nutriments qu'il contient, mais cesse de jouer son rôle d'améliorateur du sol. A ce moment, les voies divergentes de la minéralisation et de l'humification convergent *in fine* dans la minéralisation complète.

La croissance des plantes demande que soient maintenues en permanence à la fois un flux de minéralisation suffisant, et la stabilité des conditions favorables induites par la présence de l'humus. L'ensemble de ces mécanismes biologiques est mis en œuvre par des microorganismes, qui par ailleurs interagissent avec la fraction minérale du sol, solubilisent et insolubilisent les minéraux, et contribuent avec l'humus à garantir le maintien des conditions physiques et des équilibres chimiques les plus favorables. Or tous ces microorganismes, ainsi que la microfaune du sol qui les accompagne, vivent exclusivement de l'énergie qu'ils tirent de la dégradation des matières organiques. C'est en définitive l'abondance et la permanence des restitutions de matière organique qui crée, entretient et restaure le cas échéant la fertilité des sols.

Ces processus sont délicats à mesurer et à prédire dans les conditions naturelles (sols forestiers, sols de prairies permanentes), et plus encore dans les sols cultivés, étant donné l'impact considérable des opérations de travail du sol sur tous les êtres vivants impliqués et sur tous les processus concernés. Le fait majeur réside dans l'accélération des processus de minéralisation (à la fois de la matière organique fraîche et de l'humus), suite au travail de sol. Cette dégradation accélérée de la matière organique profite à court terme aux cultures, du fait de la disponibilité accrue de nutriments, mais elle affaiblit le sol à moyen terme et elle engage l'agriculteur dans la nécessité d'une fertilisation compensatrice.

A ce niveau, autant les pratiques agricoles que les interprétations scientifiques divergent. Pour les uns, il s'agit de compenser les exportations de nutriments occasionnées par les récoltes, le moyen le plus simple dans un contexte où l'énergie est facilement accessible étant le recours aux engrais de synthèse et miniers. Pour les autres, il s'agit de préserver ou de rétablir autant que possible la puissance et l'efficacité de l'appareil biologique de maintien de la fertilité, au moyen d'abondantes restitutions de matière organique, qu'il s'agisse de fumiers ou d'engrais verts.

Compte tenu de la diversité des sols et des contextes climatiques, de la diversité des assolements, et surtout de la variabilité de l'intensité du travail de sol tout au long des rotations de cultures, il semble quelque peu illusoire à l'heure actuelle de déterminer de façon à la fois générale et précise un taux ou un volume de restitution de matière organique qui soit en mesure de garantir le maintien de la fertilité. Il aurait de toute façon un caractère arbitraire, nécessairement lié à un objectif de teneur du sol en matière organique. Or un taux de 2 % pourra être considéré comme suffisant si l'agriculteur peut compenser le faible niveau d'activité biologique de ses sols par les engrais et pesticides de synthèse, alors même qu'il sera jugé insuffisant pour garantir de bons résultats en agriculture biologique ou en agriculture de conservation.

4.2.2.3 La productivité avec ou sans la durabilité

Le potentiel de production et de prélèvement sur les sols est étroitement lié au mode de production. Si le changement en la matière a été considérable depuis le milieu du XX^{ème} siècle, il se poursuit aujourd'hui dans des directions nouvelles, et des convergences inattendues peuvent apparaître.

Afterres suppose d'ici à 2050 une évolution profonde, et propose en 2050 une agriculture répartie selon trois modèles : agriculture « conventionnelle », « biologique » et « agriculture intégrée », terme auquel nous préférons celui plus explicite d'« agriculture de conservation ». Les modèles « conventionnel » et « bio » sont assez connus pour n'avoir pas besoin de description, sinon pour dire qu'ils reposent tous deux, pour ce qui est de la culture des plantes à graines, sur le labour ou sur un travail de sol fréquent et relativement intense.

Le dernier modèle, celui de l'agriculture de conservation, est apparu en France dans les années 90, et s'est lentement enraciné dans les années 2000. Il est fondé sur la mise en œuvre simultanée de trois principes : non travail de sol, couverture végétale permanente et rotations longues et diversifiées (CEP, *Analyse* N°61, 2013).

Les résultats du modèle « conventionnel » en termes d'évolution des rendements bruts par culture ne sont pas douteux, mais ce modèle montre depuis longtemps ses limites et ses inconvénients. Les modèles « biologique » et « agriculture de conservation » sont en plein développement, et nous partageons avec Aferres l'idée qu'il est vraisemblable qu'ils deviendront dominants à terme. Le cadre de prospective proposé par Aferres, sous ce rapport-là, nous convient. Cependant, la juxtaposition en 2050 de ces modèles tous trois figés et identiques à ce qu'ils sont aujourd'hui ne peut être qu'une simplification, car chacun d'eux est en mouvement. Les modèles « biologique » et « agriculture de conservation » sont en concurrence autour de la revendication de leurs vertus écologiques respectives, mais ils convergent en profondeur sur la reconnaissance de la prééminence des processus naturels dans la formation et dans l'entretien du potentiel de fertilité des sols.

Appliqués rigoureusement, les trois principes de l'agriculture de conservation ouvrent la possibilité d'un contrôle suffisant des adventices sans recours aux herbicides. Ainsi on voit les agriculteurs engagés dans l'agriculture de conservation finir par passer en bio, et de plus en plus d'agriculteurs bio s'engager dans la voie du non travail de sol. Cette voie est particulièrement difficile pour eux, étant donné l'impossibilité de recourir aux herbicides de synthèse, mais les expériences probantes se multiplient. Les réseaux se croisent, et on assiste à un début de synthèse entre ces deux courants. Les surfaces concernées sont encore modestes, mais le mouvement d'appropriation de ces concepts par les agriculteurs est en marche, et il est aujourd'hui rapide.

Ces évolutions sont particulièrement importantes : elles laissent entrevoir la possibilité d'une agriculture très productive et à impact positif sur l'environnement. La quantité de biomasse générée sur un champ toujours couvert, et souvent couvert de plantes en mélange est en effet nettement supérieure à celle que produit une culture à haut rendement sur un champ qui reste nu la moitié de l'année. Quand cette biomasse n'est pas prélevée par l'homme, elle génère toujours de la vie, dans les sols et sur les sols, avec pour résultat fertilité et biodiversité.

La demande spécifique de biomasse que le secteur de la construction adresse à l'agriculture sera plus facile à satisfaire si l'agriculture évolue selon ce schéma. Cependant, qu'il s'agisse d'agriculture biologique ou de conservation, l'adoption de ces modèles est délicate et représente toujours une prise de risques. L'ambition de produire beaucoup tout en restaurant des sols appauvris par des décennies d'agriculture conventionnelle est un véritable défi. La maîtrise de ces systèmes complexes doit rester aux agriculteurs, qui pèseront soigneusement et par eux-mêmes les exportations de biomasse qu'ils estimeront possibles.

4.2.2.2.4 La production globale de biomasse par l'agriculture

Les statistiques de la production agricole permettent une approche de la quantité totale de biomasse générée par l'agriculture. Il ne s'agit pas ici d'atteindre à une grande précision, mais seulement de poser des ordres de grandeur. Nous négligerons la biomasse racinaire des plantes et limiterons notre évaluation à la biomasse épigée (produite au-dessus du sol). Par souci de simplification, nous prendrons seulement en compte trois catégories de production : les cultures de grains (céréales et oléoprotéagineux), le maïs fourrage et les prairies. Ces trois catégories occupent actuellement 27 Mha, sur les 30 Mha mobilisés par l'agriculture en France. La production de cet ensemble est constituée de récoltes (herbe, grains), de résidus de récolte (pailles, feuilles sèches, balles des grains...) qui peuvent être récoltés ou non, et de biomasse non récoltable (partie basse de la végétation des prairies). Comme Ademe 2013, nous évaluons la quantité de paille et résidus produits par les céréales au ratio de 1/1 avec le grain, ratio que nous extrapolons aux oléo-

protéagineux. Nous estimons à 20 % le taux d'herbe non récoltée sur les prairies (partie basse des plantes), et à 10 % la biomasse des chaumes de maïs-fourrage par rapport à la plante entière.

A partir des données Agreste 2010, on obtient les résultats suivants :

		<i>Mt de Matière Sèche / ha.an</i>
Plantes à graines (12 Mha)	Grain	65
	Paille et résidus	65
Maïs fourrage (2 Mha)	Récolte	18
	Chaume	2
Prairies (13 Mha)	Herbe récoltée	65
	Herbe non récoltée	13
Total (27 Mha)		228

Tableau 67. Production brute de biomasse par l'agriculture.

La quantité totale de biomasse des récoltes s'élève à 148 MtMS/an, à quoi il faut ajouter 10Mt de matière sèche (MS) de paille utilisée comme litière.

Les pailles et résidus de plantes à graines représentent à eux seuls 65 Mt MS/an, soit près de 75 Mt de matière brute (au taux d'humidité de 12 %). Ils constituent de toute évidence le flux majeur de biomasse-matériau potentiellement utilisable en construction. Afterres nous donne une prospective sur les surfaces consacrées à ces plantes, et sur leur production.

Surfaces, milliers d'ha	2010	2030	2050
Blé tendre	5 100	5 800	5 800
Orge	1 600	1 700	1 500
Blé dur et riz	400	500	500
Autres céréales	600	600	500
Total céréales à paille	7 700	8 600	8 400
Oléoprotéagineux	2 500	2 800	2 800
Maïs grain	1 700	1 500	1 000

Tableau 68. Prospective sur les surfaces occupées par les cultures de plantes à graines, selon Afterres2050.

Productions, Mt de matière brute	2010	2030	2050
Blé tendre	36,8	35,5	31,3
Orge	10,5	8,8	6,6
Blé dur et riz	2,2	2,2	2
Autres céréales	3	2,6	1,8
Total céréales à paille	52,5	48,5	41,7
Oléoprotéagineux	8,4	8	7,4
Maïs grain	15,3	12,3	8,2

Tableau 69. Prospective sur les productions des plantes à graines, selon Afterres2050.

On note une diminution sensible de la production de toutes les plantes à graines entre 2010 et 2050. Cette diminution est de 20 % environ pour les céréales, de 10 % pour les oléoprotéagineux et de près de moitié pour le maïs-grain. Elle reflète essentiellement la diminution de la quantité de grains requise pour l'alimentation animale dans le scénario Afterres. En revanche, la surface occupée augmente, et le rendement

moyen est en diminution. Pour les céréales à paille, le rendement moyen (toutes espèces confondues) passe de 6,9 t/ha en 2010 à 5,3 t/ha en 2050, ce qu'il faut attribuer au changement global de modèle technique que suppose Afterres. Ce changement de modèle affecte particulièrement le rendement des céréales d'hiver, très dépendantes de la fertilisation azotée.

De ces chiffres, nous pouvons déduire les quantités de pailles et résidus de récolte produits.

Mt de matière brute	2010	2030	2050
Pailles et résidus de céréales	52,5	48,5	41,7
Chaumes et résidus du maïs grain et des oléoprotéagineux	23,7	20,3	15,6

Tableau 70. Prospective sur la production de pailles et résidus de récolte, d'après Afterres2050.

Les chaumes et résidus du maïs et des oléoprotéagineux ne font actuellement l'objet d'aucune utilisation dans la construction. La paille de céréales a sur eux l'avantage de la facilité de pressage et de manutention, et une structure en fibre souple, résistante à la traction et à la flexion, qui la prédispose mieux à des usages variés en construction que les résidus du maïs et du tournesol. D'autre part ces derniers sont disponibles en automne et présentent un taux d'humidité nettement plus élevé que celui des pailles récoltées en été, ce qui peut compliquer le stockage, voire imposer une phase de séchage.

Bien que la rafle de maïs, la canne de tournesol et la tige de colza puissent donner lieu à une utilisation en construction, nous négligerons ces matériaux dans l'évaluation globale de la disponibilité en biomasse-construction, pour ne retenir que les résidus de céréales à paille.

Nous retenons donc les chiffres proposés par Afterres : la production brute de pailles et résidus de céréales (en Mt de matière brute).

Mt de matière brute		
2010	2030	2050
52,5	48,5	41,7

Tableau 71. Prospective sur la production de pailles et résidus de céréales, d'après Afterres 2050.

Afterres ne donne aucune prospective détaillée concernant le lin et le chanvre, et les range dans une catégorie « autres plantes industrielles » dont ils constituent l'essentiel. Ce scénario suppose une stabilité jusqu'en 2050 des surfaces (100 000 ha) et des productions de ces cultures (1 Mt/an), ce qui est leur niveau actuel. Pour notre part, nous verrons plus bas (voir § 2.2.2.5) ce qu'on peut penser de cette hypothèse.

4.2.2.2.5 Usages des produits de l'agriculture : quelle part pour les matériaux biosourcés ?

Les données d'Agreste 2010 (voir « 4.1 Cadre et hypothèses ») nous permettent de dresser le schéma de l'utilisation actuelle de la biomasse agricole.

En Mt de MS	
Alimentation humaine végétale directe	13
Alimentation animale, total	101
- Dont herbe	65
- Dont maïs fourrage	18
- Dont aliments concentrés issus de grains	18

Autres usages nobles	8
Litière d'élevage	10
Agrocarburants	3
Export (céréales)	30
Total	165

Tableau 72. Utilisations de la biomasse issue de l'agriculture, d'après Agreste 2010.

Le total de 165 Mt est en cohérence avec les 158 Mt trouvées pour la production, compte tenu des hétérogénéités de définitions ou d'assiette de calcul.

L'essentiel de la biomasse générée par l'agriculture couvre donc des besoins nobles, à l'exception d'une part des agrocarburants, d'autre part des 65 Mt de pailles et résidus de récoltes, qui ne font pas l'objet de valorisation économique mais restent dans le cycle naturel de la biomasse, dans lequel ils jouent un rôle essentiel. Qu'en sera-t-il en 2050 ?

La prospective d'Afterres propose un changement majeur : une forte substitution dans la ration alimentaire humaine des produits animaux par les produits végétaux. De ce fait la part considérable des récoltes de grains orientées aujourd'hui vers l'alimentation animale diminue très fortement, tandis que s'accroît la part de grains consommée directement par l'homme. Un important flux d'exportation se maintient, la récolte totale de grain reste à un niveau proche de l'actuel, et les surfaces de ces cultures augmentent légèrement. En 2030 comme en 2050, la France produit toujours beaucoup de pailles et de résidus de récoltes.

Selon Afterres, nous avons donc atteint un plateau en termes de production brute de biomasse végétale par l'agriculture française. La surface affectée à l'agriculture va subir une baisse légère, les rendements des grains devraient diminuer, la production brute diminue légèrement. Face à une démographie croissante, à l'impératif de réduire l'impact écologique de l'agriculture et au souci de maintenir l'autonomie alimentaire du pays, l'équilibre ne tient que grâce à la mutation du régime alimentaire. C'est une hypothèse commode et séduisante mais cela reste une hypothèse, dont Afterres ne dit pas comment elle va se réaliser. Cette évolution peut sembler assez vraisemblable, elle est d'ailleurs déjà amorcée, mais si elle est insuffisamment marquée, la filière alimentaire tout entière entrera en tension.

Dans ce contexte, deux choses sont claires :

- Les filières nouvelles et exigeantes ne peuvent se développer que dans les marges, même si celles-ci peuvent paraître conséquentes au premier abord.
- Pour la fourniture de matériaux de construction, il est préférable de privilégier les filières de coproduits ou de recyclage que les filières de cultures dédiées, ou à fortiori celles qui seraient fondées sur les grains et fourrages.

En face des 230 Mt de biomasse totale et des 150 Mt de récoltes produites par l'agriculture, la quantité totale d'isolants biosourcés utilisés en 2010 (hors panneaux de bois) est de l'ordre de **150 000 t**. Pour les deux-tiers, il s'agit d'anas de lin destinés essentiellement à la fabrication de panneaux composite anas/bois. Dans le tiers restant, la ouate de cellulose (indirectement issue du bois par l'intermédiaire du papier recyclé) est largement dominante. Hors anas de lin, la quantité cumulée d'isolants issus de l'agriculture (pailles de céréales, fibre courte de lin, résidus de chanvre, laine de mouton...) est d'environ 20 000 t (Nomadéis, 2012). Par ailleurs, ces isolants biosourcés représentent en 2010 entre 7 % et 10 % du marché des isolants (OPEN, 2014).

Pour une performance identique en isolation thermique, les quantités requises fluctuent assez largement selon les matériaux. Mais même en supposant de recourir aux plus pondéreux, même en prenant des hypo-

thèses très ambitieuses de substitution des isolants conventionnels par les biosourcés, les quantités requises en 2030 et 2050 sont de toute façon minimales devant les ressources brutes produites. D'autre part, par rapport à ceux fournis par l'agriculture, les isolants issus du recyclage (ouate de cellulose) et du bois ont déjà conquis une part de marché significative. Leurs filières sont bien établies, et ils sont à peu près les seuls à pouvoir rivaliser en termes de prix avec les isolants minéraux ou synthétiques.

Notre prospective montre que la ressource ne devrait pas leur manquer, même dans des scénarios ambitieux (voir rapport Tâche 2). Le simulateur Terracrea nous permet de tester deux scénarios dans cette optique :

- le scénario « BS +++ », qui suppose un taux de 75 % d'isolation en matériaux biosourcés pour les logements, neuf et rénovation. Dans ce scénario, la répartition entre isolants se fait au pro-rata de leur utilisation actuelle. Le besoin total en 2050 est de 435 000 t.

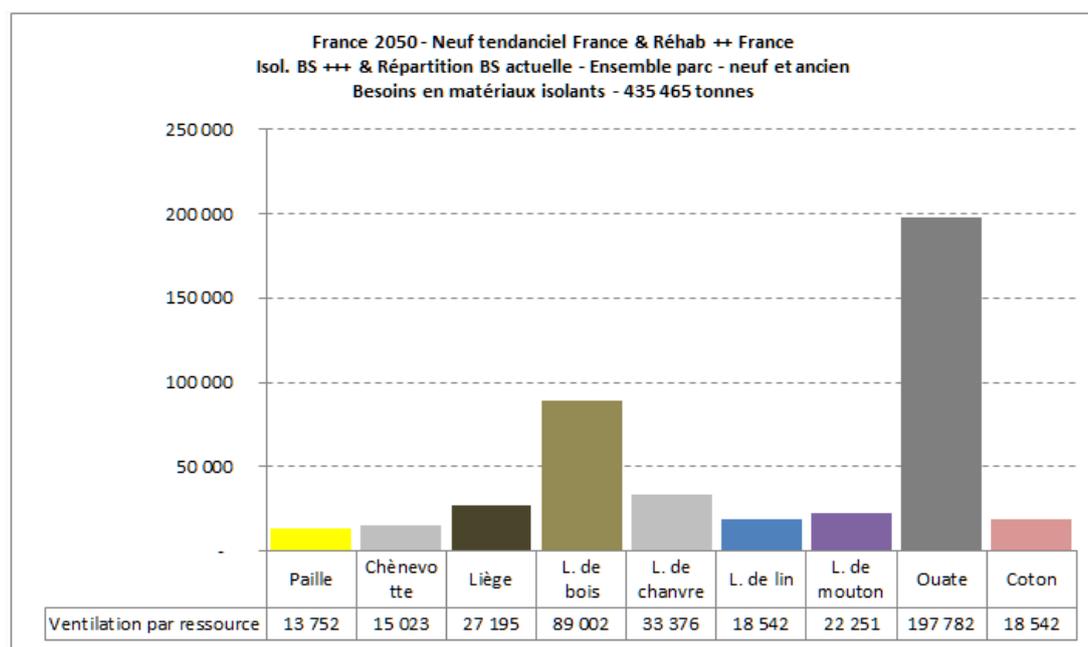


Figure 55. Simulateur Terracrea – Besoins en isolants biosourcés en 2050 dans le scénario « BS+++ ».

- Le même scénario, avec l'option « Paille ++ », qui tient compte des limites de disponibilité des isolants BS. A pouvoir isolant égal, la paille étant plus dense et plus lourde que les autres matériaux, le besoin total en 2050 atteint 1 330 000 t, dont 1 Mt pour la paille seule.

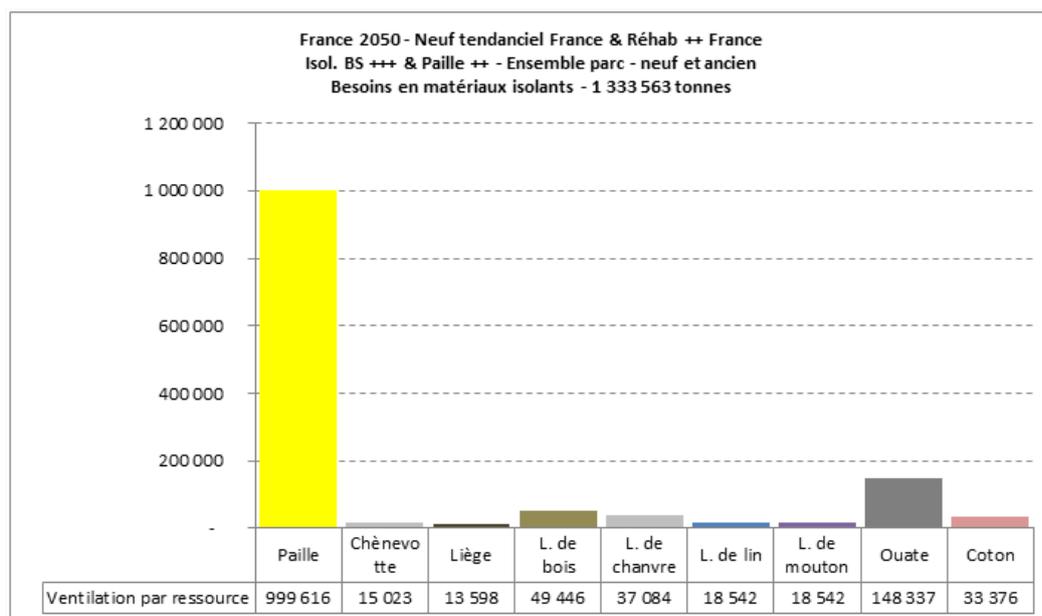


Figure 56. Simulateur Terracrea – Besoins en isolants biosourcés en 2050 dans le scénario « BS+++ », option « Paille ++ ».

Au contraire du bois d’œuvre, on peut dire qu’au niveau national la disponibilité brute en biomasse d’origine agricole pour la fourniture d’isolants biosourcés est globalement non limitante tant que la demande ne porte que sur des coproduits des cultures de grains ou de produits nobles.

Pour autant, cette disponibilité n’est nullement garantie pour chacun des matériaux concernés, chaque filière se présentant à cet égard sous un jour original. Et à un niveau régional, la situation est très contrastée, en fonction de l’orientation de l’agriculture régionale et de l’implantation géographique des unités de transformation industrielles (voir le cas de l’Ile-de-France dans « **Partie 4 : Matériaux biosourcés en Ile-de-France** »).

4.2.2.2.6 Filières : des potentiels très différenciés

Nous reprenons ici, afin de poser pour chacune d’elles des éléments de prospective, la liste des filières étudiées dans la partie 1 : paille de céréale, lin, chanvre (fibre et chènevotte), laine de mouton, liège, ouate de cellulose, coton recyclé et miscanthus.

4.2.2.2.6.1 La paille de céréales

La détermination de la quantité de paille réellement disponible pour la construction doit prendre en compte deux contraintes majeures :

- L’élevage mobilise une importante quantité de paille pour les besoins de litière : 11 Mt/an (Agreste 2008) ;
- Le maintien d’un taux minimum d’humus et d’un niveau minimum d’activité biologique dans le sol impose de restituer suffisamment de biomasse au sol après la récolte.

L’évolution de la quantité de paille requise comme litière est liée à la fois au nombre des animaux élevés et au mode d’élevage. Les élevages les plus extensifs consomment peu de litière, les animaux pâturant à

l'extérieur la plupart du temps. Les élevages intensifs sont souvent gros consommateurs de paille – les animaux passant leur vie entière sur la litière -, mais parfois aussi ils n'en consomment pas du tout, les animaux séjournant sur des aires bétonnées ou des caillebotis.

Afterres prévoit à la fois une diminution très forte du nombre d'animaux, et une diminution très sensible de l'élevage intensif au profit de productions plus extensives (sous label de qualité notamment), ce qui se traduit par une augmentation du temps que les animaux passent au pâturage.

	2010	2030	2050
Porcs	8 400	7 300	5 500
Volailles	160 000	145 000	120 000
Bovins (vaches allaitantes et laitières)	8	5,4	2,6

Tableau 73. Prospective sur l'évolution du cheptel selon Afterres2050.

Globalement, ces évolutions ne peuvent se traduire que par une baisse sensible de la demande en paille requise pour l'élevage.

Cependant au niveau local, et dès aujourd'hui, la disponibilité n'est pas garantie, à cause de la spécialisation régionale des productions, les zones d'élevage étant déficitaires en paille, qu'elles importent depuis les bassins céréaliers les plus proches. A contrario, elles sont excédentaires en fumiers.

Toute évolution dans le sens d'une réintégration de la céréaliculture et de l'élevage et d'un retour à un équilibre entre céréales et élevage à l'échelle régionale aura un effet positif sur la disponibilité en paille. Cet équilibre retrouvé aurait aussi d'autres effets, celui d'offrir aux éleveurs la possibilité de tirer quelques fourrages des terres à céréales, à partir des couverts intermédiaires en particulier, et il permettrait un retour au sol plus efficace des fumiers, lequel autoriserait d'exporter davantage de paille des champs de céréales.

Concernant la paille requise pour le retour minimum au sol, nous estimons l'évaluation précise des quantités de paille en cause comme un point non résolu à l'heure actuelle (voir § 2.2.2.1). L'agriculture de conservation, en augmentant très sensiblement la quantité de biomasse totale produite sur chaque parcelle, autorise a priori à augmenter le taux d'exportation des pailles sans menace sur la fertilité du sol. Mais à l'agenda de l'agriculture pour les prochaines décennies nous semble devoir figurer l'objectif de restaurer le statut humique des sols cultivés, ce qui impose à l'agriculture de minorer les exportations de biomasse tout le temps que durera cette restauration.

En dépit de ces difficultés, nous disposons de deux évaluations de la disponibilité nette actuelle en paille, toutes deux prenant en compte la nécessité du retour au sol et la demande de paille par l'élevage.

Sur la base d'un avis d'expert, Nomadéis (2012) avance pour la paille disponible le chiffre global de 3 Mt/an

(voir « **Partie 1 : Etat des lieux. Ressources et besoins** »). Mais ce chiffre, relativement prudent, ne prend pas en compte le changement en cours vers le modèle de l'agriculture de conservation. De son côté, Ademe (2013) s'appuie sur des avis d'experts de l'agriculture de conservation. Selon eux et dans ce modèle, il serait possible de prélever sans danger jusqu'à 50 % de la biomasse totale produite, racines + tiges + grain. Au terme d'un calcul prenant en compte les usages pour la litière, le retour au sol d'une partie des fumiers et des digestats de méthanisation, cette étude avance le chiffre de 8 Mt/an de paille disponible pour la méthanisation. Ce chiffre doit s'interpréter en tenant compte du fait que ces 8 Mt/an sont supposées subir la méthanisation, et les digestats revenir aux champs de céréales.

Pour 2010, les 3 Mt de la première évaluation représentent 6 % de la paille entière produite, et les 8 Mt de la seconde en représentent 15 %, dans les deux cas après couverture du besoin en litière. Ces chiffres fixent un maximum disponible pour la satisfaction de toutes les filières qui se fonderaient sur la paille, qu'il s'agisse d'énergie (combustion, méthanisation, transformation en carburant...) ou de tout autre usage.

Nous proposons de considérer comme possible le prélèvement de **10 %** de la paille entière produite, étant entendu que ces 10 % sont à partager avec toutes les filières demandeuses, en particulier avec la fourniture d'énergie. A ce taux, le flux de paille disponible serait de 5,2 Mt/an en 2010, 4,8 en 2030 et 4,2 en 2050. En tenant compte d'une certaine diminution de la demande de paille en élevage, nous proposons d'établir à **5 Mt/an** le flux de paille disponible, d'aujourd'hui à 2050.

4.2.2.2.6.2 Le lin

Nomadéis 2012 montre clairement que la filière actuelle de lin-construction, non négligeable quantitative-ment, est entièrement fondée sur les coproduits du lin-fibre et accessoirement du lin-huile. Les produits nobles procurent plus de 80 % du chiffre d'affaire de la filière, tandis que le marché de la construction n'y contribue que pour 4 %. Les surfaces semées annuellement dépendent étroitement du rapport de prix sur le marché entre les productions alimentaires ordinaires et la fibre textile. Le lin-construction est une filière de coproduit. Les anas sont disponibles pour tous usages en vrac et béton végétal, et sont abondamment utilisés en panneaux compressés, structurés par de la fibre de bois. Les fibres courtes du lin textile et la totalité de la fibre du lin oléagineux sont disponibles pour la fabrication de panneaux souples et de laines isolantes.

Aujourd'hui cette filière est suspendue à l'activité des filatures et industries de confection chinoises, qui achètent le lin en France. Le taux d'utilisation des coproduits du lin semble assez élevé (Nomadéis 2012), plusieurs filières se les partagent (litière, paillage horticole, construction...).

Concernant le lin-huile, on peut faire à minima l'hypothèse d'un maintien de l'huile de lin dans ses usages, et même d'un certain développement. Les coproduits provenant du lin-huile resteraient donc disponibles, mais cette production reste relativement marginale.

Concernant le lin textile, il faut rappeler la place de cette culture en France au XIX^{ème} siècle : 350 000 ha, pour la fourniture du marché intérieur de l'habillement et pour un peu d'exportation vers les pays voisins. C'est plus du triple de sa surface actuelle, pour une population moitié moindre qu'aujourd'hui.

Toute prospective sur la disponibilité future des coproduits du lin textile est subordonnée à des hypothèses sur le marché du textile, où le lin est toujours dominé par la fibre de synthèse et le coton, sur un marché complètement mondialisé. Sur ce marché, le statu quo laisse une place au lin français, mais vouée aux caprices des acheteurs eux-mêmes dépendant d'aléas multiples. Il est difficile de fonder une filière stable dans ces conditions. En revanche dans l'éventualité de la renaissance d'une filière lin textile complète sur le territoire national, selon la part de marché que cette filière parviendrait à prendre, les coproduits pourraient être très abondants.

La renaissance de cette filière aurait le mérite de contribuer à nous affranchir de la dépendance envers les matières plastiques, et de générer une très forte valeur ajoutée, sur la base d'une surface agricole raisonnable. Elle pourrait être initiée par la montée du mouvement de « consommation responsable », de la part de consommateurs qui accepteraient de payer plus cher leurs vêtements, ou bien provenir d'obstacles mis sur le chemin de la fibre synthétique (une action politique coordonnée pour diminuer l'impact des matières plastiques de synthèse), ou encore d'une défaillance de l'approvisionnement en coton. Ce dernier ne semble pas menacé à court terme, mais pourrait le devenir dans le cas d'une crise mondiale sur le marché du grain.

En l'absence de signes tangibles d'une telle renaissance, nous estimons prudent de considérer que la disponibilité fiable en coproduits du lin restera jusqu'en 2050 du même niveau qu'aujourd'hui : environ 40 000 t/an de fibres courtes et 160 000 t d'anas. En cela nous rejoignons Aferres, qui ne prévoit pas d'augmentation notable des surfaces consacrées à cette culture.

4.2.2.2.6.3 Le chanvre

Le constat établi à propos du lin vaut aussi, avec quelques nuances, pour le chanvre. Cultivé sur près de 200 000 ha en 1850, pour les besoins de l'habillement, du linge de maison, de la corderie et des voiles de marine, sa culture a décliné comme celle du lin et pour les mêmes raisons, mais alors que le lin a connu un redressement net à partir des années 1950 du fait de la demande de fibre naturelle de qualité sur le marché mondial, le chanvre ne s'est pas relevé, et stagne actuellement à un niveau très bas, sur la base d'une demande étroite et très spécialisée (papeterie spéciale, fibres techniques...). C'est cette demande qui motive la mise en culture. Comme pour le lin, à moins de voir renaître une filière chanvre textile complète sur le territoire national, on voit mal comment la disponibilité en coproduits pour la construction pourrait augmenter sensiblement à l'avenir.

Cependant, depuis une vingtaine d'année, plusieurs initiatives ont vu le jour en vue de développer la culture du chanvre pour un usage intégral de la plante en construction, en valorisant la chènevotte comme granulats, et la fibre en panneaux ou laines isolantes. Les surfaces cultivées en 2010 dans cet objectif sont minimes, de l'ordre de 2 à 3 000 ha, et représentent 20 % du total des surfaces en chanvre (Nomadéis, 2012). Mais cette filière est handicapée par la nature du chanvre lui-même, dont la tige rigide et coriace est difficile à faucher et à défibrer, et par le processus industriel nécessaire à l'usage de la fibre en construction, processus qui renchérit le produit fini.

L'avenir des filières lin-construction et chanvre-construction est incertain. La perspective de substituer des fibres naturelles aux fibres minérales et aux isolants de synthèse a fait naître dans les années 90 et 2000 un enthousiasme certain et légitime, que plusieurs prospectives optimistes ont encouragé, telles celle de Ernst&Young / Ademe 2005, qui estimait que la laine de chanvre pouvait faire 10 000 t en 2010, ou celle de Ademe / FRD 2005 qui prévoyait que la construction pourrait absorber en 2015, chanvre et lin confondus, 340 000 t de fibres et coproduits correspondant à une surface cultivée de 190 000 ha. La situation actuelle est la suivante :

Cultures	Superficie développée (ha)		Production récoltée, fibre + granulats (tonne)	
	2012	2013	2012	2013
Chanvre papier	9 188	7 719	72 684	57 212
Chanvre textile	2 821	3 394	16 296	25 336
Lin textile	67 432	60 755	470 544	443 629
Total	79 441	71 868	-	-

Tableau 74. Lin et chanvre, surfaces et productions.

Source : Agreste 2012-2013.

Les bassins de production de chanvre orientés vers les usages nobles de la fibre (papeterie, matériaux composites...) préexistaient à la demande de chanvre-construction, et ils se maintiennent tant bien que mal, tandis que les projets récents fondés sur l'utilisation intégrale du chanvre comme matériau de construction ont

bien du mal à aboutir. En témoignent les échecs récents des tentatives d'Agrofibre et de Start Hemp en Midi-Pyrénées.

Pour le lin comme pour le chanvre, les industries des laines isolantes n'ont pas la compétitivité suffisante en termes de prix face aux isolants minéraux et synthétiques pour pouvoir offrir un prix d'achat de la matière première qui soit à même de stimuler durablement la production. Sur le secteur de la construction, à moins d'une intervention politique volontariste visant à bannir les laines isolantes minérales et le polystyrène, les filières laine de chanvre et laine de lin ont un potentiel de développement limité. Les coproduits du lin et du chanvre, c'est-à-dire essentiellement les granulats – chènevotte et anas –, sont plus compétitifs. Ils resteront disponibles, en quantité indexée sur la production de fibre, elle-même dépendante de la conjoncture assez aléatoire des marchés du textile et de la papeterie spécialisée.

Pour ces raisons et comme pour le lin, nous estimons que la disponibilité fiable en produits du chanvre pour la construction ainsi que les surfaces affectées à ces productions se maintiennent jusqu'en 2050 à leur niveau de 2010, soit 3 000 t de fibre et 30 000 t de chènevotte (Nomadéis, 2012).

4.2.2.6.4 Le liège

Les produits de construction en liège sont issus du liège mâle ou de rebuts de la récolte de liège femelle, lequel est en principe récolté pour la fabrication de bouchons. La filière liège-construction est une filière de coproduit doublée d'une filière de recyclage des bouchons usagés. Son avenir dépend du marché du bouchon, sur lequel le liège est aujourd'hui concurrencé par le plastique. Pour l'heure, les produits de construction en liège utilisés en France sont quasiment tous importés (du Portugal, d'Algérie, d'Espagne, ...). Ni la production française, ni les quantités utilisées dans la construction ne sont connues avec précision.

La surface actuelle des plantations est de 65 000 ha (en 2005, IFN, cité par l'Institut Méditerranéen du liège), mais ce chiffre couvre des réalités disparates, depuis le peuplement pur et entretenu jusqu'à des couverts mélangés et/ou négligés où le chêne-liège peut être très minoritaire. L'IML avance le chiffre de 5 à 7000 t/an de liège femelle récolté en France. Les quantités cumulées de liège mâle et de rebuts du liège femelle sont du même ordre de grandeur que celles du liège femelle, ce qui fait que le flux disponible de liège de second choix d'origine française pour la fabrication d'isolants pourrait être de l'ordre de 5 000 t/an actuellement.

La surface plantée en chêne-liège était de 150 000 ha en 1890, et le rendement de 50 à 100 Kg/an de liège femelle, pour une production annuelle de 25 000 à 50 000 t de liège femelle (Lamey, cité par Dugelay). Une relance efficace de la subéraie française qui ramènerait la production de liège à ce niveau de 1890 permettrait de fournir entre **25 000 et 50 000 t** de matière première pour des applications autres que la bouchonnerie. Mais cette relance est particulièrement difficile pour des raisons nombreuses et très différentes :

- état actuel médiocre des plantations après un demi-siècle de négligence ou d'abandon,
- longueur du cycle d'exploitation (une dizaine d'année avant la récolte du liège mâle, puis 12 à 15 ans entre chaque récolte de liège femelle),
- opérations de récoltes souvent faites sans soin suffisant et au détriment de la santé des arbres, par une main d'œuvre mal formée et par des propriétaires parfois trop sensibles à des effets d'aubaine qui naissent sur un marché international chaotique,
- sensibilité des arbres aux incendies et à de nouveaux parasites, etc.

La relance supposerait non seulement de reprendre l'entretien des subéraies à l'abandon ou mal gérées, mais de replanter une surface de près de 100 000 ha. Il faudrait pour cela des circonstances motivantes et stables sur le long terme, tant pour les planteurs que pour les industriels, circonstances qui ne semblent pas réunies aujourd'hui. C'est dommage, car c'est une substance aux propriétés uniques (isolant imputrescible et très durable, résistant à la compression) qui la rendent très attrayante pour des usages bien particuliers

en construction, et dont le mode de production mi-forestier, mi-agricole est très attrayant aussi d'un point de vue écologique.

Par conséquent un scénario de prospective est difficile à établir. Ce matériau peut se développer dans la construction sans risque de peser sur l'occupation des sols, mais il semble vraisemblable que s'il le fait, ce sera au profit de produits d'importation. Dans le meilleur des cas, le liège-construction d'origine française disposerait à long terme d'un flux de matière première de **25 000 t/an**, sans doute pas davantage dans la mesure où dans cette hypothèse, les plantations seraient mieux gérées et la proportion de rebut serait moindre qu'aujourd'hui.

4.2.2.2.6.5 La laine de mouton :

Chaque année, les 8 millions de moutons français génèrent environ 8 000 t de laine lavée, dont la moitié est dirigée aujourd'hui vers la construction, à défaut de destination plus noble, car ce débouché valorise très mal le produit (voir tâche 1). C'est une filière de coproduit, sans impact sur l'occupation des sols ni sur la disponibilité des produits alimentaires. Cette filière est aujourd'hui marginale et le restera, si même elle ne disparaît pas, dans l'hypothèse par exemple où la laine retrouverait quelque peu son rôle d'antan comme textile. Afterres prévoit d'ici à 2050 une augmentation de moitié du cheptel ovin, qui passerait donc à 12 millions de têtes.

Selon nos hypothèses, aux horizons 2030 et 2050, la disponibilité en laine pour la construction est donc plafonnée autour de **5000 t** de laine lavée. Son maintien dans cet usage n'est pas assuré.

4.2.2.2.6.6 Le miscanthus

Le miscanthus est apparu il y a une vingtaine d'années dans une série de plantes à fort potentiel de production de biomasse (Ademe/ITCF 1998). Cette série comprend des plantes alimentaires ou fourragères (blé, colza, sorgho, luzerne, mélilot...), des arbres cultivés en taillis à courte rotation (peuplier, saule, robinier...) et des plantes herbacées annuelles ou pérennes cultivées ou spontanées, sans intérêt alimentaire, mais potentiellement intéressantes pour leur production de biomasse (miscanthus, phalaris, canne de Provence...). Ces plantes ont suscité de l'intérêt dans une perspective de production d'énergie.

Comme le montre le relevé de l'Ademe/ITCF, le pouvoir calorifique de toutes ces productions est très proche (Pouvoir Calorifique Inférieur compris entre 15 000 et 18 000 kJ/kg MS), et leur rendement en matière sèche à l'ha est également assez proche, dans une fourchette de 10 à 20 t MS/ha. Or ce rendement en biomasse/ha est du même ordre que celui des cultures annuelles alimentaires comme le blé (7 t de grain + 7 t de paille = 14 t de biomasse). On est donc devant le choix de dédier une surface productive à la production d'énergie, ou de prélever les coproduits de cultures alimentaires établies sur le double de cette surface, sans impact direct sur la production ni sur l'usage des grains. L'avantage global des cultures énergétiques dédiées s'évanouit devant ce constat, excepté si elles sont établies sur des terres marginales à faible potentiel (mais dans ce cas leur rendement est diminué), ou sur des sols pollués où leur implantation peut trouver du sens.

Sur les sols cultivés en agriculture de conservation, l'avantage des cultures énergétiques dédiées diminue encore : la production totale de biomasse y est très élevée, et la possibilité de prélèvement y est accrue par rapport aux sols cultivés en agriculture conventionnelle.

Le caractère vivace du miscanthus peut être vu comme un avantage : pas de frais de mise en culture chaque année, très peu d'entretien.... Cet avantage a son revers car c'est un facteur de rigidité : pour l'agriculteur, la réussite de la culture repose sur une valorisation correcte du produit pendant toute la durée de la culture (15 à 20 ans), faute de quoi les frais d'installation, non négligeables, sont difficiles à amortir.

Le miscanthus-construction s'inscrit dans les filières de cultures dédiées. Il peut sans aucun doute fournir des matériaux pour la construction, sous la forme de granulats ou de pailles entières, analogues aux pailles de céréales. Mais sur ce marché il devra faire face à la concurrence de ces pailles, et on voit mal comment il pourrait l'emporter sur un coproduit disponible sans difficulté après une récolte de grain.

L'avenir de la filière miscanthus-énergie est incertain, mais plus encore le développement de son usage en construction. Le simulateur Terracrea ne prend pas en compte cette filière.

4.2.2.2.6.7 Le coton recyclé

Le flux de disponibilité théorique est conséquent : 700 000 t/an de textiles usagés dont 430 000 t collectées et 125 000 t triées en 2010 pour être destinées en majorité au réemploi (voir tâche 1). La quantité de coton recyclé orientée vers la fabrication d'isolants est aujourd'hui minime (2 à 3 000 t/an selon Nomadéis 2012). Elle est susceptible d'augmenter notablement à l'avenir, mais il s'agit d'une activité complexe devant résoudre des problèmes nombreux (problème du mélange avec des fibres synthétiques, entre autres), au prix de manipulations astreignantes et coûteuses en main d'œuvre. Un retour généralisé aux textiles naturels changerait sans doute la donne.

A défaut, une discipline de filière intégrant tous les intervenants – producteurs, utilisateurs, consommateurs, pouvoirs publics - pourrait sans doute permettre d'augmenter notablement le taux de recyclage d'une matière dont la disponibilité est très stable et sûre, et dont l'impact sur l'occupation des sols et la disponibilité en aliments est nul. Mais le contexte actuel – beaucoup de fibres synthétiques dans l'habillement et souvent mélangées aux fibres naturelles, opérateurs dispersés sur toute la planète et ne répondant qu'aux injonctions du marché mondial - n'incite pas à l'optimisme quant à la possibilité de voir régner cette discipline.

D'une manière un peu arbitraire, nous estimons la disponibilité du coton recyclé pour la construction à 20 000 t en 2030 et 50 000 t en 2050.

4.2.2.2.6.8 La ouate de cellulose

Cette filière de recyclage a la particularité d'être fondée sur un produit notoirement gaspillé aujourd'hui, le papier. La production de papier peut être amenée à diminuer, ce qui diminuerait d'autant le flux de ressource brute à la disposition de la filière. Mais étant donné les quantités en cause – 8,3 Mt de papier produit et **9,5 Mt** consommé en 2009, pour **40 000 t** de ouate produite, cette filière dispose d'une ressource théorique très abondante.

On peut penser que moyennant une discipline de filière, il serait possible de faciliter la collecte, le tri et le retraitement du papier usagé, et d'améliorer notablement le taux de recyclage. Cette discipline serait sans doute moins difficile à mettre en place sur cette filière que sur celle du coton recyclé. Elle viserait à raisonner à la production l'usage des encres et produits d'apprêt par les producteurs de papier de façon à fournir au recyclage des papiers « propres », et à améliorer l'efficacité et l'équilibre économique de la collecte en mobilisant un potentiel social -individus, associations, entreprises d'insertion. Etudiant les modalités d'approvisionnement des entreprises de fabrication de ouate de cellulose, Nomadéis (2012) signale le « mode d'approvisionnement via les associations locales », où on peut voir une ébauche de cette organisation de filière.

Ceci étant, la filière de la ouate fait face dès aujourd'hui à une concurrence sur la ressource, avec la filière tout aussi légitime du papier recyclé. Le développement harmonieux de ces deux filières demande une approche globale.

En tout état de cause, le flux de ressource est important pour la ouate de cellulose, son usage actuel bien établi et compétitif. En tant que filière de recyclage et sous la réserve d'une gestion concertée de la ressource avec la filière du papier recyclé, elle doit être privilégiée, d'autant que la valorisation énergétique des vieux papiers ou que leur retour au sol ne sont pas des alternatives attractives.

D'une manière aussi arbitraire que pour le coton recyclé, nous estimons possible le développement de l'usage de la ouate de cellulose comme isolant jusqu'à 80 000 t en 2030 et 200 000 t en 2050.

4.2.2.2.7 Synthèse : prospective sur la disponibilité

	Usages en construction en 2010*	Disponibilité			Commentaire
		2010	2030	2050	
Paille de céréales	3 000 t*	5 Mt	5 Mt	5 Mt	Non limitante, sous réserve de développement mesuré des usages énergétiques
Lin, fibres courtes	1 000 t*	40 000 t*	40 000 t	40 000 t	Développement possible en cas de relance des filières textiles
Lin, anas	100 000 t*	160 000 t*	160 000 t	160 000 t	
Chanvre, fibre	3 000 t*	3 000 t*	3 000 t	3 000 t	
Chanvre, chènevotte	9 000 t*	30 000 t*	30 000 t	30 000 t	
Liège (d'origine française)	?	5 000 t	10 000 t	25 000 t	Sous réserve de relance ambitieuse de la production
Laine de mouton	4 000 t*	5 000 t	5 000 t	5 000 t	
Coton recyclé	3000 t*	-	20 000 t	50 000 t	Sous réserve de disciplines de filières efficaces
Ouate de cellulose	40 000 t*	-	80 000 t	200 000 t	

Tableau 75. Prospective sur la disponibilité des matières premières (hors bois) pour la production d'isolants biosourcés.

* : Source Nomadéis 2012. Les autres chiffres sont des estimations Terracrea.

Les limites à la disponibilité de la plupart des matériaux sont bien apparentes. Elles conditionnent fortement les scénarios prospectifs. Pour tous les scénarios tant soit peu ambitieux de substitution des isolants conventionnels par les biosourcés, la paille de céréales semble le matériau le plus à même d'offrir une disponibilité importante.

4.2.2.2.8 Le potentiel des arbres hors forêts

La reconstitution partielle du maillage bocager et l'adoption de l'agroforesterie sur une part de la surface agricole peuvent générer une nouvelle ressource en bois. L'essentiel de cette nouvelle ressource sera constitué de bois énergie, mais les arbres agroforestiers sont souvent plantés dans un objectif de production de bois d'œuvre, et fourniront à terme un appoint à la production forestière.

Afterres fait l'hypothèse d'un doublement du linéaire de haies rurales d'ici en 2050, qui passeraient de 700 000 km en 2010 à 1,5 millions de km en 2050. La productivité des haies rurales est estimée à 3,2 m³ de bois d'industrie et bois énergie (BIBE) et 1,8 m³ de menu bois par km et par an (Ademe 2009), soit environ 2

t de BIBE et 1 t de menu bois par km et par an. L'ajout de 800 000 km de haies fournit donc en 2050 une ressource supplémentaire de 2,4 Mt de bois énergie, si les menus bois sont prélevés intégralement.

La surface actuellement plantée en agroforesterie est de l'ordre de 10 000 ha. Afterres prévoit son adoption sur **10 % de la SAU française, soit sur 3 Mha**.

Certaines plantations agroforestières se font actuellement dans un objectif de fourniture de bois énergie. Celles dont l'objectif est la production de bois d'œuvre ont recours à une gamme d'arbres dont le cycle de production s'étale de vingt ans (peuplier) à plus de soixante (noyer). Le chiffrage du bois d'œuvre rendu disponible à l'avenir par ces plantations est délicat, mais Afterres propose pour 2050 le chiffre de 0,3 t de bois fort généré sur un hectare « agroforestier », soit une production totale de 390 000 t/an sur les 3 millions d'ha plantés. Il s'agit là de la production de bois sur pied et non de bois immédiatement disponible, car la mise en place de ces 3 Mha d'agroforesterie ne peut être que très progressive, et compte tenu de la longueur des cycles d'exploitation, la disponibilité supplémentaire en bois d'œuvre ne sera pas vraiment significative à l'horizon 2050, raison pour laquelle nous n'avons pas intégré cette ressource dans notre prospective.

4.2.2.2.9 Les productions semi-spontanées des zones humides

Outre sa fonction de production, l'agriculture est gestionnaire de l'essentiel de l'espace rural. Dans les zones humides, les fonds de vallées et les plaines alluviales, la reconstitution d'un cloisonnement végétal des parcelles au moyen de plantes adaptées et gérées dans une logique de semi-spontanéité, sans intrants chimiques et sans contrainte lourde d'entretien, peut donner lieu à la production de matériaux spécifiques, parmi lesquels les osiers, les roseaux et le bambou.

Les osiers étaient cultivés sur 80 000 ha au XIX^{ème} siècle (Larousse agricole 1920), essentiellement à l'époque pour les besoins de la vannerie, mais ils pourraient trouver des usages en construction, en armature de bétons végétaux par exemple. Les traditions orientales et les architectures contemporaines nous montrent l'éventail des usages potentiels du bambou en construction, comme matériau de structure, mais aussi en revêtement de parois et en décoration. Quant aux roseaux, ils occupent ou pourraient occuper des surfaces et des linéaires considérables dans toutes les plaines alluviales.

L'étude *Connaissance de la filière des matériaux biosourcés pour la construction en Pays de Loire* (DREAL Pays de Loire 2013) prend opportunément en compte le roseau. On y apprend qu'il occupe 15 000 ha en Pays de Loire, et que le Parc Naturel Régional de Brière, en lien avec l'Etat et le Conseil Régional, travaille à relocaliser la filière artisanale de la restauration des 3000 couvertures en chaume de roseau que compte la Brière, filière aujourd'hui alimentée à 80 % par le roseau de Camargue. Cet exemple montre comment une approche conjointe de la disponibilité des matériaux et des caractères des bâtiments à une échelle régionale, voire locale, peut être pertinente. La productivité des roseaux, selon les espèces et les milieux, oscille entre 10 et 20 t/ha.an. L'intérêt écologique de ces peuplements semi-spontanés n'est pas à démontrer, pas plus que l'articulation possible de telles productions avec une agriculture artisanale et écologique.

Notre étude ne propose aucune prospective sur ce type de production (productions semi-spontanées des zones humides) ni sur ce type d'usage. Mais cet exemple illustre le potentiel de filières locales et artisanales, à l'opposé du schéma des cultures dédiées destinées à des filières industrielles et à la construction standardisée. Même si ce potentiel est faible quantitativement, il peut être significatif économiquement et socialement.

4.2.2.3 Orientations pour prévenir et gérer les conflits d'usage et minimiser l'occupation des sols

4.2.2.3.1.1 L'occupation des sols

Sur le marché de la biomasse globale issue de l'agriculture, le secteur de la construction ne présente qu'une petite demande qui ne menace pas l'équilibre des productions agricoles, même si des filières de cultures dédiées pour la construction venaient à se développer quelque peu. Les véritables enjeux dans ce domaine sont ailleurs. D'une part, dans l'avènement d'un modèle de production conjuguant productivité et durabilité, d'autre part dans l'affectation des produits et coproduits de l'agriculture à la production d'énergie, car la demande potentielle en énergie est sans commune mesure avec ce que la construction peut être amenée à requérir.

Les surfaces agricoles déjà directement affectées aux agrocarburants sont considérables. En butte à une limite à ce niveau-là, la demande d'énergie rebondit sur les déchets de l'agriculture (mais au prix d'un déficit de retour au sol), et sur les coproduits des cultures de grains. La maîtrise de la demande de biomasse pour la fourniture d'énergie est la condition première pour l'existence et pour la coexistence sans tensions excessives de toutes les autres filières. La filière des matériaux biosourcés est concernée, mais aussi celle des bioplastiques, qui a toute légitimité à revendiquer sa part de biomasse.

L'un des résultats les plus significatifs du scénario Afterres est de montrer qu'au prix d'une mutation historique du régime alimentaire moyen, il est possible de *libérer des terres* à l'horizon 2050 sans remettre en cause les équilibres économiques fondamentaux, tout en demandant à l'agriculture une participation conséquente à la production d'énergie renouvelable. Ce résultat autorise à dessiner des plans dans ce sens, mais passer du plan à la mise en œuvre *avant* que la mutation en question ne se soit produite semble imprudent.

4.2.2.3.1.2 Les conflits d'usage des ressources

Si les industries des isolants minéraux et synthétiques sont adossées à des gisements de matières premières quasi illimités ou tout au moins non limitants, ce n'est pas le cas des isolants biosourcés, qui doivent partager des flux limités et convoités par d'autres filières. Ces conflits seront moins vifs si la construction sait se satisfaire de coproduits largement disponibles tels que pailles de céréales et granulats divers.

La demande en isolants biosourcés s'exprime spontanément pour des produits tels que laines isolantes et panneaux semi-rigides, interchangeable avec les isolants industriels les plus courants. Ces produits peuvent s'insérer dans la construction sans grande modification au niveau de la conception des bâtiments comme au niveau de l'application des produits finis, et également dans le circuit économique dominant du commerce des matériaux. Si les isolants à base de fibre de bois sont assez bien placés pour concurrencer les isolants conventionnels sur ce terrain, ce n'est pas le cas des matériaux isolants issus de l'agriculture, particulièrement des pailles et granulats. Un développement conséquent de leur usage suppose une adaptation assez profonde de l'art de construire aux caractéristiques des granulats organiques et des pailles de céréales, et l'apparition de nouveaux circuits économiques, plus courts et plus locaux.

Schématiquement, deux stratégies opposées mais complémentaires sont possibles :

- d'un côté, des filières de transformation industrielle des matières premières naturelles, pour des produits finis analogues aux isolants classiques, standardisés et normalisés. Pour ces filières, il y a des handicaps à l'accès au marché : niveau de prix des produits finis, seuil de formation des opérateurs, seuil de normalisation. Il y a le handicap de la présence quasi systématique de fibres de synthèse nécessaires à la structuration des produits, dans une proportion non négligeable (20 % ou plus), ce qui ampute le caractère « biosourcé » de ces produits d'une partie de sa substance, et ne peut que compliquer une éventuelle organisation de filières de recyclage. Il y a aussi une incertitude de fond sur l'approvisionnement de ces filières si elles font appel à des cultures dédiées ou à fortiori à des produits alimentaires.
- d'un autre côté, des coproduits bruts et bon marché issus directement de l'agriculture ou de ses industries d'aval, à spectre d'applications plus réduit, pouvant exiger plus de main d'œuvre à la pose,

en général libres d'adjuvants de synthèse. Ces produits doivent franchir les mêmes seuils que les autres, sauf à rester confinés dans le domaine de l'auto-construction et de l'auto-réhabilitation. Pour ces filières, la disponibilité en matière première ne pose pas de problème globalement, seulement dans le détail pour certaines d'entre elles.

Ainsi se dégage une orientation stratégique :

- miser prudemment et modérément sur les filières supposant une transformation industrielle, sans faire de l'érection de ces filières une fin en soi.
- ne surtout pas négliger les produits bruts non industrialisés. Ils ont plus de chance de se révéler compétitifs sur la durée, et ils répartissent mieux la valeur ajoutée.

Moyennant le franchissement de quelques seuils, les matériaux non industrialisés peuvent trouver une place très large dans la construction. Il y a des seuils techniques, les traitements ignifugeants par exemple, qui consistent en des bains dans des solutions minérales suivis de séchage : ne peut-on concevoir des procédures simples applicables sur l'exploitation agricole ou sur le chantier par l'applicateur ? Il y a le seuil de la reconnaissance institutionnelle et de la formation des acteurs, qui invite à maintenir une veille sur les initiatives spontanées qui font réseau, et à encourager les liens entre ces réseaux, les institutions de formation et les instituts techniques. Il y a le seuil de la normalisation et de l'assurance, rituellement évoqué comme un obstacle majeur.

Il faudrait travailler dans les deux sens à abaisser ce dernier seuil, d'une part en facilitant la rédaction de règles professionnelles et la caractérisation des matériaux par les réseaux qui en prennent l'initiative, d'autre part en réfléchissant à une refonte du cadre réglementaire en vue de l'assouplir et de l'adapter à ces matériaux particuliers à tous points de vue, et à la qualité des structures sociales qui les portent. Il faudrait réfléchir à la question de l'assurance et de la responsabilité : qui doit et qui peut assumer les risques ? Est-il possible de laisser au moins au maître d'ouvrage la possibilité de décharger l'architecte ou l'artisan ? L'expérience des siècles passés nous montre le degré de qualité et de sûreté que peuvent atteindre une architecture et un art de construire libres de cadre réglementaire et d'assurance financiarisée. Sans aller jusqu'à dissoudre ces cadres, ne peut-on s'inspirer de cette expérience ?

L'expérience récente des partenariats locaux solidaires autour d'une agriculture artisanale et écologique montre sans équivoque la capacité de cette forme d'intégration sociale à rendre viable des structures de production et des modes d'échange condamnés par l'économie moderne. Les signes d'une évolution analogue dans le secteur de la construction sont bien visibles, et ce n'est pas par hasard s'ils se manifestent précisément autour des matériaux biosourcés. Il est peut-être temps d'en tenir compte.

4.3 BIBLIOGRAPHIE

Agreste, 2008. « *Enquêtes bâtiments d'élevage et aviculture* ».

Ademe/ITCF, 1998. « *Les cultures ligno-cellulosiques et herbacées pour la production de biomasse à usage non alimentaire* ».

Ademe, 2009. « *Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020* ». Étude réalisée pour le compte de l'Ademe par l'IFN, avec l'Institut Technique Forêt Cellulose Bois Ameublement (FCBA) et l'association SOLAGRO.

Alcimed, 2012. « *Marché actuel des nouveaux produits issus du bois et évolutions à échéance 2020* ». Étude réalisée pour le PIPAME (Pôle Interministériel de Prospective et d'Anticipation Économique).

- Cacot E., 2006. « *La récolte raisonnée des rémanents en forêt* ». Ademe, 2006.
- Cemagref, 2009. « *Évaluation des volumes de bois mobilisables à partir des données de l'IFN « nouvelle méthode »* ».
- Centre d'Etudes et de Prospective, 2013 - Analyse N°61, L'agriculture de conservation.
- Copacel, 2013. « *Les statistiques de l'industrie papetière française* ».
- Ernst et Young, 2005. « *Etude de Marché des nouvelles utilisations des fibres végétales - Note de synthèse* ». Etude ADEME, décembre 2005.
- European Paper Network, 2010. « *A common vision for transforming the european paper industry* ». <http://www.environmentalpaper.eu/wp-content/uploads/2012/08/eeepn-commonvision.pdf>
- FCBA, 2011. « *Perspectives de valorisation de la ressource de bois d'œuvre feuillus en France* ».
- FCBA, 2011. « *Mémento* ».
- FCBA, 2013. « *Mémento* ».
- IFN, 2012. « *Le bois mort en forêt* » in L'IF, numéro 29. http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/IF29_bois-mort.pdf
- IFN, 2014. « *Résultats d'inventaire forestier – résultats standards (campagnes 2008 à 2012) – Tome national version régions administratives* ».
- Nomadéis, 2012. « *Etude sur le secteur et les filières de production des matériaux et produits biosourcés utilisés dans la construction (à l'exception du bois)* ».
- Seguin B., 2010. « *Le changement climatique: conséquences pour l'agriculture et les forêts* » in Rayonnement du CNRS n°54. <http://www.rayonnementducnrs.com/bulletin/b54/Seguin.pdf>
- SESSI, 2008. « *Le bois en chiffre* ». http://www.insee.fr/sessi/publications/dossiers_sect/pdf/bois2008.pdf
- UICN, 2007. « *Analyse du dispositif français des aires protégées au regard du Programme de travail « Aires protégées » de la convention sur la diversité biologique. Etat des lieux et propositions d'actions* ». [http://www.uicn.fr/IMG/pdf/UICN_France - aires protegees francaises et CDB.pdf](http://www.uicn.fr/IMG/pdf/UICN_France_-_aires_protegees_francaises_et_CDB.pdf)
- UIPP & ECF, 2010. Dossier de presse. « *Un an après Urmatt, quels bois pour l'industrie ?* »
- Vallauri et al, 2010. « *Biodiversité, naturalité, humanité. Pour inspirer la gestion des forêts* ». Lavoisier. 474p.

5 Partie 4 : Matériaux biosourcés en Ile-de-France

Auteurs : Hans Valkhoff (LRA), Franck Chaumartin (ATF)

Dans cette partie, nous avons appliqué la problématique du projet TERRACREA à la région Ile-de-France. Cette région est d'importance, car c'est une grande région céréalière d'une part, et un bassin important de développement de la demande en matière d'éco-matériaux d'autre part. Nous avons donc établi un scénario de développement des matériaux biosourcés (offre et demande) et étudié ses répercussions possibles sur la production alimentaire, la disponibilité en biomasse et la fertilité des sols, via le taux de retour au sol de la biomasse.

Au futur, cette étude de cas « pilote » du projet TERRACREA a vocation à être répliquée dans d'autres régions.

5.1 POLITIQUE TERRITORIALE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'AMENAGEMENT

Le secteur du bâtiment en Ile-de-France est à l'origine de plus de 59 % de la consommation de l'énergie finale et 49 % des émissions GES en 2005 (CR-IDF, 2012). La construction représente le principal gisement d'économies d'énergie exploitable dans le court terme, à l'horizon 2020.

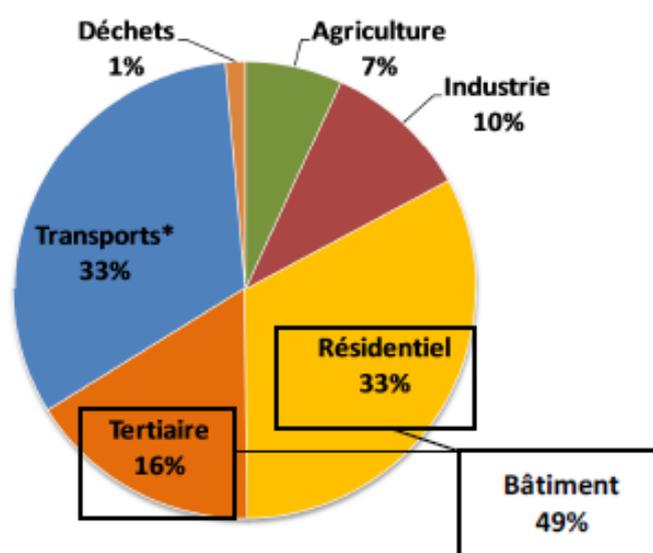


Figure 57. Répartition des émissions de GES en Ile-de-France en 2005.

Parmi les trois grandes priorités pour 2020 et 2050 définies par le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie d'Ile-de-France (SRCAE-IDF), le renforcement de l'efficacité énergétique des bâtiments est la première, avec un objectif de triplement du rythme des réhabilitations dans le résidentiel et de doublement dans le tertiaire. Dans les quatre scénarios construits dans le SRCAE, les actions relatives aux bâtiments représentent près des trois quarts des efforts à fournir par rapport à la dynamique tendancielle pour atteindre l'objectif de réduction de 20 % des consommations énergétiques en 2020 (scénario « 3 fois 20 »).

L'objectif de construire 70 000 logements par an en Ile-de-France est inscrit dans la loi relative au Grand Paris (2010), et porté par le SDRIF (2012). Il est estimé ainsi qu'à l'horizon 2020, les surfaces de bâtiments auront augmenté de 12 % par rapport 2005, et de 37 % en 2050. Suite à la RT-2012, les bâtiments neufs dispo-

sent de bien meilleures performances énergétiques que les bâtiments existants. Plus de 90 % des consommations énergétiques annuelles à l'horizon de 2020 correspondront à celles de bâtiments existant déjà aujourd'hui. L'enjeu majeur du SRCAE est donc d'agir sur les bâtiments existants afin d'atteindre l'objectif « 3 fois 20 » en 2020¹ et positionner la région dans une dynamique lui permettant d'atteindre le « Facteur 4 » à l'horizon 2050².

Pour 2020 les principaux objectifs du SRCAE dans le secteur du bâtiment sont :

- Améliorer la qualité des rénovations pour atteindre 25 % de réhabilitations de type BBC (Bâtiment Basse Consommation)³ ;
- Réhabiliter 125 000 logements par an soit une multiplication par 3 du rythme actuel ;
- Réhabiliter 6 millions de m² de surfaces tertiaires par an soit une multiplication par 2 du rythme actuel ;
- Raccorder 450 000 logements supplémentaires au chauffage urbain (soit + 40 % par rapport à aujourd'hui) ;
- Réduire progressivement l'utilisation du fioul, GPL et charbon avec une mise en place de solutions alternatives performantes pour les énergies de chauffage ;
- Réduire de 5 % les consommations énergétiques par des comportements plus sobres.

En Ile-de-France, les logements construits avant 1975 représenteront encore 43 % du parc en 2050 (IAU, 2010). Considérant le faible taux de renouvellement du parc de logements actuel, l'objectif de réduction par quatre des émissions de gaz à effet de serre exige un effort important de réhabilitation du stock. Pourtant, la connaissance des consommations du bâti existant reste approximative, et les données disponibles sont souvent grossières (IAU, 2010). Sur les 4,97 millions de résidences principales en Ile-de-France (tous types confondus), chaque année entre 40 et 45 000 font l'objet d'une réhabilitation. Le rythme annuel d'amélioration énergétique des logements existants est ainsi légèrement en dessous de 1 % (CR-IDF, 2012). La région envisage d'augmenter ce rythme à 2,5 % en 2020, en promouvant des travaux ambitieux de réhabilitation de l'enveloppe des bâtiments et des systèmes énergétiques.

Toutefois, l'atteinte du « facteur 4 » implique d'aller plus loin en passant d'un rythme annuel de réhabilitation de 125 000 logements à 180 000 logements par an après 2020, ainsi qu'en augmentant la performance atteinte pour aller vers une généralisation du niveau « BBC Rénovation ». De même, pour le secteur tertiaire le rythme de rénovations devra passer après 2020 de 6 millions à 8 millions de m² pour répondre aux objectifs « facteur 4 » et permettre une rénovation totale du parc à l'horizon 2050.

Objectif 2020 (SCRAE)	Logements/an « tendanciel 2010 »	Logements/an « 3 fois 20 »	En % du parc
Construction neuve	40 000	70 000	
Réhabilitation des logements⁴	43 000	125 000	2,5 %
<i>individuel privé</i>	20 000	40 000	3 %
<i>collectif privé</i>	8 000	50 000	2,2 %
<i>collectif public (HLM)</i>	15 000	35 000	3,4 %

¹ « 3 fois 20 » : objectif de réduction de 20 % des consommations énergétiques en 2020

² « facteur-4 » : objectif de réduction par quatre des émissions de gaz à effet de serre en 2050

³ « BBC-Rénovation » ou « BBC-Réno » : Ep=80 kWh/m²/an

⁴ Dont 35 % de réhabilitations « intermédiaires » (de 20 à 40 % de gain énergétique) et 25 % en « basse consommation » (BBC-Réno)

	millions m ²	millions m ²	% du parc
Réhabilitation du parc tertiaire	3,7	6	3,3 %
<i>parc public</i>		2,7	4 %
<i>parc privé</i>		3,6	2,5 %

Tableau 76. Objectifs du scénario SRCAE (2012) pour le secteur du bâtiment à l'horizon 2020.

Les travaux de rénovation devront également prendre en compte la diminution des consommations d'énergie grise des matériaux utilisés dans le bâtiment (Orientation BAT 2.5 du SRCAE), cet objectif allant tout à fait dans le sens de l'étude TERRACREA. Avec la baisse des consommations énergétiques liées à l'occupation, la part de l'énergie consacrée aux matériaux de construction devient relativement importante dans le cycle de vie global du bâtiment, tel que nous avons pu le voir au chapitre 3.

Actuellement, pour les bâtiments BBC l'énergie grise représente de l'ordre de 20 % de l'énergie totale et jusqu'à 50 % des émissions de GES (CR-IDF, 2012). L'expérimentation de nouvelles techniques – comme la mise en œuvre des matériaux biosourcés – nécessite le développement de projets exemplaires (Orientations BAT 2.2 et 2.4 du SRCAE). Dans cette optique, l'ARENE et le C&B réalisent un inventaire des exemples et des retours d'expérience d'utilisation de matériaux biosourcés dans des rénovations, et la région envisage de développer et de structurer des filières courtes de production d'éco-matériaux (Orientation AGRI 1.2).

La filière bois en Ile-de-France dispose d'une ressource considérable et est à développer, au même titre qu'un appui aux expérimentations menées sur le chanvre et le miscanthus. De plus, la diversification des cultures agricoles et le développement de l'agroforesterie peuvent permettre d'affecter certains sols à la production d'agrocarburants et d'éco-matériaux (CR-IDF, 2012).

Le SRCAE définit également des objectifs par rapport au développement des énergies renouvelables (11 % de la consommation en 2020 contre 5,4 % en 2009), parmi lesquelles la biomasse et le bois « énergie » jouent un rôle important. Dans ce contexte, il risque d'y avoir une concurrence d'usage accru entre la mobilisation du bois « énergie » et le bois destiné à la fabrication des matériaux de construction, tout comme entre les cultures agricoles destinées à la méthanisation et celles des coproduits dédiés au bâtiment.

Cependant, le SRCAE considère le secteur agricole un acteur stratégique pour appuyer le développement des matériaux biosourcés et des énergies renouvelables sur le territoire. Pour cette raison TERRACREA propose une hiérarchie des usages en privilégiant l'utilisation la plus noble vers l'utilisation et la valorisation des déchets. Par exemple, la production de bois « énergie » et de biogaz (le dernier par méthanisation) doivent à priori se faire à partir des « déchets » et non pas des matières à usage « noble ».

5.2 ÉTAT DES LIEUX : DONNEES CHIFFREES ET PERIMETRE DE L'ETUDE

5.2.1 Urbanisme, environnement et aménagement du territoire

5.2.1.1 Démographie

Au 1er janvier 2012, l'Ile-de-France comptait près de 12 millions d'habitants, soit 19 % de la population française sur à peine 2,4 % de la surface du pays. La densité de population moyenne de la région est de 997 hab/km² (IAU, 2014). Avec un taux annuel de croissance 0.7 % en moyenne, il devrait y avoir autour de 12,8 millions de franciliens (IAU) en 2030, ce qui est et sera un grand défi pour une région caractérisée par un tissu urbain très dense et un manque manifeste de logements.

Densité de population

hab/km²

Paris (75)	20 886
Hauts-de-Seine (92)	8 773
Seine-Saint-Denis (93)	6 364
Val-de-Marne (94)	5 318
Val-d'Oise (94)	932
Essonne (91)	666
Yvelines (78)	615
Seine-et-Marne (77)	218
TOTAL Région IDF	966

Tableau 77. Densité de population en IdF en 2007

Source : IAU/SRCAE, Chiffres Clés 2014.

5.2.1.2 Evolution du parc résidentiel

	Nombre en 2005	%
Total logements	5 338 000	
Résidences principales*	4 713 000	
<i>Maisons individuelles</i>	1 372 000 ⁵	28,3 %
<i>Logements collectives</i>	3 340 000 ⁶	71,7 %
Propriétaires occupants	2 549 000	48 %
Locatif privé	1 000 000	25 %
Locatif social (HLM)	1 078 000	23 %

Tableau 78. Marché du logement en IDF en 2005⁷. *4 968 000 de résidences principales en 2010.

Source : IAU/SRCAE, Chiffres Clés 2014.

Le nombre de logements est de 5 338 000 en 2006, dont 4 713 000 sont des résidences principales (IAU), ce qui correspond à environ 390 millions de m² dans le secteur résidentiel. Les maisons individuelles représentent 28 % du parc francilien, pour 72 % des logements collectifs. La moitié des ménages sont des propriétaires occupants, 25 % des locataires privés, 23 % des locataires HLM et 2 % sont logés gratuitement ou autre. Les maisons individuelles sont majoritairement occupées par leurs propriétaires (91 %), et les logements collectifs par des locataires (65 %). La surface moyenne des logements en Ile-de-France est inférieure à celle de l'ensemble de la France métropolitaine : 76 m² contre 91 m².

⁵ 2004

⁶ 2,262 millions de logements collectifs privés en 2005 (SRCAE 2012)

⁷ Carte des surfaces affectées à l'habitat (situation en 2008) :

http://www.iau-idf.fr/fileadmin/user_upload/SIG/cartes_telecharge/thema/MOS_Habitat_2008.pdf

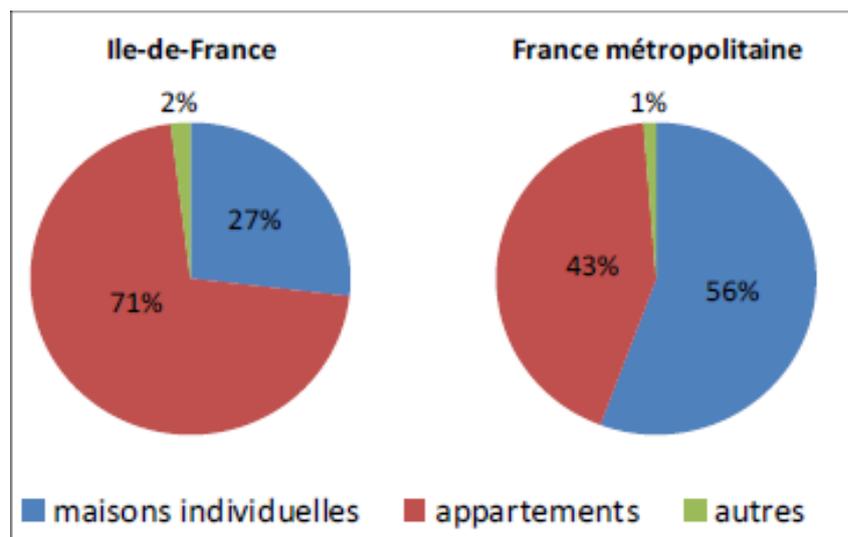


Figure 58 Répartition du parc de logements par type de logements en 2006.

Source : Insee RP, 2008.

5.2.1.3 Consommation d'énergie du parc résidentiel

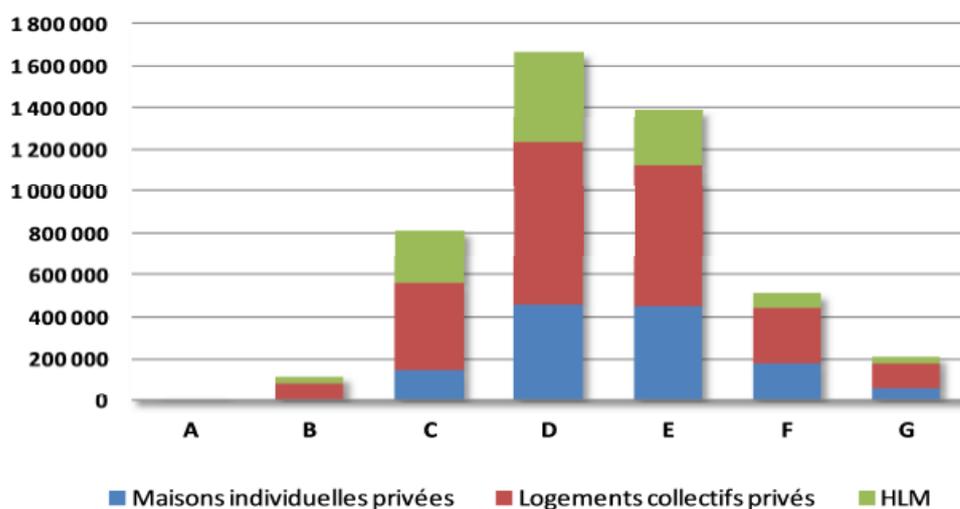


Figure 59. Simulation de la répartition des logements par classe DPE en Ile-de-France.

Source : Energies Demain, modèle ENERTER®.

La consommation moyenne des logements franciliens est pour le chauffage de 191 kWh/m²/an en énergie primaire (IAU) et passe à 232 kWh/m²/an en étiquette DPE (E_p chauffage et eau chaude sanitaire). Les maisons individuelles (28 % du parc) consomment relativement plus d'énergie pour le chauffage que les logements collectifs. En 2004 les maisons individuelles représentaient 28% du parc francilien mais 47 % des consommations du secteur résidentiel. Les logements collectifs, représentent eux 72 % du parc mais seulement 53 % de la consommation (150 Kwh E_p/m²/an). Il est difficile d'estimer l'effet de la mitoyenneté (manque de données précises), mais l'étude préalable du CSTB (2012) met en évidence qu'elle joue un rôle important dans cet écart des consommations. Nous avons vu (Figure 57) qu'en Ile-de-France le secteur du bâtiment à l'origine à lui seul de la moitié des émissions GES (33 % pour le résidentiel et 16 % pour le tertiaire).

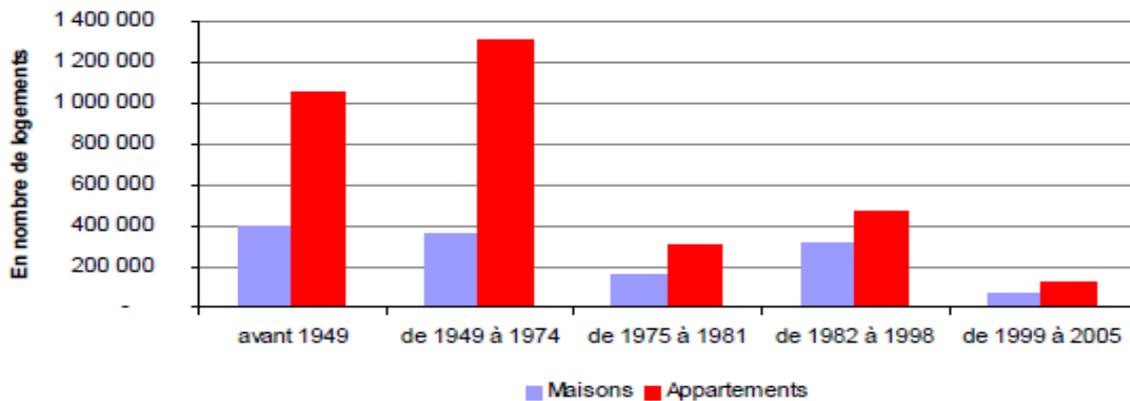
Résidences principales	tranches d'âge	Consommation conventionnelle de chauffage (en kWh final/m ² /an)	En % de la consommation totale des résidences principales	émissions de GES (kg eq. CO ₂)/m ²	En % des émissions totales de GES	nombre de logements	En % du nombre total de résidences principales
Maisons	avant 1949	314,41	20,1%	50,60	16,2%	398 340	8,7%
	de 1949 à 1974	245,67	14,6%	46,11	13,7%	362 095	7,9%
	de 1975 à 1981	127,31	3,8%	23,54	3,5%	156 124	3,4%
	de 1982 à 1998	110,97	6,8%	19,03	5,8%	313 450	6,9%
	de 1999 à 2005	101,72	1,3%	16,91	1,1%	61 440	1,3%
	Total	205,14	46,6%	35,48	40,3%	1 291 449	28,3%
Appartements	avant 1949	190,19	19,2%	39,62	20,0%	1 052 751	23,1%
	de 1949 à 1974	174,44	26,3%	41,17	31,0%	1 314 089	28,8%
	de 1975 à 1981	81,31	3,0%	18,99	3,5%	305 645	6,7%
	de 1982 à 1998	75,98	4,0%	16,11	4,3%	469 659	10,3%
	de 1999 à 2005	60,12	0,9%	12,71	0,9%	122 296	2,7%
	Total	149,94	53,4%	33,54	59,7%	3 264 440	71,7%

Source : ENERTER 2005 (Énergie Demain) / INSEE

Tableau 79. Répartition des consommations énergétiques par tranche d'âge des logements.

Source : ENERTER 2005 / INSEE.

L'ancienneté du parc de résidences principales



Source : ENERTER 2005 (Énergie Demain) / INSEE

Figure 60. Ancienneté du parc résidentiel en Ile-de-France (2005).

5.2.1.4 Secteur tertiaire

La région héberge 217 millions de mètres carrés de locaux du secteur tertiaire. La construction annuelle de surfaces tertiaires (neuves ou en remplacement) est estimée à 4 millions de m² (≈ 2 %) dont 550 000 m² de bureaux (SCRAE, 2013). Le parc de bureaux a doublé ces 25 dernières années et compte 62 millions de m² (en 2007) avec un taux de vacance de 7 % (stable depuis 2009). Les bureaux, surfaces de commerces et d'hôtel-café-restaurant représentent à eux seuls 67 % des surfaces tertiaires du territoire. Les zones d'activité en Ile-de-France occupent 23 000 hectares.

5.2.1.5 Enjeu de la réhabilitation du parc résidentiel

Selon l'Enquête nationale Logement de 2006, environ un quart des ménages franciliens ont réalisés des travaux en 2005 (tous travaux confondus). Les travaux d'isolation thermique ne concernent que 2,1 % des travaux réalisés (IAU, 2010). Le double-vitrage est néanmoins une valeur sûre, puisque 74 % des maisons individuelles et 64 % des logements collectifs en Ile-de-France en sont équipés (ENL, 2006).

Il est estimé que chaque année entre environ 1 % du parc résidentiel (45 000 logements) et entre 1,5 % et 2 % du parc tertiaire font l'objet de réhabilitations permettant des économies d'énergies (SCRAE, 2013). Il s'agit essentiellement de rénovations légères, concernant le changement de fenêtres, l'isolation des parois opaques ou l'optimisation des systèmes de chauffage. Cette tendance est confirmée par les derniers chiffres de l'étude OPEN – commanditée par l'ADEME – adaptés au périmètre de l'étude TERRACREA (BiiS, 2014). Nous obtenons ainsi un faible nombre de réhabilitations globales - seulement 127 000 pour toute la France en 2013. De manière tendancielle, peu de réhabilitations globales permettant de mener un vrai bouquet de travaux d'amélioration thermique sont encore réalisées. Sur le parc résidentiel, ces réhabilitations ont lieu en majeure partie sur les logements individuels et les logements sociaux mais encore très rarement dans les copropriétés.

Une intensification du rythme de réhabilitation doit permettre une rénovation thermique conséquente de 1 million de logements à l'horizon 2020, soit 21 % du parc de logements, et de près du tiers du parc tertiaire (CR-IDF 2012). Ainsi, ces rénovations devraient se répartir de la manière suivante :

- 40 % de « petites » réhabilitations, limitée à un seul geste sur les fenêtres ou sur les systèmes énergétiques ;
- 35 % de réhabilitations « intermédiaires », permettant 25 % à 30 % d'économies d'énergies, au travers de la mise en œuvre de deux à trois lots de travaux sur les logements ;
- 25 % de réhabilitations de niveau « BBC rénovation », permettant plus de 50 % d'économies d'énergies. Ces réhabilitations nécessitent alors des bouquets de travaux : changement des systèmes énergétiques, changement des fenêtres et isolation des parois opaques. Malgré le fait que les travaux de cette ampleur restent jusqu'à aujourd'hui marginaux, il est nécessaire d'assurer ce « saut qualitatif » dans les performances des bâtiments pour atteindre les objectifs du SCRAE. Il est primordial, dès aujourd'hui, de favoriser la tenue de travaux « BBC compatibles » à court-terme, afin de minimiser les difficultés d'atteinte du « facteur 4 » à long-terme.

En 2012 le CR Ile-de-France a confié au CSTB une étude préparatoire pour explorer de manière détaillée des solutions de travaux de rénovation avec leurs impacts énergétiques, climatiques et économiques sur cinq exemples de bâtiments types. La diversité du parc existant (typologie de logements en fonction de leur ancienneté, de leur forme urbaine et de leurs matériaux de construction) nécessitera d'adopter des approches différenciées de réhabilitation selon le type de bâtiment. Pour chaque type trois scénarios de rénovation ont été analysés avec différents bouquets de travaux sur l'enveloppe et les équipements énergétiques. L'étude montre qu'il est possible d'atteindre le niveau « facteur 4 » sur tous les segments de bâtiments étudiés, à des coûts acceptables sur la base des prix actuels de l'énergie (CSTB, 2012). Cependant, cela implique de privilégier une rénovation de haut niveau « BBC-rénovation » en une étape, qui combine une intervention simultanée sur le système de chauffage et sur l'enveloppe du bâtiment. Dans le cas où il est impossible de réaliser la rénovation globale, il est préférable de commencer par l'isolation de l'enveloppe du bâtiment. Les aides de l'ANAH (Habiter Mieux) et l'Eco-prêt à taux zéro devraient inciter les propriétaires à s'engager dans des rénovations plus ambitieuses.

5.2.1.6 Occupation du sol

L'exploitation du MOS 2008 (Mode d'Occupation du Sol) montre que, malgré le faible rythme de construction de logements, l'étalement urbain ainsi que la disparition des espaces ruraux ne se sont pas ralenties depuis 2003, notamment du fait de l'accroissement des zones dédiées aux activités économiques. Par ailleurs, le bâti se densifie légèrement au sein de l'espace urbanisé.

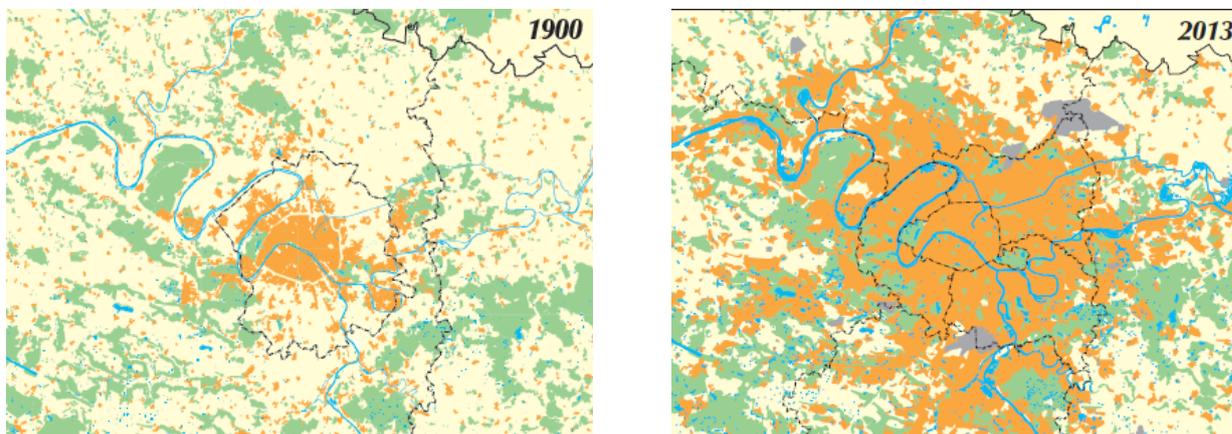


Figure 61. Développement de métropole Grand Paris entre 1900 et 2013.

Source : IAU-IDF.

Afin de lutter contre l'étalement urbain, l'artificialisation des sols et la régression des surfaces agricoles et naturelles, le nouveau Schéma Directeur de la Région Ile-de-France 2030 (SDRIF, 2013) a pour objectif de maîtriser la croissance urbaine et démographique. Le schéma constitue le projet d'aménagement et d'urbanisme du territoire francilien à l'horizon 2030 qui intègre également la loi du Grand Paris (2011) et les lois du Grenelle de l'Environnement. Il a été révisé et voté par le Conseil Régional en en 2013. Dans ce cadre, le Grand Paris prévoit de construire 70 000 logements par an, la région étant en grand déficit de logements neufs par rapport à d'autres régions. En Ile-de-France ne se construisent que 3 logements neufs pour 1 000 habitants par an, contre une moyenne de 5,5 pour le reste du pays.

Le territoire de l'Ile-de-France est ainsi concerné par plusieurs enjeux majeurs :

- Le changement climatique et la transition énergétique ;
- La construction des logements neufs à un rythme soutenu et la rénovation des logements et des bâtiments tertiaires existants ;
- La maîtrise de la périurbanisation, de l'étalement urbain et de l'artificialisation des terres ;
- La valorisation des espaces naturels et la nécessité de corridors biologiques ;
- La gestion durable des terres agricoles et des forêts.

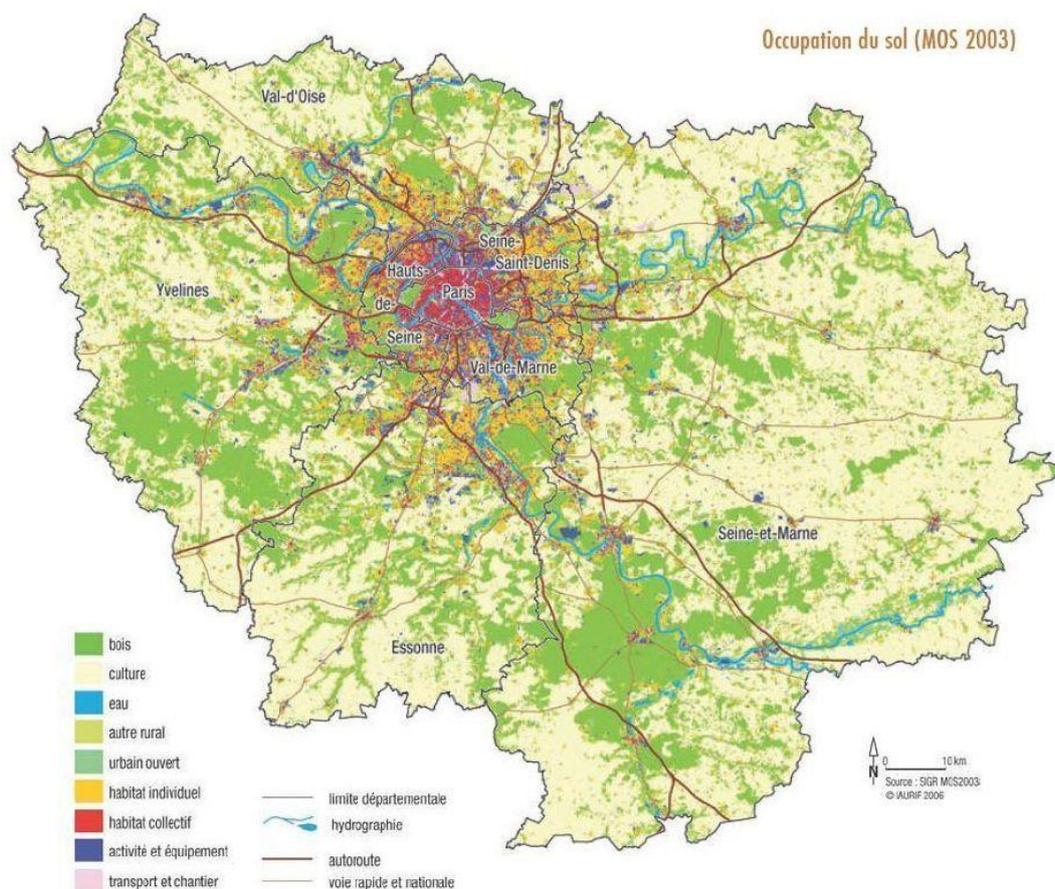


Figure 62 Occupation du sol francilien en 2003. Habitat collectif (en rouge) versus habitat individuel (en jaune) et répartition des cultures agricoles et de la forêt.

Source : IAU, 20148.

Pour limiter l'urbanisation anarchique, le rôle des documents d'urbanisme locaux (SCOT et PLU) a été renforcé par la loi Grenelle-2 (2010). Pour anticiper la transition énergétique, le SDRIF-2030 fixera des objectifs en matière de densification de l'habitat et de maîtrise de la consommation d'espace, notamment la préservation des espaces agricoles et naturels. Celui-ci offrira ainsi une réponse globale, celle d'une « métropole compacte, multipolaire et verte ».

5.2.2 Ressource agricole et forestière

5.2.2.1 Les surfaces agricoles

La surface agricole utile (SAU) occupe environ 49 % de la superficie de l'Île-de-France. Elle s'étend presque exclusivement dans les départements de la grande couronne, en Seine-et-Marne notamment (Tableau 80). Bien que plus d'un quart de son territoire soit boisé, l'Île-de-France n'est pas une terre de bocage, mais de « champs ouverts », constitués de grandes parcelles de cultures de céréales dénuées d'arbres et de haies (Agreste, 2013). Les connexions boisées entre massifs forestiers y sont donc limitées (IAU, 2008). Chaque année près de 2 000 hectares de terres agricoles sont perdus du fait des pressions urbaines et de l'artificialisation des terres. Aujourd'hui 21 % du territoire consiste en espaces urbains contre 76 % pour d'espaces ruraux.

⁸ Il existe une carte plus récente pour l'année 2008, qui est comparable mais moins lisible : http://www.iau-idf.fr/fileadmin/user_upload/SIG/cartes_telecharge/thema/MOS_11_2008.pdf

Occupation du sol en IDF (2010)	Hectares (ha)	%
Surfaces urbanisées	252 169 *	21 %
espace bâti	188 709 ⁹	
espace « ouvert »		
Surfaces agricoles utilisés (SAU)	582 479	49 %
<i>Petite couronne</i>	2 034	
<i>Grande couronne</i>		
Seine-et-Marne	337 661	
Yvelines	89 967	
Essonnes	89 967	
Val-d'Oise	89 967	
Surfaces boisés	319 609¹⁰	27 %
Autres (voieries, etc.)		3 %
Total surface IDF	1 196 474	

Tableau 80. Surfaces agricoles et forestières en IDF en 2010.

Source : Agreste (Statistique agricole annuelle 2011) ; * IAU, 2008.

L'agriculture représente près de 7 % des émissions GES du territoire francilien, majoritairement du fait de la fertilisation des sols (94 %), par les émissions de protoxyde d'azote (fertilisation) ou de méthane (épandage). Le CO₂ capté par les végétaux finit le plus souvent par être libéré lors de la consommation ou de l'utilisation de ces végétaux. Il en résulte globalement que, pour les cultures annuelles, le CO₂ absorbé par la photosynthèse au cours de l'année compense les émissions de l'année précédente liées à la production intensive des cultures (INRA, 2002). Il n'existe quasiment pas de stockage définitif du carbone dans le sol car toute matière

organique est à terme minéralisée et le carbone ainsi déstocké (on se reportera à la **Partie 3 : Propositions de stratégies pour la production et pour la gestion des concurrences d'usages**).

5.2.2.2 Les grandes cultures agricoles en IDF

En 2010 82 % de la surface agricole francilienne est dédié à la production céréalière et d'oléo-protéagineux (SCRAE)¹¹, puis par ordre d'importance en termes d'exploitations viennent l'élevage et la polyculture-élevage d'herbivores, l'horticulture, les légumes et champignons, les fruits et autres cultures permanentes, et enfin, les élevages granivores (voir Figure 63). La culture de céréales en agriculture biologique en Ile-de-France couvre environ 1 % des surfaces cultivées en 2012 (3 468 ha), la surface totale en agriculture biologique ayant doublé entre 2005 et 2011 et franchi la barre de 8 000 ha en 2012 (Agreste, 2013).

⁹ Dont 23 000 ha pour les zones d'activité, environ 10 % des surfaces urbanisées

¹⁰ Dont 263 000 ha de forêt, Inventaire forestier national (données provisoires 2011, estimation +/- 5%)

¹¹ 89 % selon le site de la Région IDF

Depuis 2000 la superficie agricole a diminué de 2 % en Ile-de-France, largement du fait de l'urbanisation des terres.¹² Pour cette raison le SDRIF prévoit de rendre inconstructibles 400 ha de terrains par an au profit de l'agriculture. Cette préservation des zones rurales envisage de maintenir une agriculture de proximité avec des circuits courts, alors qu'aujourd'hui 90 % de la nourriture consommée en Ile-de-France est importée d'autres régions ou de l'étranger.

Grandes cultures en 2011					
Surfaces (ha) <i>Rendements (q/ha)</i>	Seine-et- Marne	Yvelines	Essonne	Val-d'Oise	Île-de- France
Total céréales	212 938	54 270	53 833	34 473	356 630
dont blé tendre	142 872	38 033	34 588	25 745	242 149
blé dur	1 471	1 204	1 948	1	4 624
orge d'hiver	17 901	6 091	3 856	1 848	29 729
orge de printemps	24 488	2 675	9 661	1 103	37 978
maïs	1 163	278	159	194	1 799
avoine	23 981	5 401	2 824	5 450	37 759
Total oléagineux	44 823	15 932	13 985	6 680	81 629
dont colza	41 212	15 543	13 169	6 464	76 597
toumesol	2 979	307	847	62	3 995
Total protéagineux	19 351	3 416	3 881	2 267	28 962
dont féveroles	12 792	1 838	515	987	16 158
pois	6 559	1 578	3 357	1 280	12 797
Betteraves industrielles	28 046	915	4 899	6 156	40 151
Pommes de terre	2 025	465	499	293	3 358

Tableau 81. Surfaces agricoles des grandes cultures en IDF.

Source : Agreste (Statistique agricole annuelle 2011).

¹² Comparé aux 3 % de la moyenne nationale

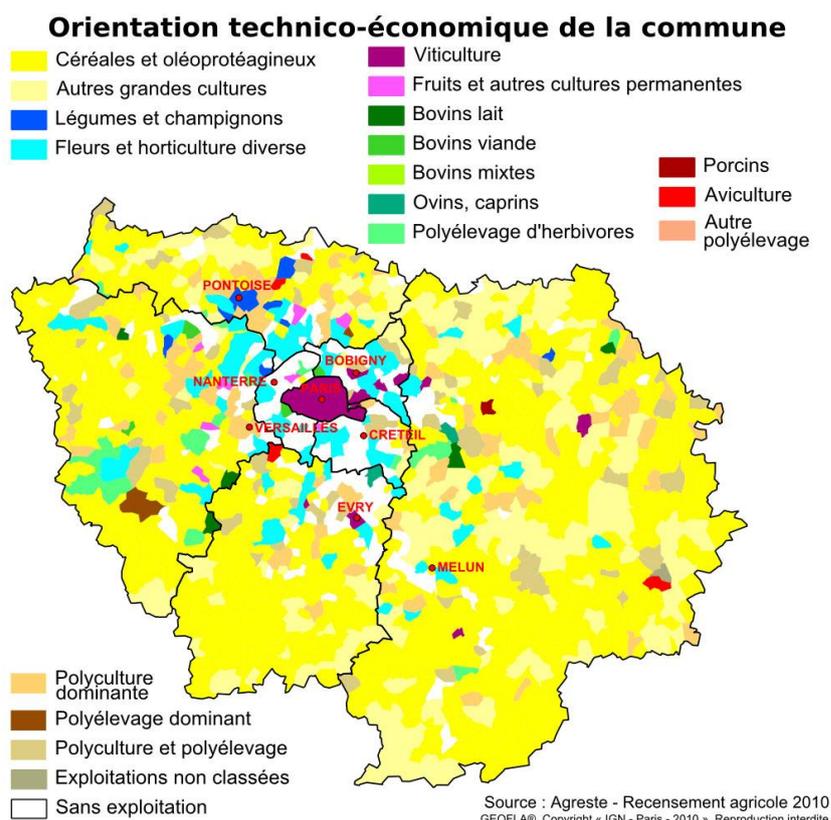


Figure 63. Répartition des activités agricoles en IDF en 2010.

En termes de surface, le secteur d'élevage en Ile-de-France reste modeste, avec environ 36 000 hectares de prairies et 1 600 ha de maïs sur une surface agricole de 582 500 (soit un peu plus de 6 %).

Les fourrages en 2011					
Surfaces (ha) <i>Rendements (q/ha)</i>	Seine-et- Marne	Yvelines	Essonne	Val- d'Oise	Île-de- France
Maïs-fourrage	1 041 <i>120</i>	235 <i>100</i>	138 <i>100</i>	186 <i>100</i>	1 612 <i>112</i>
Prairies artificielles	890	363	275	120	1 648
Prairies temporaires	1 960	1 138	255	457	3 810
Surfaces toujours en herbe	15 120	9 650	2 020	3 600	30 451
Ensemble des prairies	17 970	11 151	2 550	4 177	35 909

Tableau 82. Les fourrages en 2011.

Source : Agreste (Statistique agricole annuelle 2011).

5.2.2.3 Diversification et concurrence d'usages

Le développement de la diversification de l'agriculture nécessite de veiller à d'éventuels conflits d'usage entre la production des éco-matériaux, la production de la biomasse et des énergies renouvelables, comme par exemple la méthanisation et les agrocarburants. Nous pouvons citer l'exemple de la chaufferie « biomasse paille » de Villeparisis (77), ce qui ne répond pas à la hiérarchie des usages comme nous avons pu le voir précédemment. À l'horizon 2020, la méthanisation devrait représenter 19 % de l'effort de développement des énergies renouvelables pour la région (SCRAE, 2013). Solagro (2013), dans son étude prospective AFTERRES 2050, prévoit de mobiliser jusqu'à 30 % des résidus de culture pour alimenter des unités de mé-

thanisation, ceci en limitant les prélèvements car la paille joue un effet structurant pour le sol. Pour ce faire, l'association préconise un taux de prélèvement de 25 % des pailles, dont 60 % du contenu en carbone total serait restitué aux sols, ce qui est compatible avec des objectifs de conservation des sols, mais non pas avec les objectifs TERRACREA.

TERRACREA estime que le flux de paille disponible en 2030 et 2050 est identique à celui de 2010, soit 5 Mt/an à l'échelle nationale. Pour la région Ile-de-France, la production de céréales en 2011 est de 2,9 Mt (Tableau 83). En suivant le ratio de 1: 1 (ADEME 2013) la production totale de paille est également de 2,9 Mt. Selon notre estimation la paille disponible, une fois satisfaits les besoins de l'élevage et de retour au sol, est de 290 000 t/an pour la construction et la biomasse énergie.

Production Cereales en IdF 2012 (ha)	Seine Marne	Yvelines	Essone	Val d'oise	Grde cour	Pte cour	IDF (ha et q)	rend (q/ha)
ble tendre recolte (q)	142,872	38,033	34,588	25,745	241,238	911	242,149 18,403,324	76
ble dur recolte (q)	1,471	1,204	1,948	1	4,624	0	4,624 277,440	60
orge hiver recolte (q)	17,901	6,091	3,856	1,848	29,696	33	29,729 1,991,843	67
orge print recolte (q)	24,488	2,675	9,661	1,103	37,927	49	37,976 2,126,656	56
avoine recolte (q)	23,981	5 401	2 824	5 450	23,981	13,778	37,759 4,077,972	108
Total (ha, hors mais)							352,237	
Total cereales (ha)	212,938	54,270	53,833	34,473	355,514		356,630	
Total recolte (q)							26,877,235	

Tableau 83. Ressources en paille par département en IDF (2011).

La diversification des cultures permettra d'affecter certains sols à la production d'agro-matériaux (paille, chanvre, lin) et à la production de cultures énergétiques, soit pour la combustion ou méthanisation, soit par transformation en agrocarburants. La carte ci-dessous montre les grands gisements franciliens de matériaux biosourcés, et les chapitres à venir explorent les freins et les leviers dans l'exploitation de ces gisements.

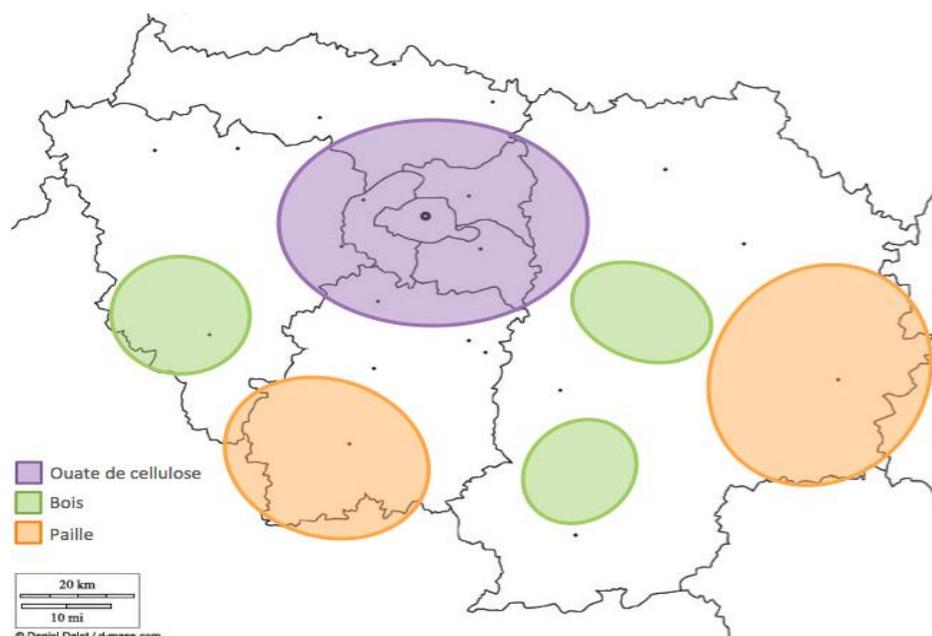


Figure 64. Gisements franciliens de bio-ressources pour la construction de plus de 10 000 tonnes/an (bois, paille et ouate de cellulose).

Source : Chambre d'Agriculture IDF (FRCA, 2009).

Pour notre étude TERRACREA nous avons ajouté à cette carte quelques gisements de matériaux supplémentaires sur lesquels nous avons également mené des simulations, comme le lin, le chanvre (et le miscanthus pour information) (voir Figure 65).

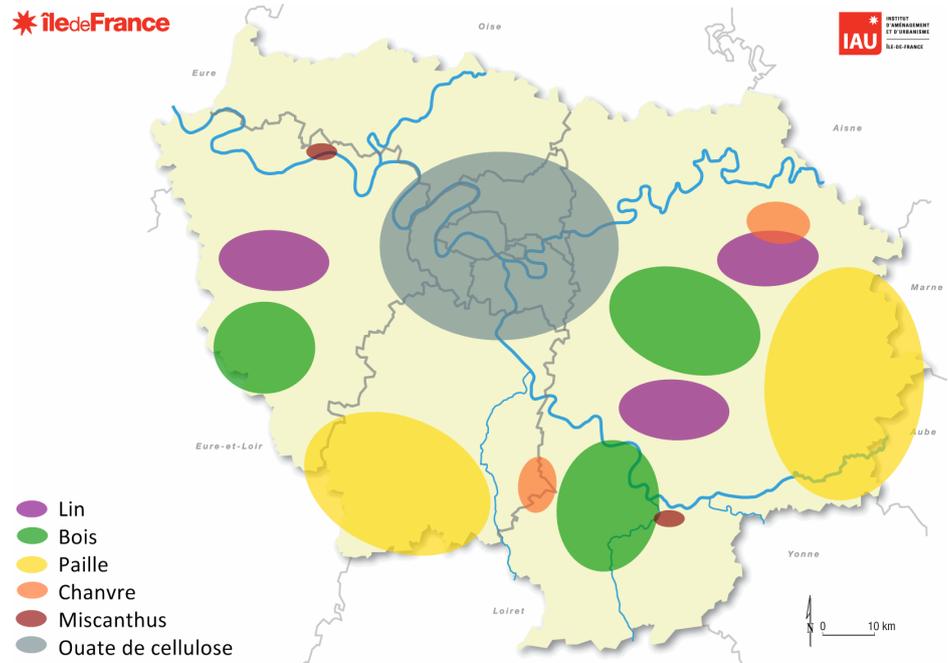


Figure 65. Gisements de matériaux biosourcés en Ile-de-France (2010).

Pour la paille, la ouate de cellulose ou encore le bois sont représentés les gisements supérieurs à 10 000 t/an. Le miscanthus est indiqué à titre indicatif car encore en expérimentation.

Source des données : ARENE/C&B (2013), CETE-IDF (2012).

La région envisage un développement très fort de la filière biomasse, ceci en augmentant la part de la biomasse dans les ENR de 1 % (2009) à 14 % en 2020 (2 398 GWh E_p) et à 30 % en 2050 (4 596 GWh E_p). Une répartition des ressources de biomasse destinées à produire de l'énergie montre que le bois jouera le rôle principal, suivi par la paille. Concernant le bois de chauffage domestique un objectif de stabilité est retenu pour sa consommation, se traduisant pour l'essentiel par une baisse des consommations du parc actuel grâce au remplacement des installations (amélioration des rendements). Le paragraphe 5.2.2.4 montre que aujourd'hui plus de la moitié de la récolte du bois d'œuvre concerne le bois de chauffage autoconsommé (« bois bûches »).

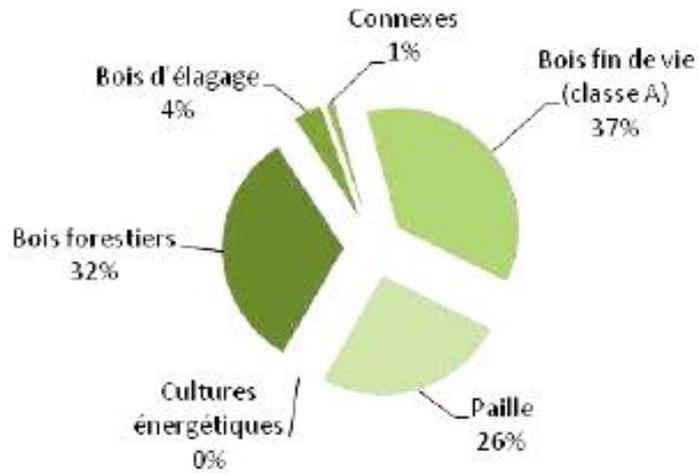


Figure 66. Les ressources biomasse disponibles à horizon 2015/2020.

Source : Inddigo, 2012.

D'après l'étude préalable au SCRAE par Inddigo (2012), les grandes ressources de biomasse « énergie » concernent en premier lieu les bois déchets non souillés de classe-A provenant des déchets des ménages, des déchets du BTP et des déchets provenant d'autres activités économiques (315 kt/an en tout), puis viennent le bois forestier (280 kt/an) et la paille (223 kt/an). Cette étude considère que les besoins en paille pour la construction restent négligeables.

Ressources disponibles	A horizon 2015/2020		A horizon 2030/2050	
	kt/an	ktep/an	kt/an	ktep/an
Bois forestiers	280	66	1 000	237
Bois d'élagage	33	7	200	43
Connexes 1ère et 2ème transformation	10	3	70	18
Bois fin de vie (classe A)	315	108	315	108
Paille	223	82	223	82
Cultures énergétiques	1	na	200	43
Total	860	266	2 000	530

Tableau 84. Ressources forestières en 2020 et 2050 en tonnes et kTep/an.

Source : ADEME, Région IDF, INDDIGO, 2012.

A l'horizon 2050 via la biomasse on aurait ainsi 530 ktep/an de ressources franciliennes disponibles pour une consommation totale de 3 696 ktep/an, soit 14 % des énergies renouvelables prévues dans le SCRAE (2013). Cela demande la mobilisation de l'ensemble des ressources de biomasse disponibles en Ile-de-France.

Si à l'heure actuelle la biomasse francilienne est faiblement mobilisée, d'ici 2025 et 2050 les scénarios pour l'Ile-de-France prônent d'utiliser 20 % à 30 % des résidus des cultures agricoles pour la méthanisation, estimés à 720 000 an en 2050 (Solagro, 2013). Le reste étant destiné au retour au sol ou la litière dans le cas de la paille. Les autres utilisations, comme l'alimentation ou la construction, restent marginales selon l'ADEME (2013). Enfin, pour le cas des agrocarburants, la Figure 68 nous montre qu'en 2007 déjà 10 % de la SAU francilienne était consacrée à des cultures non-alimentaires « énergétiques », ce qui ne correspond ni au scénario AFTERRES ni aux scénarii TERRACREA.



Figure 67. Evolution des surfaces de colza (alimentaires et non-alimentaires) en IDF.

Depuis 2007 les surfaces consacrées aux agrocarburants (essentiellement le colza) sont restées à peu près stables, en particulier en Ile-de-France où le colza occupe entre 70 000 et 80 000 ha dont environ la moitié des agrocarburants (Agreste IDF, 2013).

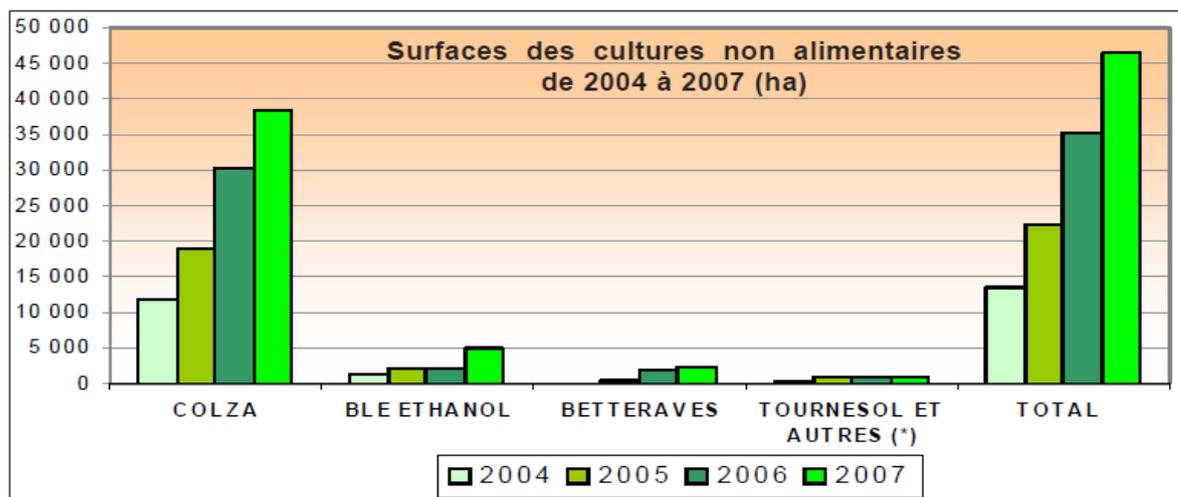


Figure 68. Evolution des surfaces des cultures non-alimentaires en IDF (agrocarburants).

(*) Autres : oeillette capsules, féverole, miscanthus, sorgho éthanol, lin, maïs, menthe poivrée et mélisse officinale.

Source : Office national interprofessionnel des grandes cultures.

Le tableau de synthèse du SCRAE ci-dessous reprend les grandes lignes du développement francilien de la ressource biomasse « énergie ». On remarque que les hypothèses sur l'évolution du bois de chauffage domestique, ainsi que sur le développement des cultures agricoles énergétiques sont très restrictives : ces deux filières ont un rôle modeste dans le développement biomasse « énergie » aux horizons 2020 et 2050. De plus, il est considéré que les rendements énergétiques des appareils de chauffage devraient s'améliorer, ce qui implique que pour une même valeur finale d'énergie produite la matière première employée devrait être moindre.

		Référence 2009 (GWhef)	"Objectif 3x20" 2020c (GWhef)	Ordre de grandeur pour le Facteur 4 à 2050 (GWhef)
Production thermique dans le bâtiment	Solaire Thermique	17	766	4 556
	Biomasse domestique	3187	3187	3 187
	Biomasse collective hors réseaux	47	642	1 416
	Pompe à chaleur (chauffage et climatisation)	3845	5795	4 292
Chaleur industrielle	Biomasse	13	60	638
Production de chaleur et de froid sur les réseaux	UIOM - Chaleur	1515	1818	1 818
	Biomasse	67	1814	3 477
	Géothermie	1035	2070	3 960
	Pompe à chaleur (production froid)	306	452	953
Production électrique et de biogaz renouvelable	UIOM - Electricité	267	133	133
	Solaire Photovoltaïque	8	517	9 550
	Biogaz	298	2046	9 922
	Hydraulique	43	85	213
	Eolien	0	800	2 700
Production de substitut de produit pétrolier	Culture énergétiques	548	548	548
TOTAL		11 202	20 471	46 070
% EnR dans consommation régionale		5%	11%	44%

Tableau 85. Tableau de synthèse des objectifs régionaux pour les ENR et de la biomasse en IDF.

Comme expliqué précédemment, les plus gros risques de conflits d'usage concernent la conversion de la biomasse en énergie : combustion, méthanisation ou agrocarburants, les filières de la chimie verte et des bioplastiques étant à l'heure actuelle encore développées de manière modeste.

Si dans la région francilienne les agrocarburants ne semblent pas trop entrer en concurrence avec les matériaux biosourcés (bien que soient présentes des cultures énergétiques de première génération telles que le colza – voir ci-dessus), à contrario de nombreux appels à projets ont lieu sur le territoire (cf. annonce du 24 février¹³) concernant la « combustion » (dans des chaudières collectives par exemple) ou la méthanisation,

¹³ ACTU-ENVIRONNEMENT. « L'Île-de-France lance son plan de soutien à la méthanisation ». www.actu-environnement.com/ae/news/plan-soutien-methanisation-ile-de-france-20794.php4

de la biomasse. On peut par ailleurs voir sur la Figure 69 la répartition de ces installations, que l'on retrouve sur tout le territoire.

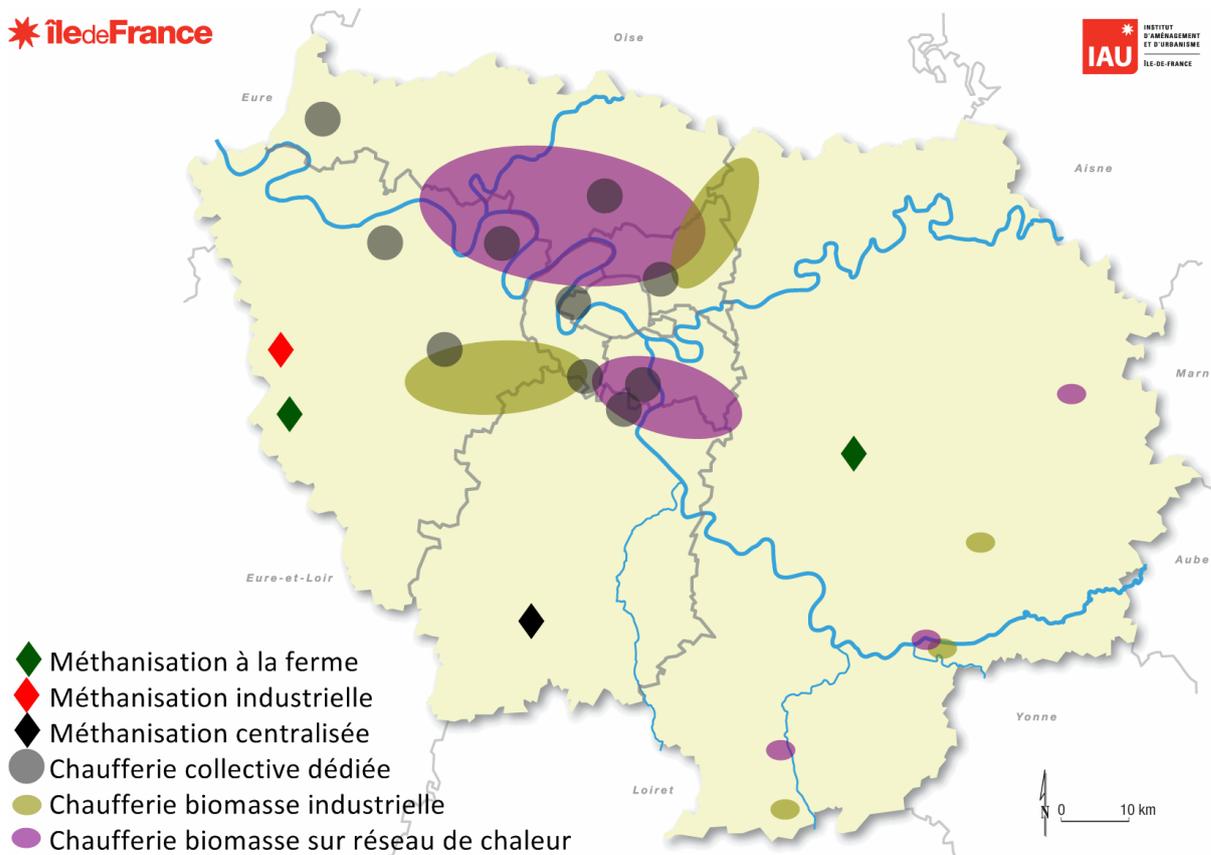


Figure 69. Carte des installations de méthanisation ou de chaufferie biomasse en Ile-de-France.

Concernant les chaufferies sont indiquées ici les installations de manière groupée.

Source des données : ADEME – SINOE¹⁴, Biomasse Energie IDF.

Dans la région, les installations de méthanisation sont plutôt de type stations d'épuration ou valorisation des gaz de décharges (non présentées sur cette carte), mais l'on retrouve également une part de méthanisation à la ferme (donc potentiellement consommatrice de résidus de cultures – dont pailles), dans les Yvelines ou en Seine-et-Marne. Dans ce dernier département par ailleurs, deux autres projets sont en construction (injection prévue pour 2014) et une dizaine de projets sont aussi à des stades plus ou moins avancés (étude de faisabilité, ICPE, permis de construire, montage financier...)¹⁵.

5.2.2.4 Production forestière

Avec un taux de boisement de 23 %, la région Ile-de-France est légèrement en dessous de la moyenne nationale (26 %). Plus de la moitié de la forêt francilienne se trouve en Seine et Marne, soit 141 000 ha sur 269 000 ha. Plus de deux-tiers (69 %) sont des forêts publiques, contre 31 % tenues par un grand nombre de propriétaires privés. Environ 95 % de la forêt francilienne est constituée de feuillus, avec les essences les plus répandues, telles que le chêne, le châtaigner ou encore le hêtre. Le chêne et le châtaigner seuls représentent les trois quarts de la récolte de bois d'œuvre. Dans la récolte commercialisée, la part du résineux est de

¹⁴ SINOE déchets. « Carte des unités de méthanisation ». carto.sinoe.org/carto/methanisation/flash

¹⁵ Entretien avec un chargé de mission de la Chambre d'Agriculture du 77

11 % et ne cesse de progresser, du fait d'une forte mobilisation. Un tiers des résineux récoltés (hors bois énergie) sont à destination de la trituration (papier, panneaux, etc.) contre un quart pour les feuillus.

La récolte forestière en Ile-de-France a baissé de 40 % ces dernières dix années suite à la chute du marché du bois « industrie », notamment le papier et le carton, et à la disparition des scieries et des unités de première transformation (Figure 71). En 2012, la ressource de « bois sur pied » exploitable, largement concentrée dans les grandes forêts régionales comme Fontainebleau et Rambouillet, est de 45 milliards de m³ (Francilbois, 2014). Chaque année, seulement 700 millions de m³ sont récoltés, tous usages confondus (bois d'œuvre, bois industrie et bois énergie). La récolte commercialisée est de 311 000 m³/an, dont 150 000 m³ en bois d'œuvre et 161 000 en bois industrie. Une grande partie part directement à l'exportation (plus de 20 %) et une autre va à la transformation dans d'autres régions en France, ce qui explique le faible volume de sciages dans la région.

Environ 60 % de la production annuelle est destiné au bois de chauffage, majoritairement sous forme de bûches utilisées en autoconsommation (400 000 m³/an). De la même façon, la récolte déclarée de bois énergie a progressé de 80 % en Ile-de-France entre 1990 et 2009. Aujourd'hui on estime à 80 000 tonnes le volume de plaquettes forestières franciliennes à destination des chaufferies biomasse qui représente moins de 1 % de la consommation de chaleur à l'échelle régionale (SCRAE 2012). **La chaufferie bois de Cergy Pontoise à elle seule nécessite plus de 40 000 tonnes de bois** provenant essentiellement de la région. À l'horizon 2020 on estime cette consommation à 700 000 tonnes, dont 220 000 t en provenance des forêts franciliennes. **Aujourd'hui, la région est importatrice de bois énergie sous forme de plaquettes et granulés, pour un total de 63 000 t/an (ADEME).**

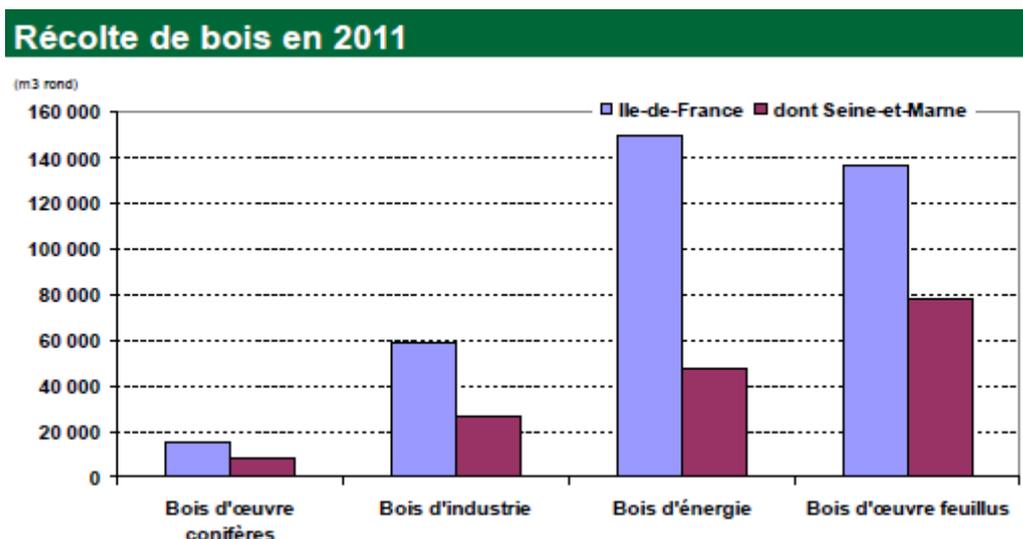


Figure 70. Production forestière en IDF et Seine-et-Marne en m³ bois rond¹⁶.

Source : Agreste (2012) Enquête annuelle de branche.

L'enquête de branche montre également depuis 1990 le déclin du nombre de scieries et les volumes sciés dans la région. Aujourd'hui il ne reste que six scieries en Ile-de-France, comparé à une soixantaine il y a 40 ans. Sur un volume de 5 000 m³ de grumes par an, le volume de bois scié dans la région est de 2 127 m³/an en 2011, comparé à 60 000 dix ans auparavant...

¹⁶ Le bois rond représente le volume mesuré sur écorce des produits de l'exploitation forestière en l'état où ils se présentent avant transformation.

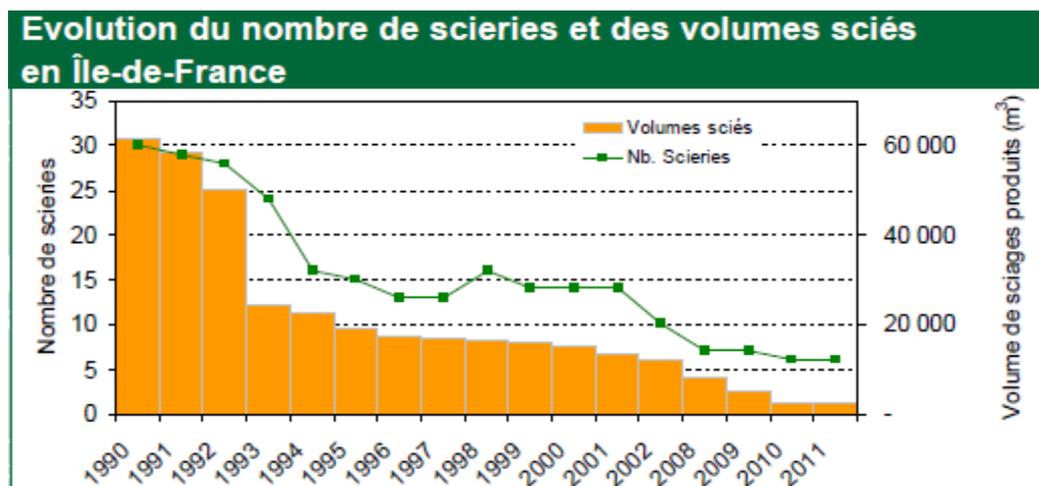


Figure 71. Evolution des sciages en IDF entre 1990 et 2011.

Source : Agreste, 2013.

Pour la prospective TERRACREA de ressource bois, nous nous sommes basés sur l'état de lieu de Francilbois (2014) et l'étude de disponibilité en bois d'oeuvre du CEMAGREF (2014). La disponibilité technique actuelle de bois francilien est de 550 000 m³, dont seulement 50 000 m³ de résineux : par simplification des hypothèses, nous considérons donc qu'à l'horizon 2050 cette disponibilité sera sensiblement identique. Dans ce cas, et même en considérant une hypothèse haute de mobilisation – 100 % de la disponibilité en bois d'oeuvre récoltée et transformée localement – la production de sciages serait d'environ 144 000 m³ en 2030 et 330 000 m³ en 2050 (Figure 70) Ce chiffre est très inférieur aux besoins, même actuels, qui seraient d'environ 960 000 m³ d'après nos simulations (Figure 75).

Evolution de la récolte de bois d'oeuvre et de la production de sciages en IDF en m ³ (hypothèse maximum)		2010	ratio	2030	ratio	2050	ratio	Source
Disponibilité technique BO IDF	Feuillus	500,000		500,000		500,000		CEMAGREF, 2009
	Résineux	50,000		50,000		50,000		CEMAGREF, 2009
	Total	550,000		550,000		550,000		
Récolte BO IDF		150,000		350,000		550,000		FRANCILBOIS, 2013 et hypothèse 100 % BO potentiel récolté
Récolte BO transformé en IDF		5,000		277,500		550,000		FRANCILBOIS, 2013 et 100 % BO récolté transformé en IDF
Taux de transformation		44.00%		52.00%		60.00%		D'après FRANCILBOIS, 2013 et hypothèse 60 % pour 2050
Production de sciages	Feuillus	2,200	100%	129,300	90%	300,000	91%	
	Résineux		0%	15,000	10%	30,000	9%	
	Total	2,200		144,300		330,000		Agreste, 2012
Production de Produits Connexes de Scieries		2,800		133,200		220,000		FRANCILBOIS, 2013

Tableau 86. Evolution de la récolte de bois d'oeuvre et de la production de sciages en IDF.

5.2.3 Matériaux de construction : inventaire

5.2.3.1 Introduction

Les éco-matériaux peuvent jouer un rôle important dans les économies d'énergie dans le secteur du bâtiment en réduisant ses émissions par l'amélioration des performances thermiques et en limitant l'énergie et le carbone contenu. Il est nécessaire de penser les constructions sur l'ensemble de leur cycle de vie : cons-

truction, déconstruction, réemploi ou recyclage (CR-IDF, 2012). Aujourd’hui les constructions à partir de matériaux biosourcés ne sont pas nombreuses et les matériaux utilisés pour ces bâtiments n’ont que très rarement une origine francilienne, comme le montre l’étude sur les filières matériaux biosourcés de Construction et Bioressources (C&B) pour le compte de l’ARENE (2013). Cette étude préalable cherchait à répondre aux questions suivantes :

- Les matériaux biosourcés sont-ils suffisamment identifiés, connus et reconnus pour leurs qualités singulières ?
- Sont-ils mobilisables en quantités suffisantes, pour quel périmètre ?
- Sont-ils des alternatives partielles ou exclusives, des solutions intermédiaires, complémentaires, concurrentielles aux matériaux « conventionnels » et aux usages alimentaires ?
- Quelles actions devraient être mises en place afin de les développer de façon non concurrentielle ?

Ces sont les mêmes questions que nous avons formulé dans TERRACREA et que nous essayons de chiffrer en forme de « besoins » et de « ressources disponibles » à l’horizon 2025 et 2050.

Le choix de ARENE (2013) d’étudier six filières de matériaux biosourcés – bois, chanvre, lin, paille, miscanthus et ouate de cellulose – a été fait au vue des caractéristiques géographiques et économiques de l’Île-de-France. Elle s’est inspirée également du SCRAE (2012) et de l’intention de la région de développer des ressources agricoles locales non-alimentaires sous forme de produits énergétiques ou de matériaux pour le bâtiment » (Orientation AGRI 1.2). Le marché francilien de la construction présente un grand potentiel de développement des matériaux biosourcés, qui permettrait de réduire considérablement l’énergie grise des constructions et réhabilitations. Mais si l’on regarde par exemple le cas des matériaux d’isolation, il n’existe pas dans la région de sites de production, ce qui implique que tout est importé, soit 5 Mm³/an selon ARENE (2013). Ce chiffre est par ailleurs en adéquation avec nos modélisations, celles-ci faisant ressortir une demande actuelle en isolants biosourcés de 350 000 m³/an, soit environ 7 % du marché francilien des isolants (voir le paragraphe 5.3.2.1).

De la même manière pour les granulats, la région importe environ 50 % de ses besoins. En 2008 la production francilienne s’élevait à environ 16 millions de tonnes par an pour une consommation de 32 millions de tonnes (IAU, 2013). Selon une étude réalisée par la Direction régionale et interdépartementale de l’environnement et de l’énergie (DRIEE, 2012), « les objectifs de construction dans le « Grand Paris » vont entraîner une consommation accrue en matériaux de construction ». Il s’agit selon les estimations de 4,7 millions de tonnes annuelles supplémentaires de granulats et 2,6 millions de m³/an de béton à l’horizon 2030. L’ARENE estime qu’une partie de ce déficit structurel pourrait être comblée par des matériaux biosourcés.

Besoins matériaux 2010-2030	production IdF (t/an)	consommation (t/an)	Hypothese Terracrea (t/an)	
	2010	2010	2030	2050
Bois d’œuvre (massif) sciages	2 200	960 000	144 300	330 000
Bois industrie (panneaux)	2 800		133 200	220 000
Bois énergie	220 000 (1)			
Paille de cereales	150 000 à 223 000 (2)			290 000
Ouate de cellulose		5 Mm ³ (3)		
Chanvre (chènevotte et paille)	7 à 8 000 et 12 000 (3)	faible		
Lin (anas)	10 000	n.a.		
Miscanthus	500 ha	0		

Tableau 87. Estimation des quantités de matériaux biosourcés.

Sources : [1] Objectif 2020 (SCRAE 2013). [2] Estimations CR IDF (SCRAE 2013) et Chambre d’Agriculture d’Île-de-France / FRCA, 2009. [3] Estimations ARENE/C&B (2013).

5.2.3.2 La paille de céréale

En Ile-de-France les cultures céréalières couvrent environ 360 000 ha en 2011 - dont plus de la moitié en Seine et Marne – ce qui correspond à une production annuelle de 2,3 millions de tonnes (Agreste 2013). De cette production la plus grande partie est destinée à l'élevage et plus de 30 % de retour au sol. Le Conseil Régional a estimé à 150 000 t/an la ressource francilienne en paille disponible pour le bâtiment et pour d'autres usages comme la méthanisation, tandis que l'étude Inddigo (2012) estime la disponibilité de biomasse en « paille énergie » à elle seule à 223 000 t/an aux horizons 2030-2050.

Notre **estimation TERRACREA est de 290 000 t/an** de paille disponible en Ile-de-France entre 2010 et 2050, une fois satisfaits les besoins de l'élevage (pour information, il faut environ 10 tonnes de paille pour isoler complètement une maison 100m²).

5.2.3.3 Le chanvre

Parmi les cultures nouvelles, le SCRAE (2012) considère que le chanvre offre des perspectives prometteuses au regard des caractéristiques de la région. Il demande peu d'intrants et permet d'être inséré entre deux cultures traditionnelles. Par ailleurs, des débouchés existent pour l'ensemble des constituants de la plante. Après transformation, elle constitue notamment un matériau d'isolation fiable (en forme de fibre ou granulat) et particulièrement performant.

Nous pouvons citer par exemple « Chanvre Avenir » (localisée dans le sud de la Seine-et-Marne et en Essonne), association qui envisage de créer une filière de production et de transformation, ou encore « Planète Chanvre », qui dans le nord de la Seine-et-Marne regroupe agriculteurs et professionnels et concrétise l'émergence d'une filière avec aujourd'hui environ 1 000 ha (Céréma IDF). Ce groupement gère à Aulnoy une unité de production et transformation avec une usine de défibrage et une production de granulats (chènevotte) et d'autres produits de chanvre, mais aujourd'hui le granulat (chènevotte) est à 90 % exporté en Allemagne et en Belgique, vu la quasi-absence d'une demande régionale.

Une production aux portes de la petite couronne existe donc bel et bien et toutes les conditions de développement d'un marché régional sont réunies, mais le marché francilien doit se développer. Si ce frein est levé, les surfaces pourraient croître rapidement selon le rapport de l'ARENE (2013), de nombreux exemples concrets de construction et de rénovation avec enduits et bétons de chaux-chanvre (soit banché ou projeté) ayant déjà fait leur preuve hors région, à l'instar de la maison du Tourisme à Troyes¹⁷.

5.2.3.4 Le lin fibre

Le « lin fibre » - appelé aussi « lin textile » - est surtout cultivé dans la moitié nord du pays, et la France produit 75 % du lin textile mondial, ce qui représente, en 2012, 70 000 ha dont environ 1 000 ha en Seine-et-Marne (C&B). Ceci correspond à un gisement francilien de 7 000 t/an paille et de 1 600 t/an de fibre. Les résidus de défibrage du lin (anas) sont en grande partie utilisés comme litière, mais ils sont également utilisables dans le bâtiment, en vrac (isolant) ou sous forme de béton (en mélange à la chaux, la chènevotte du chanvre). La fibre courte, impropre au textile, est aussi utilisée pour la fabrication de produits d'isolation, comme l'Isolin.

¹⁷ Le Moniteur, déc. 2012. « Rénovation thermique : une enveloppe 100 % chanvre pour la Maison du tourisme de Troyes ». <http://www.lemoniteur.fr/181-innovation-chantiers/article/solutions-techniques/19600674-renovation-thermique-une-enveloppe-100-chanvre-pour-la-maison-du-tourisme-de-troyes?19591642=19588504#19591642>

5.2.3.5 La ouate de cellulose

Aucun site de production de **ouate de cellulose** n'est encore implanté en Île-de-France, malgré un gisement considérable et une demande de la part des entreprises de construction qui se fournissent alors majoritairement en produits allemands et autrichiens. C&B (2013) estime que le gisement de papiers de bureau récupérables dans la région est de plus de 350 000 tonnes/an, constitué pour 88 % du recyclage de journaux et pour 12 % des cartons et papiers recyclés. L'ORDIF quant à lui estime le gisement total de papiers et cartons en Ile-de-France à plus de 1,5 millions de tonnes. Une enquête régionale est en cours pour préciser ces chiffres.

5.2.3.6 Le miscanthus

La filière de miscanthus se développe dans la région mais ne dépasse pas les 500 ha en Ile-de-France dont 300 ha en Seine-et-Marne sur environ 2 000 ha de surfaces plantées en France (ARENE 2013), ainsi que le projet Cœur Vert au cœur de la boucle de Seine, à l'ouest de Paris. Le miscanthus est aujourd'hui principalement valorisé comme biocombustible pour des chaudières, comme litière ou encore comme paillage horticole. À terme, quatre filières de valorisation du miscanthus doivent être mises en place en Ile-de-France, territoire pilote selon le SCRAE (2012) :

- les matériaux de construction
- les bioplastiques
- l'énergie (combustible)
- la méthanisation (projet Biomass for the future).

Cette filière n'étant pas encore développée pour les produits de construction, nous ne l'avons pas incluse dans notre prospective.

5.3 **MODELISATION DES BESOINS EN MATERIAUX BIOSOURCES AUX HORIZONS 2030 ET 2050**

Les besoins en matériaux biosourcés en 2030-2050 à l'échelle de l'Île-de-France ont été modélisés à l'aide du simulateur TERRACREA de la même façon que les simulations au niveau national, évidemment avec des paramètres et des données chiffrés adaptées au territoire francilien.

5.3.1 Adaptation du simulateur au contexte de la région Ile-de-France

5.3.1.1 Paramètres de modélisation pour l'Ile-de-France

Paramètres pour tous les scenarii		Ile de France		
		IDF 2010	IDF 2030	IDF 2050
Population et nombre de logements	Population	11,900,000	12,800,000	13,700,000
	Tx d'occupation	0.42	0.42	0.42
	Nb logements	4,968,000	5,343,731	5,719,462
Surface Moyenne	individuel	76	76	76
	collectif	76	76	76
Répartition parc logements	individuel	28%	25%	20%
	collectif	72%	75%	80%
Logement individuel ratio / niveau	1	70%	70%	70%
	2	30%	30%	30%
Logement collectif ratio / niveaux	<= 4	85%	85%	85%
	5 à 8	13%	13%	13%
	>= 9	2%	2%	2%

Tableau 88. Paramètres pour tous les scenarii modélisés.

Le tableau de synthèse ci-dessus résume les paramètres s'appliquant à tous les scénarii modélisés pour l'Ile-de-France. La couleur orange foncé marque les données d'entrée qui viennent des sources référencées (cf. chapitre « État des lieux : données chiffrées et périmètre de l'étude »). En jaune, ces sont des taux que nous avons appliqué dans l'étude et en orange pâle sont représentées les extrapolations et les calculs issues des données existantes. Nous considérons que le ratio entre les logements individuels et collectifs évolue en faveur des logements collectifs (80 % en 2050), mais que la surface moyenne reste constante. Le nombre de logements (résidences principales) augmente en proportion de l'évolution de la population entre 2010 et 2050.

5.3.1.2 Rythme de construction et de réhabilitation et parts de marché de matériaux biosourcés

Le taux de renouvellement du parc des logements franciliens reste légèrement en-dessous de 1 % avec un nombre de mise en chantiers qui s'élève à presque 40 000 résidences principales en 2010 (Sit@del2, 2014). Corrigé par l'augmentation tendancielle du parc et par l'évolution de la population, le rythme tendanciel du renouvellement du parc est considéré ici à 1,4 % en 2030 puis 1,6 % en 2050. Suivant les objectifs du Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SCRAE), le rythme de construction est plus élevé en 2030 et 2050.

Taux de renouvellement du parc des logements franciliens modélisé				
Nombre de logements construits	2010 (réf.)	% du parc 2010	% du parc 2030	% du parc 2050
Construction (Tendanciel)	39,627	0,8	1,4	1,6
Objectif Région IDF		0,8	1,6	2,0

Tableau 89. Rythme de renouvellement du parc Scénario « Tendanciel » et « Schéma Climat IDF ».

Afin d'estimer le nombre de réhabilitations en Ile-de-France, nous avons appliqué une extrapolation des chiffres OPEN (BiIS 2014) et pondéré le nombre total de logements en France ayant subi des travaux en 2013, par la part de la population de la région Ile-de-France (19 % de la population métropolitaine). Cela nous donne le chiffre de **852 150 logements franciliens ayant subi de travaux d'amélioration**, pour un parc de résidences principales existantes qui s'élève à 4,97 millions de logements (18 %). Cette extrapolation reste bien en dessous du chiffre de 1,18 million de ménages concernés en 2005 par des travaux en Ile-de-France – 25 % du parc existant - donné par l'enquête du logement (IUA, 2006).

Extrapolation des chiffres OPEN appliqués au parc des logements existants en IDF				
Nombre de logements ayant subis des travaux en IDF	2010 (réf.)	% du parc 2010	% du parc 2030	% du parc 2050
Entretien	299 820	6.4 %		
Rénovation	528 200	11.2 %		
Réhabilitation (Tendanciel)	24 130	0.5 %	1.5 %	2 %
Réhabilitation (Objectif Région)			2.5 %	3 %
TOTAL	852 150	18,1 %		

Tableau 90. Rythme de réhabilitation Scénario « Tendanciel » et « Schéma Climat » IDF.

En appliquant au chiffre extrapolé « OPEN » la même répartition entre entretien, rénovation et réhabilitation qu'au niveau national, nous arrivons à des nombres de réhabilitations et de rénovations qui sont proches des estimations du Schéma Climat (SCRAE 2012). Ceci nous permet également d'appliquer les objectifs régionaux du SCRAE par rapport à l'augmentation du rythme de la réhabilitation aux horizons 2020 et 2050. La Région vise une augmentation de 3 % en 2030 et de 4 % en 2050, toutes rénovations confondues ; en appliquant pour 2020 un taux de 60 % de réhabilitations intermédiaires et « basses consommation BBC » sur le nombre total des rénovations.

Nous avons tenu compte de ces perspectives de politiques régionales dans notre modélisation, en appelant le scénario avec des taux de réhabilitations soutenus « Schéma Climat Ile-de-France ». Nous considérons ainsi que la part des réhabilitations « lourdes » (dans les sens OPEN/TERRACREA) évolue vers 75 % des rénovations totales en 2030 et sera de 90 % en 2050. Cette évolution est prise en compte pour calculer la progression du rythme des réhabilitations en 2030-2050 (Tableau 90).

Pour le secteur non-résidentiel, les modélisations sont basées sur la surface totale des locaux de 217 millions de m² en 2010 (toutes activités confondues). Nous considérons qu'aujourd'hui le rythme annuel de rénovation et de réhabilitation est de 2 %, ce qui correspond à environ 4 millions de m²/an dont la moitié concerne les rénovations et l'autre moitié les réhabilitations (Tableau 91).

Extrapolation des chiffres du SCRAE pour le parc non-résidentiel en IDF				
Total surfaces de locaux ayant subis des travaux en IDF en 2013	2010 (réf.) (Mm ²)	% du parc 2010	% du parc 2030	% du parc 2050
Entretien	n.a	n.a		
Rénovation	2	1 %		
Réhabilitation (Tendanciel)	2	1 %	2 %	3 %
Réhabilitation (Objectif Région)			3 %	5 %
TOTAL	4	2 %		

Tableau 91. Rythme de réhabilitation Scénario « Tendanciel » et « Schéma Climat » IDF.

Comme pour le secteur résidentiel, nous avons créé un scénario de modélisation basé sur les objectifs 2020 et 2050 du SRCAE. On vise ici une augmentation considérable de la réhabilitation des surfaces non-résidentielles chauffées (locaux commerciaux, grandes surfaces, bureaux tertiaires privé/public, etc.) pour arriver à 6 millions de m² en 2020 et à 8 millions en 2030, ceci pour être dans la trajectoire du « facteur 4 » et atteindre la réhabilitation totale du parc à l’horizon 2050. De même pour le non-résidentiel, nous considérons que la part des réhabilitations « lourdes » augmente vers 75 % des rénovations totales en 2030 et sera de 90 % en 2050.

Au scénario de réhabilitation des logements et des locaux non-résidentiels décrit ci-dessus, le simulateur nous permet d’appliquer les différents taux de parts de marché des matériaux biosourcés pour les horizons 2030-2050. Dans celui-ci, les scénarii d’évolution de construction et réhabilitation en Ile-de-France se résument de la manière suivante :

Scénario et horizon	Secteur	2010 Année référence	2030 Tendanciel	2030 Schéma Climat	2050 Tendanciel	2050 Schéma Climat
Rythme Construction	<i>Logement</i>	0,8 %	1,4 %	1,6 %	1,6 %	2,0 %
	<i>Non-résidentiel</i>	2,1 %	2,3 %	2,6 %	2,5 %	3,0 %
Rythme Réhabilitation	<i>Logement</i>	0,5 %	1,5 %	2,5 %	2,0 %	3,0 %
	<i>Non-résidentiel</i>	1 %	2,0 %	3,0 %	3,0 %	5,0 %
Part de marché biosourcé	<i>Logement*</i>	10 %	-	-	-	-
	<i>Locaux agricoles</i>	24 %	26 %	30 %	29 %	35 %
	<i>Locaux industriels</i>	13 %	14 %	20 %	16 %	30 %
	<i>Locaux tertiaires</i>	10 %	11 %	15 %	12 %	20 %
Répartition biosourcé actuelle		X	X	X	X	X

Tableau 92. Modélisation des scénarii de l’Ile-de-France (2030-2050).

*moyenne pondéré sur la répartition des éléments de construction.

Pour l’évolution des parts de marché des biosourcés en Ile-de-France, nous appliquons les mêmes scénarii qu’au niveau national, basés sur les parts de marché par élément de construction référencés par des sources existantes pour l’année 2010 (cf. partie 3.2) :

- « Biosourcé + » : conforme aux tendances actuelles du marché avec une légère augmentation de la part de marché des matériaux biosourcés ;
- « Biosourcé ++ » : la part de marché des matériaux biosourcés augmente fortement ;
- « Biosourcé +++ » : la part de marché des matériaux biosourcés augmente très fortement ;
- « Biosourcé ++ & MOB ++ » : combinaison du cas précédent avec en sus une forte augmentation de la part de marché de la construction à ossature bois ;
- « Isol Paille ++ Chanvre ++ ou Lin ++ » : la répartition actuelle des parts de marché des biosourcés (prépondérance actuelle de ouate de cellulose et de la laine de bois) est modifiée en mettant en avant paille, chanvre ou lin et en leur donnant une part de marché plus importante ;
- « Sciages ++ » : option d’équilibrage du marché de la construction en faveur du bois d’œuvre de feuillus en changeant le ratio feuillus/résineux dans les besoins de sciages.

La répartition actuelle des parts de marché des isolants biosourcés met en avant la domination de la ouate de cellulose, soit environ 45 % du marché actuel en poids (*Figure 72*), puis la laine de bois (panneaux souples et semi-rigides) dont la part de marché occupe 20 % du marché actuel, et enfin les autres matériaux - qui aujourd'hui restent marginaux – et pour lesquels nous n'avons toujours pas de données précises.

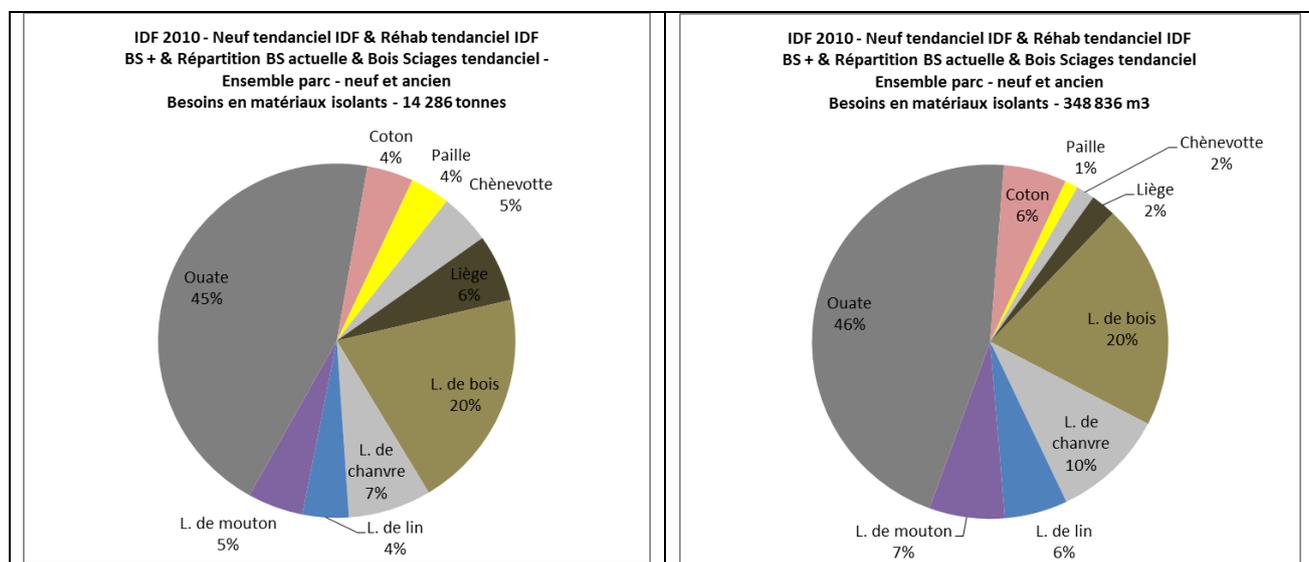


Figure 72. Répartition des parts de marché des isolants biosourcés en 2010.

On notera dans les figures ci-dessous que les parts de marché et leur évolution sont modélisées de manière plus fine dans le secteur du bâtiment résidentiel car :

- Les données statistiques actuelles (pour 2010) y sont plus fines que pour les autres secteurs ;
- Les éléments constructifs employés sont plus variés dans le secteur du logement que dans ceux des bâtiments agricoles, industriels et artisanaux ;
- Peu de données sont disponibles concernant la nature des matériaux employés dans le tertiaire.

Parts de marché des BS		
Logements neufs	Aménagements extérieurs	10%
	Charpente	95%
	Murs	10%
	Planchers	30%
	Revêtements de sols	10%
	Menuiseries intérieures, extérieures et fermetures	20%
	Façades	5%
	Isolation	7%
	Couverture (sous-toiture)	95%
	Ossature non porteuse	1%
Divers	5%	
Log. existants (entretien, réno, réhab)	Aménagements extérieurs	10%
	Charpente	95%
	Murs	10%
	Planchers	40%
	Revêtements de sols	30%
	Menuiseries intérieures, extérieures et fermetures	30%
	Façades	5%
	Isolation	7%
	Couverture (sous-toiture)	95%
	Ossature non porteuse	5%
Divers	5%	
Bâtiments non résidentiels	Bâts agricoles (neuf et existants)	24%
	Bâts. ind. & artisanaux (neuf et existants)	13%
	Bâts. tertiaires (neuf et travaux)	10%

Tableau 93. Parts de marché des matériaux biosourcés par élément de construction (référence 2010).

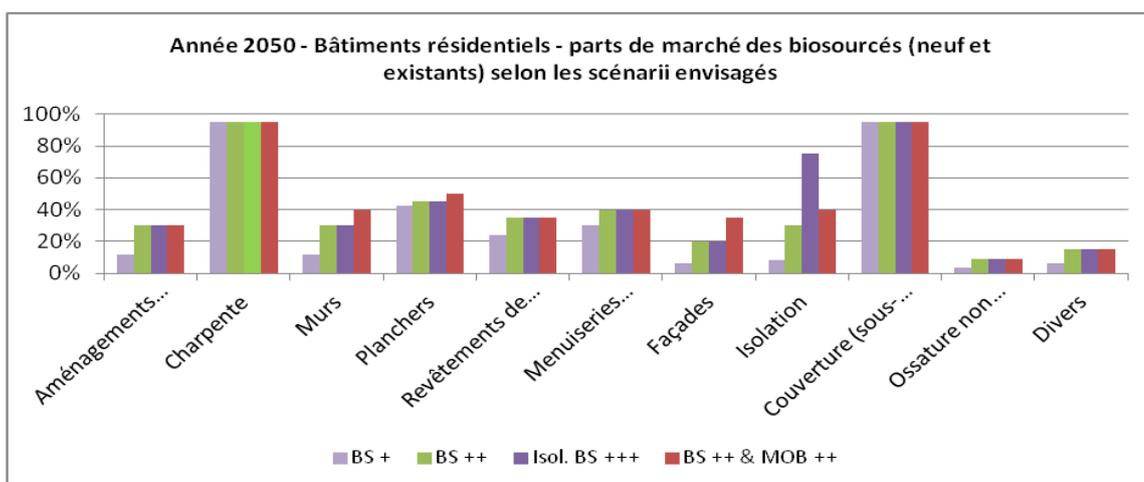


Figure 73. Scénarii sur l'évolution parts de marché biosourcés pour le résidentiel.

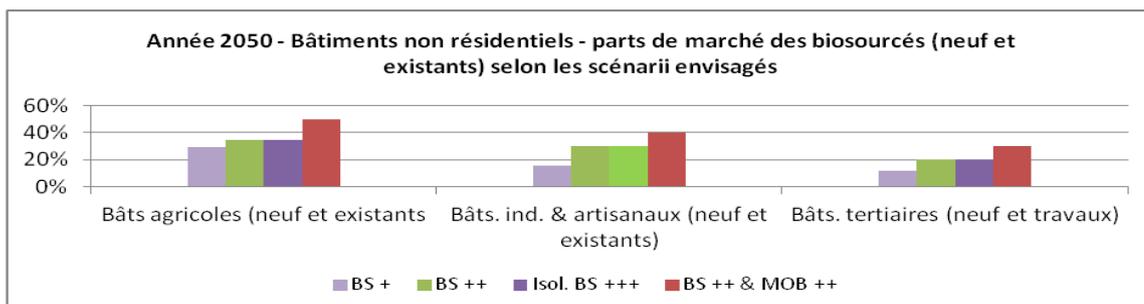


Figure 74. Scénarii sur l'évolution parts de marché des matériaux biosourcés pour le secteur non résidentiel.

5.3.2 Résultats de modélisation des besoins de matériaux biosourcés en IDF

5.3.2.1 Scénario « tendanciel IDF »

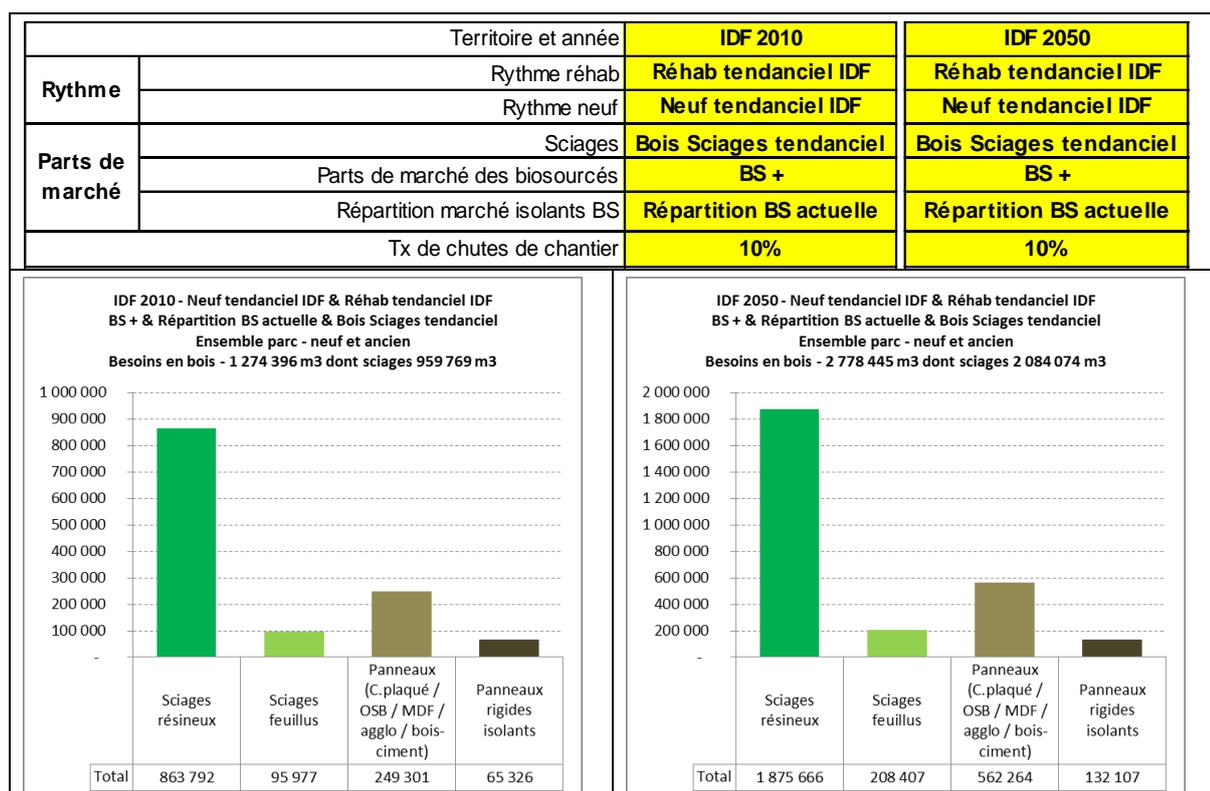
5.3.2.1.1 Paramètres du scénario « tendanciel IDF »

Le scénario « tendanciel IDF » est un scénario que l'on peut qualifier de « business as usual » (Tableau 92). Il est utilisé :

- Comme paramétrage par défaut des autres simulations ;
- Pour calibrer le simulateur avec la réalité des données statistiques disponibles en 2010 concernant le marché des matériaux biosourcés dans la construction et la réhabilitation.

5.3.2.1.2 Résultats du scénario « tendanciel IDF »

Pour l'année de référence (2010), les besoins en bois de sciage pour le scénario tendanciel sont juste en dessous de 1 Mm³. Les panneaux de bois (tous types confondus) comptent pour plus de 300 000 m³. En 2050, les consommations modélisées des sciages ont plus que doublé et dépassent les 2,7 millions de m³/an. La demande des panneaux de bois a augmenté dans les mêmes proportions (du simple au double).



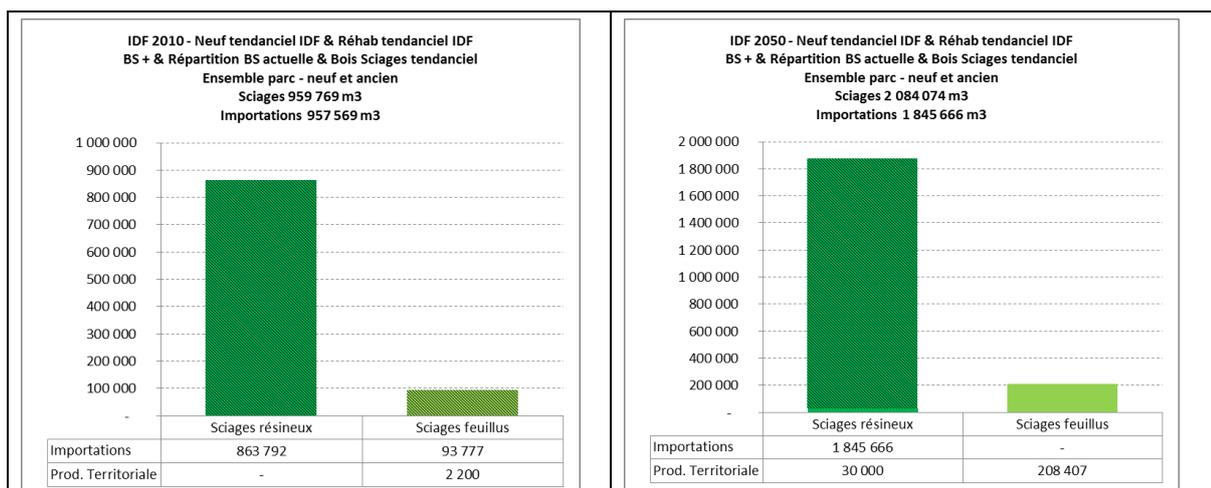


Figure 75. Modélisation des besoins en sciages et panneaux de bois 2010-2050 (scénario « tendanciel »).

On notera également qu'aujourd'hui la région est importatrice de sciages de type « feuillus », car malgré sa ressource importante le volume de sciages est quasi-inexistant.

Concernant les isolants biosourcés, une évolution tendancielle se produit aux horizons 2030-50 dans le scénario pour lequel nous avons maintenu la répartition actuelle, avec la ouate de cellulose et la laine de bois loin devant les autres produits (Figure 76). En 2010, la demande modélisée des isolants biosourcés dépasse les 14 000 tonnes, ce qui correspond à environ 350 000 m³. La consommation des isolants biosourcés double entre 2010 et 2050 pour arriver à presque 29 000 tonnes en 2050. L'écart entre la ouate de cellulose et les autres isolants biosourcés est encore plus évident si nous restons sur la répartition du marché actuel.

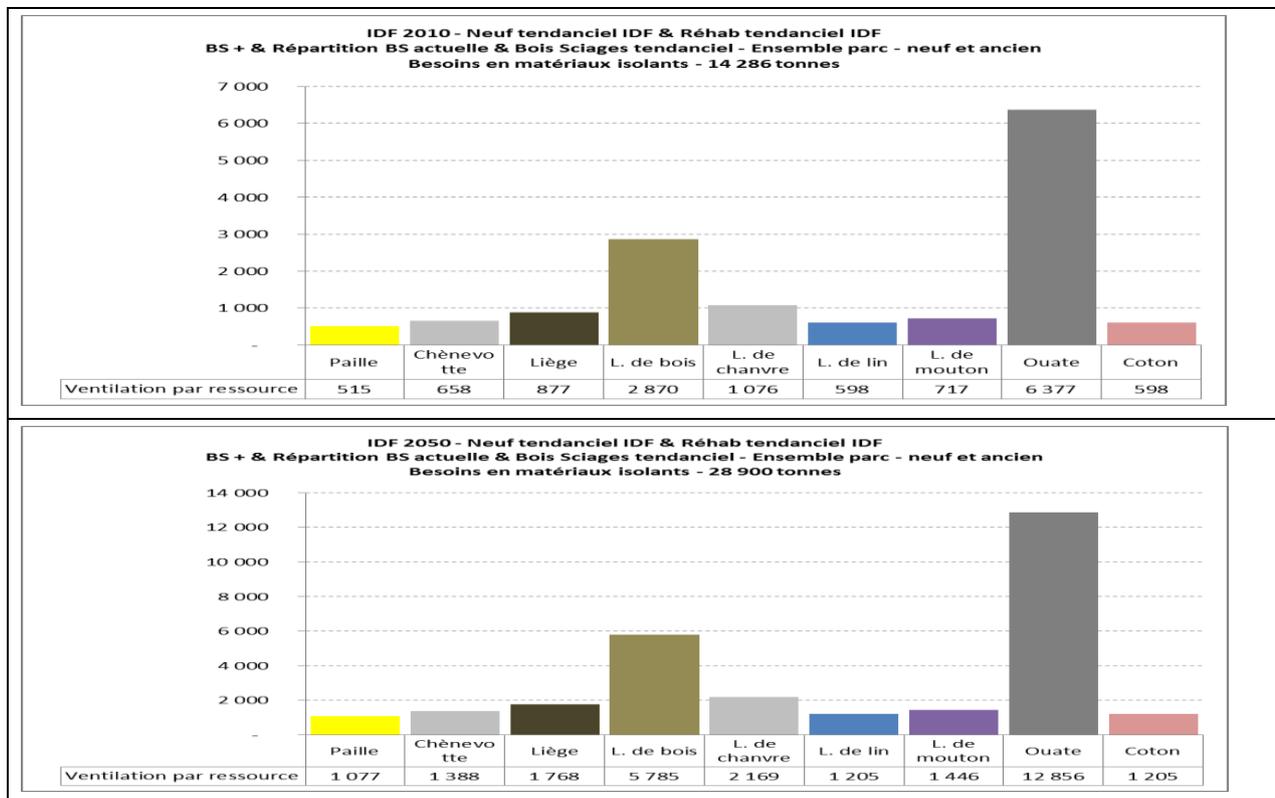


Figure 76. Modélisation des besoins en matériaux d'isolation biosourcés 2010-2050 (scénario « tendanciel »).

5.3.2.1.3 Conclusion du scénario « tendanciel IDF »

A la vue des simulations se pose de suite la problématique francilienne d'approvisionnement régionale en matériaux biosourcés. Aujourd'hui **le volume de sciages (feuillus) en Ile-de-France ne dépasse guère les 2 000 m³**, ce qui est presque négligeable par rapport aux besoins en bois d'œuvre dans la construction et la réhabilitation. Ceci implique que dans l'état actuel la quasi-totalité du bois de construction en Ile-de-France (majoritairement du résineux) est importée d'autres régions, voire de l'étranger, alors qu'en 1990, les scieries régionales produisaient encore 60 000 m³ de sciages, majoritairement des feuillus. Néanmoins, même une telle production était faible rapport aux quantités consommées dans la région.

En augmentant les rythmes de construction et de réhabilitation – ainsi que les parts de marché des biosourcés – ce déficit régional de bois d'œuvre sera encore plus important (cf. scénario ci-dessous : « Schéma Climat IDF et Biosourcé ++ »). Si les consommations modélisées pour les isolants biosourcés en 2010 et 2050 ne sont pas aussi problématiques en termes de quantités, la région n'a cependant pas d'unité de production de ouate de cellulose ou de la laine de bois sur son territoire, ce qui implique que la quasi-totalité des isolants est également importée.

5.3.2.2 Scénario « Schéma Climat IDF – Biosourcé ++ »

5.3.2.2.1 Paramètres du scénario « Schéma Climat IDF - Biosourcé ++ »

Pour le scénario « Schéma Climat IDF - BS ++ » nous avons essayé d'être le plus proche possible des objectifs du SRCAE en ce qui concerne le rythme des constructions et des réhabilitations prévus en 2030 et 2050 (SCRAE, 2013). Une extrapolation des objectifs de construction neuve (70 000 logements en 2020) et de la réhabilitation (25 000 logements en 2020) du Schéma nous a permis d'obtenir les taux de croissance présents dans le Tableau 92. Dans ce scénario « volontariste », nous appliquons également des parts de marché plus importantes pour les matériaux biosourcés.

Ici nous optons pour la même répartition des isolants biosourcés, tandis qu'à la fin de ce chapitre nous proposerons le même scénario, mais avec une plus grande part de marché pour la paille, ressource abondante en Ile-de-France, notamment dans le département de la Seine-et-Marne.

5.3.2.2.2 Résultats du scénario « Schéma Climat IDF - BS++ »

En 2030, les besoins en bois de sciage pour le scénario « Schéma Climat IDF - BS++ » dépassent les **2 millions de m³**. Les panneaux de bois (tous types confondus) comptent pour plus de 700 000 m³. Ces consommations modélisées pour l'année 2030 sont ainsi comparables aux consommations en 2050 dans le scénario tendanciel.

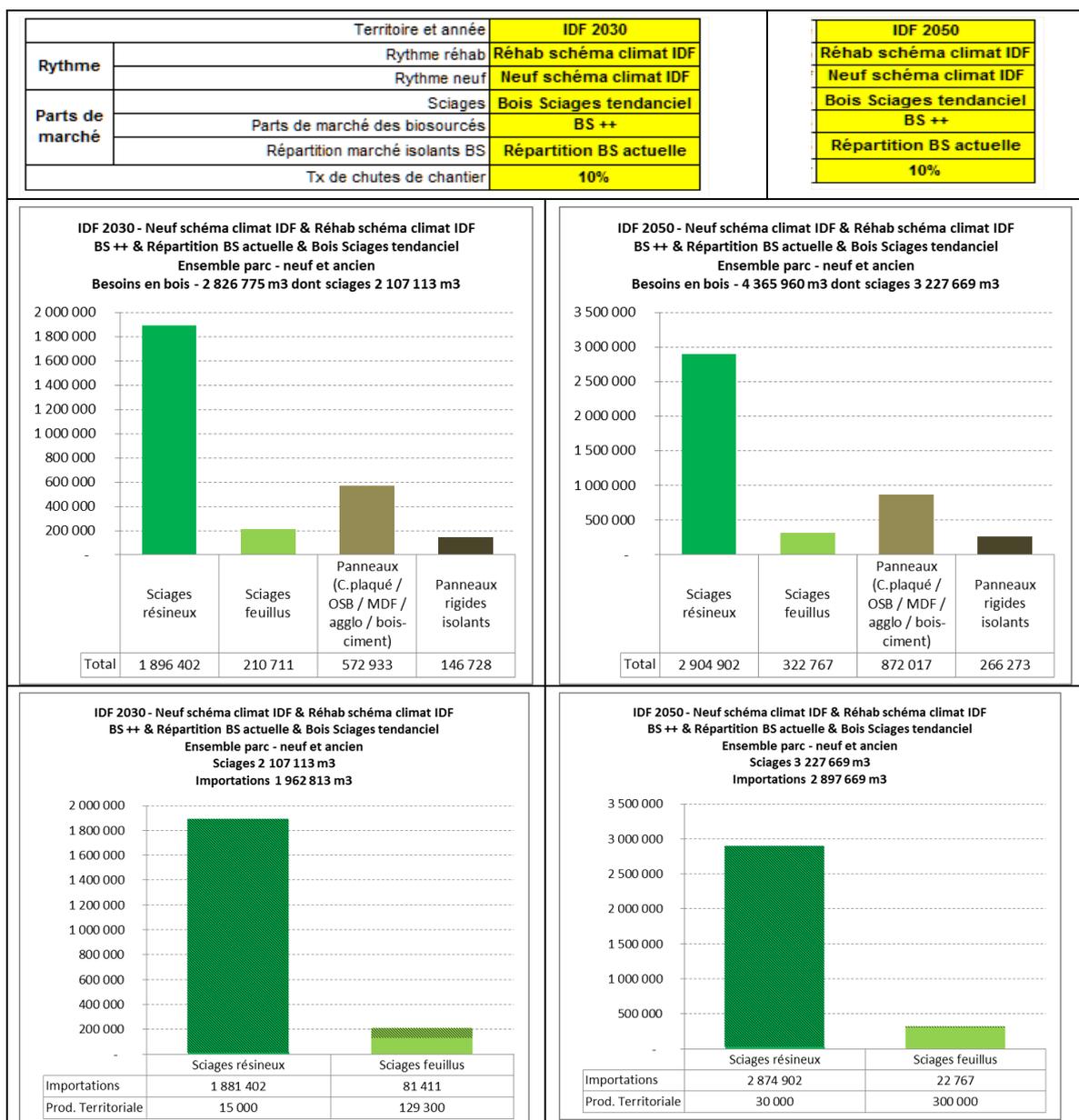


Figure 77. Modélisation des besoins en sciages et panneaux de bois en 2030 et 2050 en Ile-de-France.

On notera qu'en 2050 dans ce scénario, **les besoins des sciages dépassent les 3 millions de m³**. La demande des panneaux de bois augmente dans les mêmes proportions et est à plus de 1,1 million de m³/an (Figure 77). Si nous introduisons dans la modélisation du scénario une option d'équilibrage du marché de la construction en faveur du bois d'œuvre de feuillus en changeant le ratio feuillus/résineux dans les besoins « sciages bois ++ », nous notons que le déficit francilien des sciages résineux diminuera considérablement à l'horizon 2050 (Figure 78).

2010	2030	2050	2010	2030	2050
Bois Sciages tendanciel			Bois Sciages ++		
90%	90%	90%	90%	75%	57%
10%	10%	10%	10%	25%	43%

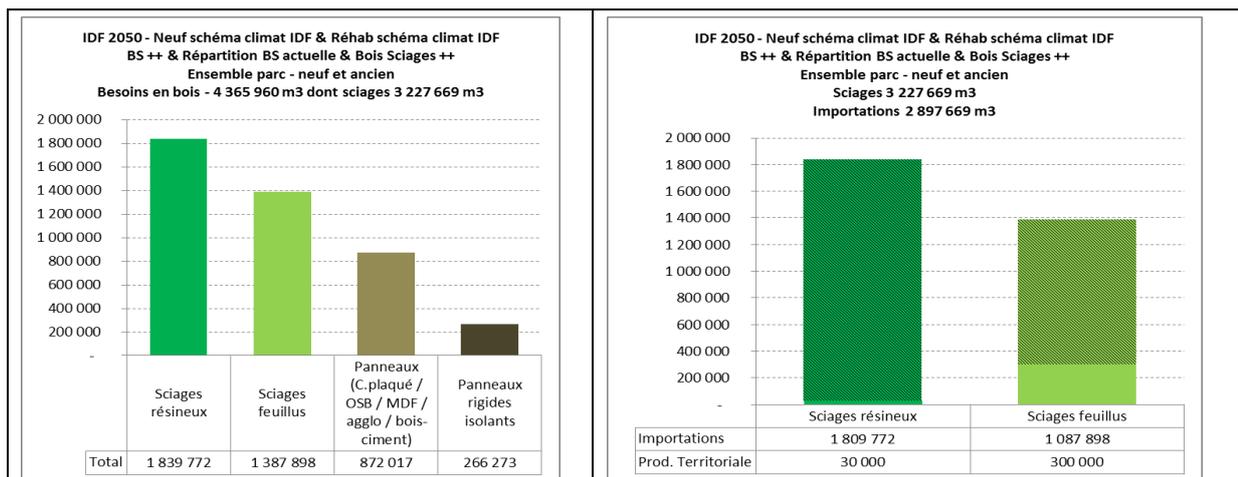
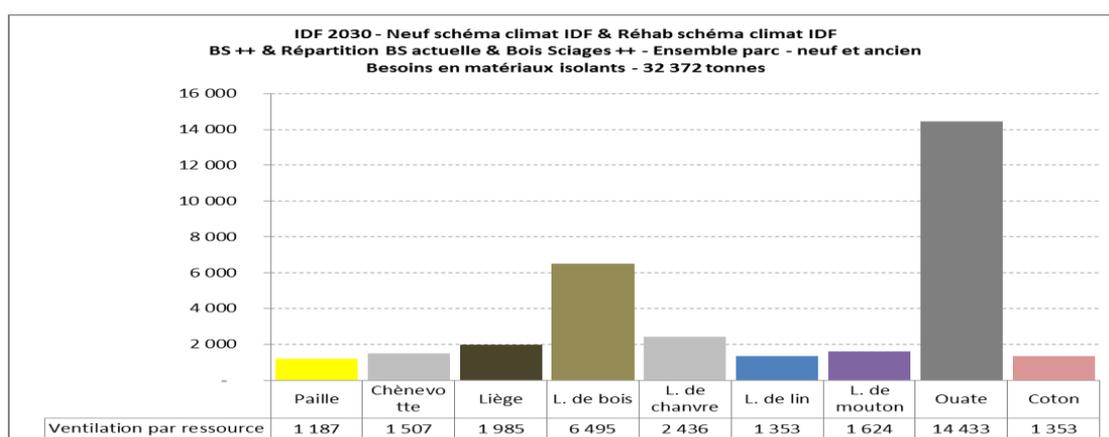


Figure 78. Modélisation des besoins en « sciages ++ » en 2050 en Ile-de-France.

Le volume total de sciages reste ainsi le même, mais la répartition entre résineux (57 %) et feuillus (43 %) est plus équilibrée. Les importations des sciages résineux ont fortement diminué, mais dans ce cas de figure la région devient importatrice des sciages de feuillus (1,1 Mm³/an), compte tenu la limite de la ressource qui était estimée à 300 000 m³/an en 2050, comme l'on peut remarquer dans le Tableau 86.

Les parts de marché des isolants biosourcés ont donc été augmentées dans ce scénario, mais leur répartition a été maintenue, avec la ouate de cellulose et la laine de bois loin devant les autres produits (Figure 79). La consommation modélisée des isolants pour le scénario volontariste, en 2030, est comparable à celle du scénario tendanciel pour 2050. Dans ce cas de figure, l'écart entre la demande francilienne en ouate de cellulose et autres isolants biosourcés est encore plus marquant.

La consommation de ouate de cellulose s'approche ainsi des 30 000 tonnes, ce qui est proche des 40 000 tonnes de ventes actuelles pour tout le pays. De même pour la laine de bois, qui en Ile-de-France approcherait les 300 000 m³ en 2050, ce qui est encore loin des 450 000 de m³ de ventes annuelles pour toute la France aujourd'hui. On note que les quantités modélisés en 2050 pour les autres isolants restent tout à fait marginales, aussi bien en poids qu'en volume.



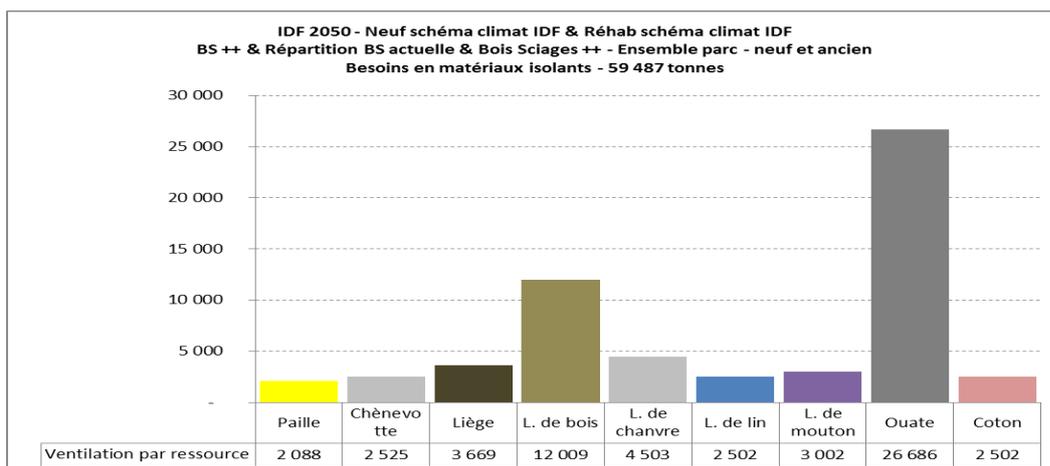


Figure 79. Modélisation des besoins en isolants biosourcés en 2030 et 2050 (poids et volume).

5.3.2.2.2.1 Le scénario « Paille ++ »

Afin de mettre en avant l'isolation en utilisant le matériau paille, nous avons modélisé l'option « Paille ++ » et appliqué celle-ci au scénario « Schéma Climat IDF - BS ++ ». On constate que **les besoins en bottes et panneaux de paille pour 2030 (81 000 tonnes) et 2050 (146 000 tonnes) restent, malgré cette augmentation, dans des ordres de grandeurs raisonnables par rapport à la ressource agricole francilienne disponible à l'horizon 2030-2050**. Notre propre estimation pour ces mêmes usages est de 10 % de la paille totale produite, soit pour l'Île-de-France 290 000 t/an en paille disponible pour le bâtiment et d'autres usages comme la biomasse énergie (méthanisation notamment).

La Figure 80 ainsi que la Figure 81 donnent ainsi la nouvelle répartition des isolants, avec une part importante pour la paille, en poids et en volume.

Territoire et année		IDF 2030	IDF 2050
Rythme	Rythme réhab	Réhab schéma climat IDF	Réhab schéma climat IDF
	Rythme neuf	Neuf schéma climat IDF	Neuf schéma climat IDF
Parts de marché	Sciages	Bois Sciages tendanciel	Bois Sciages tendanciel
	Parts de marché des biosourcés	BS ++	BS ++
	Répartition marché isolants BS	Paille ++	Paille ++
Tx de chutes de chantier		10%	10%

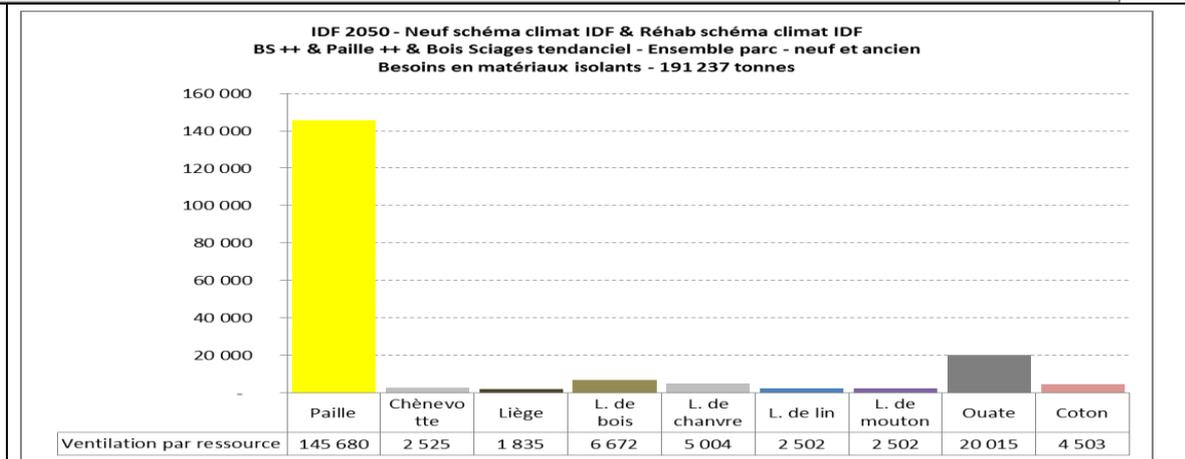
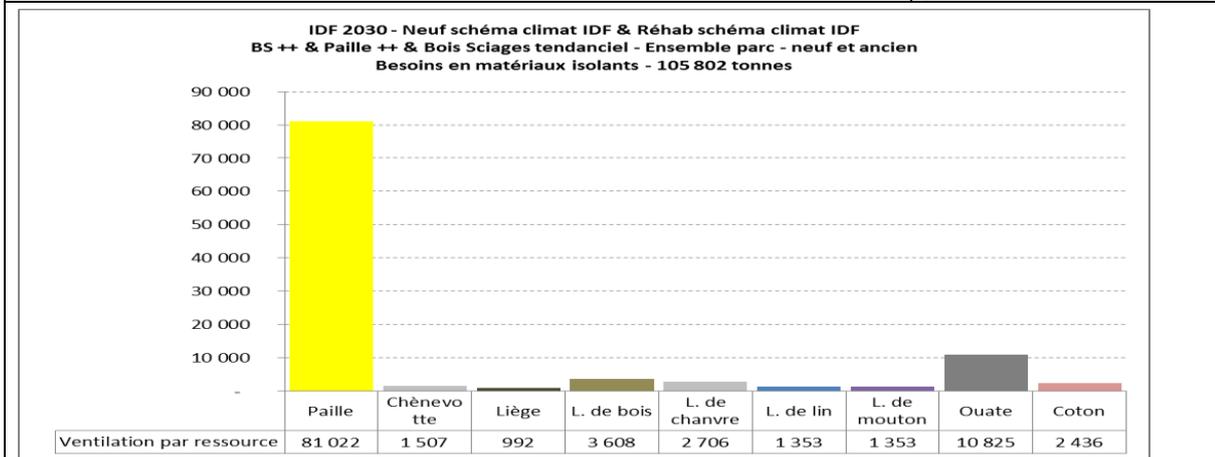


Figure 80. Modélisation des isolants dans le scénario « Schéma Climat IDF - BS ++ Paille ++ ».

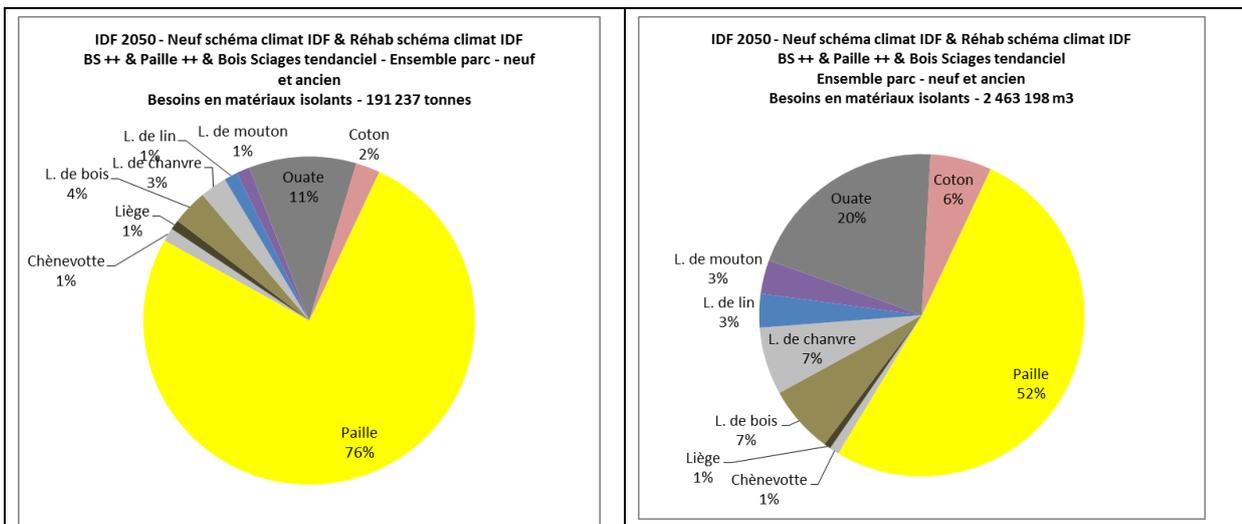


Figure 81. Répartition des isolants en pourcentage du poids et du volume dans le scénario « Paille ++ ».

La botte de paille étant en moyenne deux fois plus « lourde » que les autres isolants (avec une densité de 100 kg/m³), celle-ci occupera 76 % du marché des isolants biosourcés en poids, mais seulement et 52 % en volume.

Des scénarii similaires sont envisageables pour les isolants à base de chanvre et le lin (chènevotte et anas notamment), ceux-ci étant des coproduits viables. De la même manière que pour le scénario « Paille ++ », en augmentent fortement leurs parts de marché aux horizons 2030 et 2050, on peut estimer un éventuel écart entre les besoins et les ressources pour chacun de ces matériaux sortants de filières émergentes en France (Figure 82). **Dans le cas du scénario « Chanvre ++ » cela impliquerait une demande annuelle de chènevotte de 126 000 tonnes en 2050, avec une grande part de paille de céréales également (57 000 t/an).**

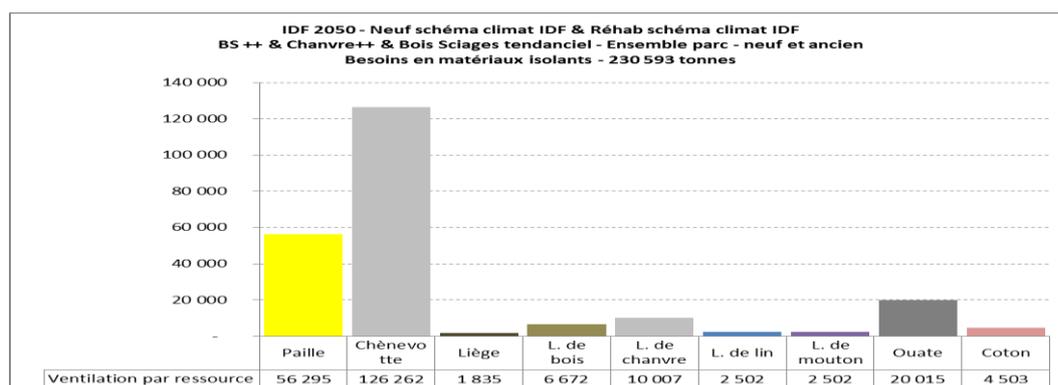


Figure 82. Modélisation des isolants dans le scénario « Schéma Climat IDF - BS ++ Chanvre ++ ».

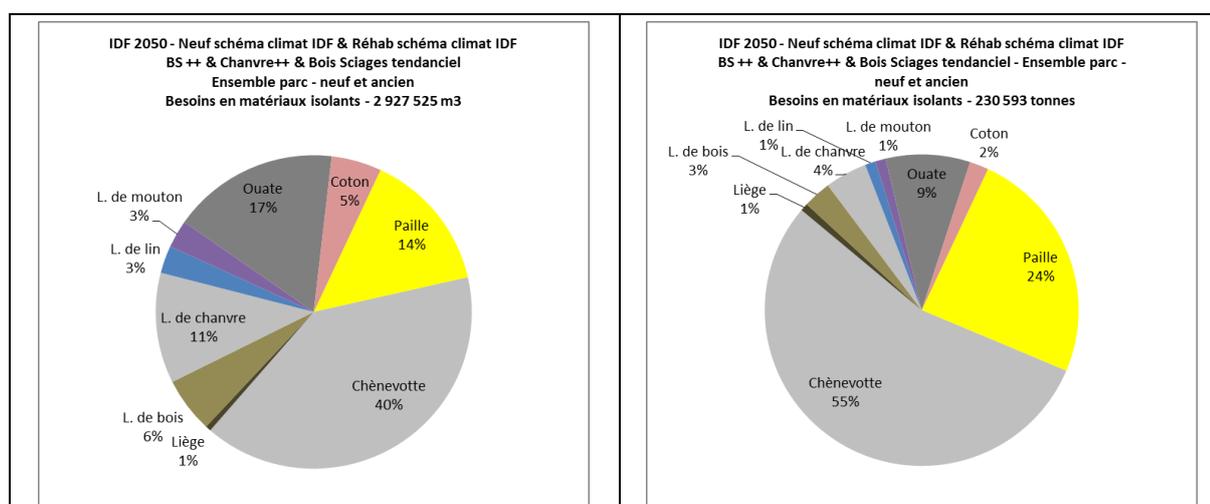


Figure 83. Répartition des isolants en pourcentage du poids et du volume dans le scénario « Chanvre ++ ».

5.3.2.2.2 Le scénario « Biosourcé ++ MOB ++ »

Le scénario « Biosourcé ++ MOB ++ » met en avant la construction des maisons à ossature bois (MOB). Ce type de construction est moins répandu en Ile-de-France (4,2 % du marché contre 11,3 % en France Métropole), du fait de l'important du logement collectif (73 % des résidences principales) dans un parc qui se prête moins facilement à cette technique. Néanmoins, nous pouvons envisager une part de marché plus importante pour la construction en bois, même dans le logement collectif (voir paragraphe 5.3 de ce chapitre), ce qui mobiliserait un volume de sciages de bois d'œuvre beaucoup plus important : presque 4 Mm³/an, à l'horizon 2050 en Ile-de-France (Figure 84).

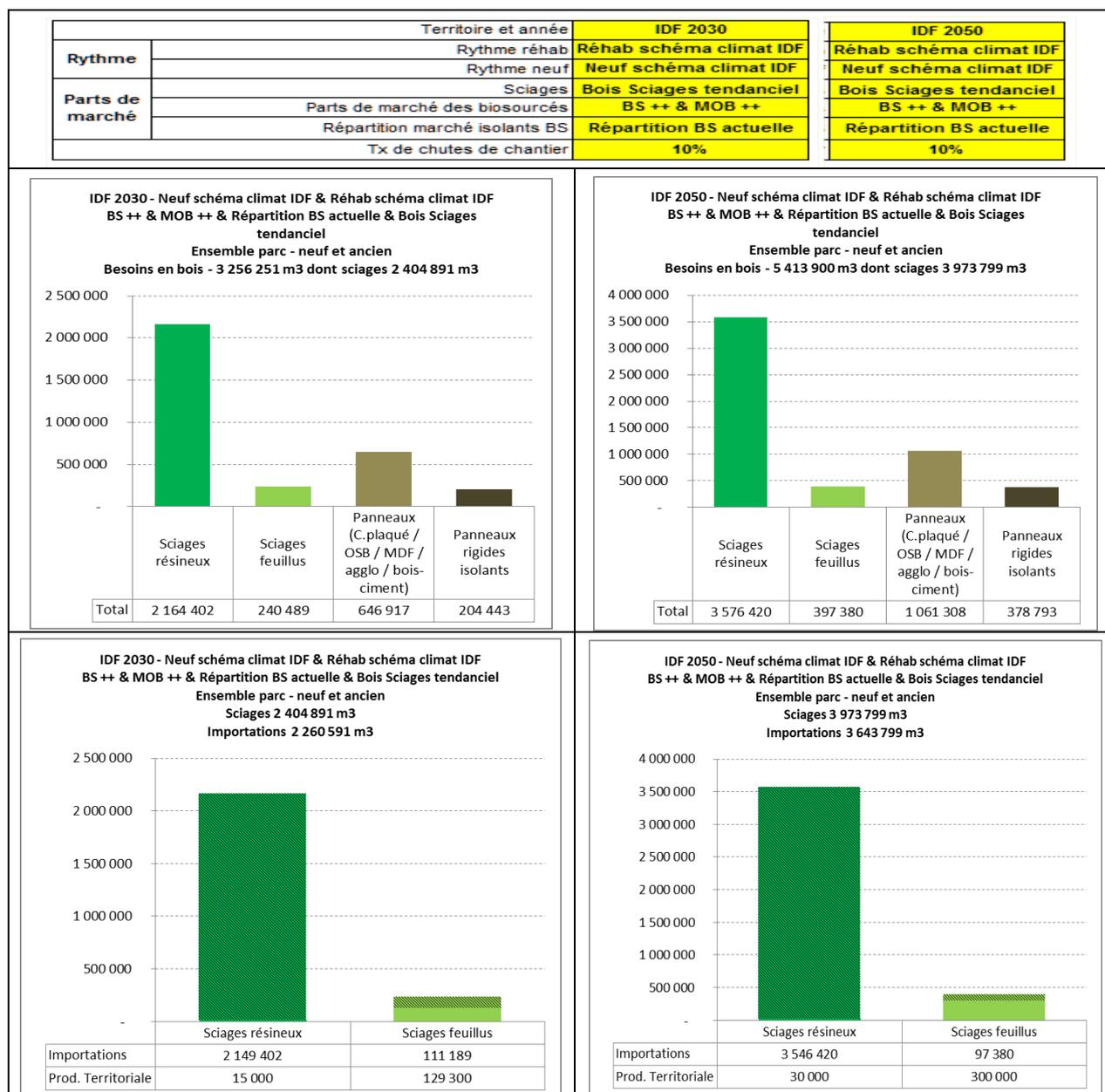


Figure 84. Besoins des sciages et de panneaux 2030 et 2050 - scénario « Schéma Climat BS ++ MOB ++ ».

Notons que sans l'augmentation de la part des maisons à ossature bois, les besoins en bois de sciages modélisés dans le scénario « Schéma Climat BS ++ » pour 2050 étaient de 3,2 Mm³. **A titre de comparaison, ces besoins supplémentaires en bois d'œuvre (800 000 m³) représentent environ 80 % de la consommation francilienne actuelle de sciages (cf. Figure 75).** Si nous ne changeons pas la répartition des sciages de feuillus et de résineux, cela engendre une importation de 3,5 Mm³ de bois résineux.

En mobilisant la ressource des feuillus en Ile-de-France (estimé à 300 000 m³), nous arriverons à diminuer légèrement l'écart entre les sciages résineux et feuillus dans la consommation actuelle des bois de construction (Figure 75). Notons toutefois que la grande majorité des maisons en ossature bois sont construites à ce jour en résineux (pin et douglas notamment) et qu'il faudra donc pour cela faire changer les modes de fabrication.

5.3.2.2.3 Conclusion du scénario « Schéma Climat IDF BS++ »

La modélisation a démontré le grand déficit des sciages de bois d'œuvre au niveau régional, que ça soit actuellement ou aux horizons 2030-2050. Le facteur limitant étant aussi bien la disponibilité de la ressource en bois d'œuvre, mais aussi la capacité de l'Ile-de-France à pouvoir transformer localement cette ressource (se reporter à la partie ci-dessous : « **Discussion sur les filières franciliennes** »).

5.3.3 Discussion sur les filières franciliennes

5.3.3.1 Le bois d'œuvre

La faiblesse des entreprises de première transformation et l'inadéquation de l'offre (feuillu principalement) avec la demande (résineux) entraîne une déconnexion du marché francilien du bois de construction avec la production régionale. La Figure 63 montre le déclin des scieries franciliennes depuis 1990.

Il est difficile d'estimer la capacité de transformation à l'horizon 2030 et 2050. Multiplier par dix le volume de sciages, c'est à dire revenir au niveau de 1992 avec 50 000 m³/an, impliquerait déjà d'importantes mesures accompagnements. Il est donc encore plus difficile d'imaginer aller au-delà de 300 000 m³/an, sauf changement radical de système de production et de systèmes constructifs, qui s'orienteraient alors vers une relocalisation très forte de l'économie et du réemploi des bois de feuillus locaux de haute qualité.

Le problème vient également du fait que le secteur de la construction s'est structuré presque exclusivement autour des bois résineux – moins chers, plus légers, plus normés, plus rapides à produire et à sécher – au détriment des espèces nobles comme le chêne, le hêtre, le châtaigner et le frêne. Aujourd'hui, la grande majorité du bois de construction mis en œuvre est du résineux, que ça soit pour la charpente et les bois de structures ou pour l'agencement (panneaux, lambris et parquet) ou encore la menuiserie. Ces produits proviennent en grande quantité des pays Nordiques, du fait du manque de compétitivité de la filière française.

Paradoxalement la région est exportatrice des grumes de feuillus de grande qualité vers l'Asie et vers les pays Européens où existent encore une tradition de construction en chêne, comme en Angleterre ou en Allemagne. Afin de redévelopper des filières de bois de feuillus destinés à la construction, de nombreux freins économiques sont à lever, notamment au niveau des systèmes constructifs dominants (le « tout béton » et le « tout résineux »). Les savoir-faire sont à redéfinir en conséquence. Le développement des systèmes « poteaux-poutres » ou ossature bois pour les maisons individuelles, ou mêmes dans les immeubles collectifs, se marie bien avec le remplissage ou le banchage des parois par des matériaux biosourcés, tel que la botte de paille, la terre-paille, le béton de chanvre ou lin banché, ainsi que d'autres « nouvelles » techniques.

Compte-tenu du grand nombre de logements collectifs en Ile-de-France, il n'est pas étonnant que la part de marché des maisons individuelles construites en bois n'atteigne que 4,2 %, (alors que la moyenne nationale est de 11,3 %). Pour le bois d'œuvre, le marché le plus prometteur en Ile-de-France est la rénovation, notamment pour les extensions dans lesquelles la part de marché du bois est d'environ 20 % actuellement (France Bois Forêt, 2014). Concernant la transformation de feuillus de qualité, le marché de l'agencement intérieur (bureaux et habitations) et extérieur (espaces publiques) est prometteur car il permet de valoriser les qualités techniques, esthétiques (effet de mode) et environnementales des bois les plus nobles. Il existe des beaux exemples régionaux de constructions récentes en bois de feuillus, dont la maison d'arrêt de Fleury Mérogis (91), les pavillons dans le Parc de Saint-Cloud (92), le hall de l'aérogare de Roissy (75), ou des logements de Naud et Poux (architectes) dans le XII^{ème} arrondissement (France Bois Forêt, 2012).

5.3.3.2 La paille

Sur les 45 à 60 Mt de pailles de céréales produites par an en France (ARENE, 2013), 10 % sont disponibles selon les estimations TERRACREA une fois satisfaits les besoins de l'élevage et en respectant le potentiel de

fertilité des sols, soit 4 à 6 Mt/an (voir « **Partie 3 : Propositions de stratégies pour la production et pour la gestion des concurrences d'usages** »). En Ile-de-France plus particulièrement, ce sont 290 000 t/an qui sont ainsi disponibles pour les usages autres que la litière.

Dans le scénario TERRACREA « Biosourcé IDF ++ » correspondant aux objectifs de construction et de réhabilitation du SRCAE de la Région, les besoins en paille simulés sont d'environ 2 100 tonnes/an. A ce niveau de demande, la disponibilité sur la région elle-même ne devrait pas poser de problème.

Les besoins simulés dans le scénario « Paille IDF ++ », nettement plus ambitieux, s'élèvent à 146 000 tonnes en 2050. Il s'agit d'un scénario « tout paille », qui montre que pour généraliser l'usage de la paille comme isolant, la ressource régionale est théoriquement disponible, **à condition qu'elle ne soit pas captée par la demande en énergie**. Ces deux filières ont chacune sa légitimité, mais dans l'ordre des hiérarchies d'usage, **la filière paille-construction est prioritaire sur la filière paille-énergie**, et elle peut sans difficulté proposer un prix d'achat de la paille supérieur à celui de la filière énergie. Or, les politiques publiques de l'énergie ont stimulé depuis une quinzaine d'années un démarrage rapide de la filière énergétique, tandis que la filière paille-construction ne fait que débiter et que son développement se heurte à des freins conséquents, à la fois techniques, réglementaires, sociaux. Ces freins peuvent être levés, mais il faudra du temps. La filière paille-construction n'a pas la capacité de développement rapide de la filière énergie. Les investissements lourds dans les unités de valorisation énergétique introduisent un facteur de rigidité important sur le marché de la paille. Faute de réserver une place suffisante à la construction sur ce marché, la Région risque de devoir importer la paille destinée à la construction.

5.4 CONFLITS D'USAGE ET RECOMMANDATIONS

5.4.1 Propositions de schémas régionaux de biomasse

Suite aux simulations, à la discussion des résultats des simulations et à l'étude de différentes données bibliographiques, nous proposons ici une série de recommandations pour réguler les conflits d'usage et « améliorer » la structuration des filières de matériaux biosourcés en Ile-de-France.

5.4.1.1 Proposition #1 : appliquer la hiérarchisation territoriale de L'utilisation de la biomasse

Lors des comités opérationnels pour **Grenelle I/II**, une **hiérarchisation des usages** des usages de la biomasse avait été définie : alimentation (humaine et animale) > construction > chimie verte > énergie. Or cette hiérarchisation n'est pas toujours respectée.

En se basant sur les résultats des simulations il est possible de connaître les besoins en matériaux pour la construction neuve et la réhabilitation. Dans le cas de la paille par exemple – en se basant sur 30 % minimum de retour au sol (préconisation SOLAGRO et ADEME) - il faudra **redéfinir l'attribution des usages** : litière (élevage), construction, puis l'utilisation pour les agrocarburants ou la méthanisation. Souvent dans les rapports on peut lire que l'utilisation de la paille est « marginale » pour des utilisations autres que l'énergie. Or, la destiner à la construction apporte plus de valeur ajoutée et permettrait de tirer les filières vers le haut.

5.4.1.2 Proposition #2 : faire appliquer correctement les plans d'approvisionnement pour l'énergie

Si cette proposition ne concerne pas directement les matériaux, elle est importante car même si des plans d'approvisionnement pour la méthanisation ou la biomasse énergie existent, ceux-ci ne sont pas toujours respectés¹⁸. Or, d'après ces plans, il y a déjà une possibilité de maîtriser les volumes d'intrants et donc de limiter les prélèvements.

Bien évidemment, si l'on ne peut pas se passer de l'énergie, il est impératif d'améliorer les rendements des appareils de combustion par exemple, pour améliorer les quantités d'énergies produites sans faire appel à plus d'espaces agricoles. C'est ce qui est préconisé par le Karlsruhe Institut für Technologie¹⁹ en Allemagne.

De plus, on rappellera qu'avant d'essayer de mettre en place des solutions de remplacement pour l'approvisionnement en énergie, il faut réduire la consommation. Mettre en place un **dispositif incitatif d'isolation par l'extérieur** est une bonne solution pour limiter les consommations énergétiques de chauffage des bâtiments.

5.4.1.3 Proposition #3 : réviser / améliorer / lier certains outils existants

Le **SRCAE** est censé permettre « *une meilleure valorisation des ressources agricoles sous forme de produits énergétiques ou d'éco-matériaux* ». Or, il s'avère que si des actions sont mises en œuvre par les collectivités en matière de valorisation énergétique, il n'en est pas de même pour les matériaux. Il faudrait accentuer la possibilité sur un territoire de produire ce type de ressources, et de la mobiliser, peut-être en créant un type de financement **tel le « fonds chaleur »** de l'ADEME, qui est censé permettre l'aide au montage de projets énergies renouvelables. Création d'un « **fonds matériaux** » ?

De plus, est prôné dans le SRCAE la consommation durable, « *bénéfique pour l'environnement mais également pour l'économie par le développement et la pérennisation de filières locales* ». Ceci correspond à l'utilisation des matériaux biosourcés, et de ce fait, il est important pour les institutions telles que l'ADEME de rappeler qu'il n'y a pas que la production d'énergie, mais aussi l'efficacité énergétique, ce qui permet de limiter les consommations – et donc les conflits.

Il sera utile de l'utiliser le simulateur TERRACREA en corrélation avec d'autres outils tels que ceux développés par l'ADEME, permettant de quantifier les besoins en biomasse pour des projets biomasse énergie, et employés dans les **Plans Climat Énergie Territoriaux** (PCET) ou dans les **Plans d'Approvisionnement Territoriaux** (PAT). Ceci devrait permettre de définir la viabilité et la logistique d'un approvisionnement continue sur l'année.

Egalement, en utilisant les **systèmes d'information géographiques** (SIG), il est possible de réaliser des zonages pour définir par exemple des zones de servitude pour l'alimentation en énergie, et donc de limiter les rayons d'approvisionnement. Ces zonages peuvent ainsi être intégrés dans les documents tels que les ScoT. Mais l'utilisation des SIG peut aussi permettre de conseiller à un endroit précis les porteurs de projets quant aux ressources durablement disponibles, dans des rayons d'approvisionnement donnés. Il ne faut donc pas hésiter à **se servir des documents d'urbanisme, tels que le SCOT donc, mais aussi les PLU**, qui permettent entre autres de maîtriser les pressions foncières exercées sur les terres agricoles. A Villepinte par exemple le PLU a été modifié pour pouvoir utiliser les matériaux biosourcés dans les constructions.

¹⁸ Entretien avec un chargé de mission énergie de l'ADEME

¹⁹ KIT. « *Strategies to Reduce Land Use Competition and Increasing the Share of Biomass in the German Energy Supply* ». <http://www.4fcrops.eu/pdf/Lisbon/Knapp.pdf>

A ce titre, l'Agence Européenne de l'Environnement confirme la nécessité d'utiliser ces outils cartographiques²⁰ pour permettre de résoudre, ou tout du moins mettre en exergue les conflits d'usage, et aider à la mise en place de politiques intégrées.

5.4.1.4 Proposition #4 : fidéliser les agriculteurs

Pour le cas du chanvre et du lin, il faut éviter de reproduire les erreurs constatées dans certaines parties de la France (cf. chapitre 5.3.3). Par conséquent, il peut être nécessaire d'une part de bien définir les termes des contrats en approvisionnement (que faire si les prix des autres cultures remontent à la vente ?), mais également il faut **dimensionner correctement les exploitations** : adapter l'offre à la demande.

Il y a de la demande en matériaux un potentiel d'emploi (par exemple d'après MEEDDM, CETE [2010], **1 500 emplois seraient à pourvoir en Seine-et-Marne** sur les aspects bâtiments et agro-matériaux), donc il est tout à fait possible de développer économiquement (et socialement) un territoire et donc permettre aux agriculteurs d'écouler leurs stocks à un prix stable.

De plus, avec la certitude de vendre localement leurs produits, ceci rentre dans la boucle d'une consommation vertueuse et ainsi est en cohérence avec les objectifs prônés dans les **Trames Vertes et Bleues**, à savoir « *cultiver la biodiversité de proximité en prenant appui sur de nouvelles fonctions agricoles* » [CG77, 2010].

5.4.1.5 Proposition #5 : structurer les filières

Dans le cas de la région IDF, les **matériaux biosourcés sont une opportunité** car il existe un problème de gisement de matériaux et par conséquent les importations se font en grande quantité (voir la figure sur les trois cercles d'approvisionnement).

De ce fait, il est important de bien **valoriser la seconde transformation** des matériaux. En effet, dans la région il y a peu de fabricants, alors qu'on a des usines de défilage... Un exemple flagrant est celui de la **filière paille** qui est pour le moment plutôt organisée pour l'auto-construction alors qu'il y a de la demande dans la région (par exemple, une école été construite en Ile-de-France, avec de la paille provenant de Midi-Pyrénées²¹).

De même, il faut penser aussi à **structurer la filière de recyclage des déchets**, comme pour le cas de la ouate de cellulose. Il n'y a pas de fabricant de panneaux dans le centre et le nord de la France alors qu'il y a du gisement (cas de Paris et de la Petite Couronne via les quotidiens) ? Bien sûr, il faut savoir si ces gisements ne sont pas déjà exploités pour d'autres utilisations. Et c'est ici une question d'opportunités, comme par exemple dans le sud du pays : un exploitant de ouate de cellulose s'est installé près de Sud Ouest – journal local – et peut ainsi récupérer les invendus. Il faut de ce fait développer les circuits « courts » et « longs » de récupération (associations locales, clubs thématiques, industries, ...).

De plus, les filières (bois, chanvre, paille) doivent interagir pour répondre aux exigences du marché. Il faut favoriser les regroupements économiques (à l'instar des regroupements en association). Une bonne chose pour cela est l'**implication des acteurs du territoire** pour aider à développer / structurer ces filières, à l'instar du PNR du Gâtinais français sur lequel repose Chanvre Avenir.

²⁰ European Environment Agency. « *Land use conflicts necessitate integrated policy* ». www.eea.europa.eu/highlights/land-use-conflicts-necessitate-integrated-policy

²¹ Entretien avec un chargé de mission de l'association C&B

A l'instar de la Suisse²², la biomasse permet de générer beaucoup de valeur ajoutée grâce à l'**utilisation en cascade**. Tous les produits et sous-produits doivent être utilisés, en utilisant les synergies lors de la production et de l'utilisation de la biomasse.

5.4.1.6 Proposition #6 : mettre en place des dispositifs d'animation, de communication et de formation

D'après MEEDDM, CETE-IDF [2010], « *le développement des écomatériaux représente aux yeux des décideurs une préoccupation croissante. [...] Les municipalités, en particulier, attendent de connaître les solutions et garanties proposées dans l'utilisation d'agromatériaux* ». Pour limiter les conflits d'usage tout en permettant un bon développement des matériaux biosourcés, il est donc important de faire connaître ces projets. En effet, plus l'on aura connaissance du développement de ces matériaux sur un territoire, et de leur relative simplicité d'utilisation (et éventuellement du potentiel de création d'emplois), plus les collectivités pourraient trancher en faveur de la mise en place de filières matériaux biosourcés.

Par conséquent, il faut travailler sur **la demande / le retour d'expérience**, ce qui permettra de capitaliser sur les projets qui ont été mis en place (par exemple à Paris on ne sait pas forcément quand un projet a utilisé de l'isolant en chanvre). Pour ce faire, il y a plusieurs initiatives à mettre en place :

- développer les **projets exemples** car il en existe peu à ce jour, hormis en paille principalement ;
- développer un réseau de **parcelles modèles** ;
- mettre en place des **actions de sensibilisation** pour les matériaux et pour les installations de chaleur à destination des communautés de commune, CAUE-IDF, ... car ceux-ci ont une influence sur les Maîtres d'Ouvrage ;
- faire des **documents de sensibilisation liés au territoire**, mais en les distribuant presque à la manière du « porte à porte », auprès des élus (des organismes comme TEDDIF, l'ARENE ou encore C&B peuvent agir en ce sens) ;
- à l'instar des **Agences Locales pour l'Energie et le Climat (ALEC)**, des **centres d'informations** pourraient être mis en place pour les matériaux (ou en regroupement avec les ALEC), pour conseiller le grand public et les Maîtres d'Ouvrages sur les solutions existantes en terme de construction ;
- enfin, il est nécessaire de créer un **Observatoire Régional de la Biomasse**²³ pour chiffrer ce qui existe réellement, regrouper les données, cartographier les ressources. Ceci peut par ailleurs faire écho à la proposition #3 et à l'amélioration des outils existants.

Pour répondre à ces besoins, il est presque toujours nécessaire d'employer des **animateurs de territoire**, à l'instar de ceux que l'on peut rencontrer dans le domaine du tri sélectif. Et c'est ici encore une source potentielle de création d'emploi.

Pour aller dans ce sens, il faudra bien sûr **améliorer la communication et la relation** entre les différents acteurs et organismes régionaux ou locaux : Chambre d'Agriculture Interdépartementale de l'Île-de-France, Chambre d'Agriculture de Seine et Marne, DRIAAF, Conseil régional, associations, le CFA spécialisé dans le bâtiment en Oucq, le PNR du Gâtinais français, ...

²² Stratégie suisse pour la gestion de la biomasse www.atics.fr/en/strat%C3%A9gie-suisse-pour-la-gestion-de-la-biomasse

²³ Il semblerait qu'un tel organisme existe déjà, mais est limité à l'utilisation par un certain nombre de personnes, et est axé, encore une fois, sur l'énergie. Le site : observatoire-biomasse.franceagrimer.fr

5.4.1.7 Résumés des propositions et des actions

Les actions inhérentes aux schémas présentés précédemment peuvent être ainsi résumées dans un tableau récapitulatif reprenant les objectifs et les actions permettant de développer ces filières tout en écartant les risques de conflits d'usage.

Propositions	Actions
Proposition #1 : sur un même territoire, faire appliquer la hiérarchisation des utilisations de la biomasse	Action #1.1 : rappeler la hiérarchisation des usages de la biomasse Action #1.2 : redéfinir l'attribution et la répartition des emplois
Proposition #2 : faire appliquer correctement les plans d'approvisionnement pour l'énergie	Action #2.1 : effectuer des contrôles et/ou mettre en place un soutien Action #2.2 : pour limiter la consommation d'énergie, mettre en place un dispositif incitatif d'isolation par l'extérieur
Proposition #3 : réviser / améliorer / lier certains outils existants	Action #3.1 : création d'un « fonds matériaux » sur le même principe que le « fonds chaleur » Action #3.2 : faire rappeler par les institutions qu'il n'y a pas que la production d'énergie, mais aussi l'efficacité énergétique Action #3.3 : utilisation des SIG pour définir des zonages qui pourront être utilisés dans les documents d'urbanisme
Proposition #4 : fidéliser les agriculteurs	Action #4.1 : bien définir les termes des contrats en approvisionnement, avec un juste dimensionnement des installations Action #4.2 : valoriser les filières courtes, plus vertueuses et assurant une source sûre / régulière de revenus
Propositions #5 : structurer les filières	Action #5.1 : valoriser la seconde transformation, souvent inexistante sur le territoire francilien Action #5.2 : promouvoir l'interaction entre les acteurs du territoire pour un développement cohérent de celui-ci Action #5.3 : utiliser la biomasse en cascade, lui permettant de lui donner plus de valeur ajoutée
Proposition #6 : mettre en place des dispositifs d'animation, de communication et de formation	Action #6.1 : développer les projets et parcelles exemples Action #6.2 : mettre en place des actions de sensibilisation ainsi que des documents distribués au cas par cas Action #6.3 : création d'une Agence Locale des Matériaux, basée sur le principe des ALEC Action #6.4 : création d'un Observatoire Régional de la Biomasse

Tableau 94. Récapitulatif des propositions et actions pour l'IDF.

5.5 BIBLIOGRAPHIE

Agreste, 2013. « *Mémento de la statistique agricole en Ile-de-France* ».

Assemblée National, J.Y. Caullet, 2013. « *Bois et Forêts de France – Nouveaux défis* ».

ADEME, 2013. « *Estimation des gisements potentiels de substrats utilisés en méthanisation* ».

ADEME, 2011. « *Étude internationale des politiques publiques pour la mobilisation de la biomasse et l'organisation des acteurs. Résumé et synthèse* ». 19p.

ADEME, MOUNDY, 2011. « *Réalisation d'une étude régionale relative à la valorisation énergétique de la biomasse dans le cadre de l'élaboration du schéma régional des énergies renouvelables du Languedoc-Roussillon* ». 93p.

ARENE, 2013. « *Les filières franciliennes des matériaux et produits bio-sourcés pour la construction – propositions d'action* ». Rapport du Constructions et Bioressources (C&B), avril 2013.

ARENE, nd. « *Développement de filières industrielles* » (collaboration « Oree »).

CNDB - Comité National pour le Développement du Bois (2013) « *Les vrais prix du bois construction en Ile-de-France ?* »

Conseil Général Seine-et-Marne, 2010. « *Seine et Marne en projets. Choisir notre avenir pour compter plus. Projet de territoire départemental* ». 63p.

DREAL, 2013. « *Connaissance de la filière des matériaux biosourcés pour la construction en Pays de la Loire* ». 80p.

Equipe Seura, 2012. « *Le logement en Ile-de-France, une "bombe à retardement"* ». Paris 2012.

Francilbois, 2013. « *Les bois d'Ile-de-France dans la construction – fiches de prescription* ».

IAU, 2014. « *Un portrait par chiffres* ». <http://www.iau-idf.fr/lile-de-france/un-portrait-par-les-chiffres/population.html> visité 9 avril 2014

IAU, 2013. « *L'environnement en Ile-de-France - Mémento 2012 : les matériaux* ». 5p.

IAU, 2010. « *L'amélioration énergétique du parc résidentiel francilien- Les enjeux socio-économiques* ».

SCRAE, 2012. « *Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie d'Ile-de-France* ». Novembre 2012, <http://www.srcae-idf.fr/spip.php?rubrique1>

Conseil Régional Ile-de-France, 2011. « *Plan Régional pour le Climat d'Ile-de-France* ». 24 juin 2011.

DRIEA Ile-de-France, 2013. « *Les éco-matériaux dans l'aménagement et la construction en Ile-de-France* ».

INRA, 2013. « *Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ?* ». <http://presse.inra.fr/Ressources/Communiqués-de-presse/Reduire-les-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre-de-l-agriculture-francaise-l-Inra-identifie-dix-actions>

MEEDDM, 2010. « *REFERENCES. Les filières industrielles stratégiques de l'économie verte* ». 174p.

MEEDDM, CETE-IDF, 2010. « *Les écomatériaux dans la construction et l'aménagement en Ile-de-France* ». 156p.

Nomadéis, 2012. « *Etude sur le secteur et les filières de production des matériaux et produits biosourcés utilisés dans la construction (à l'exception du bois). Partie 1* ». 101p.

Région Ile-de-France, 2012. « *Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie de l' Ile-de-France* ».

Région Ile-de-France, 2012. « *Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie de l' Ile-de-France. Synthèse* ». 15p.

RESE – Réseau Economies Sociale et Environnementale. « *Filière construction* ». Etude ARENE sur la filière construction par rapport au RES (contact Lise Barbat).

SDRIF, nd. « *Carte normative d'aménagement 2030* ».

http://www.iledefrance.fr/sites/default/files/cdgt_v6.pdf

6 Annexes

6.1 ACRONYMES / GLOSSAIRE

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie

ATF : Amis de la Terre France

BIBE : Bois d'Industrie et Bois Energie

BO : Bois d'œuvre

C&B : Construction et Bioressources

CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

GES : Gaz à Effet de Serre

IAU : Institut d'Aménagement et d'Urbanisme

IDF : Ile-de-France

LRA : Laboratoire de Recherche en Architecture

MS : Matière Sèche

PCS : Produits Connexe de Scierie

SAU : Surface Agricole Utile

SDRIF : Schéma Directeur de la Région Ile-de-France

SRCAE : Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie

6.2 LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1. PRINCIPALES HYPOTHÈSES AFTERRRES.....	9
TABLEAU 2. RÉCAPITULATIF DES HYPOTHÈSES SUR LES BESOINS ET USAGES.	11
TABLEAU 3. TAUX DE SUBSTITUTION POUR LES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS D'ICI 2020 ET 2050.	12
TABLEAU 4. CATÉGORIES BIOLOGIQUES ET CATÉGORIES D'USAGE DU BOIS.	16
TABLEAU 5. DISPONIBILITÉ BRUTE FORESTIÈRE – PÉRIODE 2006-2020 (MILLIONS DE M ³ /AN).....	16
TABLEAU 6. DISPONIBILITÉ NETTE FORESTIÈRE APRÈS RÉFACTION TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE.	18
TABLEAU 7. DISPONIBILITÉS FORESTIÈRES, ESTIMATION TERRACREA (EN MILLIONS DE M³/AN).....	18
TABLEAU 8. EMPRISE AU SOL DES ARBRES HORS FORÊT.	19
TABLEAU 9. RESSOURCE BRUTE DES PEUPLERAIES, HAIES ET ALIGNEMENTS (EN MILLIONS DE M ³ /AN).....	20
TABLEAU 10. DISPONIBILITÉ NETTE TECHNICO-ÉCONOMIQUE DES PEUPLERAIES, HAIES ET ALIGNEMENTS.	20
TABLEAU 11. DISPONIBILITÉ SUPPLÉMENTAIRE EN BOIS DE PEUPLERAIES, HAIES ET ALIGNEMENTS.....	20
TABLEAU 12. DISPONIBILITÉ BRUTE EN RESSOURCES LIGNEUSES ANNEXES (EN MILLIONS DE T MS).....	21
TABLEAU 13. ESTIMATION TERRACREA DE DISPONIBILITÉ SUPPLÉMENTAIRE ACTUELLE EN BOIS.....	21

TABLEAU 14. COMMERCE EXTÉRIEUR DES PRINCIPAUX PRODUITS FORESTIERS (EN 2010).....	23
TABLEAU 15. RÉCOLTE COMMERCIALISÉE DE L'EXPLOITATION FORESTIÈRE (EN 2010).....	24
TABLEAU 16. PRODUCTION DES INDUSTRIES DU BOIS (EN 2010).....	25
TABLEAU 17. PRODUCTION DE PÂTES À PAPIER, DE PAPIERS ET CARTONS ET DE PANNEAUX (EN 2011).....	26
TABLEAU 18. PRODUCTION ET COMMERCE EXTÉRIEUR DES PRODUITS DE BOIS-CONSTRUCTION EN 2009*.....	26
TABLEAU 19. FACTURATION 2010 DES PRODUITS D'AMEUBLEMENT (*).....	27
TABLEAU 20. LE BOIS DANS LA PRODUCTION D'ÉNERGIE.....	27
TABLEAU 21. DISPONIBILITÉS DE BOIS : SYNTHÈSE DES ESTIMATIONS TERRACREA (MILLIONS DE M³/AN).....	29
TABLEAU 22. RÉPARTITION DE LA SURFACE AGRICOLE UTILE EN 2009.....	31
TABLEAU 23. SURFACES ET PRODUCTION DES CÉRÉALES EN FRANCE EN 2010.....	34
TABLEAU 24. SURFACES ET PRODUCTION DES OLÉAGINEUX ET PROTÉAGINEUX EN FRANCE EN 2010.....	34
TABLEAU 25. BILAN IMPORT-EXPORT SURFACES EN FRANCE EN 2005 (HORS BOIS).....	35
TABLEAU 26. RÉPARTITION DES UTILISATIONS INTÉRIEURES TOUTES CÉRÉALES EN 2008/2009.....	37
TABLEAU 27. RÉPARTITION DES PRODUITS ET COPRODUITS ISSUS DE LA PAILLE DE LIN.....	41
TABLEAU 28. USAGES ACTUELS DES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS DANS LA CONSTRUCTION (HORS BO)*.....	43
TABLEAU 29. ÉVOLUTION DU PARC DE LOGEMENTS POUR 2010.....	46
TABLEAU 30. LE NOMBRE ET LES SURFACES DES LOGEMENTS COMMENCÉS EN FRANCE EN 2010.....	49
TABLEAU 31. OBJECTIF D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIES DANS LE PARC DES LOGEMENTS.....	51
TABLEAU 32. RÉPARTITION BÂTIMENTS TERTIAIRES.....	51
TABLEAU 33. TABLEAU RÉCAPITULATIF DES GRANDS FLUX DE MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION.....	56
TABLEAU 34. ÉVOLUTION DES VOLUMES DE BOIS DE SCIAGE (HORS GRUMES).....	57
TABLEAU 35. RÉPARTITION DU MARCHÉ DE L'ISOLATION RAPPORTÉE EN 2011.....	58
TABLEAU 36. PARC RÉSIDENTIEL ET NON RÉSIDENTIEL EN 2010.....	65
TABLEAU 37. SURFACE MOYENNES DES LOGEMENTS CONSTRUITS EN 2010.....	65
TABLEAU 38. RÉPARTITION DU NOMBRE D'ÉTAGES DES IMMEUBLES COLLECTIFS EXISTANTS.....	66
TABLEAU 39. RÉPARTITION DES SURFACES DANS LE SECTEUR NON-RÉSIDENTIEL.....	67
TABLEAU 40. SEGMENTATION DU TERTIAIRE PRIVÉ ET PUBLIC.....	68
TABLEAU 41. DÉFINITIONS DES POSTES DE TRAVAUX D'AMÉLIORATION SELON OPEN.....	69
TABLEAU 42. MARCHÉ DE LA RÉNOVATION EN 2013 SELON OPEN.....	70
TABLEAU 43. PARTS DE MARCHÉS DES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS RÉFÉRENCÉS.....	71
TABLEAU 44. TYPOLOGIE DES BÂTIMENTS.....	73
TABLEAU 45. EXTRAIT DES TAUX D'INCORPORATION DE MATÉRIAUX BIOSOURCÉS PAR OUVRAGE SELON L'ARRÊTÉ DU 19/12/2012.....	75
TABLEAU 46. EXEMPLE DE « MACRO PARAMÈTRES » D'ENTRÉE DU SIMULATEUR.....	77
TABLEAU 47. MODÉLISATION DU PARC DE BÂTIMENT ET DE SON ÉVOLUTION : PRINCIPALES ENTRÉES DU SIMULATEUR.....	80
TABLEAU 48. PRINCIPAUX PARAMÈTRES COMMUNS À L'ENSEMBLE DES SIMULATIONS.....	81
TABLEAU 49. EXEMPLE DE MODÉLISATION DU RYTHME DE CONSTRUCTION NEUVE EN FRANCE ET EN ÎLE-DE-FRANCE.....	82
TABLEAU 50. EXEMPLE DE MODÉLISATIONS DU RYTHME DE RÉHABILITATION EN FRANCE ET EN ÎLE-DE-FRANCE.....	82
TABLEAU 51. EXEMPLE DE MODÉLISATIONS DES PARTS DE MARCHÉ DES PRODUITS BIOSOURCÉS.....	82
TABLEAU 52. PRINCIPAUX PARAMÈTRES DE LA SIMULATION.....	84
TABLEAU 53. PARTS DE MARCHÉ SELON L'HABITAT ET LE MATÉRIAU.....	86
TABLEAU 54. PRINCIPAUX PARAMÈTRES DE LA SIMULATION.....	88
TABLEAU 55. PRINCIPAUX PARAMÈTRES DE LA SIMULATION.....	90
TABLEAU 56. PRINCIPAUX PARAMÈTRES DE LA SIMULATION.....	92
TABLEAU 57. PRINCIPAUX PARAMÈTRES DE LA SIMULATION.....	94
TABLEAU 58. PRINCIPAUX PARAMÈTRES DE LA SIMULATION.....	96
TABLEAU 59. ÉVOLUTION DE LA DISPONIBILITÉ SOUTENABLE À L'HORIZON 2050.....	103
TABLEAU 60. ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION DE BO ET DE BIBE À L'HORIZON 2050.....	104
TABLEAU 61. ÉVOLUTION PRODUCTION ET CONSOMMATION APPARENTE DE SCIAGES – TOUS SECTEURS.....	105
TABLEAU 62. ÉVOLUTION TAUX DE TRANSFORMATION DES SCIERIES FRANÇAISES À L'HORIZON 2050.....	105
TABLEAU 63. ÉVOLUTION DU TAUX D'UTILISATION DES SCIAGES DANS LA CONSTRUCTION À L'HORIZON 2050.....	105
TABLEAU 64. ÉVOLUTION DU TAUX DE RÉPARTITION SCIAGES RÉSINEUX / FEUILLUS DANS LE SECTEUR DE LA CONSTRUCTION À L'HORIZON 2050.....	106
TABLEAU 65. RÉPARTITION DE LA RÉCOLTE DE BI ET DES PCS DANS LES INDUSTRIES DE TRITURATION EN 2009.....	106
TABLEAU 66. ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION DE PANNEAUX DANS LE SECTEUR DE LA CONSTRUCTION À L'HORIZON 2050.....	106
TABLEAU 67. ÉVOLUTION DU SOLDE DE BIBE ET DE PCS POUR DES USAGES ÉNERGÉTIQUES (EN MM ³ ET TWH) À L'HORIZON 2050 SELON LE SCENARIO « REHAB ++ & BS ++ ».....	108
TABLEAU 68. ÉVOLUTION DE L'EXPLOITATION FORESTIÈRE ET DES RESSOURCES BRUTES SELON AFTERRS.....	108

TABLEAU 69. PRODUCTION BRUTE DE BIOMASSE PAR L'AGRICULTURE.....	118
TABLEAU 70. PROSPECTIVE SUR LES SURFACES OCCUPÉES PAR LES CULTURES DE PLANTES À GRAINES, SELON AFTERRRES2050.	118
TABLEAU 71. PROSPECTIVE SUR LES PRODUCTIONS DES PLANTES À GRAINES, SELON AFTERRRES2050.	118
TABLEAU 72. PROSPECTIVE SUR LA PRODUCTION DE PAILLES ET RÉSIDUS DE RÉCOLTE, D'APRÈS AFTERRRES2050.....	119
TABLEAU 73. PROSPECTIVE SUR LA PRODUCTION DE PAILLES ET RÉSIDUS DE CÉRÉALES, D'APRÈS AFTERRRES 2050.....	119
TABLEAU 74. UTILISATIONS DE LA BIOMASSE ISSUE DE L'AGRICULTURE, D'APRÈS AGRESTE 2010.....	120
TABLEAU 75. PROSPECTIVE SUR L'ÉVOLUTION DU CHEPTEL SELON AFTERRRES2050.....	122
TABLEAU 76. LIN ET CHANVRE, SURFACES ET PRODUCTIONS.	125
TABLEAU 77. PROSPECTIVE SUR LA DISPONIBILITÉ DES MATIÈRES PREMIÈRES (HORS BOIS) POUR LA PRODUCTION D'ISOLANTS BIOSOURCÉS.....	129
TABLEAU 78. OBJECTIFS DU SCÉNARIO SRCAE (2012) POUR LE SECTEUR DU BÂTIMENT À L'HORIZON 2020.....	136
TABLEAU 79. DENSITÉ DE POPULATION EN IDF EN 2007.....	137
TABLEAU 80. MARCHÉ DU LOGEMENT EN IDF EN 2005. *4 968 000 DE RÉSIDENCES PRINCIPALES EN 2010.....	137
TABLEAU 81. RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES PAR TRANCHE D'ÂGE DES LOGEMENTS.	139
TABLEAU 82. SURFACES AGRICOLES ET FORESTIÈRES EN IDF EN 2010.....	143
TABLEAU 83. SURFACES AGRICOLES DES GRANDES CULTURES EN IDF.....	144
TABLEAU 84. LES FOURRAGES EN 2011.	145
TABLEAU 85. RESSOURCES EN PAILLE PAR DÉPARTEMENT EN IDF (2011).....	145
TABLEAU 86. RESSOURCES FORESTIÈRES EN 2020 ET 2050 EN TONNES ET KTEP/AN.....	147
TABLEAU 87. TABLEAU DE SYNTHÈSE DES OBJECTIFS RÉGIONAUX POUR LES ENR ET DE LA BIOMASSE EN IDF.	149
TABLEAU 88. ÉVOLUTION DE LA RÉCOLTE DE BOIS D'OEUVRE ET DE LA PRODUCTION DE SCIAGES EN IDF.....	153
TABLEAU 89. ESTIMATION DES QUANTITÉS DE MATÉRIAUX BIOSOURCÉS.	154
TABLEAU 90. PARAMÈTRES POUR TOUS LES SCENARII MODÉLISÉS.....	156
TABLEAU 91. RYTHME DE RENOUVELLEMENT DU PARC SCÉNARIO « TENDANCIEL » ET « SCHÉMA CLIMAT IDF ».....	157
TABLEAU 92. RYTHME DE RÉHABILITATION SCÉNARIO « TENDANCIEL » ET « SCHÉMA CLIMAT » IDF.	157
TABLEAU 93. RYTHME DE RÉHABILITATION SCÉNARIO « TENDANCIEL » ET « SCHÉMA CLIMAT » IDF.	158
TABLEAU 94. MODÉLISATION DES SCÉNARII DE L'ÎLE-DE-FRANCE (2030-2050).....	158
TABLEAU 95. PARTS DE MARCHÉ DES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS PAR ÉLÉMENT DE CONSTRUCTION (RÉFÉRENCE 2010).....	160
TABLEAU 96. RÉCAPITULATIF DES PROPOSITIONS ET ACTIONS POUR L'IDF.	175

6.3 LISTE DES FIGURES

FIGURE 1. OCCUPATION PHYSIQUE DU TERRITOIRE MÉTROPOLITAIN EN 2010.....	13
FIGURE 2. ÉVOLUTION DE LA SURFACE DES BOIS ET FORÊTS EN FRANCE.	14
FIGURE 3. SOLDE DES ÉCHANGES DE LA FILIÈRE BOIS.	22
FIGURE 4. VALEURS FACTURÉES DANS LA FILIÈRE BOIS EN 2006.....	24
FIGURE 5. ÉVOLUTION DES SECTEURS DU BOIS CONSTRUCTION (2000-2006).....	26
FIGURE 6. UTILISATION DES TERRES ARABLES DEPUIS 1950 (EN MILLIONS D'HA).	32
FIGURE 7. SURFACES OCCUPÉES PAR LES CULTURES FOURRAGÈRES DEPUIS 1950 (EN MILLIONS D'HA).....	33
FIGURE 8. PRODUCTION DES PRAIRIES (MILLIERS DE T MS).....	33
FIGURE 9. BILAN DE LA PRODUCTION ET DU COMMERCE DE BLÉ TENDRE EN FRANCE.	36
FIGURE 10. BILAN DE LA PRODUCTION ET DU COMMERCE DU MAÏS EN FRANCE.....	36
FIGURE 11. BILAN DE LA PRODUCTION ET DU COMMERCE DE L'ORGE EN FRANCE.	36
FIGURE 12. BILAN DE LA PRODUCTION ET DU COMMERCE DE GRAINES DE COLZA, TOURNESOL ET SOJA EN FRANCE.	36
FIGURE 13. MAÏS FOURRAGER ET CONCENTRÉS UTILISÉS EN ALIMENTATION ANIMALE (MILLIERS DE T DE MS).....	37
FIGURE 14. PRODUCTION D'ALIMENTS COMPOSÉS POUR ANIMAUX.....	37
FIGURE 15: ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION DE BIOCARBURANTS EN FRANCE (EN MILLIERS DE T/AN).....	38
FIGURE 16. ÉVOLUTION DE LA POPULATION EN FRANCE.....	45
FIGURE 17. ÉVOLUTION DU PARC DE LOGEMENTS EN FRANCE.....	46
FIGURE 18. ÉVOLUTION DE LA PART DES MAISONS INDIVIDUELLES.	47
FIGURE 19. LA RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES MAISONS INDIVIDUELLES EN 2009.	47
FIGURE 20. ÉVOLUTION DES SURFACES DES LOGEMENTS.....	47
FIGURE 21. ÉVOLUTION DE LA SURFACE HABITABLE DES LOGEMENTS DANS LE SCÉNARIO NÉGAWATT.	48
FIGURE 22. ÉVOLUTION DU NOMBRE DE LOGEMENTS COMMENCÉS ENTRE 1980 ET 2009.....	48
FIGURE 23. ÉVOLUTION DES SURFACES DES LOCAUX ET DES LOGEMENTS « COMMENCÉS » ENTRE 1985 ET 2009.....	49
FIGURE 24. RÉPARTITION DES RÉSIDENCES PRINCIPALES SELON L'ANCIENNETÉ.	50
FIGURE 25. RÉPARTITION DES RÉSIDENCES PRINCIPALES SELON L'ANCIENNETÉ ET TYPE DE LOGEMENT.	50

FIGURE 26. EVOLUTION DU NOMBRE DE RÉNOVATIONS.....	52
FIGURE 27. RÉPARTITION DU CA DE PRODUITS DE CARRIÈRES EN 2010.....	52
FIGURE 28. LE PIC BÉTON EN 2008.....	52
FIGURE 29. MATÉRIAUX DES MURS EXTÉRIEURS.....	53
FIGURE 30. MATÉRIAUX DES MURS EXTÉRIEURS « LOGEMENTS INDIVIDUELS ».....	53
FIGURE 31. MATÉRIAUX DES MURS EXTÉRIEURS « LOGEMENTS COLLECTIFS ».....	53
FIGURE 32. CONSOMMATION DES LIANTS HYDRAULIQUES PAR TYPE D'OUVRAGE DANS LE BÂTIMENT ET LES TP (2010).....	54
FIGURE 33. EVOLUTION DE LA PRODUCTION DE CIMENT EN FRANCE 1996-2010.....	54
FIGURE 34. PRODUCTION DE BOIS EN 2006.....	57
FIGURE 35. FLUX DE MINÉRAUX ET MATÉRIAUX ÉLABORÉS À USAGE PRINCIPAL POUR LA CONSTRUCTION (MT).....	59
FIGURE 36. IMPORTATIONS/EXPORTATIONS DE MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION.....	59
FIGURE 37. CHIFFRES D'AFFAIRES DANS LA CONSTRUCTION EN 2010.....	60
FIGURE 38. EVOLUTION DES SURFACES TERTIAIRES CONSTRUITES PAR TYPE DE LOCAUX.....	66
FIGURE 39. DISTRIBUTION DE NOMBRE DE FENÊTRES PAR OPÉRATION.....	71
FIGURE 40. EXEMPLE DE DÉTERMINATION DE RATIOS D'ÉLÉMENTS CONSTRUCTIFS EN REGARD AVEC L'USAGE ET LA TYPOLOGIE D'UN BÂTIMENT ET SA SURFACE DE PLANCHER.....	74
FIGURE 41. EXEMPLE DE RÉPARTITION DES PARTS DE MARCHÉ DES ISOLANTS BIOSOURCÉS ENTRE EUX.....	76
FIGURE 42. EXEMPLES DE SORTIES DU SIMULATEUR.....	78
FIGURE 43. SCHÉMA DE FONCTIONNEMENT DU SIMULATEUR.....	80
FIGURE 44. ANNÉE 2050 : PARTS DE MARCHÉ DES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS SELON LES SCÉNARIIS ENVISAGÉS.....	84
FIGURE 45. SCÉNARIO TENDANCIEL 2010 : BESOINS EN BOIS D'ŒUVRE, PANNEAUX DE BOIS ET ISOLANTS.....	85
FIGURE 46: RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS DE BOIS ET DE PANNEAUX PAR OUVRAGES.....	86
FIGURE 47. SCÉNARIO TENDANCIEL 2050 : BESOINS EN BOIS D'ŒUVRE, PANNEAUX DE BOIS ET ISOLANTS.....	87
FIGURE 48. SCÉNARIO « RÉHAB ++ » : BESOINS EN BOIS D'ŒUVRE, PANNEAUX DE BOIS ET ISOLANTS.....	89
FIGURE 49. SCÉNARIO « BIOSOURCÉ ++ 2050 : BESOINS EN BOIS D'ŒUVRE, PANNEAUX DE BOIS ET ISOLANTS.....	90
FIGURE 50. SCÉNARIO « ISOLANTS BIOSOURCÉS +++ » 2050 : BESOINS EN BOIS D'ŒUVRE, PANNEAUX DE BOIS ET ISOLANTS.....	93
FIGURE 51. SCÉNARIO « RÉHAB ++ & BIOSOURCÉ ++ » 2050 : BESOINS EN BOIS D'ŒUVRE, PANNEAUX DE BOIS ET ISOLANTS.....	95
FIGURE 52. SCÉNARIO « RÉHAB ++ & BIOSOURCÉ ++ & MOB ++ » 2050 : BESOINS EN BOIS D'ŒUVRE, PANNEAUX DE BOIS ET ISOLANTS.....	97
FIGURE 53. POUTRE « USO FIUME ».....	110
FIGURE 54. DISPONIBILITÉ RÉGIONALE SUPPLÉMENTAIRE EN BIBE.....	111
FIGURE 55. SIMULATEUR TERRACREA – BESOINS EN ISOLANTS BIOSOURCÉS EN 2050 DANS LE SCÉNARIO « BS+++ ».....	121
FIGURE 56. SIMULATEUR TERRACREA – BESOINS EN ISOLANTS BIOSOURCÉS EN 2050 DANS LE SCÉNARIO « BS+++ », OPTION « PAILLE ++ ».....	122
FIGURE 57. RÉPARTITION DES ÉMISSIONS DE GES EN ÎLE-DE-FRANCE EN 2005.....	134
FIGURE 58 RÉPARTITION DU PARC DE LOGEMENTS PAR TYPE DE LOGEMENTS EN 2006.....	138
FIGURE 59. SIMULATION DE LA RÉPARTITION DES LOGEMENTS PAR CLASSE DPE EN ÎLE-DE-FRANCE.....	138
FIGURE 60. ANCIENNETÉ DU PARC RÉSIDENTIEL EN ÎLE-DE-FRANCE (2005).....	139
FIGURE 61. DÉVELOPPEMENT DE MÉTROPOLE GRAND PARIS ENTRE 1900 ET 2013.....	141
FIGURE 62 OCCUPATION DU SOL FRANCILIEN EN 2003. HABITAT COLLECTIF (EN ROUGE) VERSUS HABITAT INDIVIDUEL (EN JAUNE) ET RÉPARTITION DES CULTURES AGRICOLES ET DE LA FORÊT.....	142
FIGURE 63. RÉPARTITION DES ACTIVITÉS AGRICOLES EN IDF EN 2010.....	144
FIGURE 64. GISEMENTS FRANCILIENS DE BIO-RESSOURCES POUR LA CONSTRUCTION DE PLUS DE 10 000 TONNES/AN (BOIS, PAILLE ET OUATE DE CELLULOSE).....	146
FIGURE 65. GISEMENTS DE MATÉRIAUX BIOSOURCÉS EN ÎLE-DE-FRANCE (2010).....	147
FIGURE 66. LES RESSOURCES BIOMASSE DISPONIBLES À HORIZON 2015/2020.....	147
FIGURE 67. EVOLUTION DES SURFACES DE COLZA (ALIMENTAIRES ET NON-ALIMENTAIRES) EN IDF.....	148
FIGURE 68. EVOLUTION DES SURFACES DES CULTURES NON-ALIMENTAIRES EN IDF (AGROCARBURANTS).....	148
FIGURE 69. CARTE DES INSTALLATIONS DE MÉTHANISATION OU DE CHAUFFERIE BIOMASSE EN ÎLE-DE-FRANCE.....	150
FIGURE 70. PRODUCTION FORESTIÈRE EN IDF ET SEINE-ET-MARNE EN M ³ BOIS ROND.....	152
FIGURE 71. EVOLUTION DES SCIAGES EN IDF ENTRE 1990 ET 2011.....	152
FIGURE 72. RÉPARTITION DES PARTS DE MARCHÉ DES ISOLANTS BIOSOURCÉS EN 2010.....	159
FIGURE 73. SCÉNARIIS SUR L'ÉVOLUTION PARTS DE MARCHÉ BIOSOURCÉS POUR LE RÉSIDENTIEL.....	160
FIGURE 74. SCÉNARIIS SUR L'ÉVOLUTION PARTS DE MARCHÉ DES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS POUR LE SECTEUR NON RÉSIDENTIEL.....	161
FIGURE 75. MODÉLISATION DES BESOINS EN SCIAGES ET PANNEAUX DE BOIS 2010-2050 (SCÉNARIO « TENDANCIEL »).....	162
FIGURE 76. MODÉLISATION DES BESOINS EN MATÉRIAUX D'ISOLATION BIOSOURCÉS 2010-2050 (SCÉNARIO « TENDANCIEL »).....	162
FIGURE 77. MODÉLISATION DES BESOINS EN SCIAGES ET PANNEAUX DE BOIS EN 2030 ET 2050 EN ÎLE-DE-FRANCE.....	164
FIGURE 78. MODÉLISATION DES BESOINS EN « SCIAGES ++ » EN 2050 EN ÎLE-DE-FRANCE.....	165

FIGURE 79. MODÉLISATION DES BESOINS EN ISOLANTS BIOSOURCÉS EN 2030 ET 2050 (POIDS ET VOLUME).	166
FIGURE 80. MODÉLISATION DES ISOLANTS DANS LE SCÉNARIO « SCHÉMA CLIMAT IDF - BS ++ PAILLE ++ ».	167
FIGURE 81. RÉPARTITION DES ISOLANTS EN POURCENTAGE DU POIDS ET DU VOLUME DANS LE SCÉNARIO « PAILLE ++ ».	167
FIGURE 82. MODÉLISATION DES ISOLANTS DANS LE SCÉNARIO « SCHÉMA CLIMAT IDF - BS ++ CHANVRE ++ ».	168
FIGURE 83. RÉPARTITION DES ISOLANTS EN POURCENTAGE DU POIDS ET DU VOLUME DANS LE SCÉNARIO « CHANVRE ++ ».	168
FIGURE 84. BESOINS DES SCIAGES ET DE PANNEAUX 2030 ET 2050 - SCÉNARIO « SCHÉMA CLIMAT BS ++ MOB ++ ».	169