

RAPPORT D'ETUDE

VOLET 2 – PRISE EN COMPTE DE LA FIN DE VIE DES PRODUITS BOIS PHASE 3 : MODELISATION ACV ET CALCULS D'IMPACTS POUR LE RECYCLAGE MATIERE ET LA REUTILISATION

CONVENTION DHUP/CSTB 2009 ACTION 33 – SOUS ACTION 6
ACV & DECLARATIONS ENVIRONNEMENTALES POUR DES PRODUITS ET COMPOSANTS DE
LA CONSTRUCTION BOIS
VOLET 2 – PRISE EN COMPTE DE LA FIN DE VIE DES PRODUITS BOIS

Demandeur(s) de l'étude

Direction de l'Habitat de l'Urbanisme et des Paysages
Arche de la Défense – Arche Sud
FR-92055 Paris La Défense Cedex 04
L'interprofession France Bois Forêt
10, Avenue de Saint-Mandé
FR-75012 Paris
CODIFAB
28 bis Avenue Daumesnil
FR-75012 Paris

Auteur

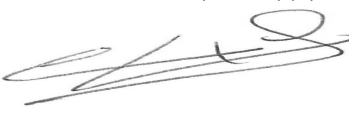
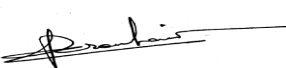
FCBA

(1) 10 avenue de Saint-Mandé, FR-75012 Paris
(2) Allée de Boutaut, FR-33000 Bordeaux

Vérificateur externe

CSTB

24, rue Joseph Fourier, FR-38400 Saint Martin d'Hères

Auteur(s)	Relecteurs/ Vérificateur(s)	Version	Date
Estelle VIAL (FCBA)(1) 	Gerard Deroubaix (FCBA)(1)  Stéphane HAMEURY (CSTB) Serge LENEVE (FCBA) (2)	1.0	14/12/2012

Contexte

Le projet CONVENTION DHUP/CSTB 2009 ACTION 33 – SOUS ACTION 6 – ACV & DECLARATIONS ENVIRONNEMENTALES POUR DES PRODUITS ET COMPOSANTS DE LA CONSTRUCTION BOIS prévoit 3 volets :

- Volet 1 : Création d'une base de données amont ;
- Volet 2 : Prise en compte de la fin de vie des produits bois ;
- Volet 3 : Réalisation de déclarations environnementales.

Le présent document s'inscrit dans le Volet 2 qui inclut 3 phases :

- Phase 1 : Etat de l'art sur les scénarios de fin de vie des déchets bois;
- Phase 2 : Etudes des différents choix méthodologiques de modélisation des scénarios de valorisation;
- Phase 3 : Analyse de sensibilité sur les scénarios fin de vie.

Ce document constitue l'étude des différents choix méthodologiques des scénarios de valorisation ; il s'inscrit donc dans la Phase 2 du Volet 2.

FCBA remercie la société EGGER pour sa participation à l'étude ainsi que les différentes sociétés gérant des plateformes de tri de déchets bois ayant bien voulu répondre à l'enquête réalisée (Bois 2R, VEOLIA, SITA).

Sommaire

Contexte	2
Sommaire	3
1 Objectif	5
2 Description de la modélisation	5
2.1 Définition des frontières du système pour la préparation de la matière avant recyclage ou valorisation énergétique	5
2.2 Définition des frontières du système pour les impacts liés à la valorisation matière	6
2.3 Définition des frontières du système pour les impacts liés à la valorisation énergétique	6
3 Impacts liés à la préparation de la matière ou du combustible	8
4 Impacts liés à la valorisation matière	10
4.1 Impacts générés par l'utilisation de déchets	10
4.2 Evaluation des bénéfices liés au recyclage matière (module D)	11
4.2.1 Sylviculture, exploitation forestière et transport des rondins	11
4.2.2 Fabrication des copeaux à partir de rondins	12
4.2.3 Séchage des copeaux	12
5 Impacts liés à la valorisation énergétique	12
5.1 Impacts générés par l'utilisation de déchets	12
5.2 Impacts évités	14
6 Impacts liés à l'élimination	15
6.1 Impacts du stockage	15
6.2 Impacts de l'incinération	15
6.2.1 Impacts générés par l'incinération	15
6.2.2 Impacts évités par l'incinération	15
7 Calculs d'impact	17
7.1 Choix du produit étudié	17
7.2 Choix des indicateurs	17
7.3 Frontières du système	18
7.4 Analyse des scénarios par étape	19
7.4.1 Calculs d'impact pour le recyclage matière	19
7.4.2 Calculs d'impact pour la valorisation énergétique	22
7.4.3 Calculs d'impact pour l'incinération	25
7.4.4 Calculs d'impact pour la mise en décharge	27
7.5 Comparaison des différents scénarios	29
7.5.1 Comparaison excluant le module D (limite module C/ module D avant la plateforme de tri/broyage)	30
7.5.2 Comparaison excluant le module D (limite module C/ module D après la plateforme de tri/broyage)	31
7.5.3 Comparaison excluant le module D (limite module C/ module D après la plateforme de tri/broyage – respect de la réalité des émissions)	31
7.5.4 Comparaison incluant le module D	32

7.5.5	Comparaison entre le scénario actuel et le scénario proposé (limite module C/ module D avant la plateforme de tri/broyage).....	33
7.5.6	Réflexion sur le stockage temporaire de carbone	34
7.5.7	Réflexion sur la comparaison entre valorisation énergétique et valorisation matière	34
7.6	Analyses de sensibilité.....	35
7.6.1	Utilisation du module Ecoinvent pour la mise en décharge	35
7.6.2	Utilisation d'autres données relatives à la combustion du bois.....	36
7.6.3	Analyse de sensibilité sur les phases de transport	37
8	Conclusions.....	38
9	Références bibliographiques.....	41

1 Objectif

Jusqu'à présent, le scénario de fin de vie des FDES de produits bois correspondait au scénario par défaut de la norme NF P01-010 à savoir la mise en décharge. Le rapport de phase 1 de la présente étude « Etat de l'art sur les scénarios de fin de vie des déchets bois » a permis de montrer que ce scénario ne correspondait pas à la réalité puisqu'une partie des déchets est valorisée en panneaux de particules, en énergie (via la valorisation en panneaux) ou est éliminée en incinération avec récupération d'énergie.

Par ailleurs, la publication de la norme EN 15804 en 2012 rend possible d'évaluation du bénéfice de la valorisation matière et énergie via l'introduction du module D qui vient compléter le cycle de vie décrit par le module A (production), B (utilisation) et C (fin de vie du produit). Le rapport de phase 2 de la présente étude « Etat de l'art des différents choix méthodologiques de modélisation des scénarios de valorisation » présente la méthodologie générale considérée pour l'évaluation de ce bénéfice.

L'objectif de ce rapport est de proposer des données et des méthodologies relatives aux scénarios autres que la mise en décharge afin de faciliter la réalisation de déclaration environnementales de produits bois et de réaliser des premiers calculs permettant de comparer les scénarios de fin de vie.

2 Description de la modélisation

Afin de modéliser les scénarios de fin de vie, il est nécessaire d'évaluer :

- les impacts opérationnels et amont liés à la préparation de la matière ou du combustible (transport, broyage, tri),
- les impacts indirects liés à la valorisation (impacts générés par l'utilisation de matière ou d'énergie recyclée dans le procédé, impacts évités par l'économie de matière et à l'économie d'énergie).
- les impacts liés à l'élimination des déchets.

Dans le document « Etat de l'art sur les scénarios de fin de vie des déchets bois », il est proposé une définition des frontières du système entre le module C et le module D.

2.1 Définition des frontières du système pour la préparation de la matière avant recyclage ou valorisation énergétique

L'évaluation des impacts nécessite la définition des frontières du système. On considère ici que les déchets ont été déposés dans une benne bois dans un chantier de démolition ou de rénovation. Dans de nombreux cas également, la benne est multi matériau et le tri est effectué au niveau d'une plateforme multi-matériaux au sein de laquelle il existe une plateforme bois.

Cette benne est acheminée vers une plateforme multi-matériaux ou dédiée au bois. Un pré-tri est effectué pour enlever les cartons ou plastiques résiduels. Le bois est ensuite broyé, affiné puis criblé afin d'éliminer les fines. Il arrive aussi que les déchets bois soient directement envoyés dans les usines de panneaux sans broyage préalable en particulier pour les plateformes proches des usines.

Dans la présente étude, dans un souci de simplification, on considère que l'ensemble des déchets est broyé bien qu'en général les usines de production de panneaux soient alimentés à la fois par des déchets broyés et par des déchets simplement concassés pour le transport.

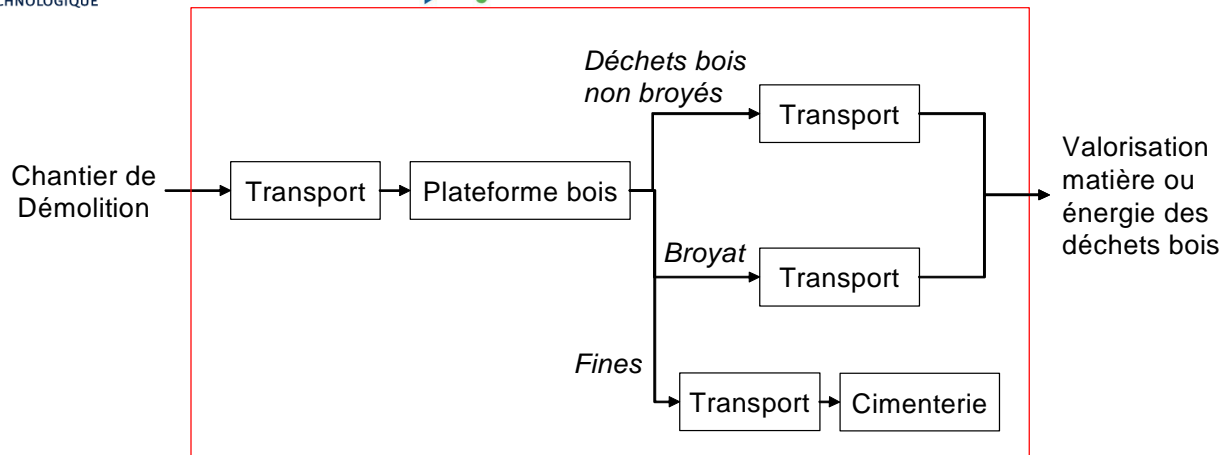


Figure 1 : Frontières du système pour la préparation des déchets bois avant valorisation

2.2 Définition des frontières du système pour les impacts liés à la valorisation matière

Dans le cas du recyclage matière, le broyat est envoyé chez les fabricants de panneaux de particules où ceux-ci réalisent des traitements supplémentaires propres au recyclage matière tels que des broyages lents ou rapides, un criblage (sable) et des tris mécaniques pour éliminer les métaux ferreux, métaux non ferreux, les matières lourdes (cailloux) ou trop légères (plastiques). Les copeaux issus de ces étapes de traitement sont séchés puis mis en silos. Les autres sources d’approvisionnement des usines de panneaux sont les connexes de scierie (sciures, copeaux, délignures) et les rondins issus de forêt. Les connexes de scieries sont rebroyés selon leur granulométrie, séchés puis mis en silos. Les rondins sont d’abord hachés en plaquettes puis réduits en copeaux qui sont ensuite séchés et mis en silos. Selon le type de panneau fabriqué, il est fait appel à un mixe de copeaux issus de déchets post-consommateurs, de connexes de scierie et de rondins. Pour la réalisation d’un panneau surfacé, il est ainsi réalisé un matelas central en copeaux issus de déchets et une couche de surface en copeaux plus fins issus de rondins.

On a fait l’hypothèse que les impacts évités sont calculés en considérant que le produit secondaire évite la production primaire à partir du moment où il y a égalité fonctionnelle. Pour la fabrication des panneaux de particules, le bois issu des déchets post-consommateurs évite l’utilisation de bois issu de forêt qui constitue ainsi la filière primaire.

2.3 Définition des frontières du système pour les impacts liés à la valorisation énergétique

La valorisation énergétique peut intervenir dans de multiples cas :

- valorisation en chaudière des déchets bois venant directement de plateforme (valorisation thermique ou cogénération),
- valorisation en cimenterie des fines de broyages,
- valorisation dans la chaudière des usines de fabricants de panneaux pour les fines de broyage,
- valorisation des déchets bois en mélange en incinérateur,
- valorisation des déchets bois en cimenterie.

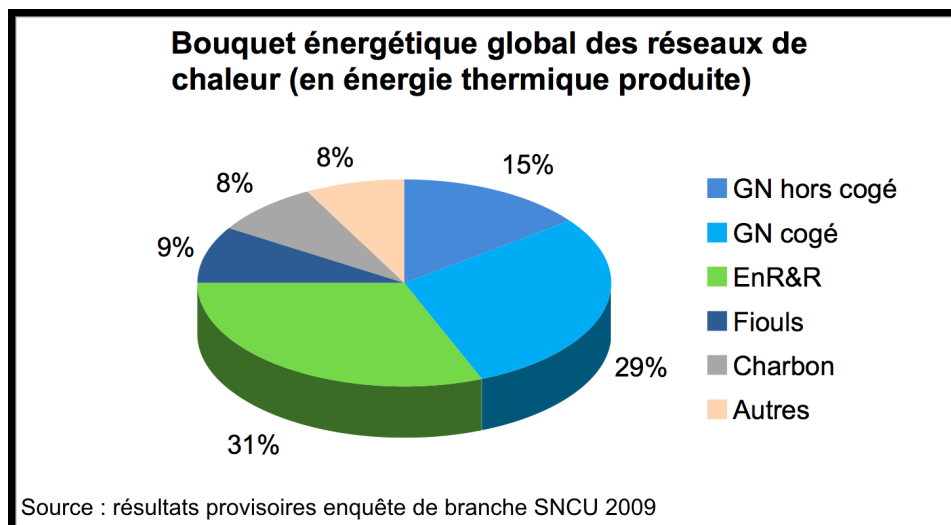
La cogénération à partir de déchets bois ne sera pas étudiée ici car elle est encore peu développée pour les déchets post-consommateurs.

La valorisation en cimenterie n'a pas été étudiée car peu de données existent sur ce type de traitement et il est surtout utilisé pour traiter les déchets bois dangereux tels que les traverses ou les poteaux électriques.

La valorisation énergétique des déchets de bois en chaudière permet de produire de la chaleur. Cette dernière se substitue à l'énergie thermique produite par le réseau de chaleur conventionnel. Cette modélisation est basée sur les éléments suivants :

- le rapport [DHUP CODIFAB FBF FCBA 2012] qui reprend principalement les conclusions du LCA Handbook [European Commission 2010] en considérant que le produit secondaire évite la production primaire à partir du moment où il y a égalité fonctionnelle, à savoir pour la valorisation énergétique le MJ produit et effectivement utilisé pour la valorisation énergétique,
- l'arrêté « relatif à la déclaration des impacts environnementaux des produits de construction et de décoration » en cours d'élaboration (version de mai 2012).

Le mixe moyen de production de chaleur français est réparti de la manière suivante :



En considérant que l'énergie thermique produite à partir des déchets de bois vient uniquement en remplacement de l'énergie thermique fossile, la valorisation énergétique des déchets de bois évite la production de chaleur à partir du mixe énergétique suivant :

Source d'énergie	Pourcentage
Charbon	14%
Fioul	14%
Gaz naturel	72%

Tableau 1 : Mixe de combustible évité par la valorisation énergétique

3 Impacts liés à la préparation de la matière ou du combustible

Les données ont été collectées auprès de trois plateformes de récupération de bois et comparées à la bibliographie.

Les données collectées auprès des 5 plateformes (dont 3 appartenant au même groupe) sont présentées ci-dessous :

	Plateforme A	Plateforme B	Plateforme C1	Plateforme C2	Plateforme C3	Plateforme D	Plateforme E
Tonnage entrant (t)	40 000	Non précisé	35 000	40 000	10 000	3 500	120 000
Classe A (t)	7 500	Non précisé	Non précisé	Non précisé	Non précisé	70%	
Classe B (t)	32 500	30 000	Non précisé	Non précisé	Non précisé	30%	120 000 (mélange classe A et B)
Rayon d'approvisionnement (km)	50	30	50	50	50		
Electricité (kWh/tonne)	-	Non précisé	Non précisé	Non précisé	Non précisé		
Diesel (litre/tonne)	4,5	2,7	Non précisé	Non précisé	Non précisé		
Procédés	Pré-tri, broyage, affinage, criblage	Pré-tri, broyage, affinage, criblage	Pré-tri, broyage, affinage, criblage	Pré-tri, broyage, affinage, criblage	Pré-tri, broyage, affinage	Pas de broyage	Pré-tri, broyage, tri optique, tri par densité, déferrailage, séparation des fines
Sortie							
Fines (%)	20%	Non précisé	10% à 15%	10% à 15%	Non criblé	Non broyé	
Devenir des fines	Cimenterie	Non précisé	Valorisation énergétique (non précisée)	Valorisation énergétique (non précisée)			
Devenir du bois A	Chaudière, panneaux	Chaudière	Panneaux	Chaudière, panneaux, structurant en agronomie	Chaudière, panneaux, structurant en agronomie	Chaudière	Le site est capable de séparer la classe A de la classe B
Devenir du bois B	Panneaux	90% panneaux, 10% mise en charge ou envoyé dans des installations ayant une autorisation spécifique	Panneaux	Panneaux	Chaudière CRE ¹ (80%), panneaux (20%)	Panneaux en Italie	
Kilométrage bois B	260 km	500 km	250 km	80 km	90 km		600 km

Tableau 2 : Données collectées auprès des plateformes de tri bois

La consommation moyenne de diesel est donc de 3,6 litres par tonne broyée. Les données bibliographiques existantes proviennent de deux publications [Rivela et al. 2005] et [Merrild et al. 2009].

Ces publications font état des consommations d'énergie suivantes :

	[Rivela et al. 2005] broyage sur site	[Rivela et al. 2005] broyage hors site	[Merrild et al. 2009]
Electricité (kWh/ tonne)	-	48	44
Diesel (litre/ tonne)	4,6	-	2

Tableau 3 : Données collectées sur le tri et le broyage du bois dans la bibliographie

Par ailleurs, l'une des plateformes nous a donné les éléments suivants relatifs à l'approvisionnement. Les déchets peuvent arriver soit en semi-remorque (90 m3) s'ils proviennent d'une plateforme de regroupement soit par des bennes de 30 m3 si celles-ci sont amenées sur le site directement du chantier par un porteur. Il est considéré que les semi-remorques contiennent 18 tonnes de bois et les bennes 12 tonnes.

On considère que 50% des déchets arrivant sur la plateforme de tri/broyage proviennent d'une plateforme de regroupement (hypothèse de calcul). La distance de transport entre le chantier et la plateforme de regroupement comme la distance de transport entre la plateforme de regroupement et la plateforme de tri/broyage est estimée à 50 km (données provenant de l'enquête).

Concernant le transport aval, soit l'approvisionnement d'une usine de panneaux, la société Egger a indiqué avoir deux types d'approvisionnement :

- du bois issu de plateformes broyé. Un semi-remorque peut contenir ainsi 22 tonnes de déchets broyés.
- Du bois issu de plateformes simplement concassé. Un semi-remorque peut contenir ainsi 16 tonnes de déchets concassés.

Pour ce qui est des distances de transport aval, l'hypothèse est faite d'une distance de 350 km ce qui correspond à un transport entre la région parisienne et la Belgique où sont recyclés une partie des déchets bois français. Une étude de sensibilité a été réalisée sur cette distance de transport entre la plateforme et l'usine de panneaux.

4 Impacts liés à la valorisation matière

4.1 Impacts générés par l'utilisation de déchets

Pour les fabricants de panneaux (sur la base de trois interviewés), les seuls impacts supplémentaires liés à l'utilisation de déchets de bois à la place de bois issus de forêts sont les impacts liés à la préparation des déchets (tri, broyage etc.). Les copeaux issus des déchets une fois séchés sont utilisés de la même manière que les copeaux issus de forêts : il n'est pas observé une augmentation de la consommation de mélange collant ou une augmentation des taux de rebus lors de la production du panneau.

Les impacts générés par le recyclage sont principalement liés à la préparation de la matière réalisée sur le site de fabrication des panneaux. Des données ont été collectées auprès de la société Egger et sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Données	Unité
Entrées	
Déchets bois déjà broyés	Tonnes sèches
Déchets bois concassés	Tonnes sèches
Electricité	kWh
Fuel	Litres
Sorties	
Copeaux destinés à la valorisation matière	Tonnes sèches
Fines de broyages valorisés énergétiquement	Tonnes sèches
Déchets bois en mélange destinés à un tri complémentaire en externe	Tonnes sèches
Déchets éliminés (cailloux)	Tonnes
Métaux valorisés (fer, aluminium)	Tonnes

Tableau 4 : Données collectées sur la préparation des déchets dans l'usine de panneaux

La majeure partie des déchets de bois reçus sur le site sont valorisés en panneau, les fines de broyage étant valorisés énergétiquement.

4.2 Evaluation des bénéfices liés au recyclage matière (module D)

Les bénéfices liés à l'utilisation de déchets de bois en lieu et place de rondins sont les suivants :

- Impacts évités de la sylviculture, de l'exploitation forestière et du transport des rondins,
- impacts évités de la fabrication de copeaux à partir de rondins,
- impacts évités par le séchage de copeaux de déchets de bois par rapport au séchage de copeaux de rondins,
- impacts évités par la valorisation énergétique des fines de broyage.

Le fait de recycler permet d'éviter la mise en décharge de bois. L'évitement de la mise en décharge pourrait donc être ajouté au module D. Cependant cet impact évité n'a pas été considéré dans cette étude car l'arrêté « relatif à la déclaration des impacts environnementaux des produits de construction et de décoration » en cours d'élaboration ne le prévoit pas.

4.2.1 Sylviculture, exploitation forestière et transport des rondins

Des données relatives à la sylviculture, l'exploitation forestière et le transport du bois d'industrie ont été collectés lors du projet [FCBA UIPP 2009].

Les données correspondent au mixe moyen utilisé par l'ensemble des fabricants de panneaux en France qui sont implantés souvent à proximité des massifs forestiers : le rayon d'approvisionnement étant de 73 km.

Or une partie importante des déchets de bois provenant de France sont actuellement recyclés en Belgique ou en Italie qui possèdent peu de disponibilité de bois issu de forêts. Si ces usines devaient s'approvisionner en bois de forêts, les rayons d'approvisionnement seraient importants.

Il est donc nécessaire de réaliser une analyse de sensibilité sur le transport généré comme sur le transport évité.

4.2.2 Fabrication des copeaux à partir de rondins

Les procédés correspondent à l'écorçage et à la trituration des rondins. Des données ont été collectées auprès de la société Egger et sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Données	Unité
Entrées	
Rondins	Tonnes sèches
Electricité	kWh
Fuel	Litres
Sorties	
Copeaux destinés à la valorisation matière	Tonnes sèches

Tableau 5 : Données collectées sur la trituration et l'écorçage

4.2.3 Séchage des copeaux

Si l'on considère que les particules issues de déchets sont moins humides que les particules issues de rondins, on peut considérer que l'énergie économisée par le recyclage matière est égale à l'énergie nécessaire pour évacuer la différence d'humidité entre les deux sources d'approvisionnement:

$$En_Ther = m_{eau} \times C_Cal \times (1/R_x)$$

Avec:

En_Ther : énergie thermique [kWh]

m_{eau} : masse d'eau à évacuer [kg]

C_Cal : consommation calorifique [kWh/kg]

R_x : rendement cumulé du réseau et de la chaudière

Si l'on considère que le taux d'humidité¹ des particules issues de rondin est de 50% et celui des particules issues de déchets de 20%, la masse d'eau que l'on a évité d'évacuer par l'utilisation d'un kg de déchets bois (comptabilisé en anhydre) est égale à :

$$m_{eau} [kg/kg \text{ anhydre}] = 0,5 - 0,2 = 0,3$$

C_Cal est prise comme étant égale à 1,4 kWh/ kg (Source [CTBA 2001] pour les résineux)

R_x est égal à 0,76 (rendement de 85% pour la chaudière et de 90% pour le réseau)

En_Ther économisée par l'utilisation de déchets est égale à 0,55 kWh/ kg soit de déchets anhydre utilisé soit 1,98 MJ/ kg anhydre.

L'utilisation d'un calcul théorique a été jugée correcte par les fabricants de panneaux interviewés.

5 Impacts liés à la valorisation énergétique

5.1 Impacts générés par l'utilisation de déchets

Les impacts générés par la valorisation énergétique sont principalement liés à la combustion du bois.

¹ Masse d'eau/masse anhydre

Une étude du CITEPA pour le FCBA [CTBA 2003] a permis d'estimer les émissions de polluants liées à la combustion du bois faiblement adjuvanté en France. Les chiffres de cette étude ont été repris pour le présent rapport et sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	Chaudière de 200kW à 9MW
SO ₂ – g/GJ	20
NO _x – g/GJ	200
COVNM – g/GJ	4,8
CH ₄ – g/GJ	3,2
CO – g/GJ	250
Particules – g/GJ	100
Dioxines – ng i-TEQ /GJ	40
HAP – ng/GJ	8000
As – mg/GJ	9,5
Cd – mg/GJ	1,4
Cr – mg/GJ	47
Cu – mg/GJ	31
Hg – mg/GJ	0,8
Ni – mg/GJ	11
Pb – mg/GJ	90
Zn – mg/GJ	290

Tableau 6 : facteurs d'émission résultant de la combustion de bois faiblement adjuvantés dans une chaudière de 200 kW à 9MW

Les cendres produites par la valorisation énergétique sont modélisées par le module Ecoinvent "Disposal, wood ash mixture, pure, 0% water, to sanitary landfill/CH S". La quantité de cendres est déterminée par le module "Wood chips, from forest, softwood, burned in furnace 300kW/CH U" soit 0.476 kg pour 1 GJ.

Une distance de transport de 100 km est considérée entre la plateforme de tri et la chaudière.

Les émissions de CO₂ fossiles et CO₂ biogénique sont calculées en fonction de la teneur en colle et en eau du produit en considérant que le bois anhydre quelle que soit l'essence contient 49% de carbone biogénique.

	CITEPA – chaudières brûlant de la biomasse pure et des déchets de panneaux - Puissance de 200kW à 9MW	Ecoinvent – Chaudière brûlant de la biomasse pure – Puissance de 50 kW	Ecoinvent – Chaudière brûlant de la biomasse pure – Puissance de 1000 kW	US LCI database – chaaudière industrielle brûlant des déchets (puissance inconnue)
SO ₂ – g/GJ	20	2,5	2,5	11
NO _x – g/GJ	200	104	96,9	105
COVNM – g/GJ	4,8	0,9	0,6	
CH ₄ – g/GJ	3,2	0,7	0,4	9,45
CO – g/GJ	250	118	41	270
Particules – g/GJ	100	34	61	225
Dioxines – ng i-TEQ /GJ	40	31	31	751490
HAP – Ng/GJ	8000	111	111	
As – mg/GJ	9,5	1	1	10
Cd – mg/GJ	1,4	0,7	0,7	2
Cr – mg/GJ	47	3,96	3,96	9
Cu – mg/GJ	31	22	22	
Hg – mg/GJ	0,8	0,3	0,3	2
Ni– mg/GJ	11	6	6	15
Pb – mg/GJ	90	25	25	22
Zn – mg/GJ	290	300	300	

Tableau 7 : Comparaison de plusieurs jeux de données disponibles sur les chaudières bois

Note : Les données US LCI sont cohérentes par rapport aux données du CITEPA, mis à part pour les émissions de dioxines qui sont bien supérieures. Cette dernière valeur devrait être vérifiée auprès de l'auteur du module US LCI en cas d'utilisation de ce module (ordre de grandeur 10 000 fois supérieur).

5.2 Impacts évités

Les impacts évités sont l'énergie produite par la combustion des déchets. La valorisation énergétique des déchets de bois évite la production de chaleur à partir du mixe énergétique tel que défini dans le paragraphe 2.3 : utilisation de gaz naturel, fuel et charbon.

Les modules de combustion de gaz naturel, de fuel et de charbon considérés dans l'étude à savoir évités par la valorisation énergétique sont issus de la base de données Ecoinvent:

- Heat, at hard coal industrial furnace 1-10MW/RER S
- Heat, natural gas, at industrial furnace >100kW/RER S
- Heat, heavy fuel oil, at industrial furnace 1MW/RER S.

6 Impacts liés à l'élimination

6.1 Impacts du stockage

Les données proviennent du logiciel Wisard™ développé par la société Ecobilan en collaboration avec l'ADEME et Eco-Emballages. Le scénario retenu est que 15% du bois en décharge se dégrade, pour moitié en dioxyde de carbone et pour l'autre moitié en méthane.

70% de ce méthane est considéré comme récupéré et brûlé en torchères. Ce taux est le taux moyen considéré par l'ADEME en France pour les installations de stockage de déchets non dangereux.

La composition des lixiviats correspond à la moyenne des émissions des installations de stockage de déchets non dangereux en France et ne sont pas corrélés au déchet stocké. Une description plus précise de cette modélisation est disponible dans l'étude [DHUP/CSTB/FCBA 2010].

Une étude de sensibilité a été réalisée en utilisant un processus de mise en décharge issu de la base de données Ecoinvent.

6.2 Impacts de l'incinération

6.2.1 Impacts générés par l'incinération

Sont susceptibles d'être incinérés à la fois des déchets faiblement adjuvantés et fortement adjuvantés. La base de données Ecoinvent contient les modules suivants relatifs à l'incinération du bois dans un incinérateur de déchets non dangereux :

- Disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration/CH U
- Disposal, wood pole, chrome preserved, 20% water, to municipal incineration/CH U
- Disposal, building wood, chrome preserved, 20% water, to municipal incineration/CH U

Les déchets entrant dans le champ de l'étude ne sont pas traités au chrome (certains déchets imprégnés peuvent contenir du cuivre). Les modules correspondant à des déchets contenant du chrome ne peuvent donc pas être utilisés. Le module utilisé dans les calculs est donc : Disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration/CH U.

Dans le cas où le produit contiendrait des métaux, brome ou cuivre, il est possible d'utiliser le module Excel créé par Ecoinvent de calcul des émissions en fonction de la composition du déchet. Cependant le lien entre la composition d'un combustible et les fumées est loin d'être simple à établir surtout si l'installation dispose d'un traitement des fumées, les polluants se retrouvant alors dans les gâteaux de filtration ou les cendres et mâchefers.

Dans le cas où le produit contient de la colle, il est possible d'utiliser des modules d'incinération de plastiques présents dans Ecoinvent par approximation.

6.2.2 Impacts évités par l'incinération

Concernant l'incinération avec récupération d'énergie (98% des tonnages incinérés sont valorisés énergétiquement), on considère les données suivantes :

	Quantité	Unité	Source
Quantité de d'ordures ménagères incinérées en France	13000	kt	Source ADEME ITOM 2008
Electricité produite par les incinérateurs en France	3489	GWh	Source ADEME ITOM 2008
Énergie produite par les incinérateurs en France	6573	GWh	Source ADEME ITOM 2008

Tableau 8 : Données utilisées pour définir les impacts évités par l'incinération

En considérant un Pouvoir Calorifique Inférieure des ordures ménagères de 2,35 kWh/kg, on obtient pour la combustion de 100 kWh de d'ordures ménagères en moyenne sur l'ensemble des incinérateurs français une production de 11,4 kWh d'électricité et de 22 kWh d'énergie thermique. Les impacts évités liés à la production d'énergie thermique sont calculés en considérant le mixe énergétique évité présenté dans le paragraphe et en utilisant les modules Ecoinvent listés en section 5.2.

Les impacts évités liée à la production d'électricité sont calculés en considérant le module Ecoinvent : « Electricity, medium voltage, at grid/FR S ».

7 Calculs d'impact

7.1 Choix du produit étudié

Le produit choisi correspond à 1 m³ de bois de structure en épicea importé d'Allemagne (densité 468 kg/m³).

Les données utilisées (fictives) sont les suivantes :

Etape du cycle de vie (NF P01-010)	Etape de la norme 15804	Description	Données	Source
Production	Module A	Sciage allemand sec séchoir	1 m ³	Données Ecoinvent
Production	Module A	Transport du sciage	200 km	Distance fictive Données Ecoinvent pour le transport
Production	Module A	Electricité nécessaire à la seconde transformation	40 kWh/ m ³	Consommation d'électricité fictive Données Ecoinvent pour la production d'électricité
Transport	Module A	Transport sur le chantier	150 km	Distance fictive Données Ecoinvent pour le transport
Mise en œuvre	Module A	Levage par camion grue	3 litres de diesel/ m ³	Consommation de diesel fictive Module Ecoinvent "Diesel, burned in building machine/GLO S"
Vie en œuvre	Module B		Pas d'impact	
Fin de vie	Module C	Plusieurs scénarios sont envisagés : - 100% mise en décharge, - 100% valorisation énergétique - 100% valorisation matière - 100% incinération		
Pas d'impacts évités	Module D	Impacts évités		

Tableau 9 : Données d'inventaire de cycle de vie utilisées pour le calcul d'impact

7.2 Choix des indicateurs

Les indicateurs choisis correspondent aux indicateurs d'impacts et d'inventaire de la norme NF P01-010 à l'exception de l'indicateur de destruction de la couche d'ozone qui n'est pas pertinent par rapport au produit étudié. L'énergie primaire totale n'est pas non plus analysée car elle est la somme de l'indicateur d'énergie primaire renouvelable et non renouvelable qui sont analysés séparément. Les déchets valorisés ne sont pas non plus présentés étant donné qu'ils ne sont pas renseignés dans la base de données Ecoinvent.

7.3 Frontières du système

Dans la norme NF P01-010, il est indiqué que dans le cas du recyclage ou de la valorisation matière des produits de construction, les impacts doivent être évalués jusqu'au stock de matière récupérée. Il n'est pas explicite s'il est nécessaire de prendre en compte l'étape de broyage et de tri dans le cycle de vie qui génère la matière récupérée ou dans le cycle de vie du produit qui l'utilise.

La future norme européenne est plus explicite à cet égard puisqu'elle précise quels sont les impacts qui doivent être pris en compte dans le module C (fin de vie) et les impacts devant être pris en compte dans le module D (bénéfice du recyclage et de la valorisation énergétique).

Le tableau suivant répertorie les étapes prises en compte dans le module D ou le module C selon que le déchet bois a ou non atteint le statut de fin de déchet dans les simulations de calculs d'impacts présentées ci-après.

	Mise en décharge	Traitement thermique avec récupération d'énergie (dangereux ou non dangereux)	Valorisation matière	Valorisation énergétique	
					Correspond aux critères de sortie de déchets Valorisation > 60%
					Correspond aux critères de sortie de déchets Valorisation < 60% OU Ne Correspond pas aux critères de sortie du statut de déchets
Module C/ frontière de la NF P01-010	Impacts de la démolition et du transport du bois jusqu'au site Tous les impacts de la décharge (placement du déchet, traitement des lixiviats, combustion du biogaz)	Impacts de la démolition et du transport du bois jusqu'au site Impacts de la combustion du bois	Impacts de la démolition, du transport jusqu'à la plateforme de tri. Impact de la plateforme de tri et broyage.	Impacts de la démolition, du transport jusqu'à la plateforme de tri. Impact de la plateforme de tri et broyage.	Impacts de la démolition, du transport jusqu'à la plateforme de tri et broyage Impacts de la combustion du bois
Module D	Impacts évités par la valorisation du biogaz (production et combustion de gaz naturel)	Impacts évités par la production de chaleur et d'électricité de l'incinérateur effectivement utilisée (production et combustion de combustibles fossiles en PCI équivalent, production d'électricité à partir d'uranium etc.)	Impacts générés par le transport jusqu'à l'usine de panneaux, impacts générés par le recyclage dans l'usine de panneaux et évités par le moindre séchage des particules et par la production de particules à partir de bois de forêts	Impacts de la combustion du bois Impacts évités par la production de chaleur et d'électricité de la chaudière effectivement utilisée (production et combustion de combustibles fossiles en PCI équivalent, production d'électricité à partir d'uranium etc.)	Impacts évités par la production de chaleur et d'électricité de la chaudière effectivement utilisée par un autre système de produit (production et combustion de combustibles fossiles en PCI équivalent, production d'électricité à partir d'uranium etc.)

Tableau 10 : Définition des frontières entre le module C et le module D

Lors de l'élaboration du rapport, FCBA avait considéré que le stock était constitué à l'entrée de la plateforme. Par conséquent, dans les calculs qui sont effectués dans les sections suivantes, l'impact de la plateforme de tri et du broyage a été inclus dans le module D et non dans le module C. Une analyse de sensibilité avait été réalisée en considérant que le stock commençait après le broyage et que l'impact de la plateforme et du devenir des fines de broyage était inclus dans le module C.

Depuis la réalisation de ces calculs, FCBA a pris position pour une prise en compte du tri et du broyage dans le module C. Cependant, le scénario de référence n'a pas été modifié.

7.4 Analyse des scénarios par étape

Les différents scénarios sont analysés par indicateur et par grande étape du cycle de vie correspondant à la norme NF P01-010. **L'importance du module D par rapport aux autres étapes est aussi présentée dans les figures sachant que selon la norme 15804, il n'est pas possible d'agrèger les modules A, B, C et D et que, selon l'arrêté « relatif à la déclaration des impacts environnementaux des produits de construction et de décoration » en cours d'élaboration, les résultats seront donnés en additionnant les modules A, B et en présentant le module D séparément.**

Pour chaque indicateur et pour les deux étapes ayant la valeur d'indicateur la plus importante, une explication du résultat est donnée.

7.4.1 Calculs d'impact pour le recyclage matière

Le tableau et le graphe ci-dessous montrent la contribution relative de chaque étape du cycle de vie du produit étudié aux différents indicateurs d'inventaire et d'impacts environnementaux.

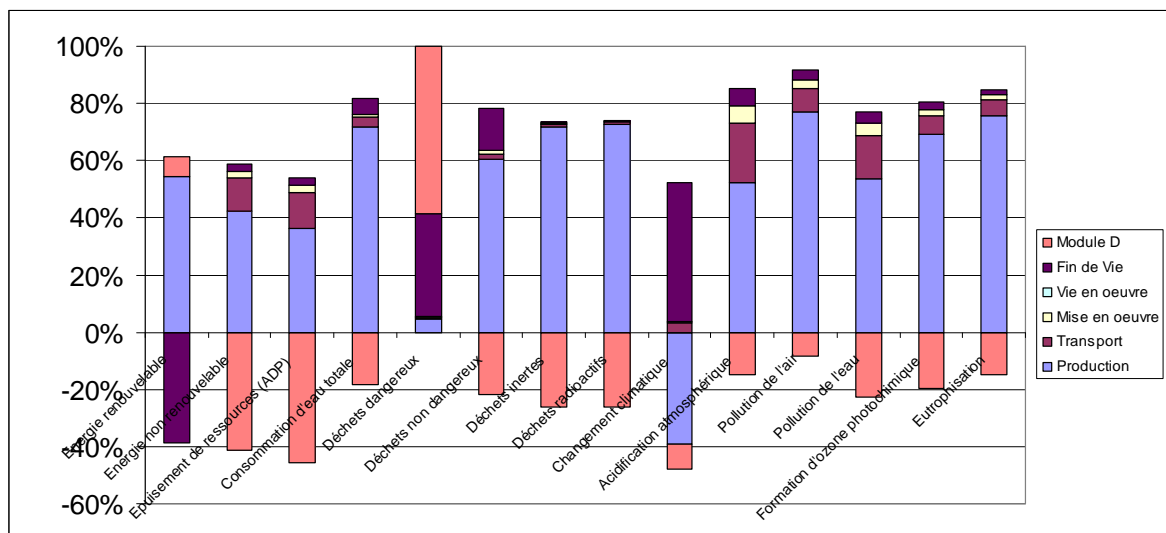


Figure 2 : Résultats par étape pour le scénario de valorisation matière

Pour chaque indicateur, le tableau ci-après présente les deux étapes qui contribuent le plus aux résultats d'indicateurs d'impact et d'inventaire.

Indicateur	1 ^{ère} étape contributrice	2 ^{ème} étape contributrice	Commentaire
Energie renouvelable	Production	Fin de Vie	La consommation liée à la phase de production correspond principalement au contenu énergétique du bois qui est lié à la phase de production matériau. Etant donné que l'énergie matière en fin de vie du produit est donnée au produit suivant, la fin de vie correspond à une perte d'énergie matière (correspondant à un chiffre négatif sur le graphe) et à une consommation pour le module D. Dans le module D, cette consommation est diminuée de l'énergie matière contenue dans le bois de forêt

Indicateur	1 ^{ère} étape contributrice	2 ^{ème} étape contributrice	Commentaire
			économisé.
Energie non renouvelable	Module D	Production	L'incinération avec récupération énergétique des fines de broyage et d'une partie du produit bois sur le site de production de panneaux de particules permet d'économiser de l'énergie non renouvelable. Cette économie cependant ne compense pas la consommation d'énergie non renouvelable liée à la production et au transport du produit.
Epuisement de ressources (ADP)	Module D	Production	Cet indicateur est corrélé ici avec la consommation d'énergie non renouvelable
Consommation d'eau totale	Production	Module D	La consommation d'eau de l'étape de production provient principalement de la production de l'électricité nécessaire au sciage et à la production de gravier utilisé pour réaliser les routes ² nécessaires à l'exploitation forestière. Concernant le module D, il s'agit principalement de la consommation d'eau liée à la production d'électricité et chaleur évitée par l'incinération des fines de broyage et par la valorisation énergétique d'une partie du produit bois sur le site de fabrication de panneaux de particules.
Déchets dangereux	Module D	Fin de vie	La production de déchets dangereux dans le module D correspond aux cendres produites par la chaudière. En effet, dans la base de données Ecoinvent, les cendres de bois sont dirigées vers des « sanitary landfill » et sont assimilées par la méthode d'impact utilisée ici (MAT France) à des déchets dangereux. ³ La production de déchets dangereux dans l'étape de fin de vie provient de l'incinération des fines de broyage.
Déchets non dangereux	Production	Module D	Etant donné que le produit bois est valorisé à 100%, il y a peu de déchets non dangereux générés en fin de vie et la phase de production est donc majoritaire. Pour l'étape de production, les déchets non dangereux produits proviennent de la construction de la scierie. L'économie de déchets non dangereux provient de la valorisation énergétique d'une partie du déchet bois et des fines de broyage. En effet, une partie de l'énergie évitée est produite à partir de charbon générant une quantité importante de cendres envoyées en « residual landfill » ⁴ , assimilées par MAT France à des déchets non dangereux.

² Dans les FDES de produits bois réalisés avec des modules Ecoinvent (bois allemands et scandinaves), cette consommation d'eau a été otée car non cohérente avec les données relatives à la production de gravier utilisées par les filières minérales.

³ Il s'agit d'une erreur du Vademecum pour la réalisation des Analyses de Cycle de Vie (ACV) dans le cadre de l'élaboration des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDE&S) des produits de construction, 2009. En effet, les DIB sont envoyés en sanitary landfill (packaging, paper etc.) dans Ecoinvent et non les déchets dangereux.

⁴ Il s'agit d'une erreur du Vademecum pour la réalisation des Analyses de Cycle de Vie (ACV) dans le cadre de l'élaboration des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDE&S) des produits de construction, 2009. En effet, les DIB sont envoyés en sanitary landfill (packaging, paper etc.) dans Ecoinvent et non les déchets dangereux.

Indicateur	1 ^{ère} étape contributrice	2 ^{ème} étape contributrice	Commentaire
Déchets inertes	Production	Module D	Les déchets inertes sont principalement liés à la construction et à la démolition de la scierie.
Déchets radioactifs	Production	Module D	Les déchets radioactifs produits lors de la phase de production proviennent de la production de l'électricité utilisée par le sciage. Concernant le module D, il s'agit principalement de la production de déchets radioactifs liés à la production d'électricité évitée par l'incinération des fines de broyage et par le broyage du bois issu de forêt.
Changement climatique	Fin de vie	Module D/ Production	La fin de vie est responsable d'une part importante des émissions contribuant au changement climatique étant donné que le contenu carbone du produits bois et donc le prélèvement associé est considéré comme étant transféré du premier produit (le bois de structure) au second produit (le panneau de particule). Un prélèvement négatif (ou émission) est donc comptabilisé ici. Concernant le module D, il s'agit principalement du prélèvement de CO ₂ transmis par le déchet bois diminué du prélèvement évité par l'économie d'utilisation de bois de forêt. La phase de production est dominée par le prélèvement de dioxyde de carbone correspondant au contenu carbone du produit bois.
Acidification atmosphérique	Production	Module D	Les émissions acidifiantes de la phase de production proviennent principalement de l'exploitation forestière et du transport du bois. Concernant le module D, le moindre séchage des particules issues de déchets bois par rapport à l'utilisation de bois de forêt permet d'économiser des combustibles fossiles et ainsi des émissions acidifiantes.
Pollution de l'air	Production	Transport/ Module D	Pour la phase de production, les émissions liées à la pollution de l'air proviennent principalement de l'exploitation forestière. La phase de transport génère des émissions acidifiantes importantes (30% du total). Le module D correspond à une économie d'émissions de polluants dans l'air du fait de l'économie de bois de forêt et donc de la moindre exploitation forestière.
Pollution de l'eau	Production	Module D	Les principales émissions polluantes de la phase de production proviennent de la production du diesel utilisé pour l'exploitation forestière, la production de l'huile de soja utilisée dans les tronçonneuses et la production de l'électricité consommée en scierie. La valorisation matière permet d'éviter une pollution de l'eau grâce notamment à l'extraction évitée de gaz naturel économisé par la valorisation énergétique d'une partie des déchets bois sur le site de fabrication des panneaux.
Formation d'ozone photochimique	Production	Module D	Pour la phase de production, la formation d'oxydants photochimiques est liée principalement à la production de l'électricité utilisée pour le sciage et au diesel utilisé par l'abattage des arbres.

Indicateur	1 ^{ère} étape contributrice	2 ^{ème} étape contributrice	Commentaire
			Concernant le module D, la moindre utilisation de bois de forêt permet d'économiser l'émission de COV émis par les machines d'abattage et les tronçonneuses.
Eutrophisation	Production	Module D	Pour la phase de production, l'eutrophisation est liée à la production d'électricité nécessaire au sciage et à la production d'huile de soja utilisée par les tronçonneuses. La valorisation énergétique d'une partie des déchets bois sur le site de fabrication des panneaux (module D) permet d'éviter l'émission de polluants dans l'eau liés à la production de chaleur à partir de combustibles fossiles.

7.4.2 Calculs d'impact pour la valorisation énergétique

Le tableau et le graphe ci-dessous montrent la contribution relative de chaque étape du cycle de vie du produit étudié aux différents indicateurs d'inventaire et d'impacts environnementaux.

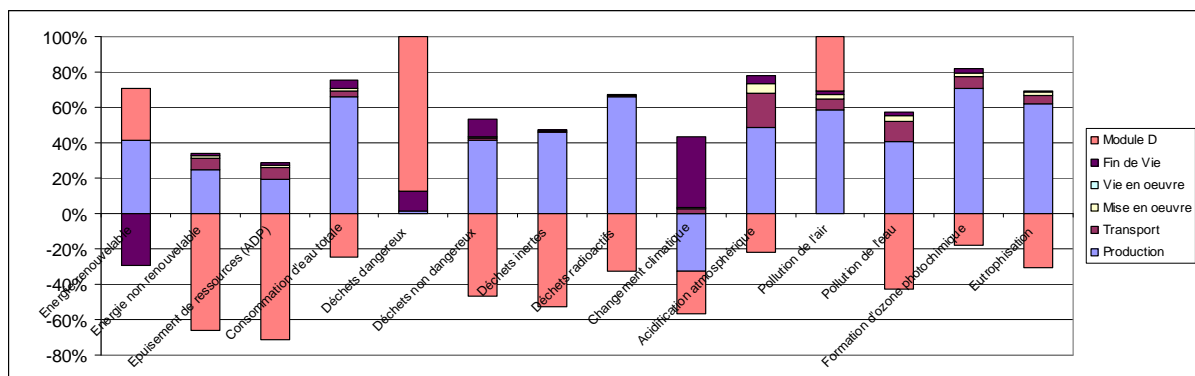


Figure 3 : Résultats par étape pour le scénario de valorisation énergétique

Pour chaque indicateur, le tableau ci-après présente les deux étapes qui contribuent le plus aux résultats d'indicateurs d'impact et d'inventaire.

Indicateur	1 ^{ère} étape contributrice	2 ^{ème} étape contributrice	Commentaire
Energie renouvelable	Production	Fin de Vie/ Module D	Cette consommation correspond principalement au contenu énergétique du bois qui est lié à la phase de production matériau. Étant donné que l'énergie matière en fin de vie du produit est donnée au produit suivant (le bois énergie), la fin de vie correspond à une perte d'énergie matière et à une consommation pour le module D (qui n'est pas diminuée comme dans le cas de la valorisation matière de l'économie de matière vierge).
Energie non renouvelable	Module D	Production	La valorisation thermique du produit bois (module D) permet d'économiser plus d'énergie fossile que n'en est consommée dans les autres phases du cycle de vie du produit.

Indicateur	1 ^{ère} étape contributrice	2 ^{ème} étape contributrice	Commentaire
Épuisement de ressources (ADP)	Module D	Production	Cet indicateur est corrélé ici avec la consommation d'énergie non renouvelable
Consommation d'eau totale	Production	Module D	La consommation d'eau de l'étape de production provient principalement de la production de l'électricité nécessaire au sciage et à la production de gravier utilisé pour réaliser les routes ⁵ nécessaires à l'exploitation forestière. Concernant le module D, il s'agit principalement de la consommation d'eau liée à la production d'électricité évitée par l'incinération des fines de broyage.
Déchets dangereux	Module D		La production de déchets dangereux dans le module D correspond aux cendres produites par la chaudière. En effet, dans la base de données Ecoinvent, les cendres de bois sont dirigées vers des « sanitary landfill » et sont assimilées par la méthode d'impact utilisée ici (MAT France) à des déchets dangereux. ⁶ La production de déchets dangereux dans l'étape de fin de vie provient de l'incinération des fines de broyage.
Déchets non dangereux	Module D	Production	Etant donné que le produit bois est valorisé à 100%, il y a peu de déchets non dangereux générés en fin de vie et le module D et la phase de production sont donc majoritaires. L'économie de déchets non dangereux provient de la valorisation énergétique du déchet bois. En effet, une partie de l'énergie évitée est produite à partir de charbon générant une quantité importante de cendres envoyées en « residual landfill » ⁷ , assimilées par MAT France à des déchets non dangereux. Pour l'étape de production, les déchets non dangereux produits proviennent de la construction de la scierie.
Déchets inertes	Module D	Production	La valorisation énergétique du bois permet d'éviter la production et la combustion de combustibles fossiles dont l'extraction génère des déchets inertes. Les déchets inertes sont principalement liés à la construction et à la démolition de la scierie.
Déchets radioactifs	Production	Module D	Les déchets radioactifs produits lors de la phase de production proviennent de la production de l'électricité utilisée par le sciage. Concernant le module D, il s'agit principalement de

⁵ Dans les FDES de produits bois réalisés avec des modules Ecoinvent (bois allemands et scandinaves), cette consommation d'eau a été otée car non cohérente avec les données relatives à la production de gravier utilisées par les filières minérales.

⁶ Il s'agit d'une erreur du Vademecum pour la réalisation des Analyses de Cycle de Vie (ACV) dans le cadre de l'élaboration des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDE&S) des produits de construction, 2009. En effet, les DIB sont envoyés en sanitary landfill (packaging, paper etc.) dans Ecoinvent et non les déchets dangereux.

⁷ Il s'agit d'une erreur du Vademecum pour la réalisation des Analyses de Cycle de Vie (ACV) dans le cadre de l'élaboration des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDE&S) des produits de construction, 2009. En effet, les DIB sont envoyés en sanitary landfill (packaging, paper etc.) dans Ecoinvent et non les déchets dangereux.

Indicateur	1 ^{ère} étape contributrice	2 ^{ème} étape contributrice	Commentaire
			la production de déchets radioactifs liés à la production d'électricité évitée par l'incinération des fines de broyage.
Changement climatique	Fin de vie	Module D/ Production	<p>La fin de vie est responsable d'une part importante des émissions contribuant au changement climatique étant donné que le contenu carbone du produits bois et donc le prélèvement associé est considéré comme étant transféré du premier produit (le bois de structure) au second produit (le bois énergie). Un prélèvement négatif (ou émission) est donc comptabilisé ici.</p> <p>Concernant le module D, il s'agit principalement de la quantité de dioxyde de carbone fossile évitée par la valorisation énergétique (utilisation de combustibles fossiles évitée). En effet, le prélèvement ayant été transféré au bois énergie, celui-ci est compensé par les émissions de dioxyde de carbone de la chaudière. La phase de production est dominée par le prélèvement de dioxyde de carbone correspondant au contenu carbone du produit bois.</p>
Acidification atmosphérique	Production	Module D	<p>Les émissions acidifiantes de la phase de production proviennent principalement de l'exploitation forestière et du transport du bois.</p> <p>Concernant le module D, les émissions acidifiantes liées à la combustion du bois sont supérieures aux émissions évitées par la valorisation énergétique.</p>
Pollution de l'air	Production	Module D	<p>Pour la phase de production, les émissions liées à la pollution de l'air proviennent principalement de l'exploitation forestière.</p> <p>Le module D contribue à la pollution de l'air à cause notamment des émissions de poussières et de monoxyde de carbone liées à la combustion du bois en chaudière qui sont supérieures à celle des combustibles fossiles équivalents.</p>
Pollution de l'eau	Module D	Production	<p>Concernant le module D, la valorisation énergétique permet d'éviter l'extraction de gaz naturel fortement polluant.</p> <p>Les principales émissions polluantes de la phase de production proviennent de la production du diesel utilisé pour l'exploitation forestière, la production de l'huile de soja utilisée dans les tronçonneuses et la production de l'électricité consommée en scierie.</p>
Formation d'ozone photochimique	Production	Module D	<p>Pour la phase de production, la formation d'oxydants photochimiques est liée principalement à la production de l'électricité utilisée pour le sciage et au diesel utilisé par l'abattage des arbres.</p> <p>Concernant le module D, la combustion et la production de gaz naturel sont plus émettrices de COV que la combustion du bois, ce qui permet des émissions évitées.</p>
Eutrophisation	Production	Module D	<p>Pour la phase de production, l'eutrophisation est liée à la production d'électricité nécessaire au sciage et à la production d'huile de soja utilisée par les tronçonneuses.</p> <p>La valorisation énergétique (module D) permet d'éviter l'émission de polluants dans l'eau liés à la</p>

Indicateur	1 ^{ère} étape contributrice	2 ^{ème} étape contributrice	Commentaire
			production d'électricité et de chaleur à partir de combustible fossiles.

7.4.3 Calculs d'impact pour l'incinération

Le tableau et le graphe ci-dessous montrent la contribution relative de chaque étape du cycle de vie du produit étudié aux différents indicateurs d'inventaire et d'impacts environnementaux.

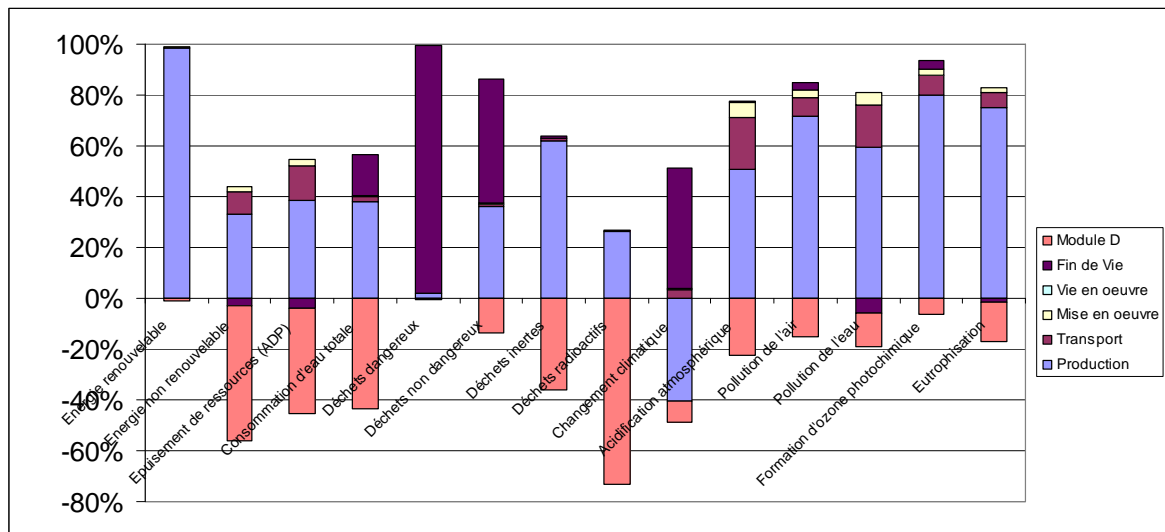


Figure 4 : Résultats par étape pour le scénario d'incinération

Pour chaque indicateur, le tableau ci-après présente les deux étapes qui contribuent le plus aux résultats d'indicateurs d'impact et d'inventaire.

Indicateur	1 ^{ère} étape contributrice	2 ^{ème} étape contributrice	Commentaire
Energie renouvelable	Production		Cette consommation correspond principalement au contenu énergétique du bois qui est lié à la phase de production matériau.
Energie non renouvelable	Module D	Production	La valorisation thermique du produit bois (module D) permet d'économiser plus d'énergie fossile que n'en est consommée dans les autres phases du cycle de vie du produit (notamment la production)..
Epuisement de ressources (ADP)	Module D	Production	Au contraire de la consommation d'énergie non renouvelable, le cycle de vie du produit bois consomme (production et transport) plus de ressources que son incinération n'en économise grâce à la valorisation énergétique (module D). Ceci est lié au fait qu'un tiers de l'énergie est valorisée sous forme d'électricité et que la production d'électricité évitée est réalisée à partir d'uranium, ressource moins rare que le pétrole ou le gaz.
Consommation d'eau totale	Module D	Production	Concernant le module D, il s'agit principalement de la consommation d'eau liée à la production d'électricité évitée par l'incinération du produit bois. La consommation d'eau de l'étape de production

Indicateur	1 ^{ère} étape contributrice	2 ^{ème} étape contributrice	Commentaire
			provient principalement de la production de l'électricité nécessaire au sciage et à la production de gravier utilisé pour réaliser les routes ⁸ .
Déchets dangereux	Fin de Vie		La production de déchets dangereux correspond à la production de résidus d'épuration des fumées d'incinération des ordures ménagères.
Déchets non dangereux	Fin de Vie	Production	Concernant l'étape de fin de vie, il s'agit principalement des mâchefers d'incinération des ordures ménagères. Pour l'étape de production, les déchets non dangereux produits proviennent de la construction de la scierie.
Déchets inertes	Production	Module D	Les déchets inertes sont principalement liés à la construction et à la démolition de la scierie. La production d'électricité et de chaleur générée par l'incinération du produit bois (module D) permet d'éviter de produire des déchets inertes.
Déchets radioactifs	Module D	Production	Concernant le module D, il s'agit principalement de la production de déchets radioactifs liés à la production d'électricité évitée par l'incinération du produit bois. Les déchets radioactifs produits lors de la phase de production proviennent de la production de l'électricité utilisée par le sciage.
Changement climatique	Fin de Vie	Production	La fin de vie est responsable d'une part importantes des émissions contribuant au changement climatique étant donné que les émissions directes de dioxyde de carbone liées à l'incinération du produit sont comptabilisées dans cette étape. La phase de production est dominée par le prélèvement de dioxyde de carbone correspondant au contenu carbone du produit bois. Concernant le module D, il s'agit principalement de la quantité de dioxyde de carbone fossile évitée grâce à la valorisation énergétique liée à l'incinération.
Acidification atmosphérique			L'exploitation forestière et le transport du bois sont responsables de la majorité des émissions acidifiantes. les émissions acidifiantes liées à l'incinération du bois (étape de fin de vie) sont inférieures aux émissions évitées par la valorisation énergétique (module D).
Pollution de l'air			Pour la phase de production, les émissions liées à la pollution de l'air proviennent principalement de l'exploitation forestière. Les émissions liées à l'incinération du déchet bois sont comptabilisées dans le module C (fin de vie). Les émissions évitées par la valorisation énergétique sont comptabilisées dans le module D. L'incinérateur
	Production	Module D	

⁸ Dans les FDES de produits bois réalisés avec des modules Ecoinvent (bois allemands et scandinaves), cette consommation d'eau a été otée car non cohérente avec les données relatives à la production de gravier utilisées par les filières minérales.

Indicateur	1 ^{ère} étape contributrice	2 ^{ème} étape contributrice	Commentaire
			ayant un traitement des fumées efficaces, les émissions évitées par la valorisation énergétique sont supérieures à celles générées par l'incinérateur.
Pollution de l'eau	Production	Module D	Les principales émissions polluantes de la phase de production proviennent de la production du diesel utilisé pour l'exploitation forestière, la production de l'huile de soja utilisée dans les tronçonneuses et la production de l'électricité consommée en scierie. Concernant le module D, la valorisation énergétique de l'incinérateur permet d'éviter l'extraction de gaz naturel fortement polluante.
Formation d'ozone photochimique	Production		Pour la phase de production, la formation d'oxydants photochimiques est liée principalement à la production de l'électricité utilisée pour le sciage et au diesel utilisé par l'abattage des arbres. Les émissions évitées par la valorisation énergétique sont comptabilisées dans le module D. L'incinérateur ayant un traitement des fumées efficaces, les émissions d'oxydants photochimiques évitées par la valorisation énergétique sont supérieures à celles générées par l'incinérateur.
Eutrophisation	Production	Module D	Pour la phase de production, l'eutrophisation est liée à la production d'électricité nécessaire au sciage et à la production d'huile de soja utilisée par les tronçonneuses. La valorisation énergétique (module D) permet d'éviter l'émission de polluants dans l'eau liés à la production d'électricité et de chaleur.

7.4.4 Calculs d'impact pour la mise en décharge

Le tableau et le graphe ci-dessous montrent la contribution relative de chaque étape du cycle de vie du produit étudié aux différents indicateurs d'inventaire et d'impacts environnementaux.

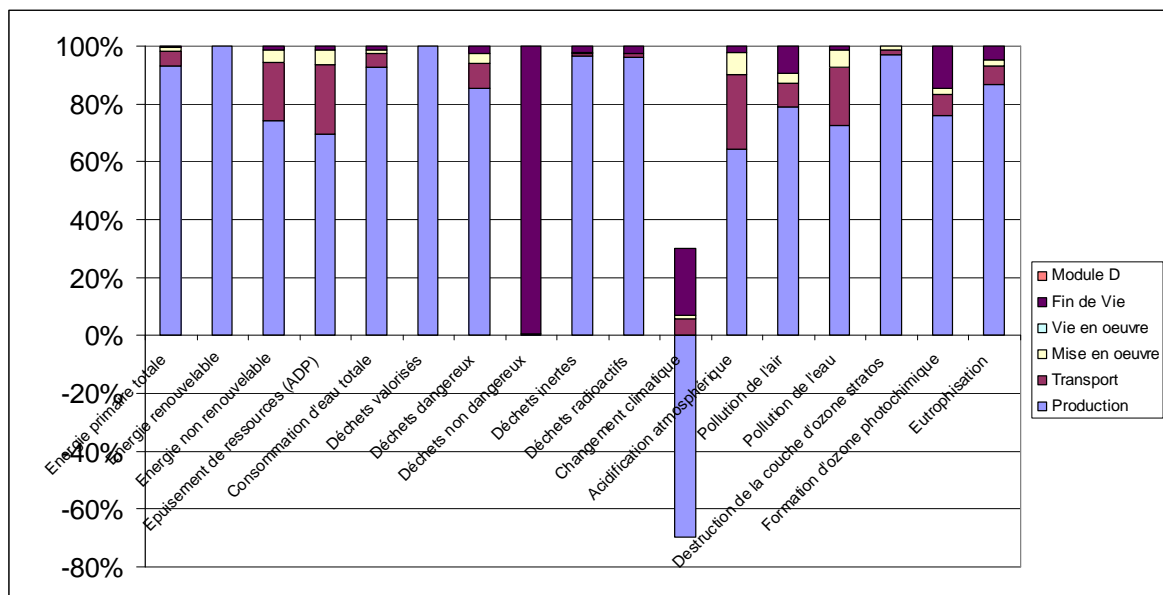


Figure 5 : Résultats par étape pour le scénario de mise en décharge

Pour chaque indicateur, le tableau ci-après présente les deux étapes qui contribuent le plus aux résultats d'indicateurs d'impact et d'inventaire.

Indicateur	1 ^{ère} étape contributrice	2 ^{ème} étape contributrice	Commentaire
Energie renouvelable	Production		La consommation liée à la phase de production correspond principalement au contenu énergétique du bois qui est lié à la phase de production matériau.
Energie non renouvelable	Production	Transport	La consommation d'énergie non renouvelable de la phase de production provient principalement de la consommation d'électricité de la scierie et de l'exploitation forestière. La phase de transport est le second poste le plus impactant.
Epuisement de ressources (ADP)	Production	Transport	Cet indicateur est corrélé ici avec la consommation d'énergie non renouvelable
Consommation d'eau totale	Production		La consommation d'eau de l'étape de production provient principalement de la production de l'électricité nécessaire au sciage et à la production de gravier utilisé pour réaliser les routes ⁹ .
Déchets dangereux	Production		Les déchets dangereux générés en phase de production proviennent de la production du diesel utilisé pour l'exploitation forestière et de la production de l'électricité utilisée en scierie.
Déchets non dangereux	Fin de Vie		Etant donné qu'ici, le bois est mis en décharge et seulement partiellement dégradé, il subsiste une importante quantité de déchets non dangereux en fin de vie.
Déchets inertes	Production		Les déchets inertes sont principalement liés à la construction et à la démolition de la scierie.
Déchets radioactifs	Production		Les déchets radioactifs produits lors de la phase de production proviennent de la production de l'électricité utilisée par le sciage.
Changement climatique	Production	Fin de vie	La phase de production est dominée par le prélèvement de dioxyde de carbone correspondant au contenu carbone du produit bois. La fin de vie est responsable d'une part importante des émissions contribuant au changement climatique étant donné qu'une partie du carbone contenue dans le bois est transformée en dioxyde de carbone et en méthane. Cependant étant donné la dégradation incomplète du bois et le bon taux de captage et de torchage du biogaz en France dans les centres de stockage, la quantité de gaz à effet de serre émise en fin de vie est inférieure au prélèvement considéré en phase de production.
Acidification atmosphérique	Production		Les émissions acidifiantes de la phase de production

⁹ Dans les FDES de produits bois réalisés avec des modules Ecoinvent (bois allemands et scandinaves), cette consommation d'eau a été otée car non cohérente avec les données relatives à la production de gravier utilisées par les filières minérales.

Indicateur	1 ^{ère} étape contributrice	2 ^{ème} étape contributrice	Commentaire
			proviennent principalement de l'exploitation forestière et du transport du bois.
Pollution de l'air	Production		Pour la phase de production, les émissions liées à la pollution de l'air proviennent principalement de l'exploitation forestière.
Pollution de l'eau	Production		Les principales émissions polluantes de la phase de production proviennent de la production du diesel utilisé pour l'exploitation forestière, la production de l'huile de soja utilisée dans les tronçonneuses et la production de l'électricité consommée en scierie.
Formation d'ozone photochimique	Production		Pour la phase de production, la formation d'oxydants photochimiques est liée principalement à la production de l'électricité utilisée pour le sciage et au diesel utilisé par l'abattage des arbres.
Eutrophisation	Production		Pour la phase de production, l'eutrophisation est liée à la production d'électricité nécessaire au sciage et à la production d'huile de soja utilisée par les tronçonneuses.

7.5 Comparaison des différents scénarios

Les quatre scénarios analysés dans la section précédente sont comparés selon trois choix méthodologiques :

- en excluant le module D et en considérant que la plateforme de tri n'est pas incluse dans le périmètre du module C (le déchet bois qui atteint la plateforme n'est plus considéré comme un déchet ce qui correspond à la proposition de scénario de référence),
- en excluant le module D (bénéfice de la valorisation) et en considérant que la plateforme de tri est incluse dans le périmètre du module C (on considère que le déchet bois sort du statut de déchet après tri et broyage) (deux calculs sont réalisés par rapport à la prise en compte des émissions de carbone biogénique),
- en incluant le module D.

Une dernière comparaison a été faite entre le scénario de mise en décharge et le scénario proposé dans le rapport de phase 1 pour la fin de vie des produits bois à savoir : 67% de recyclage matière, 15,5% d'incinération avec valorisation énergétique et 17,5% de stockage. Cette comparaison a été faite avec et sans inclure le module D.

7.5.1 Comparaison excluant le module D (limite module C/ module D avant la plateforme de tri/broyage)

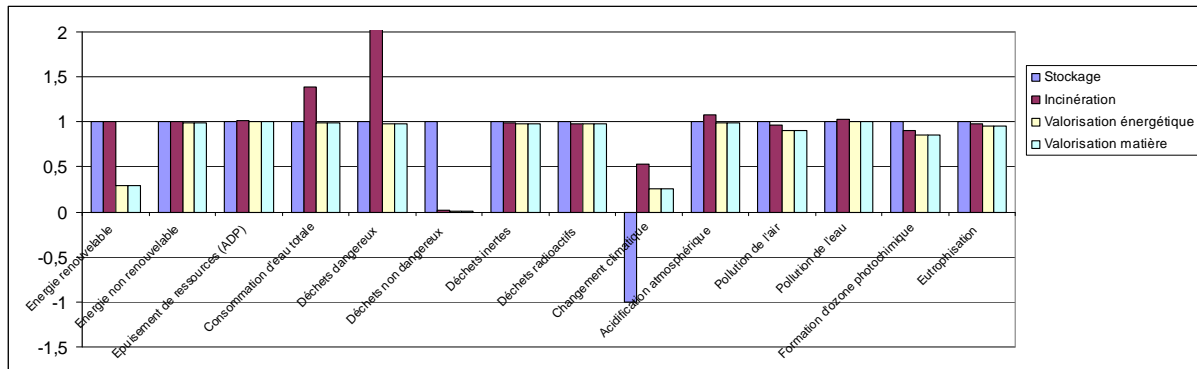


Figure 6 : Comparaison des quatre scénarios de gestion des déchets (module A, B, C ; la plateforme de tri étant incluse dans le module D, le prélèvement est transmis au déchet valorisé)

Les résultats sont normalisés par rapport aux résultats du scénario de mise en décharge

Les scénarios de valorisation matière et énergétique sont identiques si l'on ne considère pas le module D puisque les frontières du système s'arrêtent avant que le flux de déchet ne diverge. Ces deux scénarios permettent une forte économie d'énergie renouvelable par rapport à l'incinération et à la mise en décharge.

La mise en décharge est plus intéressante du point de vue du changement climatique étant donné que pour l'incinération et la valorisation matière ou énergie, le prélèvement correspondant au carbone contenu dans le bois est, soit compensé par le dioxyde de carbone rejeté dans l'atmosphère (incinération), soit transmis au second produit (panneau de particule ou bois énergie).

L'incinération génère six fois plus de déchets dangereux que les scénarios de valorisation du fait que, dans le cas des scénarios de valorisation, seules les fines de broyages sont incinérées.

Le scénario de stockage est le scénario qui génère le plus de déchets non dangereux.

Pour les autres impacts (énergie non renouvelable, déchets inertes, acidification, pollution de l'air, pollution de l'eau, production d'oxydants photochimiques et eutrophication), les quatre scénarios sont équivalents du fait de la prépondérance de la phase de production.

7.5.2 Comparaison excluant le module D (limite module C/ module D après la plateforme de tri/broyage)

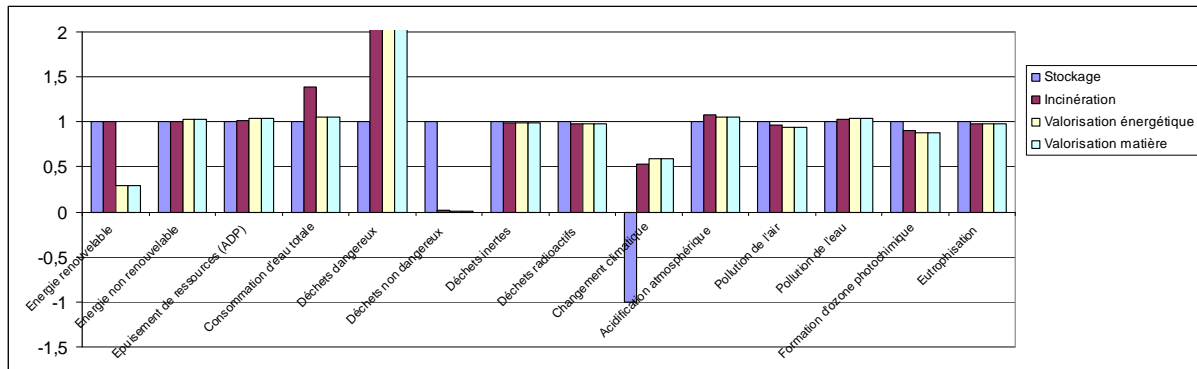


Figure 7 : Comparaison des quatre scénarios de gestion des déchets (module A, B, C ; la plateforme de tri étant incluse dans le module C, le prélèvement est transmis au déchet valorisé)

Les résultats sont normalisés par rapport aux résultats du scénario de mise en décharge

L'inclusion de la plateforme de tri/broyage dans le module C augmente la quantité de déchets dangereux considérés pour les scénarios de valorisation puisque l'incinération des fines de broyage est incluse dans les frontières du système étudié.

Etant donné les faibles émissions liées au modèle d'incinération utilisé dans Ecoinvent (traitement des fumées très performant), le changement de périmètre, à savoir principalement l'inclusion de l'incinération des fines de broyage, a peu d'incidence sur les autres résultats (légère augmentation des impacts sur l'air).

7.5.3 Comparaison excluant le module D (limite module C/ module D après la plateforme de tri/broyage – respect de la réalité des émissions)

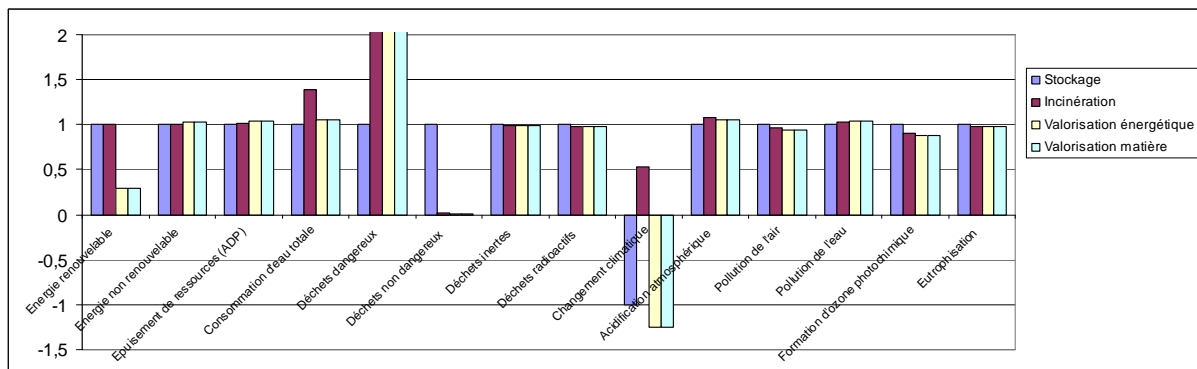


Figure 8 : Comparaison des quatre scénarios de gestion des déchets (module A, B, C ; la plateforme de tri étant incluse dans le module C, le prélèvement n'est pas transmis au déchet valorisé)

Les résultats sont normalisés par rapport aux résultats du scénario de mise en décharge

Si l'on considère que le prélèvement doit être alloué au produit pour lequel l'arbre a été coupé et en considérant qu'aucune émission liée à la fin de vie du produit, à l'exception de l'incinération des fines de broyage, n'a lieu sur le site de la plateforme de tri, l'indicateur sur le changement climatique est alors favorable à la valorisation énergétique et matière.

Note : Le problème des frontières du système est important car si l'on plaçait les limites du module C à la production d'énergie pour la valorisation énergétique, soit après la chaudière, alors c'est le recyclage matière qui serait le plus intéressant du point de vue du changement climatique puisque c'est un scénario où le carbone et donc potentiellement le dioxyde de carbone est maintenu hors de l'atmosphère en restant stocké dans le produit.

7.5.4 Comparaison incluant le module D

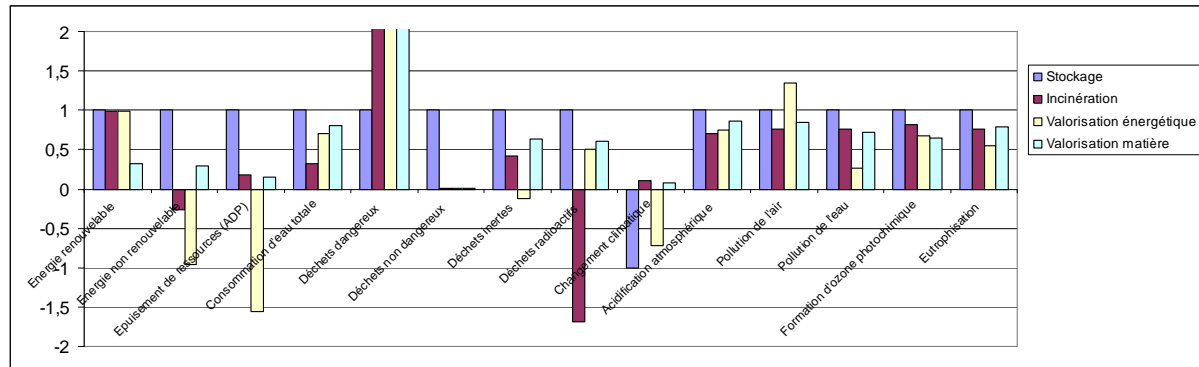


Figure 9 : Comparaison des quatre scénarios de gestion des déchets (module A, B, C et D; la plateforme de tri étant incluse dans le module D, le prélèvement est transmis au déchet valorisé)

Les résultats sont normalisés par rapport aux résultats du scénario de mise en décharge

Note : l'inclusion du module D dans le total des modules A, B et C n'est pas permis par la norme 15804 ni par l'arrêté sur l'affichage des produits de construction en cours d'élaboration. Il s'agit ici d'évaluations réalisées dans le cadre d'un projet de recherche.

L'inclusion du module D dans les totaux donne une beaucoup plus grande disparité aux résultats.

On peut noter que le scénario de mise en décharge est moins bon que les autres scénarios étudié de manière significative à l'exception de la génération de déchets dangereux par rapport à l'incinération¹⁰, du changement climatique et de la pollution de l'air dans le cas de la valorisation énergétique.

Seule la valorisation matière permet une forte économie d'énergie renouvelable. Elle est également plus favorable que les autres scénarios pour la pollution de l'air et pour la production d'oxydants photochimiques.

La valorisation énergétique permet une importante économie d'énergie non renouvelable, de ressources non renouvelables et d'émissions de gaz à effet de serre : pour ces impacts les émissions/ consommations sont inférieures aux émissions/ consommations économisées (résultat d'impact négatif).

¹⁰ Le classement des cendres de bois en déchets dangereux par MAT FRANCE est très discutable. On ne peut donc pas considérer que les scénarios de valorisation énergétique et matière (qui comporte de la valorisation énergétique), génèrent plus de déchets dangereux que le scénario de mise en décharge.

L'incinération avec récupération d'énergie permet d'économiser de l'énergie non renouvelable ainsi que la production de déchets radioactifs. Contrairement à la valorisation énergétique, elle ne permet pas d'économiser des ressources non renouvelables et des émissions de gaz à effet de serre mais est moins impactante par rapport à la pollution de l'air. Elle génère davantage de déchets dangereux.

7.5.5 Comparaison entre le scénario actuel et le scénario proposé (limite module C/ module D avant la plateforme de tri/broyage)

La première figure présente les résultats en excluant le module D du total du cycle de vie et la deuxième figure inclut le module D.

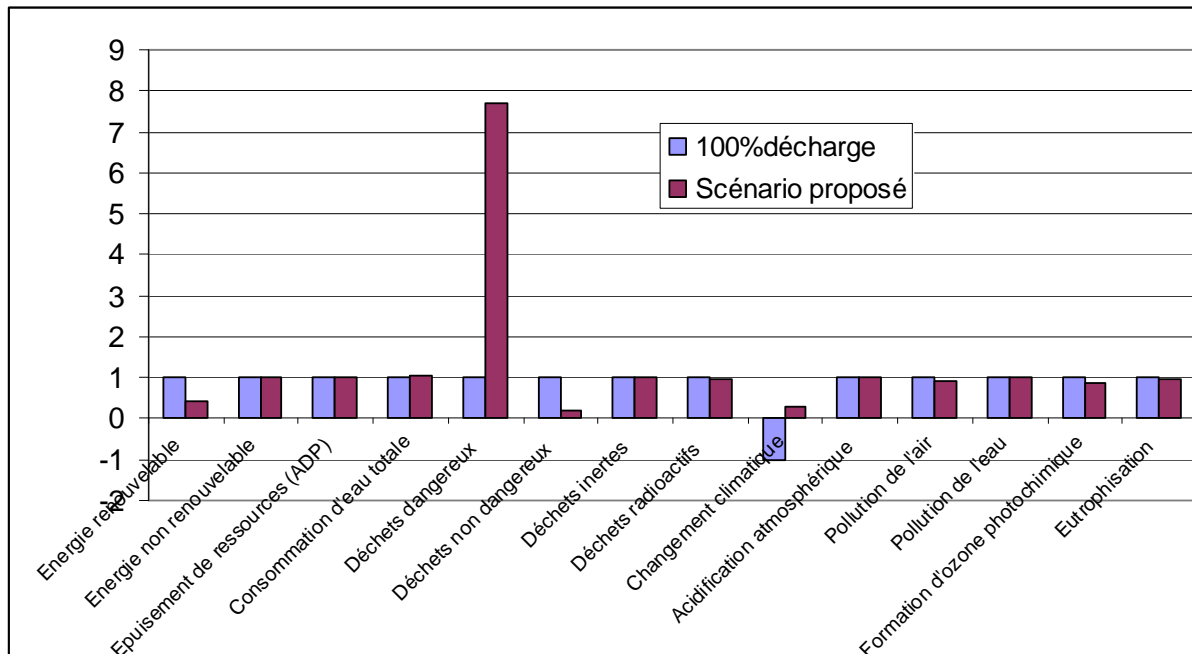


Figure 10 : Comparaison du scénario actuel de gestion des déchets avec le scénario proposé (module A, B et C; la plateforme de tri n'étant pas incluse dans le module C, le prélèvement est transmis au déchet valorisé)

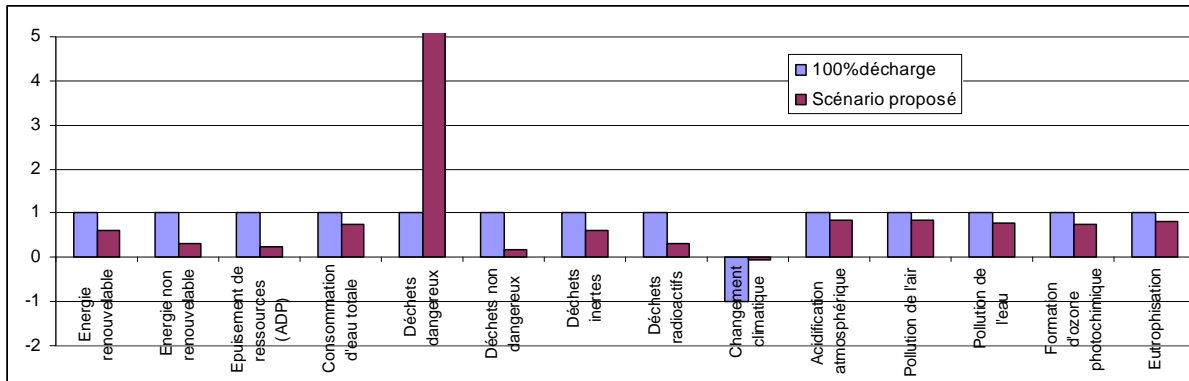


Figure 11 : Comparaison du scénario actuel de gestion des déchets avec le scénario proposé (module A, B, C et D; le prélèvement est transmis au déchet valorisé)

On peut constater que le changement de scénario a peu d'impact lorsqu'on fait la somme des modules A, B et C à l'exception des impacts suivants :

- la quantité de déchets dangereux et l'indicateur d'impact sur le changement climatique augmentent dans le scénario proposé par rapport au scénario de mise en décharge
- la quantité de déchets non dangereux et la consommation d'énergie renouvelable baissent.

Si l'on comptabilise en plus le module D, on peut constater que l'ensemble des indicateurs d'impact et d'inventaire sont plus favorables pour le scénario proposé par rapport au scénario de mise en décharge à l'exception de la production de déchets dangereux et l'impact sur le changement climatique.

7.5.6 Réflexion sur le stockage temporaire de carbone

L'introduction d'un indicateur de stockage temporaire de carbone permettrait une reconnaissance de la contribution du produit bois à l'atténuation du changement climatique par le fait de stocker du carbone prélevé dans l'atmosphère sur des durées importantes. Quelle que soit la forme que prenne cet indicateur (il est en discussion au niveau du groupe de travail européen du TC 175 sur les ACV et les empreintes carbone), il tient compte en général de la durée de vie du produit et du contenu carbone du produit. Cet indicateur a alors la même valeur que le produit soit brûlé en fin de vie ou recyclé. Il ne traduit pas le fait que seul le recyclage matière permet de continuer le stockage après la première utilisation de la matière bois.

7.5.7 Réflexion sur la comparaison entre valorisation énergétique et valorisation matière

La modélisation des impacts générés et des impacts évités par la valorisation énergétique et matière est basée sur l'arrêté « relatif à la déclaration des impacts environnementaux des produits de construction et de décoration » en cours d'élaboration (version de mai 2012). L'objectif de la méthode recommandée par l'arrêté est d'évaluer l'impact environnemental des produits de construction et non de comparer du point de vue de l'ACV plusieurs possibilités pour gérer les déchets en fin de vie.

En effet, si l'on souhaite comparer par exemple la valorisation énergétique et la valorisation matière, il est nécessaire alors d'évaluer plusieurs choix méthodologiques liés aux différentes possibilités qu'offrent les ACV « conséquentielles ».

7.6 Analyses de sensibilité

7.6.1 Utilisation du module Ecoinvent pour la mise en décharge

Une analyse de sensibilité a été faite en remplaçant le module utilisé pour la mise en décharge (module issu logiciel Wisard™ développé par Ecobilan PricewaterhouseCoopers) par un module Ecoinvent de mise en décharge du bois propre « Disposal, wood untreated, 20% water, to sanitary landfill/CH U » ou par un module ELCD « Landfill of wood products (OSB, particle board) EU-27 ». Ces deux modules sont présentés avec les émissions à long terme et sans les émissions à long terme. Les émissions à long terme correspondent aux émissions qui se produisent de 100 ans après la mise en décharge du produit jusqu'à 60 000 ans ; les émissions liées à la mise en décharge en ACV étant généralement comptabilisées sur les 100 premières années.

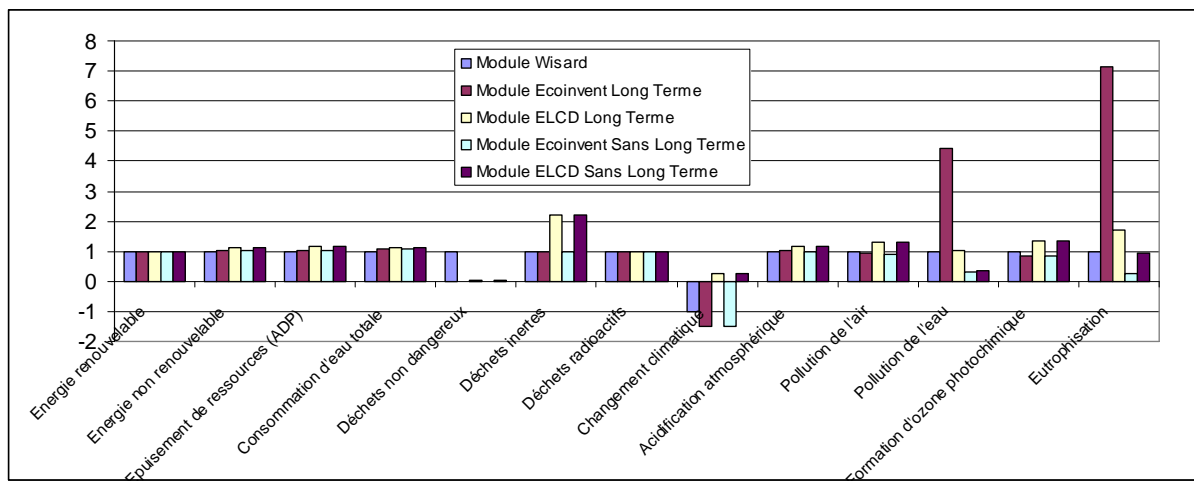


Figure 12 : Comparaison de trois modèles de mise en décharge (module A, B, C, D; long terme et court terme)

Les résultats sont normalisés par rapport aux résultats de la simulation Wisard™.

On peut noter que les indicateurs de déchets ne sont pas homogènes du fait de la non compatibilité entre la méthode MAT France, la base de données Ecoinvent et la base de données ELCD.

On peut constater peu de variation entre les différents modèles à l'exception des indicateurs suivants :

- le changement climatique : les données Wisard™ et Ecoinvent font état d'émissions évitées concernant le changement climatique alors que les données ELCD considèrent que la mise en décharge contribue au changement climatique. Le taux de dégradation du bois considéré dans la base de données Ecoinvent est plus faible que le taux de dégradation considéré dans Wisard™. On ne connaît pas le taux de dégradation du bois considéré dans la base de données ELCD. Les principales caractéristiques des données ELCD sont :

- un manque de transparence : le module donné est agrégé et ne permet pas de comprendre comment il a été calculé,
- un taux de torchage du biogaz moins élevé que pour le module Wisard™ étant donné que ce module concerne une moyenne des décharges de l'Union Européenne (50% de torchage) alors que le module Wisard™ correspond à une moyenne de sites français où le torchage est très développé (70% de torchage).
- Des émissions de gaz à effet de serre bien supérieures à celles des modules ELCD et Wisard™ notamment par des émissions correspondant à « Carbon dioxide, land transformation ». Ces émissions correspondant à un déstockage de carbone lié à un changement d'utilisation des sols ne sont pas justifiées dans la documentation du module.
- Les émissions dans l'eau à long terme des modèles Ecoinvent et ELCD sont très supérieures à celles des modèles court terme, ce qui est logique. La norme EN 15804 précise cependant que les émissions doivent être comptabilisées sur 100 ans ; le long terme n'étant à prendre en compte que si cela se justifie (« relevant »).

7.6.2 Utilisation d'autres données relatives à la combustion du bois

Une analyse de sensibilité a été faite en remplaçant le module utilisé pour la combustion en chaudière (module obtenu à partir des données du CITEPA pour des chaudières bois brûlant du bois faiblement adjuvanté avec un rendement estimé à 82%) par :

- un module Ecoinvent de combustion de bois propre correspondant à une petite chaudière (50 kW) dont le rendement est de 80%
- un module Ecoinvent de combustion de bois propre correspondant à une petite chaudière (50 kW) en donnant au rendement une valeur plus faible (65%),
- un module Ecoinvent de combustion de bois propre correspondant à une plus grosse chaudière (1000 kW) dont le rendement est de 85%.
- Un module de la base de données US LCI de combustion de déchets de bois en chaudière industrielle. La puissance de la chaudière n'est pas connue et le rendement a été estimé à 82%.

L'analyse de sensibilité est réalisée en incluant le module D dans les calculs étant donné que les différences entre les résultats ne sont pas visibles dans le module C.

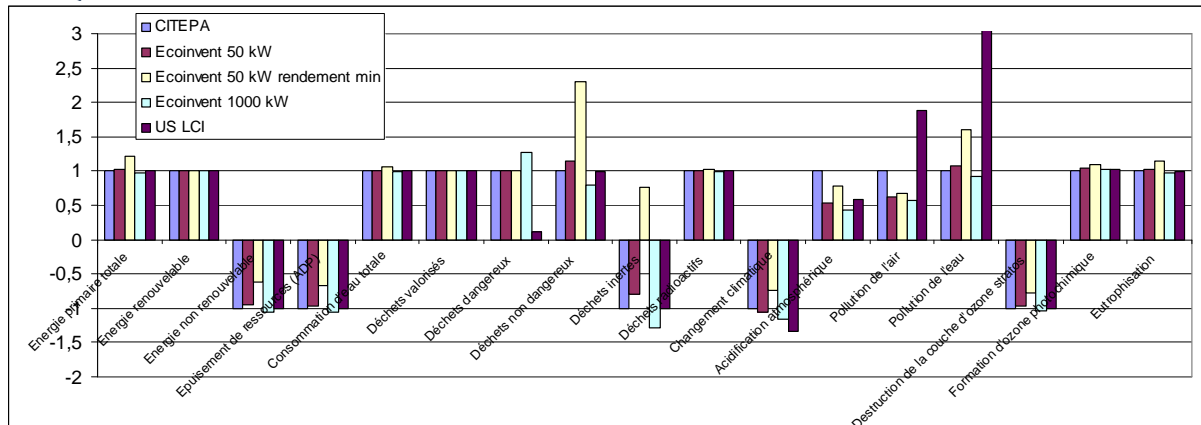


Figure 13 : Comparaison de quatre modèles de chaudières pour le scénario de valorisation énergétique (module A, B, C, D)

Les résultats sont normalisés par rapport aux résultats de la simulation CITEPA.

Les analyses de sensibilité permettent de faire le constat suivant :

- les données du CITEPA sont majorantes par rapport aux données Ecoinvent pour les émissions dans l'air (acidification et pollution de l'air),
- les données US LCI sont cohérentes par rapport aux données du CITEPA,
- les données US LCI contiennent des émissions dans l'eau qui influencent l'indicateur de pollution des eaux. L'origine de cette émission n'est pas connue.
- le rendement des installations de combustion a une influence importante sur les résultats concernant la consommation d'énergie non renouvelable, l'épuisement des ressources, le changement climatique, l'acidification et la pollution de l'eau.

7.6.3 Analyse de sensibilité sur les phases de transport

Il a été mentionné par les gérants de plateforme de tri que les distances de transport des déchets bois vers les sites de recyclage pouvaient être importantes (usines en Belgique et en Italie). Cependant les pays dans lesquels les déchets peuvent être recyclés possèdent peu de disponibilité de bois issu de forêts. Si ces usines devaient s'approvisionner en bois de forêts, les rayons d'approvisionnement seraient importants.

Deux analyses de sensibilité ont été réalisées :

- une considérant une distance de transport de 1000 km après la plateforme et en gardant le rayon d'approvisionnement de 70 km pour le bois de forêt économisé,
- une considérant une distance de transport de 1000 km après la plateforme et en considérant un rayon d'approvisionnement de 500 km pour le bois de forêt économisé.

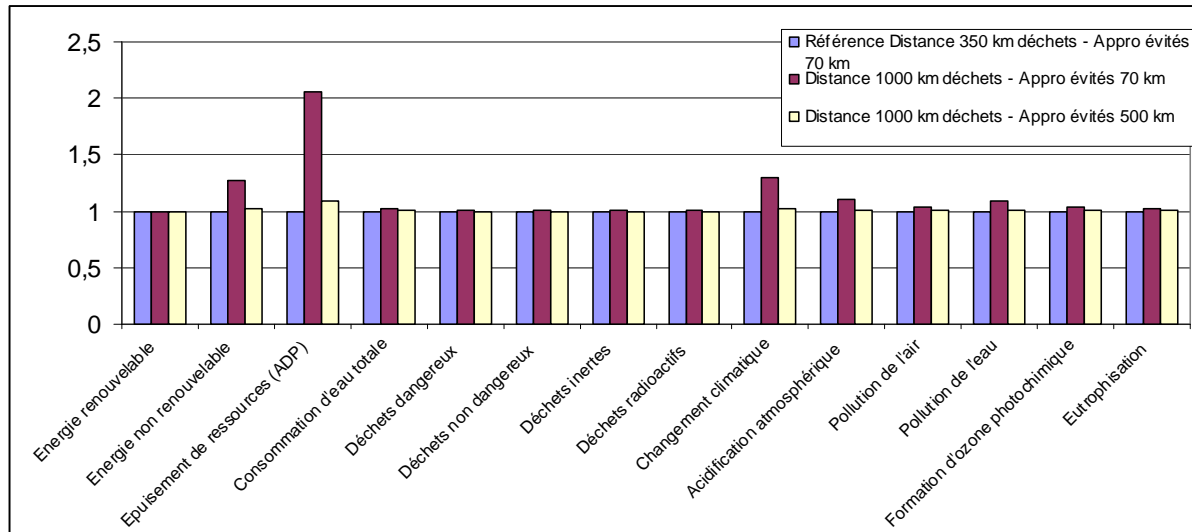


Figure 14 : Analyse de sensibilité sur les distances de transport pour la valorisation matière (module A, B, C, D)

On peut constater que l'augmentation de la distance de transport des déchets de 350 km à 1000 km a un impact non négligeable sur la consommation d'énergie non renouvelable, l'épuisement des ressources et le changement climatique. L'augmentation très forte observée pour l'épuisement des ressources s'explique par le fait que les valeurs de l'indicateur pour les impacts générés et pour les impacts évités sont très proches ce qui rend toute variation de l'une ou l'autre des valeurs très impactante sur la somme.

Le fait de considérer que dans les pays où le déchet bois est recyclé il n'existe que peu de bois de forêt disponible et que donc une distance d'approvisionnement importante doit être considérée pour le transport évité rend les résultats comparables au scénario de référence.

8 Conclusions

L'étude a permis de proposer les éléments suivants pour modéliser la fin de vie des produits bois dans le but de réaliser des FDES :

- un périmètre de calcul du module C de fin de vie dans le cas d'une valorisation est décrit dans l'étude (intégration du broyage, incinération des fines de broyage),
- des données sont fournies permettant de calculer les impacts environnementaux du module C (données d'inventaire relatives au broyage, information sur le transport du chantier à la plateforme puis en aval de la plateforme),
- un périmètre et une méthodologie sont proposés pour le calcul du module D dans le cas de la valorisation matière, la méthodologie étant déjà connue pour la valorisation énergétique.
- des données sont proposées pour la combustion de déchets bois dans le cadre d'une valorisation énergétique.

L'étude a également permis d'évaluer l'impact du scénario de fin de vie sur les résultats des FDES. Les conclusions sont les suivantes :

- Si l'on additionne le module A, B et C sans tenir compte du module D, les résultats du scénario de fin de vie proposé (67% valorisation matière, 16% incinération, 17% mise

en décharge) seront meilleurs que le scénario de mise en décharge (consommation d'énergie renouvelable et production de déchets non dangereux) ou sensiblement égaux (tous les autres indicateurs) sur l'ensemble des indicateurs d'impact et de flux à l'exception de la production de déchets dangereux et de l'impact sur le changement climatique,

- Si l'on tient compte du module D, ce qui n'est pas permis par la norme 15804 ni par l'arrêté sur l'affichage des produits de construction et de décoration, les résultats du scénario de fin de vie proposé sont meilleurs que le scénario de mise en décharge de manière significative sur l'ensemble des indicateurs d'impact et de flux à l'exception de la production de déchets dangereux et de l'impact sur le changement climatique.

Les études de sensibilité ont permis d'identifier plusieurs paramètres importants par rapport à l'évaluation de la fin de vie des produits bois :

- Concernant la mise en décharge, les paramètres importants sont le taux de dégradation en dioxyde de carbone et en méthane du bois considéré, le taux de destruction du méthane en dioxyde de carbone ainsi que le choix de l'horizon de temps (long terme ou court terme),
- Concernant les émissions liées à la combustion du bois pour le scénario de valorisation énergétique, seul les résultats obtenus pour le module D sont affectés. Ceux-ci varient fortement en fonction de la taille de la chaudière et des émissions de polluants mesurés tels que les HAP et les dioxines,
- Le transport des déchets après broyage a une importance très significative sur la valeur du module D si l'utilisation des déchets économise une ressource qui aurait pu être trouvée localement. Dans le cas où la ressource économisée aurait de toute manière nécessité un transport sur une longue distance, les deux phases de transport additionnées se neutralisent.

Le tableau suivant présente les différentes données utilisées dans l'étude ce qui peut être utile pour l'évaluation des modules C et D dans l'élaboration d'une déclaration environnementale produit conforme à la norme 15804.

	Paramètres techniques/ données ACV	Commentaires
Transport du chantier/ plateforme de regroupement jusqu'au site de broyage	Distance : 50 km Transport en semi-remorque (90 m3 contenant 18 tonnes de bois) Ou Transport en bennes (30 m3 contenant 12 tonnes de bois)	
Broyage, tri et affinage	Consommation du broyeur : 3,6 litre de diesel par tonne de bois [enquête réalisée pour cette étude par FCBA]	
Recyclage matière		
Transport jusqu'à l'usine de production de panneaux de particules	Distance variant entre 90 km et 600 km Transport en semi-remorques contenant 22 tonnes de déchets de bois broyés	
Impact de la ligne de recyclage dans l'usine de panneaux	Données fournies par la société EGGER	
Impacts évités par la l'utilisation de bois recyclé sous forme matière	Données fournies par la société EGGER	
Impact évité par la valorisation énergétique d'une partie du bois recyclé dans l'usine panneau	L'énergie thermique économisée est calculée comme étant égale à 1,98 MJ/ kg anhydre de déchets utilisés. Il est supposé ici que l'utilisation de déchets de bois évite la combustion et la production de gaz naturel étant donné qu'il s'agit d'une chaudière industrielle	
Valorisation énergétique		
Combustion des déchets de bois faiblement adjuvants en chaudière	Plusieurs modules peuvent être utilisés selon la puissance de la chaudière considérée (Ecoinvent, ELCD, modèle FCBA basé sur l'étude CITEPA).	Le modèle CITEPA est recommandé car basé sur des mesures réalisées en France sur des chaudière brûlant des déchets faiblement adjuvants.
Rendement de la chaudière	Le rendement d'une chaudière bois est estimé à 85%	
Impacts évités par la valorisation énergétique	Il est supposé que les déchets bois sont utilisés pour le chauffage urbain utilisant actuellement 72% de gaz naturel, 14% de charbon et 14% de fuel [SNCU 2009]	
Incinération		
	Données relatives à l'inventaire de cycle de vie liés à l'incinération du déchet : Disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration/CH U	L'utilisation du modèle Ecoinvent doit être adapté en fonction du taux de colle du produit car une partie du CO2 émis par la combustion est alors d'origine fossile. Il est difficile en revanche de modéliser les autres émissions de l'incinérateur en fonction des adjuvants du bois.
Mise en décharge		
	Données issues du logiciel Wisard™ développé par Ecobilan/PwC Dégradation du carbone contenu dans le bois de 15% à l'horizon 100 ans. Taux de destruction du biogaz de 70% Composition du biogaz : 50% CO2, 50% méthane	

Tableau 11 : Résumé des données recommandées pour la modélisation de la valorisation des produits bois

L'étude pourrait être prolongée par une adéquation plus fine entre les différents déchets bois et leur composition et les émissions liées au traitement de ces déchets.

9 Références bibliographiques

EPF 2002	EPF standard for delivery conditions of recycled wood
EPF 2002	The use of recycled wood for wood-based panels
FCBA / UIPP 2009	Analyse de Cycle de Vie des panneaux de Process – Mars 2009
CTBA 2001	Séchage du bois. Guide pratique., FCBA
CTBA ADEME 2003	Valorisation énergétique des déchets bois faiblement adjuvantés
Ecoinvent database	Base de données de modules d'inventaires de cycle de vie dans sa version 2.0
ELCD database	Base de données de modules d'inventaires de cycle de vie dans sa version 2.0
Rivela et al. 2005	Life cycle assessment of wood wastes : a case study of ephemeral architecture, RIVELA Beatriz (1) ; TERESA MOREIRA Maria (1) ; MUNOZ Ivan (2) ; RIERADEVALL Joan (2) ; FEIJOO Gumersindo (1) ; (1) Department of Chemical Engineering, University of Santiago de Compostela, C/Lope de Marzoa s/n, 15782 Santiago de Compostela, Espagne (2) Department of Chemical Engineering, Autonomous University of Barcelona, 08193 Bellaterra (Barcelona), Espagne, Science of the total environment, 2006, vol. 357, no1-3, pp. 1-11 [11 page(s) (article)] (35 ref.)
Mat France	Méthode développée par EVEA pour calculer les indicateurs d'impacts et de flux de la norme NF P01-010 (version 2011)
Merrild et al. 2009	Recycling of wood for particle board production: accounting of greenhouse gases and global warming contributions Hanna Merrild Department of Environmental Engineering, Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, Denmark Thomas H. Christensen Department of Environmental Engineering, Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, Denmark, thc@env.dtu.dk , Waste Manag Res November 2009 vol. 27 no. 8 781-788
ADEME ITOM 2008	Les installations de traitement des ordures ménagères, ADEME, 2008
CSTB/FCBA 2010 pour la DHUP	Rapport d'étude « Expérimentation et recommandations pour la mise en place d'un indicateur sur le stockage de carbone par la biomasse dans l'ACV des produits de construction »
US LCI database	Base de données de modules d'inventaires de cycle de vie dans sa version 1.6

ANNEXE 1 : Cahier des charges de l'EPF par rapport aux contaminants chimiques

Ce cahier des charge correspond aux limites fixées par la norme sur les jouets susceptibles d'être portés à la bouche par des enfants (EN 71-3 Safety of toys).

Eléments/ Composés chimiques	Valeur limite (g/ kg de panneau ou par kg de déchets de bois)
Arsenic	0,025
Cadmium	0,05
Chromium	0,025
Cuivre	0,04
Plomb	0,09
Mercur	0,025
Fluor	0,1
Chlore	1
Pentachlorophenol (PCP)	0,005
Créosote (benzo(a)pyrène)	0,0005