

**COMPARAISON DES BILANS
ENVIRONNEMENTAUX DE DEUX TYPES DE
DEMOLITION**

Raphaël Brière, Adélaïde Feraille Fresnet, Olivier Baverel, Robert Le Roy,
Yannick Tardivel

► **To cite this version:**

Raphaël Brière, Adélaïde Feraille Fresnet, Olivier Baverel, Robert Le Roy, Yannick Tardivel.
COMPARAISON DES BILANS ENVIRONNEMENTAUX DE DEUX TYPES DE DEMOLITION.
Journées de l'AFGC 2015, Mar 2015, Cachan, France. <hal-01131505>

HAL Id: hal-01131505

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01131505>

Submitted on 16 Mar 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

COMPARAISON DES BILANS ENVIRONNEMENTAUX DE DEUX TYPES DE DEMOLITION

Raphaël Brière, Adélaïde Feraille, Olivier Baverel, Robert Le Roy

ENPC

Yannick Tardivel

CEREMA

1. Introduction

Dans un monde aux ressources limitées soumis à une consommation croissante, le secteur du BTP (Bâtiments et Travaux Publics) doit faire face à des enjeux majeurs pour répondre aux besoins des habitants de notre planète que ce soit en termes de logements ou d'infrastructures. Cette croissance est également confrontée aux enjeux environnementaux : comment répondre à cette demande dans un contexte de développement durable ?

En effet, le secteur du BTP, en France, génère près de 250 millions de tonnes de déchets par an. Les travaux publics génèrent près de 85 % de la quantité totale de déchets produits soit un peu plus de 215 millions de tonnes tandis que le bâtiment génère 38 millions de tonnes de déchets selon les chiffres de 2008 [1]. Dans le secteur du bâtiment, trois types de chantiers peuvent être distingués : la construction neuve, la réhabilitation et la démolition dont les contributions en termes de déchets sont respectivement de 7 %, 28 % et 65 %. La gestion des déchets des chantiers de démolition constitue donc un enjeu important d'autant que d'ici 2020, un minimum de 70 % des déchets du bâtiment doivent rentrer dans des filières de réemploi, de recyclage ou de valorisation matière [2]. Les chantiers de démolition génèrent principalement des déchets inertes, à hauteur de 93,6 % en masse, tandis que les déchets dangereux et les déchets non inertes et non dangereux ne comptent respectivement que pour 0,6% et 5,8% [3]. L'enjeu est donc de gérer au mieux la gestion de ces déchets afin de maximiser les bénéfices environnementaux et les économies en ressources.

Pour cela, nous nous sommes focalisés sur la fin de vie des bâtiments et nous avons comparé deux techniques de démolition et les gestions de déchets associées à l'aide de l'outil Analyse de Cycle de Vie (ACV) afin d'analyser les phases les plus contributrices d'un chantier de démolition et d'identifier les paramètres importants de nos systèmes en termes d'impacts environnementaux.

2. L'ACV appliquée aux chantiers de démolition

L'Analyse de Cycle de Vie est un outil d'évaluation environnementale multicritère permettant d'estimer les impacts d'un produit (un matériau de construction par exemple) ou d'un service tout au long de son cycle de vie. Cet outil normé [4,5] a été appliqué, aux bâtiments afin de modéliser ces systèmes complexes et de quantifier les impacts de ces structures. Cette méthodologie est maintenant présentée.

2.1 Description de l'outil ACV

L'analyse de cycle de vie est un outil d'évaluation environnementale dont l'objectif est d'estimer les potentiels d'impacts générés par un système tout au long de son cycle de vie (extraction des matières premières, production, transport, utilisation, fin de vie...). Cet outil multicritère est normé par l'ISO 14 040 et l'ISO 14 044 [4,5] et se divise en quatre étapes comme le montre la figure suivante :

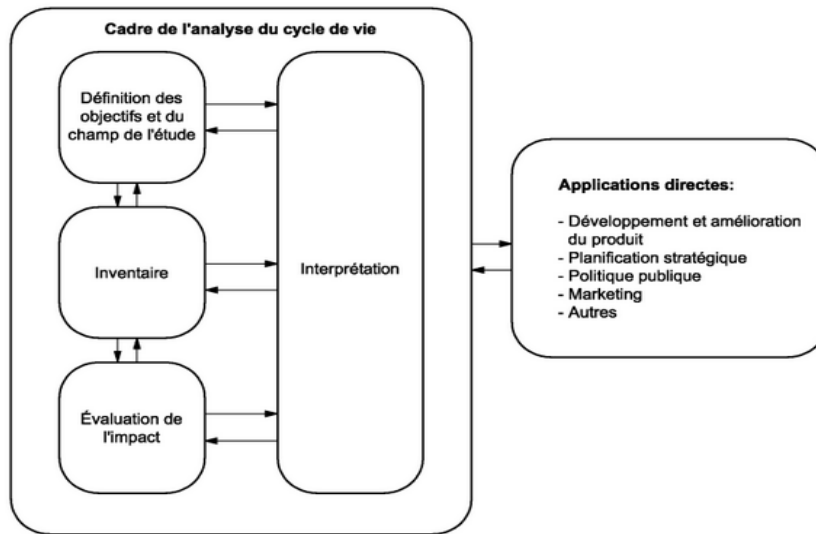


Figure 1 : Les 4 phases d'une ACV (ISO, 2006 [4])

L'ACV est divisée en 4 étapes qui doivent être rigoureusement suivies afin d'en assurer la pertinence :

- La définition des objectifs et du champ de l'étude : cette première étape est primordiale puisqu'elle contribue à la transparence et donc à la crédibilité d'une étude ACV. Ainsi, l'objectif d'une ACV doit stipuler l'application envisagée, le contexte de l'étude, le public auquel les résultats sont destinés. Ce cadre d'étude doit être bien défini afin que le niveau de détail prévu soit cohérent avec les objectifs fixés
- L'inventaire du cycle de vie : cette deuxième étape consiste à effectuer la collecte des données des processus pris en compte dans les frontières du système étudié. Il s'agit donc de déterminer les flux entrants (énergie, matière) et sortants (émissions dans l'air, l'eau ou le sol) du système pour chaque processus élémentaire
- L'évaluation des impacts : l'analyse des impacts repose sur l'association des flux élémentaires recueillis lors de l'étape précédente à des impacts environnementaux
- L'interprétation des résultats : les résultats de l'étude sont interprétés de telle manière à être cohérents avec les objectifs initialement fixés. Les étapes du cycle de vie les plus contributrices sont identifiées offrant ainsi la possibilité de réduire les impacts du système étudié. Les conclusions doivent également mettre en lumière les limites de l'étude et fournir des recommandations. Enfin, cette dernière phase doit pouvoir apporter des informations claires pour aider à la prise de décision.

Cette méthodologie a été appliquée à deux chantiers de démolitions issus du guide pratique de l'ADEME « Déconstruire les bâtiments » (ADEME, 2003 [6]).

2.2 Systèmes étudiés

Cette première simulation se base sur le guide de l'ADEME « Déconstruire les bâtiments » (ADEME, 2003 [6]). Dans cette parution se trouvent 10 études de cas sur la démolition/déconstruction de bâtiments, principalement des logements collectifs. L'étude de cas n°3 porte sur la démolition de la Résidence Henri Desbals à Toulouse. Réalisée en 1999, cette opération a été l'occasion de comparer deux techniques : une démolition traditionnelle et une démolition sélective.

Chacune de ces deux méthodes a été appliquée sur deux volumes identiques constitués chacun de 40 logements. Le bâtiment à démolir est décrit comme suit sur la fiche n°3 « Les fondations, murs enterrés et

planchers sont en béton. Les charpentes sont en béton et bois et la couverture en plaques d'amiante-ciment. Les murs sont composés d'un parement extérieur, de briques et d'une isolation mousse (pignons) et plâtre. La structure est en béton armé ».

Nos bilans environnementaux se focalisent sur la fin de vie des bâtiments démolis. On exclut donc de nos deux systèmes : l'ensemble des procédés relatifs aux autres phases du cycle de vie du bâtiment (production des matériaux, construction, maintenance), le transport des ouvriers, la base de vie sur chantier, l'acheminement des engins de démolition ainsi que le désamiantage. Ces phases sont également exclues dans le scénario de démolition sélective.

Les deux systèmes étudiés sont maintenant décrits plus en détails.

2.2.1 Démolition traditionnelle

Le système modélisé est représenté sur la figure 2 :

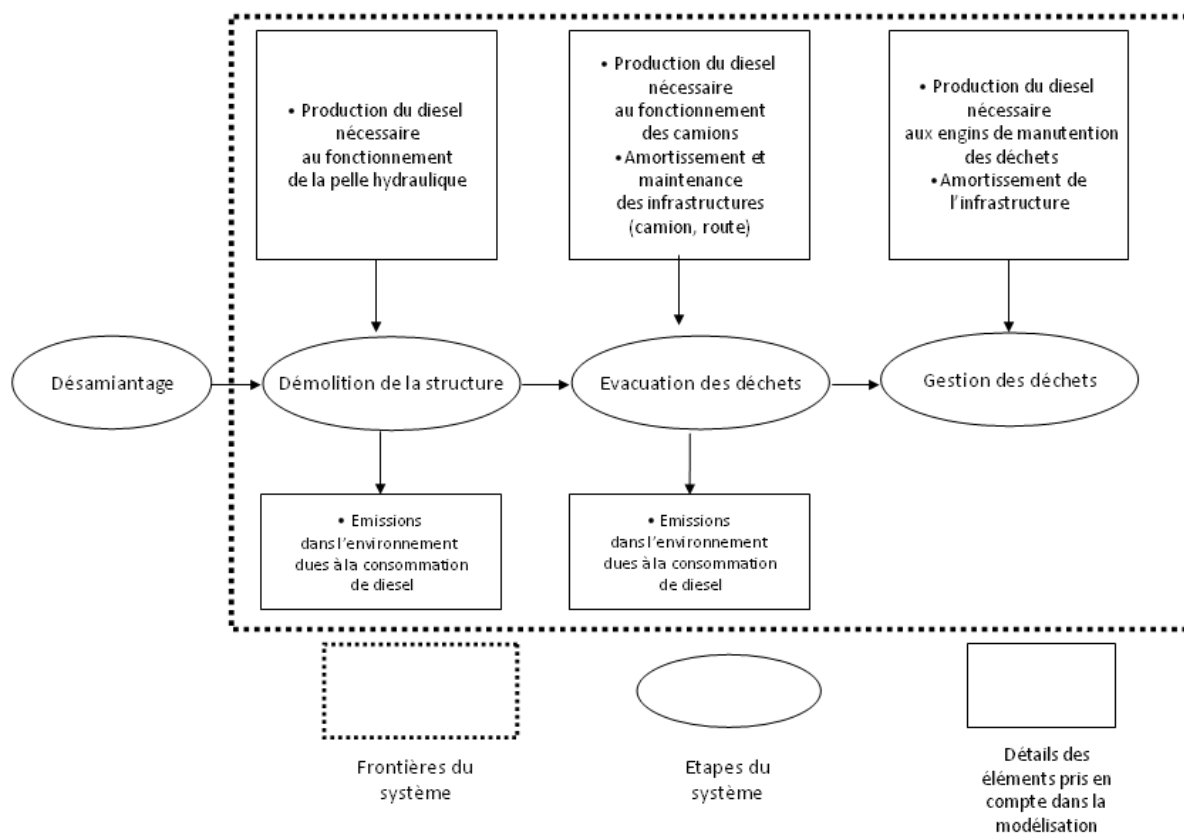


Figure 2 : Frontières du système « démolition traditionnelle »

Avant le début de toute opération de démolition, l'ensemble des composants amiantés a été déposé par une entreprise spécialisée. Dans ce premier scénario, aucun curage préalable n'a été réalisé : le second œuvre et le gros œuvre ont donc été mélangés lors de l'étape « Démolition de la structure ».

L'entreprise chargée de la démolition a réalisé l'opération en 13 jours ouvrables à l'aide d'une pelle hydraulique équipée d'un godet. Cette même pelle s'occupait également du chargement des camions destinés à l'évacuation des déchets. Seule une faible quantité de métal a été récupérée (aucune quantification n'est donnée) sinon aucun tri des déchets n'a été effectué. Ces déchets de démolition non triés ont été acheminés vers une gravière appartenant à l'entreprise où ils ont été déposés en vrac. Cette évacuation des déchets a été faite en 8 jours à raison de 7 rotations de 30 kilomètres par jour par 5 camions.

La modélisation schématisée sur la figure 1 s'organise donc autour de 3 processus unitaires: l'énergie utilisée lors de l'abattage des bâtiments, le transport des déchets, ces deux premiers processus unitaires se caractérisant par du diesel en flux entrant, ainsi que la mise en décharge des déchets. Cette mise en décharge comprend la dépose des déchets ainsi que leur stockage.

2.2.2 Démolition sélective

L'ensemble des postes considérés est donné par la figure 3 :

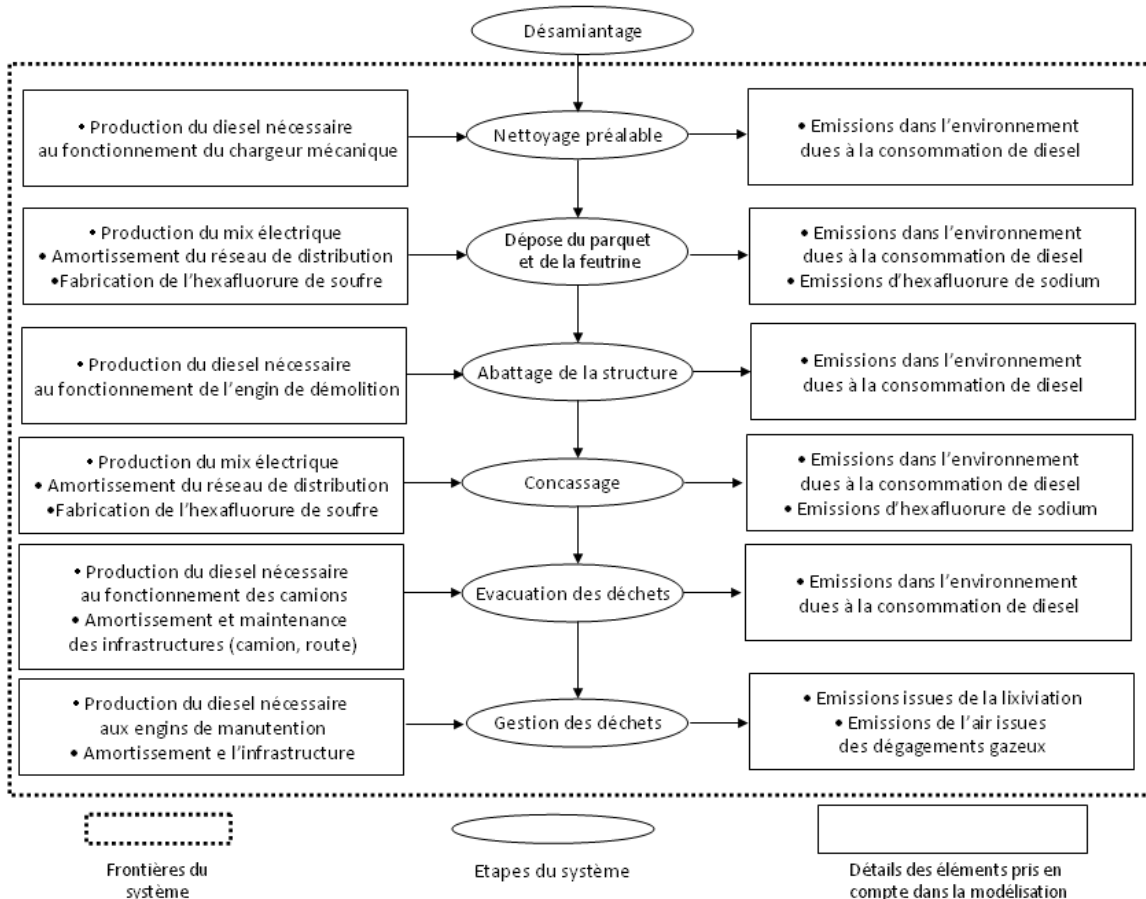


Figure 3 : frontières du système « démolition sélective »

Préalablement à toute opération de démolition, une étude de quantification des matériaux a été menée afin de mettre au point le mode opératoire. Après avoir enlevé les déchets ménagers laissés par les particuliers, la phase de dépose a pu démarrer. La feutrine et les parquets ont été enlevés à l'aide d'une décolleuse à moquette. La laine de verre et la couverture en amiante ciment sont les deux autres éléments déposés avant l'abattage de la structure. Une fois la structure abattue, l'ensemble des éléments métalliques a été séparé des autres déchets notamment par le concassage des déchets minéraux. La durée effective des travaux fut de 14 semaines (pour rappel la démolition traditionnelle avait duré environ 3 semaines). Cette démolition sélective avait pour objectif de recycler un maximum de matériaux. Ainsi, un taux de recyclage de 92% a été atteint pour les DIB (Déchets Industriels Banals) et les déchets inertes ont été valorisés.

Contrairement à la première méthode, les déchets sont évacués vers des exutoires différents. Les distances entre le chantier et le site de dépôt sont notifiées dans l'étude de cas du guide. Cependant, dans certains cas, comme celui des métaux, le site de dépôt est différent de l'exutoire final : les métaux ont été acheminés sur un site à 5 kilomètres mais ont été recyclés dans des aciéries du Pays Basque espagnol.

Voici un récapitulatif des distances parcourues par les différents déchets ainsi que leurs exutoires finaux :

- Les 1 500 tonnes de déchets minéraux exempts de plâtre qui ont été concassés ont servi pour le remblaiement des fondations ne demandant donc aucun transport
- Les 1 325 tonnes restantes de déchets inertes ont été acheminées à Toulouse parcourant 23 kilomètres afin d'être revendues aux agriculteurs pour la création de fonds de voies de chemins agricoles.
- Les 50 tonnes de métaux récupérées ont été évacuées vers Toulouse à 5 kilomètres du chantier. L'acier a été recyclé dans une aciérie du Pays Basque espagnol. Toutefois, le kilométrage n'est pas connu.
- Les 31 tonnes de bois ont été amenées dans les Landes en vue d'un broyage et d'un recyclage en panneaux de particules (distance de 273 kilomètres)
- Une tonne de verre a pris la direction du Tarn pour être recyclée (distance de 60 kilomètres)
- 7 tonnes de DIB n'ont pas trouvé de filière de valorisation et ont été éliminées en décharge de classe 2 (DIB mélangés, feutrine, laine de verre...) à 51 kilomètres
- Les 21 tonnes de déchets ménagers issues du nettoyage préalable ont été envoyées dans une décharge de classe 2 à 51 kilomètres.

3. Résultats et discussions

Les deux systèmes décrits ci-dessus ont été modélisés sur le logiciel Simapro [7] avec la base de données Ecoinvent [8]. De plus, les catégories d'impacts suivantes sélectionnées ainsi que leur unité sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau 1 : récapitulatif des catégories d'impact et des méthodes sélectionnées		
Catégories d'impact	Unité	Méthode
Energie totale	MJ	Cumulative Energy Demand (CED)
Déplétion des ressources	Kg Sb équivalent	CML
Acidification	Kg SO ₂ équivalent	CML
Eutrophisation	Kg PO ₄ ³⁻ équivalent	CML
Réchauffement climatique	Kg CO ₂ équivalent	CML
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	Kg CFC-11 équivalent	CML
Toxicité humaine	Kg 1,4 – DB équivalent	CML
Ecotoxicité (aquatique, marine et terrestre)	Kg 1,4 – DB équivalent	CML
Oxydation photochimique	Kg C ₂ H ₄ équivalent	CML
Déchets en vrac	Kg	EDIP
Déchets radioactifs	Kg	EDIP

3.1 Démolition traditionnelle

La modélisation de la démolition traditionnelle donne les résultats suivants présentés sur la figure 4 :

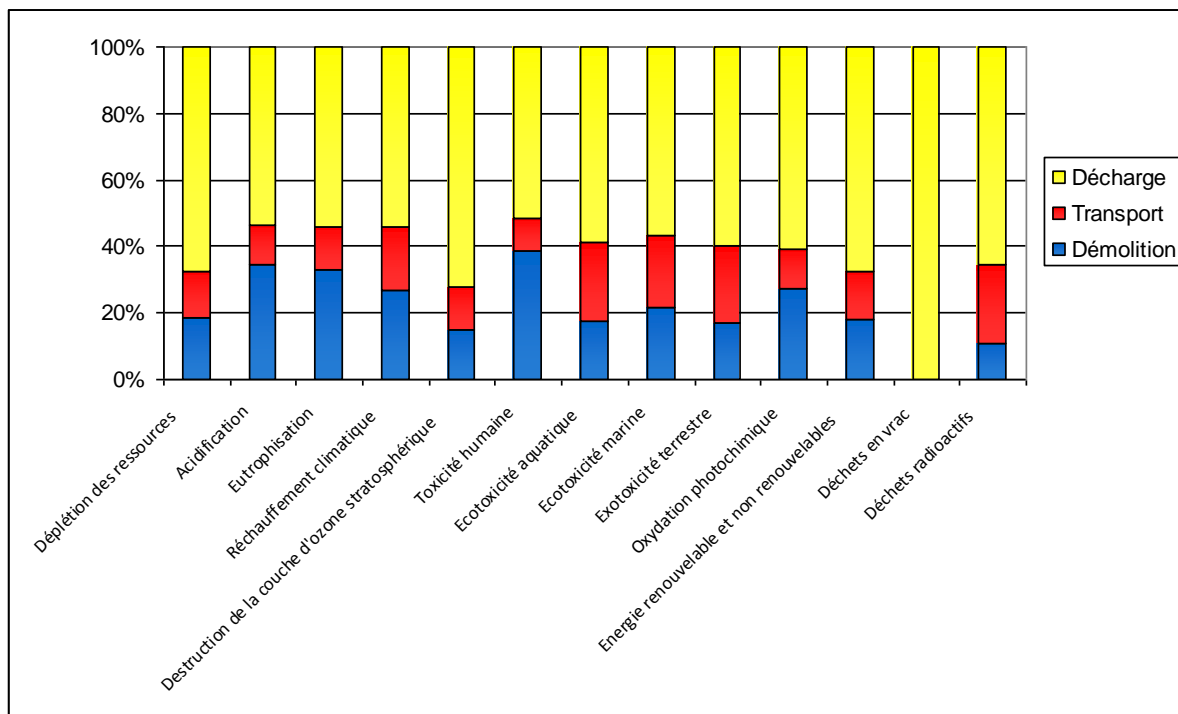


Figure 4 : impacts environnementaux de la démolition traditionnelle

Dans l'ensemble des catégories d'impact considérées la mise en décharge des différents éléments démolis est l'étape la plus impactante dans cette première méthodologie : elle représente a minima 50% des contributions totales (52% pour la catégorie « toxicité humaine » et atteint une contribution de 72% pour la catégorie « ozone layer depletion »). Ceci est dû au fait que les 2 935 tonnes de déchets ont été mises en décharge. A l'intérieur de ce processus de décharge, les flux les plus contributeurs sont ceux dus à l'amortissement de la construction de l'infrastructure notamment la production du bitume et le transport des différents matériaux utilisés pour la fabrication de la décharge tous les deux fortement coûteux en énergie. De plus, le site d'enfouissement appartenant à l'entreprise se situe à 15 kilomètres. En France, la moitié des chargements de déchets inertes parcourent moins de 20 kilomètres [9] ce qui est en cohérence avec l'analyse statistique faite dans le guide ADEME [6]. Dans cette dernière, la distance moyenne parcourue dans les 10 études de cas pour l'évacuation des déchets inertes se situe entre 0 et 30 kilomètres. Cette distance de 15 kilomètres permet donc de limiter les impacts du poste « transport ».

Passons maintenant aux résultats concernant la démolition sélective.

3.2 Démolition sélective

Les résultats pour la démolition sélective sont donnés sur la figure 5 :

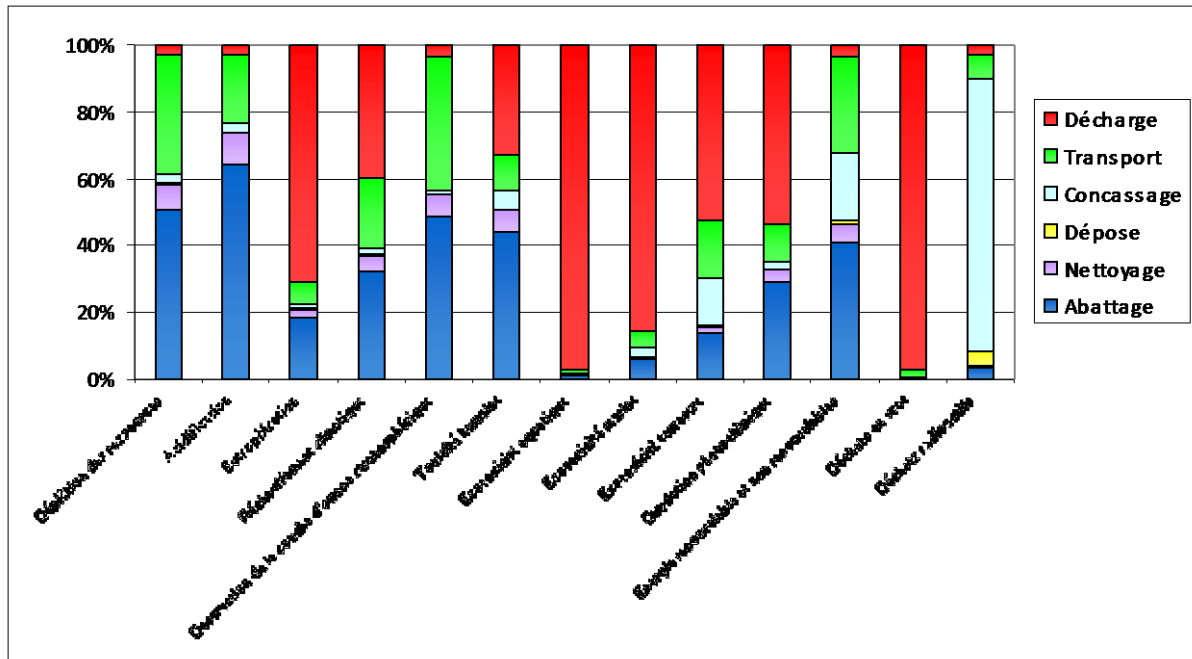


Figure 5 : impacts environnementaux de la démolition sélective

A l’instar du premier procédé, la mise en décharge représente une part importante des impacts générés par la démolition sélective notamment dans les catégories d’écotoxicité et pour les déchets en vrac (des contributions respectives de 54%, 86%, 98% et 97 % pour l’écotoxicité terrestre, marine et aquatique et les déchets en vrac). Cela est dû aux émissions directes de la mise en décharge que ce soit dans l’air (rejets de gaz) et dans l’eau (lixiviation).

Les impacts liés au carburant nécessaire aux engins de chantier pour l’abattage représentent une part importante des impacts : entre 47% et 64% dans 4 indicateurs (« épuisement des ressources », « acidification », « destruction de la couche d’ozone stratosphérique » et « toxicité humaine ») dus à la quantité de carburant consommé c’est-à-dire à l’utilisation d’énergies fossiles.

Enfin, l’électricité consommée par la dépose des parquets et de la feutrine a une contribution finale faible sur l’ensemble des catégories d’impact. La seule exception se situe au niveau de l’indicateur des déchets radioactifs pour la phase de concassage. En effet, cette étape de concassage utilise de l’électricité française qui est principalement issue des centrales nucléaires engendrant donc des déchets radioactifs.

3.3 La comparaison des deux systèmes

La comparaison entre ces deux systèmes est possible car deux blocs identiques de bâtiments ont été démolis par ces deux techniques. La figure 6 montre la comparaison des deux méthodes en prenant les résultats de la démolition traditionnelle comme référence :

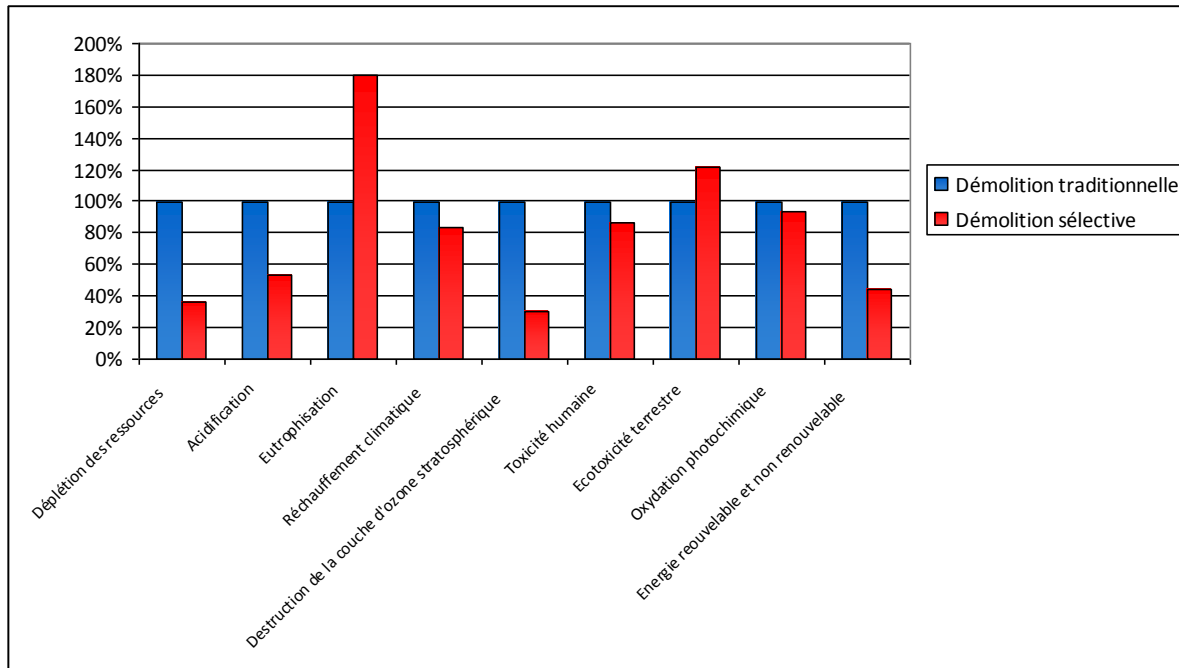


Figure 6 : comparaison des deux procédés

Afin de rendre la lecture de ce graphique plus aisée, quatre catégories d'impact ont été volontairement supprimées : il s'agit des indicateurs pour « Ecotoxicité aquatique » et « Ecotoxicité marine », « Déchets radioactifs » et "Déchets en vrac ». Pour les trois premières catégories d'impact, les impacts de la démolition sélective sont respectivement 20, 3,7 et 2,9 fois supérieurs tandis qu'ils sont 2 fois inférieurs pour la catégorie « Déchets en vrac ». Sur une majorité des catégories d'impact (8 sur les 13), la démolition sélective présente des impacts moindres. Dans la catégorie « Déchets radioactifs », on retrouve la même logique que précédemment c'est-à-dire que la consommation d'électricité française implique la production de déchets radioactifs ce qui n'est pas le cas dans le cas de la démolition traditionnelle.

Concernant les 4 autres catégories, cette différence s'explique principalement par le module Ecoinvent de mise en décharge. En effet, dans les deux modélisations présentées ci-dessus, le module Ecoinvent de mise en décharge est choisi est différent. Dans le cas de la démolition traditionnelle, l'enfouissement de déchets composés majoritairement de déchets inertes tandis que pour la démolition sélective, les déchets placés en installation de stockage sont des DIB non triés. Le tableau 1 compare les impacts des deux modules en prenant la mise en décharge de la démolition traditionnelle comme référence :

Indicateurs	Démolition traditionnelle	Démolition sélective
Déplétion des ressources	100 %	1,6%
Acidification	100 %	2,7%
Eutrophisation	100 %	237%
Réchauffement climatique	100 %	61%
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	100 %	1,5%
Toxicité humaine	100 %	56%
Ecotoxicité aquatique	100 %	3449%
Ecotoxicité marine	100 %	548%
Ecotoxicité terrestre	100 %	108%
Oxydation photochimique	100 %	82%
Energie renouvelable et non renouvelable	100 %	2,0%
Déchets en vrac	100 %	1,0%
Déchets radioactifs	100 %	12%

Dans ce tableau, les processus de décharge des deux scénarios ont été comparés c'est-à-dire les 2 935 tonnes de la démolition traditionnelle avec les 28 tonnes de la démolition sélective. On remarque que le choix du module de décharge choisi pour modéliser le stockage des déchets est crucial. En effet, dans le tableau 1, on retrouve 4 des 5 catégories d'impacts où la démolition sélective présente des impacts plus importants (eutrophisation et les écotoxicité marine, aquatique et terrestre). En effet, le module choisi pour la démolition sélective intègre la production des lixiviats et les rejets gazeux dans l'atmosphère ce qui explique les impacts dans les catégories liées à l'écotoxicité tandis que pour la démolition traditionnelle le module de décharge des déchets inertes ne prend en compte que l'amortissement de l'infrastructure et la mise en place des déchets dans la décharge.

Un autre élément important à relever concerne la phase de transport. Le produit des distances parcourues par la quantité de marchandises transportées a le même ordre de grandeur dans les deux scénarios (44 025 et 40 739 tkm pour les scénarios de démolition traditionnel et de démolition sélective respectivement). Quantitativement, leurs impacts sont donc relativement proches : en comparant uniquement les modules transport, on constate logiquement que la démolition sélective présente 92% des impacts de la démolition traditionnelle ($40\,739 / 44\,025 = 0,92$). Cependant, ces résultats sont similaires alors que les distances de transport sont différentes. Pour la démolition sélective, les déchets ont parcouru des distances globalement plus importantes (le bois a été ainsi transporté à une distance de 273 kilomètres lors de 10 rotations). La similarité s'explique par le fait que 1 500 tonnes de déchets minéraux exempts de plâtre ont été concassés sur le chantier et ont servi au remblaiement des fondations. Cette économie de transport a permis au scénario de démolition sélective de concurrencer la démolition traditionnelle en termes de transport d'un point de vue environnemental.

4. Conclusions

Cette étude s'est focalisée sur la fin de vie des bâtiments d'un point de vue environnemental. A partir des données fournies par une étude de cas ADEME, les impacts d'une démolition traditionnelle et d'une démolition sélective ont pu être analysés à l'aide de l'outil d'Analyse de Cycle de Vie (ACV). Les modélisations ont montré que la mise en décharge est la phase la plus contributrice dans les deux scénarios. Dans le cas de la démolition traditionnelle, l'ensemble des 2 935 tonnes de déchets a été enfoui expliquant ainsi la forte contribution. Dans le deuxième cas, la quantité de déchets envoyée en décharge (28 tonnes) est plus faible grâce à un meilleur tri mais le module semblant le mieux adapté à notre modélisation prend en compte la lixiviation et les rejets gazeux entraînant des impacts plus importants. Il est important de noter que le phénomène de lixiviation n'est pas intégré dans le module de décharge utilisé dans la modélisation de la démolition traditionnelle.

De plus, ces deux techniques ont été appliquées sur des volumes identiques de logements ce qui a permis une comparaison équitable des deux résultats. Globalement, la démolition sélective présente des impacts inférieurs à ceux de la démolition traditionnelle pour deux raisons. Un meilleur tri des déchets a permis de séparer les déchets inertes exempts de plâtre qui ont pu être réemployés pour le remblaiement des fondations et permettre une économie financière et environnementale pour le transport. La deuxième raison a également pour origine le tri : celui-ci a permis d'enfouir moins de matériaux en décharge.

Ces premiers résultats ne peuvent pas être généralisés. Premièrement, il semble nécessaire de réaliser des analyses de sensibilité sur les différentes hypothèses de travail posées (consommation des engins, heures quotidiennes de fonctionnement...). Ensuite, des améliorations sur la modélisation doivent être apportées. Par exemple, dans le cas spécifique des chantiers de démolition les camions chargés de l'évacuation des déchets effectuent des retours à vide qui ne sont pas intégrés dans les modélisations initiales. L'ensemble de ces analyses de sensibilité ainsi que les améliorations sur la modélisation a été effectué dans la thèse [10]. Enfin, chaque chantier possède ses propres spécificités (caractéristiques du bâtiment à démolir, emplacement du site et des exutoires possibles,...). Il est nécessaire de réaliser d'autres études sur plus de chantiers afin qu'un échantillon plus grand puisse permettre de discerner de réelles tendances.

5. Références

- [1] SOes (2008). Les déchets de la construction. Disponible sur <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/292/1154/dechets-construction.html>
- [2] Union Européenne (UE) (2008). Directive 2008/98/CE du Parlement Européen et du conseil relative aux déchets.
- [3] IFEN (Institut français de l'environnement) (2007). Le recyclage des déchets du bâtiment et des travaux publics peut progresser. Le 4 pages de l'IFEN, n°116, 4p
- [4] ISO (International Organisation for Standardization)(2006). Management environnemental – Analyse du Cycle de Vie -Principes et cadre (ISO 14 040).
- [5] ISO (International Organisation for Standardization) (2006). Management environnemental - Analyse du Cycle de Vie – Exigences et lignes directrices. (ISO 14 044)
- [6] ADEME (2003). Déconstruire les bâtiments: Un nouveau métier au service du développement durable, 164p accompagnées des fiches détaillées de 10 études de cas.
- [7] Goedkoop M., De Schryver A., Oele M., Durksz S., De Roest D. (2010). Introduction to LCA with SimaPro. Pré Consultants.
- [8] Frischknecht R., Jungbluth N. (2003). Overview and methodology, final report Ecoinvent 2000 No.1, ESU Services, Uster, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Duebendorf, Suisse.
- [9] ADEME (2012). Etude sur le prix d'élimination des déchets inertes du BTP. Réalisée pour le compte de l'ADEME par PÖYRY SAS.
- [10] Brière, R. (2015). Bilan environnemental de la fin de vie des bâtiments. Thèse en cours à l'Ecole des Ponts et Chaussées.

