



Université de Lille
Faculté D'Ingénierie et Management de la Santé (ILIS)
Master Ingénierie de la Santé, Qualité - sécurité -
environnement - toxicologie



Les enjeux de la qualité, l'hygiène, la sécurité et l'environnement dans le démantèlement des gros porteurs.

Sous la direction de Monsieur Parenty

Mémoire de fin d'étude de la 2^{ème} année de Master

Master Ingénierie de la Santé, Qualité - sécurité - environnement - toxicologie

- Jury :
- Monsieur Franck-Olivier Denayer – Doyen de la Faculté D'Ingénierie et Management de la Santé (ILIS)
 - Monsieur Arnaud Parenty - Maitre de Conférence Associé à la Faculté d'Ingénierie et de management de la santé (ILIS)
 - Madame Celine Cléron – Chargée de missions qualité, hygiène, sécurité, environnement chez Baudalet Environnement

Faculté d'Ingénierie de Management de la Santé – ILIS

42 rue Ambroise Paré

59120 LOOS

Remerciements

Pour commencer, je tiens à remercier mon directeur de mémoire Monsieur PARENTY, Maître de Conférence Associé à la Faculté d'Ingénierie et de management de la santé de Lille, pour sa disponibilité, pour ses précieux conseils et pour son relativisme.

Je remercie également toute l'équipe pédagogique de la Faculté d'Ingénierie et de management de la santé pour leur suivi et leurs enseignements durant ses quatre ans.

Je souhaite aussi remercier Céline CLERON, chargée de missions qualité, hygiène, sécurité, environnement et Yann HANDTSCHOEWERCKER, responsable secteur adjoint chez Baudalet Environnement, ainsi que Adrien DAINOTTO, directeur de CIDER ENGINEERING pour leur aide précieuse dans la compréhension et les aspects techniques du démantèlement des gros porteurs.

J'adresse mes sincères remerciements à Olivier RAMACKERS pour m'avoir accordé sa confiance et sans qui cette alternance n'aurait pas été possible.

Je remercie enfin l'équipe de chez Baudalet Environnement, tout particulièrement Caroline METEE et Charlotte GIRARDEY qui m'ont contribuées au succès de mon alternance et partagées leurs nombreuses connaissances professionnelles.

Sommaire :

Introduction	1
1. Etat de l'art.....	4
1.1. Naval	4
1.1.1. Chiffres	5
1.1.2. Localisation.....	6
1.1.3. Réglementation.....	8
1.1.4. Echappatoire.....	11
1.1.5. Avant le début du démantèlement	12
1.2. Ferroviaire	14
1.2.1. Chiffres	14
1.2.2. Réglementation.....	15
1.2.3. Echappatoires.....	15
1.2.4. Avant le début du démantèlement	16
1.3. Aérien.....	16
1.3.1. Chiffres	17
1.3.2. Réglementation.....	19
1.3.3. Echappatoire.....	21
1.4. Autres.....	22
1.4.1. Hélicoptères.....	22
1.4.2. Camions, tracteurs routiers et remorques.....	22
1.4.3. Engins de chantier	22
1.4.4. Autobus et autocars.....	23
1.4.5. Equipements militaires.....	23
2. Déroulement du démantèlement.....	25
2.1. Prétraitement.....	25
2.1.1. Réemploi.....	25
2.1.2. Déchets dangereux.....	27

2.2. Démantèlement	29
2.3. Traitement des différentes fractions	30
2.3.1. Fractions métalliques	31
2.3.2. Déchets Dangereux	31
2.3.3. Déchets non métalliques	32
3. Enjeux de la Qualité, l'Hygiène, la Sécurité et l'Environnement lors du démantèlement des gros porteurs	34
3.1. Sécurité et Hygiène	34
3.1.1. Sites	34
3.1.2. Matériels	36
3.1.3. Humains	39
3.2. Environnement	50
3.2.1. Autorisations du site	50
3.2.2. Certifications environnementale du site	52
3.2.3. Suivi des déchets	53
3.3. Qualité	55
3.3.1. Certification ISO 9001	55
3.3.2. Traçabilités	56
3.3.3. Matières	57
Conclusion	59

Introduction

Le démantèlement des gros porteurs est un sujet vaste de par la diversité de véhicules concernés par cette appellation (aéronautique, naval, ferroviaire, ...) et de la variété de matériaux qu'ils peuvent contenir. Grâce à cette diversité, il existe de nombreuses spécificités concernant le démantèlement de tels véhicules tant sur l'aspect technique que réglementaire. C'est pourquoi les enjeux de la Qualité, Hygiène, Sécurité et Environnement sont multiple vis-à-vis de ces moyens de transport en fin de vie. La notion de fin de vie est une notion complexe qui dépend fortement du moyen de transport étudié. La différence entre un engin considéré comme un déchet ou comme encore utilisable est très variable et dépend de plusieurs facteurs (PIQUET, 2019) :

- **Économique** : Par exemple de l'aviation civile, les avions appartiennent en général à des compagnies de leasing. Son prix de location dépend étroitement de son prix de revient et du contexte international du transport de passagers. C'est pourquoi il peut être difficile pour certaines sociétés de ce type de trouver des locataires pour des avions relativement anciens. D'autant plus que ceux-ci consomment plus de carburant et leurs assurances coûtent plus cher. C'est pour ces raisons que la mise en fin de vie d'un appareil, l'extraction de pièces réavionnables et son démantèlement effectif apparaît comme une solution pour les propriétaires (compte tenu des coûts de stationnement des avions). Surtout s'ils ne parviennent plus à trouver de nouveau locataire ou de repreneur.
- **Technique (esthétique)** : L'exemple ferroviaire est assez parlant. La Société Nationale des Chemins de Fer français (SNCF) a renouvelé sa flotte de Train à Grande Vitesse (TGV) pour des trains dit « du futur » : plus performant, consommant moins, ayant une esthétique plus moderne entraînant la fin de vie des TGV les plus anciens.
- **Réglementaire** : A ce titre, l'exemple de la marine est explicite. Dès 2008, suite à la convention Marine Pollution (Marpol), l'union européenne a interdit les pétroliers à coque simple dans leurs eaux.

Ces différents facteurs restent néanmoins interdépendants, l'obsolescence technique peut entraîner de lourdes contraintes réglementaires qui vont à leur tour augmenter le coût de fonctionnement du moyen de transport. Ce qui justifiera au final la mise en fin de vie du dit

moyen de transport par son propriétaire. Ce processus de fin de vie n'est donc pas obligatoirement lié au non fonctionnement de l'appareil (DRIRE DU CENTRE, 2008).

Une fois arrivé en fin de vie, il existe deux possibilité pour le véhicule:

- Il peut être reconditionné et remis en vente sur le marché ;
- Il peut être déclaré "hors d'usage" et il devient alors un déchet.

Selon la loi du 15 juillet 1975: « Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit, ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que le détenteur destine à l'abandon » est considéré comme constituant un déchet (ADEME, 2017), selon l'article L.541-1-1 du Code de l'environnement (CODE DE L'ENVIRONNEMENT, 2016).

Les gros porteurs sont construits à partir de nombreux composants comprenant des métaux ferreux et non ferreux, des élastomères, des polymères (plastiques et composites), du verre, des fluides, des matériaux naturels organiques modifiés, de l'électronique et de l'électricité. Ces engins déclarés hors d'usage sont donc une source précieuse de matériaux (DELOGU, 2017).

La récupération et le recyclage de déchets métalliques contribuent au :

- Développement durable : la préoccupation croissante du public pour la protection de l'environnement et la conservation des ressources a suscité un intérêt pour la recyclabilité des matériaux (MELO, 1999).
- Matières premières : il est reconnu depuis longtemps que le recyclage des métaux utilise moins d'énergie que la production primaire. En outre, la plupart des métaux peuvent être recyclés encore et encore, avec une dégradation minimale, voire nulle, des performances et de la qualité des matériaux (MELO, 1999).
- Protection de l'environnement : elle réduit les risques pour l'environnement d'une mauvaise gestion, tels que contamination des sols et des eaux par des substances dangereuses utilisées pour leur production (DELOGU, 2017).

Le recyclage offre donc des avantages environnementaux, en termes d'économies d'énergie, de réduction de mise en décharge, de réduction des volumes de déchets et de réduction des émissions. (MELO, 1999).

L'état de l'art du démantèlement des différents types de gros porteurs, hors nucléaire, dans le monde sera présenté en premier lieu avec un accent sur le naval, le ferroviaire et l'aérien. Dans un second temps seront présentés les différentes étapes du démantèlement en France avec une considération également pour l'amont et l'aval de cette procédure. Enfin, seront détaillés les différents rôles et enjeux de la Qualité, Hygiène, Sécurité et Environnement français dans ce domaine.

1. Etat de l'art

Cette partie met en avant l'état de l'art du démantèlement des gros porteurs dans le monde. Ces gros porteur inclus les bateaux, les avions, les véhicules ferroviaires mais aussi les hélicoptères, les camions, les tracteurs routiers, les autobus et les autocars, les engins de chantiers et les équipement militaires. Seul les engins dont la propulsion n'est pas nucléaire ou dénucléarisés seront considérés dans ce travail. Cette partie permet d'avoir un aperçu sur la quantité de gros porteurs à démanteler et leur réglementation propre mais également sur l'importance de les recycler.

1.1.Naval



Figure 1 : Chantier de démantèlement naval (NAVALEO. n.d.).

La filière navale est constituée des navires effectuant du transport maritime (porte-conteneurs, pétroliers, céréaliers, méthaniers...), des navires militaires, remorqueurs, des navires effectuant du transport fluvial (péniches) et les bateaux de pêche ayant une coque en acier. Ces bateaux sont essentiellement des outils professionnels.

Les bateaux de plaisance hors d'usage ne sont pas considérés dans ce mémoire car ils ne suivent pas les mêmes réglementations et du fait de la composition de leur coque (bois, composites polyester -fibres de verre, etc.). Une filière de traitement spécifique se met progressivement en place. Cette filière à responsabilité élargie du producteur est gérée par l'Association pour la Plaisance Eco-Responsable (APER) qui devenu un éco-organisme agréé de la filière.

1.1.1. Chiffres

La flotte mondiale s'est fortement accrue : en 1960, elle comptait près de 15.000 navires de gros tonnage, représentant un poids de 84 millions de tonnes. De 1960 à 2000, leur nombre a été multiplié au moins par quatre, avec un poids unitaire moyen beaucoup plus élevé. (G. Bertolini. 2007).

En 2010, l'Organisation Maritime Internationale a estimé la flotte marchande mondiale à 104.304 navires utilisés dans le commerce international par près de 150 nations.

La durée de vie d'un navire est généralement de 22 à 25 ans (Deshpande et al., 2012). En général, l'élimination d'un navire est envisagée quand ses conditions d'âge ou de marché en font un bateau moins profitable au fonctionnement pour son propriétaire rendant son coût d'exploitation plus élevé que les recettes qu'il génère.

Suite à l'annexe I de la Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires (MARPOL) il y a eu une augmentation du nombre de bateaux à démanteler. Comme son nom l'indique, il existe dans cette convention des règles visant à prévenir et à réduire au maximum la pollution provoquée, accidentellement ou non, par les navires. Cette même annexe I a pour sujet la prévention de la pollution aux hydrocarbures due à l'exploitation et aux rejets accidentels. De plus, son amendement de 1992 oblige les pétroliers neufs à être conçus avec une double coque ou un équivalent et cela à partir de 1996. Cet amendement fixe également un calendrier d'élimination progressive des navires-citernes simple coque.

Toujours dans un souci de sécurité accrue, l'Enhanced Survey Programme, un programme d'inspection de la convention MARPOL, prévoit un contrôle plus strict des pétroliers vieillissants et de leur état. Sont concernés les transporteurs de pétrole brut dépassants les 20.000 tonnes et les transporteurs dépassants les 30.000 tonnes.

D'après certaines estimations, chaque année depuis 2000, plus de 700 bateaux commerciaux dans le monde sont envoyés à la ferraille. A ce chiffre s'ajoute les navires militaires en fin de carrière ainsi que les pétroliers simple coque à détruire.

10% du tonnage total est représenté par les navires militaires, leur importance étant fortement variable en fonction du pays. Le choix de leur démantèlement relève des pouvoirs publics de chaque pays, ce qui est également le cas pour d'autres navires non militaires appartenant à l'Etat. Seront laissés de côté les navires à propulsion nucléaire, comme les sous-marins, qui posent des problèmes spécifiques.

Les navires sont démantelés dans des chantiers navals. Il existe trois grandes techniques afin de mettre le bateau hors de l'eau :

- Le beaching : le bateau est échoué délibérément dans des eaux peu profondes ;
- La mise en cale sèche : c'est un bassin ou le niveau de l'eau est modifiable ;
- Le slipway : c'est une rampe de hissage en pente douce.

1.1.2. Localisation

Le démantèlement des bateaux est essentiellement effectué dans les pays asiatiques, près de 91% des navires en 2019.

On peut noter l'évolution des quatre pays ayant capté l'essentiel de cette activité (ROBIN DES BOIS, 2018) :

- En 2000 :
 - L'Inde 38 % ;
 - La Chine 25 % ;
 - Le Bangladesh 19 % ;
 - Le Pakistan 7 % ;
- En 2018 :
 - Le Bangladesh 41 % (beaching) ;
 - L'Inde 28 % (beaching) ;
 - Le Pakistan 17 % (beaching) ;
 - La Turquie 5 % (cale sèche) ;
 - La Chine 2% (cale sèche).

Cette délocalisation du démantèlement crée de l'activité et de l'emploi direct et indirect mais également une économie d'échelle et d'agglomération. (Bertolini. 2007)

Cette localisation s'explique par (Bertolini. 2007) :

- Les facteurs de production (main d'œuvre, terres ...) ;
- Les avantages et les coûts comparatifs ;
- Le libre-échange entre pays ;
- La main d'œuvre importante et bon marché.

Cette localisation peut également s'expliquer par un dumping réglementaire et environnemental. Le dumping environnemental consiste à expédier des déchets possiblement dangereux d'un pays à un autre. Cette exportation de déchets dangereux est réalisée essentiellement des pays développés (Etats Unis, Europe, etc.) vers des pays en développement (Inde, Bangladesh, etc.). Ces pays étant souvent décrits comme des « havres de pollution ». En effet, la législation environnementale y est moins contraignante, voire inexistante.

Cette activité reste pourtant soumise à d'importantes fluctuations et une baisse qui risque d'être persistante est à noter depuis ces dernières années. Ce ralentissement est dû à l'accroissement des frets mondiaux conduisant à différer les mises hors service, de la taxe à l'importation et des fluctuations du cours de la ferraille (Bertolini. 2007).

Mais c'est la réglementation qui risque d'avoir des effets plus durables. Par exemple, il y a la convention de Bâle qui visait à prohiber toutes exportations vers des pays en voie de développement des déchets dangereux qui doivent être éliminés ou encore la convention de Hong Kong sur le recyclage des navires.

Cette délocalisation est également extrême décriée pour les conditions de sécurité quasiment inexistantes. En effet, les salariés, adultes comme enfants, travaillent avec très peu voire, aucune protection, voir figure 2 ci-dessous. Ils sont soumis à des risques physiques et chimiques importants. D'après l'organisation non gouvernementale Shipbreaking Platform, sur les chantiers de démantèlements bengalis, indiens et au Pakistanais, 237 personnes ont été gravement blessées et 386 personnes sont mortes entre 2009 et 2019 (NGO SHIPBREAKING PLATFORM, 2019).



Figure 2 : ouvriers travaillant dans un chantier de démantèlement en Inde (NGO SHIPBREAKING PLATFORM, 2019)

Le démantèlement naval dans le sous-continent indien, en plus de poser des gros problèmes environnementaux, soulève donc de nombreux problèmes moraux.

1.1.3. Réglementation

Différentes réglementations s'appliquent pour la filière navale. Ces règles visent à contrôler le transfert de déchets dangereux entre pays, et donc à éviter le dumping environnemental.

1.1.3.1. Convention de Bâle

C'est le 22 mars 1989 que la convention de Bâle a été adoptée dans le cadre du Programme des Nations Unies pour l'Environnement et elle est entrée en vigueur le 5 mai 1992. Le but de cette convention était d'apporter un cadre pour le transfert de déchets dangereux transfrontalier. Depuis son entrée en vigueur, elle s'est principalement intéressée au transport maritime qui est un vecteur particulièrement important de transfert de marchandises-déchets. Par ailleurs, elle possède à ce propos des liens étroits avec l'Organisation Maritime International. Cependant, c'est au cours de la Conférence des Parties de 2004 que les navires destinés au recyclage ont été assimilés à un déchet. Ceci transforme le navire en déchet à part entière avec néanmoins la particularité de pouvoir se déplacer par ses propres moyens (MAHE, 2013).

Cette convention comporte trois obligations (MAHE, 2013) :

- Le consentement de la part du pays importateur de déchet,
- Les déchets dangereux se doivent d'être emballés, étiquetés et transportés en conformité avec les règles et normes internationales reconnues et acceptées ;
- En cas d'impossibilité d'éliminer de manière efficace les déchets, ils doivent être réimportés.

La convention de Bâle essaie donc d'encadrer les activités de démantèlement naval qui constituent une forte source de préoccupation pour la communauté internationale.

Néanmoins, la particularité du milieu maritime et le statut unique du bateau n'ont pas pu entrer dans le cadre légal qu'a voulu apporter la convention. Il ne faut pas oublier que les navires en question sont les déchets en plus d'être le moyen de transport. Ils sont ainsi facilement transportables et n'assument pas toujours leur nouveau statut de déchet. A cause de ces inadéquations entre l'activité de transport naval et l'encadrement juridique du transfert de déchets, la convention de Bâle ne pourra être appliquée (MAHE, 2013).

La convention de Bâle est donc le fondement pour le transfert de déchets dangereux des déchets de la filière navale mais également tous les autres types de filières. Cette convention est développée dans ce paragraphe car elle a essentiellement été détaillée pour les navires (MAHE, 2013).

1.1.3.2. Convention de Hong Kong

La Convention de Hong Kong vise à consolider les efforts précédents par différentes institutions internationales par un instrument juridiquement contraignant. L'approche du traité est complète - elle comprend les navires et les chantiers de recyclage, la sécurité humaine, ainsi que la protection de l'environnement. Dans une certaine mesure, elle est préventive car elle régit l'utilisation de matières dangereuses dans la phase de construction et l'exploitation navale. Pourtant, un fort accent est mis sur la procédure, tels que les inventaires, les certificats et les autorisations de la convention (MATZ-LUCK, 2010).

Cette convention a été adoptée à Hong Kong, en Chine, en mai 2009 lors d'une conférence diplomatique avec la participation des Etats membres de l'Organisation Maritime Internationale, de certaines organisations non gouvernementales et en coopération avec l'Organisation Internationale du Travail et les parties à la convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination. Son objectif est de répondre aux questions relatives à la déconstruction navale, en particulier le fait que certains bateaux vendus pour être démantelés peuvent contenir certaines substances dangereuses pour l'environnement. Ces substances peuvent être de l'amiante, des métaux lourds, des hydrocarbures ou bien des substances appauvrissant la couche d'ozone. Cette convention prend en compte les préoccupations concernant les conditions de travail et l'environnement dans de nombreuses installations de recyclage de navires dans le monde (ORGANISME MARITIME INTERNATIONAL, 2019).

La réglementation qu'elle apporte concerne les points suivants : la conception, la construction, l'exploitation et la préparation des navires. Ces différentes règles ont pour but de faire la promotion du démantèlement sûr et écologique et de mettre en place un mécanisme d'exécution approprié pour la déconstruction des navires. Ces règles prévoient des prescriptions pour la délivrance de notifications et de certificats (ORGANISME MARITIME INTERNATIONAL, 2019).

En effet, il sera obligatoire pour les chantiers de recyclage de fournir un plan de déconstruction du navire et d'indiquer, en tenant compte de leurs particularités et de leurs inventaires, comment cela doit être réalisé. Chaque partie sera tenu de prendre les mesures

qui permettront de garantir la conformité à la convention de toutes les installations de démantèlement de navires dont l'exploitation relève de leur juridiction (ORGANISME MARITIME INTERNATIONAL, 2019).

Cependant, il est à noter que la flotte de pêche ne fait pas parti du cadre de la convention de Honk Hong (PIQUET, 2019).

Le problème majeur à l'heure actuelle, c'est que la convention n'entrera en vigueur que vingt-quatre mois après sa ratification par quinze Etats. Ces quinze états doivent posséder une flottes marchandes représentant au moins 40 % du tonnage brut de la flotte mondiale de commerce, et dont le volume annuel maximal de recyclage au cours des dix dernières années représente au moins 3 % du tonnage brut des flottes marchandes (SENAT. 2012).

Ces dispositions sont exigeantes, mais elles s'expliquent par le besoin de recueillir l'accord des acteurs les plus important du recyclage dans la mise en application de la convention. (SENAT. 2012).

1.1.3.3. Europe

Au niveau continental, l'Union européenne a été particulièrement active dans la promotion d'une politique qualité, hygiène, sécurité et environnement lors du recyclage de navires. Après la création de la Convention de Hong Kong susmentionnée, le règlement n° (UE) 1257/2013_a pour but d'assurer le recyclage des bateaux sous drapeau d'un membre de l'Union Européenne dans des chantiers sûrs et agréés assurant la sécurité des travailleurs ainsi que la protection de l'environnement. Ce règlement prévoit également de permettre une gestion adaptée de toute matière dangereuse à bord des navires.

Pour tenter d'établir une approche commune au problème mondial du recyclage des navires dans certains pays, l'Union Européenne a opté pour des installations de recyclage des navires autorisés (la liste européenne) et la certification des installations de recyclage des navires situés dans des pays tiers.

D'après la décision d'exécution (UE) 2019/995 de la commission du 17 juin 2019 modifiant la décision d'exécution (UE) 2016/2323 établissant la liste européenne des installations de recyclage de navires conformément au règlement (UE) n° 1257/2013 du Parlement Européen et du Conseil, 30 chantiers sont situés dans un pays de l'Union Européenne (Belgique, Danemark, Estonie, Espagne, France, Italie, Lettonie, Lituanie, Pays-Bas, Norvège, Portugal, Finlande et Royaume-Uni) et 4 sont situés dans un pays tiers (Turquie et Etats-Unis d'Amérique) (JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPÉENNE, 2019).

La majorité des chantiers présent sur cette liste fait également partie de l'association internationale du recyclage des navires. Cette association lutte contre le départ des bateaux dans les chantiers navals d'Asie en informant les chantiers agréés des départs imminents.

1.1.4. Echappatoire

Lorsqu'un démantèlement s'avère trop coûteux, les alternatives choisies par les armateurs consistent à immerger / océaniser en mer le navire, battre sous pavillon de complaisance, ou simplement abandonner le navire.

1.1.4.1. Immersion / océanisation

L'immersion ou l'océanisation désigne une élimination volontaire dans la mer de déchets ou de toute autre matière indésirable depuis des navires et le sabordage desdits navires ou plateformes en mer (ORGANISME MARITIME INTERNATIONAL, 2016).

Cette pratique est interdite depuis 2006 par la conférence intergouvernementale sur la convention relative à l'immersion de déchets en mer, aussi appelée Convention de Londres (ORGANISME MARITIME INTERNATIONAL, 2016).

En interdisant l'océanisation de certaines matières dangereuses, le rôle de cette convention est de contribuer à l'échelle internationale au contrôle et à la prévention de la pollution en mer. Qui plus est, l'immersion d'un grand nombre de matières énumérées dans la convention est soumise à l'obtention d'un permis spécifique au préalable alors que l'immersion de tout autre déchet est soumise à l'obtention d'un permis général (ORGANISME MARITIME INTERNATIONAL, 2016).

1.1.4.2. Pavillon de complaisance / libre d'immatriculation

Il existe cependant un problème lié au dépavillonnement d'un navire en fin de vie, c'est-à-dire qu'il est possible pour le propriétaire de modifier la nationalité de son bateau pour se dédouaner des contraintes législatives du pavillon d'origine. Ceci est notamment observé avant un démantèlement.

Un pavillon de complaisance est une juridiction qui accorde à des navires étrangers une nationalité fictive. Ainsi, les armateurs des navires immatriculés dans un pays ne sont jamais établis dans ce même pays. L'absence d'un lien entre la nationalité du navire, son propriétaire et la société de gestion empêche l'application rigoureuse des principes réglementaires internationaux. Ces lacunes facilitent le démantèlement des navires non

réglementés dans d'autres pays, protégés par l'application discrétionnaire de la réglementation par l'État du pavillon (ALCAIDEA, 2016).

Le processus de changement de pavillon et d'immatriculation d'un navire est simple, réalisable rapidement en 1 à 2 jours et peu onéreux. Ces pavillons sont généralement changés pour un pavillon du Panama, du Liberia ou encore de Malte (Bertolini, 2007).

D'après le Programme des Nations Unies pour l'Environnement qui assure le Secrétariat de la Convention de Bâle, en 2000 pas moins de la moitié en nombre et 93% en tonnage des navires en provenance de l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE) ont été démantelés en dehors de l'OCDE (G. Bertolini, 2007). Cet exemple montre l'importance du dépavillonnement des bateaux provenant de l'OCDE et donc de l'importance de la perte d'activités économiques liées aux démantèlement de ces navires et du transfert transfrontalier de déchets dangereux (puisque les navires à démanteler contiennent des déchets dangereux).

1.1.4.3. Abandon navire

Cet acte est défini comme un délit du Capitaine d'un bateau. Il est question de laisser volontairement sans aucun contrôle humain un navire alors que l'on est le Capitaine de celui-ci et que donc on en assume la direction.

L'abandon de navire est défini et réprimandé par la loi du 17/12/1926 *relative à la répression en matière maritime*. C'est un délit puni d'une peine de prison (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE FRANCAISE, 1926).

1.1.5. Avant le début du démantèlement

Pour démanteler leur navire en fin de vie, les propriétaires passent par des appels d'offres. Aujourd'hui, ceux-ci sont des appels d'offres public : marine nationale de Brest pour la France. Il existe aussi des marchés privés qui sont beaucoup moins exigeants en termes de certification, de politique qualité, de sécurité, de respect de l'environnement, etc.

L'inventaire des substances dangereuses et le cahier des charges sont fournis au gestionnaire du démantèlement et au désamianteur en amont de l'appel d'offre afin d'anticiper les opérations à prévoir.

L'inventaire des substances chimiques mentionne la présence de substances dangereuses et réglementées dans le navire, tel que :

- Plomb ;
- Polybromobiphényle ;
- Polychlorobiphényle ;
- Chlorofluorocarbures ;
- Amiante ;
- Tributylétain ;
- Elément traces métalliques (chrome, cadmium, cuivre, mercure, plomb et nickel utilisés dans les peintures) ;
- Fibres céramiques réfractaires.

Une visite contradictoire est également réalisée avec le gestionnaire du démantèlement et le désamianteur.

En cas de doute sur un ou plusieurs éléments, des prélèvements complémentaires seront effectués par un organisme tiers indépendant et envoyés à un laboratoire accrédité.

Suite à cela, le navire est préparé pour être transporté vers le site de démantèlement. Cette préparation s'appelle la toilette de mer.

- Premièrement, la coque est sécurisée : Il peut s'agir de restaurer une flottabilité positive ou de ralentir la vitesse de dégradation de la coque.
- Deuxièmement, le bateau est dépollué suite à l'inventaire des substances chimiques.
- Et troisièmement, l'ensemble des ouvertures (circuits d'eau de mer, portes, fenêtres) est obturé

D'un point de vue juridique, il faut obtenir une assurance pour le transfert et un certificat de remorquage. Un expert maritime doit également s'assurer des mesures prises (toilette de mer, documents, etc.). Seulement après cela, le navire peut être transporté par remorquage jusqu'au site de démantèlement. Le lamanage et le remorquage sont des opérations le plus souvent sous-traité.

Conclusion

Il est important de retenir l'envie des pouvoirs publics de contribuer à mettre en place des règlements encadrants le démantèlement naval, tant pour l'économie et la sécurité que pour l'environnement.

1.2. Ferroviaire



Figure 3 : Gare de triage à Sotteville-les-Rouen (HERMANN. 2012).

La filière ferroviaire est constituée des locomotives, des automotrices, des voitures de transport de voyageur, des remorques d'automotrices, des wagons, des métros et des tramways.

1.2.1. Chiffres

Un train a une durée de vie moyenne d'exploitation de 30 à 50 ans (CLARKE, 2019) et il est constitué de :

- 75 ou 80 % de métaux ferreux ;
- 5 à 10 % de plastiques ;
- Environ 10 % de déchets électroniques, tels que les câbles ou les batteries ;
- Un peu de fluides, notamment les huiles ;
- Un peu de verre, surtout pour les vitrages.

Dans l'Union européenne (UE-28), le nombre total de véhicules de transport de voyageurs est légèrement inférieur à 100 000 alors qu'il dépasse 400 000 pour les wagons de marchandises (DELOGU, 2017).

En France, en 2006, l'ensemble des trains en fin de vie étaient en majorité composés de wagons de marchandises. En effet, parmi les 8 000 véhicules ferroviaires identifiés comme "hors d'usage", 60% d'entre eux étaient des wagons de marchandises (DRIRE DU CENTRE, 2008).

Pour ce qui est des wagons voyageurs, la SNCF, détenant la majorité du parc, a créé sa cellule de "matériels radiés". Son but est à la fois d'identifier et d'éliminer le matériel ferroviaire en fin de vie. Le nombre de voitures de voyageurs à traiter était de 700 unités par

an en 2007. De plus, la SNCF souhaite traiter l'ensemble des wagons voyageurs produits avant 1995 contenant de l'amiante d'ici 2029 (DRIRE DU CENTRE, 2008).

Les taux projetés de recyclabilité et de valorisation en fin de vie sont respectivement de 87,4 % et 92,1 % (DELOGU, 2017).

Un des enjeux majeurs de la fin de vie des moyens de transport ferroviaire est le traitement des véhicules stockés depuis 10 ans qui ne sont plus en mesure de rouler. Certaines des pièces indispensables à leur fonctionnement peuvent avoir été récupérées pour réutilisation sur d'autres wagons. Dans ce cas-là, ce sont des entreprises spécialisées qui doivent réaliser le désamiantage sur place (ADEME, 2006).

1.2.2. Réglementation

Le décret n°96-1133 du 24 décembre 1996 notifie l'interdiction de mise sur le marché de matériaux contenant toutes variétés de fibres d'amiante (CODE DU TRAVAIL, 1996).

Ce décret a une importance marquée dans le domaine des transports ferroviaires. En effet, avant 1986, la plupart des véhicules de transport de voyageurs étaient isolés avec de l'amiante liée, voire comprenant une toiture amiantée. Ce décret amiante interdit donc la cession de ces véhicules sans désamiantage préalable (ADEME, 2006).

Le fait que le matériel ferroviaire amianté soit traité dans des filières environnementalement propres malgré leur valeur négative ou nulle est dû au fait que l'Etat est le propriétaire gestionnaire. En effet, la SNCF possède les fonds ainsi que l'envie de traiter ses véhicules en fin de vie (ADEME, 2006).

1.2.3. Echappatoires

Dans la filière du ferroviaire, les échappatoires sont principalement l'abandon et le stockage en l'attente de traitement des trains. Cet abandon pose de réels problèmes sanitaires et environnementaux. En effet, comme étudié ultérieurement, un train contient de multiples produits dangereux pour l'Homme et l'Environnement. La non gestion de ces produits entraîne une pollution chronique des sols.

La revente et le leasing sont également une échappatoire possible. En France, cette option n'est pas possible pour les trains contenant de l'amiante. En effet, comme l'énonce le décret n°96-1133 du 24 décembre 1996, les trains contenant de l'amiante ne peuvent être vendus ou loués (CODE DU TRAVAIL, 1996).

1.2.4. Avant le début du démantèlement

Les trains sont obtenus suite à des appels d'offres public. Ce type de contrat demande des partenariats importants entre le désamianteur et le gestionnaire du démantèlement.

Le transport des wagons entre leur lieu de stockage et le site du démantèlement est réalisé par l'entreprise qui a émis l'appel d'offre, essentiellement la SNCF. Le transport est opéré par voie ferroviaire mais également par voie routière.

Suite à ces démarches, les wagons peuvent commencer à être démantelés.

1.3. Aérien



Figure 4 : Chantier de démantèlement Tarmac Aérosave (DUMEZ. 2017).

Le nombre d'avions stockés sur les sites d'enfouissement a augmenté ces dernières années, suite à la restriction dans certains pays comme l'Indonésie, la Chine ou la Russie de l'importation d'avions d'occasion âgés de 10 à 20 ans.

Pendant des décennies, des milliers d'avions hors d'usage ont été entreposés dans ce qu'on appelle des cimetières d'avions. Dans le même temps, la demande mondiale de matières premières et secondaires continue d'augmenter. Cela semble contradictoire, car les avions mis au rebut constituent une source importante de matériaux précieux. La mise en décharge ne semble plus être une solution appropriée à long terme pour traiter les avions en fin de vie (RIBEIRO, 2015).

1.3.1. Chiffres

Aujourd'hui, il est estimé qu'un avion commercial a une durée de vie moyenne de 26 ans alors qu'elle était de 31 ans auparavant. En effet, les avions sont maintenant mis à la retraite de plus en plus tôt parce qu'il est préférable d'avoir des appareils neufs qui consomment moins de carburant (OREE, n.d.).

Les leaders Airbus et Boeing représentent à eux deux la très grande majorité du parc d'aéronefs mondial. Il est par conséquent difficile d'estimer la quantité d'avions en fin de vie dans un périmètre régional ou national.

Selon Boeing, environ 7.200 avions vont atteindre leur fin de vie durant les vingt prochaines années (Wash, 2008). Avec une durée utile de 25 ans en moyenne, Airbus estime que c'est un minimum de 6.000 avions qui seront retirés du service pendant cette période (Airbus, 2009). D'après l'Aircraft Fleet Recycling Association (AFRA), c'est 12.000 appareils qui seront mis au rebut en 15 ans (AFRA, n.d.). D'après ces prévisions, 300 à 600 avions seront mis au rancart par an pendant les années 2012 et 2018. Les prévisions maximales indiquent que 600 avions seront mis au rancart en 2025 (AIRBUS, 2009) (LATRÉMOUILLE-VIAU, 2019).

Il a été déclaré que 2 000 aéronefs civils étaient actuellement immobilisés au sol et attendaient un traitement de fin de vie approprié. Pire encore, on estime que 250 avions vont être mis hors service chaque année au cours des deux prochaines décennies. Bien que ce montant soit faible par rapport à celui du secteur automobile, la valeur des actifs des matériaux et des composants dans les aéronefs à la retraite est considérable (SABAGHI, 2016).

En Janvier 2005, Madame DURRIEU, Ministre de la Défense, avait indiqué que: « *des avions militaires seraient envoyés sur le site de Tarbes* » ce qu'elle a confirmé le 17 Janvier 2006 en précisant que: « *L'armée de l'air devra notamment, dans les prochaines années, éliminer environ 85 avions, pour un poids total de 500 tonnes, ce qui représente donc une tâche importante* » (OREE, n.d.).

Le parc à démanteler serait d'environ 5.000 tonnes par an au niveau mondial (OREE, n.d.).

L'état des lieux du parc aérien à démanteler effectué, il est temps d'analyser la composition d'un avion et par conséquent ce que l'on peut y recycler.

La structure métallique d'un avion est un mélange d'aluminium, de zinc et d'alliage de magnésium. Selon la société Bartin Recycling Group, un avion est composé de 65 à 75%

de métaux dont 85% d'aluminium, 10% d'acier, 3% de titane et 2% de cuivre. Le pourcentage restant correspond à du bois, du plastique, du caoutchouc, des matériaux isolants ou bien du verre. La part des pièces réutilisables dans l'industrie aéronautique est de 10 à 20% de la masse totale d'un avion.

De plus, d'après le président d'Aircraft End-of-Life Solutions, compagnie spécialisée dans la planification et la réalisation de démontage d'avions, la part pouvant être recyclé ou réutilisé dans un avion représente plus de 90% de sa masse.

Selon le Directeur des projets environnementaux de la société Airbus, Monsieur Olivier MALAVALLON, il est possible de recycler une quantité de métaux non-ferreux équivalente à environ 30% de la masse d'un avion (MALAVALLON, 2009). Cela avec le processus de démantèlement aéronautique le plus fréquemment employé sur un aéronef vidangé de ses fluides. Toujours d'après lui, au final cette pratique permet une récupération moyenne de 60% de la masse d'un aéronef vidangé si l'on considère tous les autres matériaux valorisables ainsi que la re-certification de certaines pièces détachées ou équipements et leur recyclage.

Le poids moyen d'un avion civil est d'environ 106 tonnes. Selon le rapport d'Airbus, "Processus de gestion avancée de la fin de vie des aéronefs (PAMELA)", environ 85% du poids d'un aéronef civil peut être récupéré (15% à des fins de réutilisation et 70% par le recyclage). Le recyclage comprend la collecte et le tri de matières recyclables qui seraient autrement considérées comme des déchets, puis leur transformation en matières premières pour de futurs aéronefs ou d'autres industries (SABAGHI, 2016).

Il est à noter que certaines compagnies aériennes tel qu'Air France, Qatar Airways ou encore Emirat vont prochainement arrêter l'utilisation des Airbus A380. En effet, les coûts de fonctionnement sont plus élevés que les nouveaux avions présents sur le marché. Faute de rachat par d'autres compagnies, ces A380 ont de forte chance de venir enrichir la liste des avions à démanteler.

Cette arrivée sur le marché du démantèlement des A380 entrainera la création d'une nouvelle problématique en terme de recyclage. L'A380 est composé à environ de 50 % de matériaux (fuselage arrière, empennage, etc.). Et à l'heure actuelle, il n'y a pas encore de solution économiquement et environnementalement viable pour le recyclage des composites.

1.3.2. Réglementation

Le traitement des avions en fin de vie est un sujet de recherche relativement jeune et peu de connaissances sur le processus de fin de vie des avions sont disponibles (RIBEIRO, 2015).

L'état de l'art sur la fin de vie des avions montre qu'il y a un manque de modèles complets et qualitatifs et que la décision contribue à combler cette lacune dans le domaine de la recherche sur le traitement des avions en fin de vie, car elle apporte la transparence sur les conséquences économiques et écologiques potentielles (RIBEIRO, 2015).

Jusqu'à il y a quelques années, les avions en fin de vie étaient abandonnés dans les décharges du monde entier. À partir des années 2000, Airbus et Boeing, les deux plus grands constructeurs d'avions, ont commencé à élaborer d'autres approches sur la façon de traiter les aéronefs à la fin de leur vie. Airbus a lancé le projet PAMELA (Process for Advanced Management of End-of-Life Aircraft), tandis que Boeing a fondé l'association professionnelle AFRA (Aircraft Fleet Recycling Association) avec plusieurs sociétés d'aviation et de sauvetage. De plus, une industrie de démantèlement d'aéronefs a vu le jour (RIBEIRO, 2015).

1.3.2.1. Pamela Life

Le premier avionneur européen Airbus a lancé en 2005 le projet "Process for Advanced Management of End-of-Life of Aircraft" (PAMELA). Le projet a été initié par Airbus, EADS, la société française de recyclage Suez-Sita et le groupe de travail : l'Instrument Financier pour l'Environnement (LIFE). Le programme LIFE est un appel à projets collaboratifs Européens destiné à soutenir la politique environnementale européenne. Le projet a également été soutenu par la Commission européenne. L'objectif principal du projet PAMELA, qui s'est achevé après 32 mois en 2007, était de démontrer lors d'une expérience grandeur nature sur un Airbus A300, que 85% du poids d'un avion peut être recyclé (70%), réutilisé ou valorisé (15%). En plus de ce but premier, un autre objectif était d'établir une nouvelle norme pour une gestion sûre et respectueuse de l'environnement des avions en fin de vie. Pour mener le projet conformément à la législation environnementale locale et aux connaissances techniques actuelles en matière de recyclage, Airbus a dû créer un partenariat complémentaire avec la société de recyclage Suez-Sita (RIBEIRO, 2015).

De plus, dans le cadre du projet, Airbus souhaitait soutenir une approche entièrement intégrée du cycle de vie de la conception et de la fabrication des avions en partageant son expérience avec les équipes de conception et les fournisseurs d'Airbus (RIBEIRO, 2015).

Dans le cadre du projet PAMELA, le consortium a créé une approche en trois étapes du traitement des avions en fin de vie, appelée approche 3D. Cette approche est semblable aux méthodes de démantèlement classique telle que décrit plus tôt. Le procédé a été réalisé sur un Airbus A300 d'un poids initial total de 106 tonnes (RIBEIRO, 2015).

En plus d'un A300, ce projet a également permis d'évaluer les procédures de déconstruction sur un A380 et sur la valorisation de matériaux et de pièces récupérées suivant la directive VHU de 2000 (OREE, n.d.).

1.3.2.2. AFRA

Parallèlement, onze compagnies dont Boeing ont fondé l'Aircraft Fleet Recycling Association (AFRA) en 2006. L'objectif de cette organisation est de déterminer ainsi que de promouvoir les pratiques et technologies les mieux adaptées à la gestion d'avions en fin de vie. L'AFRA propose également un programme de certification pour les entreprises qui souhaitent suivre leurs standards de bonnes pratiques (LATRÉMOUILLE-VIAU, 2019).

Cependant, "il s'agit encore d'un marché de niche" comme le soulignait Monsieur Fraissignes, Président de l'AFRA qui regroupe aujourd'hui 75 entreprises du secteur, principalement américaines et européennes, dont Boeing, Embraer, Safran, Bombardier, General Electric ou encore Rolls Royce (AFRA, 2018).

L'objectif principal de l'AFRA est donc de définir des normes et des codes de bonnes conduites afin de structurer la filière de déconstruction aéronautique. *"Dans chaque pays, la destruction d'avion est assimilée au recyclage des véhicules comme en Europe. Or, il y a des différences de modes opératoires entre le traitement des automobiles quel que soit la marque et un Boeing 747 et des précautions à prendre. C'est comme cela qu'est née l'idée de l'Afra d'échanger les pratiques industrielles sur les codes de bonne conduite pour d'une part démanteler l'avion et ensuite le recycler via une quarantaine de recommandations déjà mises en œuvre par les industriels"* précise Monsieur Fraissignes. Plus largement, le but est aussi de faire accepter ces codes de bonnes conduites comme base réglementaire sur le plan international, en particulier par les organismes de réglementation suivants: l'European Aviation Safety Agency et la Federal Aviation Administration (AFRA, 2018).

L'enjeu d'une telle réglementation est d'empêcher la vente de pièces de seconde main qui pourraient rentrer dans la chaîne d'approvisionnement en n'ayant pas suivi les vérifications appropriées. Monsieur Fraissignes relève d'ailleurs que *"Le premier souci du secteur aérien est de prélever les pièces en toute sécurité dans le respect des recommandations des constructeurs car il y a parfois un marché douteux autour de ces pièces d'occasion"*. Or, une pièce non tracée pourrait perdre jusqu'à 90% de sa valeur. Toujours selon le président de l'AFRA, le second souci du secteur aérien c'est la destruction de l'avion en respectant l'environnement dans des plateformes spécialisées et d'y optimiser la quantité de matériaux récupérés plutôt que de les stocker ou les enfouir. En effet, Monsieur Fraissignes explique que *"Aux Etats-Unis, l'industrie mondiale se prive de ces dizaines de tonnes d'aluminium, de cuivre et de métaux précieux qu'il serait plus intéressant de réutiliser"* (AFRA, 2018).

1.3.3. Echappatoire

L'industrie aéronautique a souvent recourt à la pratique suivante : abandonner leurs avions près des aéroports ou à proximité de zones désertique. Il existe deux risques principaux liés à cette pratique : tout d'abord cela représente un risque potentiel pour l'environnement important dû aux fluides et métaux toxiques des composants de l'appareil comme le plomb, le chrome ou le cadmium. L'autre risque est que cela favorise les déconstructions d'aéronefs non contrôlés. Ce dernier point d'ailleurs encourage la présence sur le marché de pièces détachées issue d'un marché noir. Or, la présence de telle pièces tendrait à augmenter dans les prochaines années étant donnée l'augmentation prévisionnelle de mises en fin de vie, les limites de la capacité de stockage sécurisé d'avions et le manque de réglementation à ce sujet. De plus, la hausse du prix de l'essence est un autre facteur à prendre en compte et qui pourrait exacerber ce phénomène. Cela peut forcer certains propriétaires à se débarrasser de leurs appareils plus tôt que prévu parce qu'ils ne sont plus capables d'assumer leur mise en service.

La particularité des avions, c'est qu'ils doivent être stocké et démantelé principalement dans des zones sèches, d'où le choix de l'abandon dans le désert. La France ne semble pas donc particulièrement propice pour ce type d'activité. C'est pourquoi TARMAC a construit sa plus grande base en Espagne.

1.4. Autres

Cette catégorie prend en compte des gros-porteurs moins étudiés pour leur démantèlement.

1.4.1. Hélicoptères

Peu de données sont disponibles sur les flux d'hélicoptère à démanteler. En principe, un hélicoptère n'arrive jamais réellement en fin de vie effective, sauf en cas d'accident causant des dommages irréparables à l'appareil. Les éléments constitutifs d'un hélicoptère sont renouvelés progressivement, en fonction de leur durée de vie, comptabilisée en heure de vol : moteur, pâles, portes, etc. De ce fait aucune filière de démantèlement, ni de réglementation relatif à la fin de vie existe, du au faible nombres d'hélicoptère en fin de vie et de l'organisation de leur maintenance très spécifique (ADEME, 2006).

1.4.2. Camions, tracteurs routiers et remorques

En 2004, le gisement estimé de tracteurs en fin de vie était de 8 000 à 10 000 véhicules et quasiment le double pour les camions. Mis à part les modalités administratives pour l'exportation des véhicules (arrêté du 22 juillet 2002), il n'y a pas de législation spécifique pour la fin de vie de ce type d'engin (ADEME, 2006).

Les véhicules sont (ADEME, 2006):

- Reconditionnés puis revendus en France ;
- Revendus en l'état en Europe ou en Afrique ;
- Ferraillés.

La part du ferrailage est faible. Elle concerne principalement les véhicule de plus de 20 ans. La revente est la filière majoritaire car la plus viable économiquement. (ADEME, 2006).

1.4.3. Engins de chantier

Peu de données sont disponibles pour évaluer le flux d'engins de chantier en fin de vie. Tout comme pour les camions, tracteurs et remorques, il n'y a pas de réglementation spécifique ni de filière de traitement spécifique (ADEME, 2006).

Lorsque les véhicules sont amortis financièrement, ils sont soit (ADEME, 2006):

- Reconditionnés puis revendus en France ;
- Revendus en l'état en Europe ou en Afrique ;
- Ferraillés.

Le ferrailage étant relativement faible. Depuis peu, certains acteurs du secteur tel que Caterpillar, procèdent à la valorisation de leurs équipements sur leur site de réparation et de reconditionnement. (ADEME, 2006).

1.4.4. Autobus et autocars

En 2004, le gisement estimé était de 2 600 autocars et 100 autobus et près de 12 000 véhicules en stock. Les véhicules stockés correspondent aux véhicules inutilisés ou gardés pour pièces. La directive 2001/85/CE, imposant l'accessibilité des véhicules aux personnes à mobilité réduite, risque d'augmenter le flux de ces véhicules. Il n'y a pas de réglementation relatifs à la fin de vie des autobus et autocar (ADEME, 2006).

Lorsque les véhicules sont amortis financièrement, ils sont soit (ADEME, 2006) :

- Reconditionnés puis revendus en France ;
- Revendus en l'état en Europe ou en Afrique ;
- Gardés pour pièces ;
- Ferraillés.

Le ferrailage n'étant pas actuellement rentable. En effet, ces véhicules sont composés d'une carcasse monobloc, les vitrages sont collés empêchant leur réutilisation et de nombreux matériaux composite sont utilisés. Les coûts liés aux transports et au démantèlement sont plus élevés que le bénéfice de revente de la matière. Cela pousse les propriétaires à stocker, dans l'attente d'un traitement ultérieur (ADEME, 2006).

1.4.5. Equipements militaires

La filière de déconstruction des engins militaires en fin de vie existe également mais reste marginale.

Le marché se décompose en deux catégories (ADEME, 2006) :

- Les engins militaires qui sont démilitarisés au sein de structures militaires. La valorisation matière est faite sous contrôle de l'armée, chez des broyeurs agréés.
- Les engins utilisés par l'armée mais ne disposant pas d'armes ou de technologies classées « secret défense ». Ces matériels sont vendus par les services des domaines.

Conclusion

Cette état de l'art couvre un champ très large d'engins et décrit des situations extrêmement diverses, d'un point de vue réglementaire, technique ou économique. Il permet de voir l'importance des différents gisements tel que l'acier ou l'aluminium et le potentiel du recyclage associé.

Il convient cependant de souligner la faiblesse de la réglementation face à cette nécessité de recycler les gros porteurs, et ce dans le respect de la santé humaine et environnementale.

2. Déroutement du démantèlement

Le recyclage est fastidieux et nécessite une bonne planification, préparation, suivi et contrôle. Pour ce faire, la gestion écologiquement rationnelle doit être suivie, ce qui signifie « Prendre toutes les mesures possibles pour veiller à ce que les déchets dangereux ou d'autres déchets soient gérés de manière à protéger la santé humaine et l'environnement contre les effets défavorables pouvant résulter de ces déchets » (Convention de Bâle, 2003). De cette manière, le recyclage vert vise à protéger l'environnement et les travailleurs de l'effet nuisibles du recyclage (LAI, 2011) (SCHOYEN, 2017).

Le processus de recyclage d'un véhicule comporte trois étapes typiques : le prétraitement, le démantèlement et le traitement des déchets (DELOGU, 2017).

Le démantèlement des gros porteurs en France suit en parti la logique de démantèlement des véhicules hors d'usage, tel que les voitures. La filière de démantèlement des véhicules hors d'usage est très réglementée et normée ce qui permet une mise en œuvre plus simple et efficace.

2.1. Prétraitement

Les engins qui sont recyclés aujourd'hui ont été pour la plupart construits lorsque les réglementations en matière de substances (REACH) produits ou plus largement sanitaires et environnement étaient nettement moins développées et matures. Il y a 20 ou 30 ans, on ne parlait pas encore du tout d'éco-conception et ce concept ne prend que très lentement dans ces secteurs. En conséquence, les gros porteurs lors de leur fin de vie contiennent non seulement divers matériaux recyclables, mais aussi une gamme de substances dangereuses et toxiques, y compris l'amiante, la laine de verre, chiffons imbibés d'huile, sable mazouté, polychlorobiphényles, des hydrocarbures aromatiques polycycliques, et les composés organostanniques tels que le tributylétain etc. (HIREMATH, 2015).

2.1.1. Réemploi

Dans un premier temps, l'engin est inspecté et dans le cadre de cette étape, une liste détaillée des pièces qui pourraient être démontées et réutilisées est préparée. Il est nécessaire d'acquérir des connaissances sur le type d'engin spécifique, comme la structure, les matériaux et la composition des pièces, essentiellement pour les engins ayant une

conception homogène et faiblement modifiée dans le temps (Avions, train). Le marché des pièces de rechange conditionne également fortement le démontage des pièces.

Les pièces réutilisables et démontées sont généralement :

- Les avions : les moteurs, les trains d'atterrissage, l'avionique, les groupes auxiliaires de puissance, les turbines à air comprimé, ainsi que les pièces de l'équipement cabine, etc. ;
- Les trains : Les bogies, les cadres de bogies, les essieux montés, les accouplements, etc. ;
- Les bateaux : les moteurs, les treuils, les générateurs électrique, les chaines, etc.

Il arrive parfois qu'un tronçon entier soit vendu pour des besoins de formations du personnel.

Pour les pièces sélectionnées, la géométrie, la position exacte ainsi que les informations techniques, les matériaux et les connexions aux autres pièces doivent être rassemblés. A partir de ces informations, un plan de désassemblage doit être créé. Lors de la planification de la séquence de démontage, les pièces sélectionnées doivent être triées en familles de démontage et un ordre de démontage des pièces et des groupes de composants doit être déterminé_(RIBEIRO, 2015).

La valeur de ces pièces et leur réutilisation en toute sécurité repose sur leur traçabilité. Ce point sera abordé ultérieurement. D'après Jean-Luc Taupiac, le représentant d'Airbus France « un A 320 vieux de 15 ans est estimé à près de 3 millions d'euros en pièces détachées, ce qui est supérieur à sa valeur résiduelle » (LATRÉMOUILLE-VIAU, 2019).

Le réemploi a un fort impact économique. En effet, la revente de pièce permet d'amortir une partie du coup de dépollution et de déconstruction du véhicule.

« Surcyclage » (plus connu sous le terme anglais d'upcycling) est également une pratique qui de démocratise. Le surcyclage est une pratique qui consiste à donner une seconde vie aux déchets. Comme le disait Lavoisier « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ». Un nez d'avion peut donc se retrouver transformé en chaise ou une vitre de train en table basse. Grâce à ce concept, les objets acquièrent une qualité supérieure au matériau d'origine. Par exemple des particuliers peuvent souhaiter acquérir des pièces aéronautiques ou marines comme objets de décoration.

2.1.2. Déchets dangereux

Les porteurs contiennent non seulement divers matériaux recyclables, mais aussi une gamme de déchets dangereux et toxiques. Ces déchets dangereux contiennent des substances dangereuses ou toxiques ayant des risques pour la santé humaine et l'environnement. Pour que ces déchets soient considérés comme dangereux, ils doivent présenter une ou plusieurs des quinze propriétés de danger (ADEME, 2018).

Les déchets sont classés dangereux s'ils présentent une ou plusieurs des 15 propriétés de danger énumérées à l'annexe I de l'article R. 541-8 du code de l'environnement (CODE DE L'ENVIRONNEMENT, 2016)

Les propriétés qui rendent les déchets dangereux et leur code :

- H1 Explosif ;
- H2 Comburant ;
- H3-A Facilement inflammable ;
- H3-B Inflammable ;
- H4 Irritant ;
- H5 Nocif ;
- H6 Toxique ;
- H7 Cancérogène ;
- H8 Corrosif ;
- H9 Infectieux ;
- H10 Toxique pour la reproduction ;
- H11 Mutagène ;
- H12 Substances et préparations qui, au contact de l'eau, de l'air ou d'un acide, dégagent un gaz toxique ou très toxique ;
- H13 Sensibilisant ;
- H14 Écotoxique ;
- H15 Substances et préparations susceptibles, après élimination, de donner naissance, par quelque moyen que ce soit, à une autre substance.

Comme précédemment vu, en Europe et dans les États membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques, les matériaux qui contiennent des substances dangereuses et toxiques sont soumis à la surveillance, et leur élimination est strictement réglementée. La plupart de ces substances à bord des engins sont définis comme dangereux et toxiques en vertu de la Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination (SCHOYEN, 2017).

Le prétraitement est donc principalement déterminé par des raisons de sécurité et de préservation de l'environnement. Dans cette étape, les réservoirs, les systèmes et les tuyauteries sont vidangés. Par exemple, les eaux usées sanitaires sont évacuées. De plus,

tous les fluides de fonctionnement tels que le carburant, l'huile et les fluides hydrauliques sont enlevés. Certains fluides d'exploitation peuvent être revendus directement et générer des avantages, par exemple du carburant (DELOGU, 2016).

Outre les déchets dangereux liquides, d'autres matières dangereuses sont également évacuées, par exemple : batteries et blocs de batteries, bouteilles extincteurs, masques à oxygène chimique, néons, détecteurs de fumées, engins pyrotechniques, etc. (SABAGHI, 2016).

Ces déchets dangereux doivent être stockés dans des conteneurs appropriés et éliminés dans des canaux de récupération spécifiques conformément à la réglementation en vigueur.

Lors du démantèlement naval, cette étape se réalise au port dès la prise en charge du navire, avant de rejoindre le chantier de démantèlement. Comme précédemment vu, cette toilette de mer est une étape obligatoire.

L'amiante a également une grande part parmi les déchets dangereux. Avant son interdiction en 1997, l'amiante était utilisé largement pour sa résistance à la chaleur et aux produits chimiques, ainsi que pour ses propriétés d'isolant thermique.

L'amiante est présente dans les cloisons, les joints, les revêtements de sol ou encore les peintures (Insonastic). Le désamiantage est l'étape du démantèlement la plus fastidieuse et la plus coûteuse. C'est aussi une étape particulièrement réglementée. En effet, au terme du désamiantage le niveau d'empoussièrement dans l'environnement maximum doit être de 5 fibres par litre. L'étape de démantèlement avec risque contact avec amiante avec de l'amiante est également nommée « curage rouge ».

Le désamiantage est effectué dans des lieux rendus complètement clos et hermétiques, par sablage et grenailage mais également manuellement par les désamianteurs.

A l'issue du désamiantage, une inspection visuelle, en plus des mesures de niveau d'empoussièrement, est réalisée par un organisme indépendant pour statuer sur la conformité des opérations.

Suite au retrait des déchets dangereux et au retrait des pièces pour le réemploi, l'engin peut être démantelé.

2.2. Démantèlement

Le démantèlement consiste à réduire l'engin en différents bris, de qualité différentes.



Figure 5 : Broyage des métaux chez Baudalet Environnement (BAUDELET ENVIRONNEMENT. n.d.).

Deux modèles économiques sont possibles (DRIRE DU CENTRE, 2008) :

- Une démolition classique puis le cisailage. La déconstruction est abordée globalement de la même manière entre chaque type de véhicule. Suite à la dépollution et la récupération de pièces de réemploi ainsi que certaines pièces non ferreuses, le véhicule est cisailé.
- Une démolition fine. Cette démolition fine consiste à démonter chaque pièce du véhicule, jusqu'à l'obtention d'une carcasse blanche. Ce modèle demande une connaissance approfondie de chaque type d'engin. Chaque type de véhicule est de ce fait traité spécifiquement, avec des experts du secteur concerné (aéronautique, ferroviaire, naval...). Ce modèle permet de séparer les constituants d'un véhicule afin de les envoyer dans une filière de valorisation propre. Cette approche demande une main d'œuvre importante. Elle trouve sa rentabilité dans la valorisation fine et le réemploi des pièces.

Des compromis peuvent être réalisés, en extrayant les matières les plus rentables avant d'envoyer la carcasse au broyage.

La démolition est réalisée principalement par des pelles hydrauliques à cisailles tel que sur la figure 5 ci-dessous.



Figure 6 : Exemple de pelle hydrauliques équipé d'une cisaille en bout de flèche (DRIRE DU CENTRE. 2008)



Figure 7 : Oxycoupage (RAVALLEC. 2017)

Mis à part ce moyen mécanique, des travailleurs peuvent utiliser la technique de l'oxycoupage. L'oxycoupage est une méthode de découpage des métaux à l'aide d'un jet d'oxygène propane, visible sur la figure 6 ci-dessus. Ce procédé permet de couper des pièces peu accessibles ou trop épaisses pour être coupées mécaniquement.

Après le déchiquetage, les morceaux sont triés en deux fractions de matériau différentes en utilisant des propriétés magnétiques et des séparateurs à courants de Foucault. (DELOGU, 2017). Ces fractions matérielles sont:

- Fraction lourde de déchiquetage, comprenant des matériaux ferreux purs (à savoir l'acier, le fer et ses alliages) et des matériaux non ferromagnétiques (à savoir l'aluminium, le cuivre, le laiton) ;
- Un mélange de différents matériaux et substances tels que plastiques, fibres, verre, élastomères et résidus.

Plus la quantité de matériaux traités lors de la phase de démantèlement est importante, plus le processus de recyclage est efficace et plus le taux de recyclage est élevé. D'autre part, le temps utilisé pour le démontage représente un facteur clé pour l'ensemble de l'opération. Par conséquent, il faut trouver un équilibre entre l'efficacité du recyclage et le temps passé. (DELOGU, 2017).

Le déchiquetage et le tri des différentes qualités ne sont pas toujours réalisés sur le site du démantèlement. Ces matières peuvent être revendues en état ou être envoyées en centre de traitement pour être broyées et affinées selon les types de métaux et leur qualité.

2.3. Traitement des différentes fractions

Suite aux démantèlements, trois fractions différentes sont obtenues : la fraction métallique, les déchets dangereux et la fraction non-métallique.

2.3.1. Fractions métalliques

La plus grande partie des engins présentés ci-dessus sont composés essentiellement de matériaux métalliques. Ce volume varie en fonction de l'engin et du type. Par exemple, il est de 60% à 70% pour les vraquiers ou encore de 70 à 80% pour un train (OCAMPO, 2019).

Ces déchets de métaux ferreux et non-ferreux sont le plus souvent massifiés avant d'être revendus à des négociants ou directement à des affineries ou à des fonderies.

2.3.2. Déchets Dangereux

Les déchets dangereux doivent être traités dans des filières spécifiques. Un certain nombre de flux de déchets dangereux sont régis par des règlements spécifiques concernant leur collecte et leur traitement. La filière dépendra donc fortement du type de déchet (FNADE, 2015).

Les diverses obligations concernant le détenteur du déchet dangereux sont décrites ultérieurement (FNADE, 2015).

Concernant plus particulièrement l'amiante, les déchets se scindent en deux grandes classes quant à la gestion de leur élimination (INRS, 2019) :

- Les déchets de matériaux de construction contenant de l'amiante, y compris les terres naturellement amiantifères et les agrégats d'enrobés bitumineux amiantés peuvent être stockés dans des installations de stockage de déchets non dangereux ;
- Les autres déchets d'amiante, également les déchets annexes de chantiers contaminés (EPI, films de protection) doivent être éliminés dans des installations de stockage des déchets dangereux ou bien vitrifiés.

Aucun déchet amianté n'est admis dans les installations de stockage de déchets inertes.

Tous les déchets contenant de l'amiante ont des conditions d'emballage et de transport très strictes. Ces déchets doivent être emballés dans un double emballage entièrement étanche, étiqueté « amiante ». Leur acheminement doit se faire en respectant les règles précises relatives au transport de matières dangereuses. Lorsque les déchets d'amiante sont éliminés en installations de stockage des déchets dangereux, ils doivent de plus comporter un scellé (INRS, 2019) ;

2.3.3. Déchets non métalliques

Ces déchets non métalliques sont le plus souvent associés aux déchets industriels banaux car ces déchets sont non inertes et non dangereux. Cette catégorie prend en compte le papiers-cartons, le verre, le textile, le bois, le plastique, etc. n'ayant pas eu de contact avec des déchets dangereux. Dans le processus de démantèlement, le taux de papier-carton est très faible par rapport aux autres déchets. Ce déchet ne sera donc pas développé dans ce paragraphe.

2.3.3.1. Bois

Dans le recyclage du bois, on distingue classiquement trois familles (PAPREC, N.D.) :

- Les bois de classe A sont des bois non peints et non traités, tel que : des palettes en bois, des cagettes, des panneaux de bois non mélaminés, etc. Le bois A, une fois contrôlé, trié, broyé, affiné et transformé en plaquettes, est utilisé comme combustible dans l'industrie pour le chauffage domestique ou urbain. Le bois se substitue aux énergies fossiles et contribue à la lutte contre le réchauffement climatique.
- Les bois de classe B sont des bois faiblement traités. Ils réunissent les panneaux, les bois d'ameublement, les bois issus de la démolition exempt de gravats, etc. Le bois B, une fois contrôlé est trié, broyé et affiné ; le broyat de bois est valorisé comme matière première pour la fabrication de panneaux de particules, notamment utilisés pour l'ameublement et la construction.
- Le bois de classe C ou bois « liste rouge » est considéré comme un déchets dangereux. Il comporte les traverses de chemin de fer, les poteaux télécoms, le bois créosoté, etc.

2.3.3.2. Plastiques

Le traitement des déchets de plastique dépend fortement du type de plastique. Par exemple, les polyoléfines tel que le polyéthylène et le polypropylène sont des plastiques recyclables. La particularité des plastiques, c'est qu'au sein d'une même famille, les plastiques ne sont pas forcément tous recyclables, par exemple les polyvinyliques (ADEME, 2018).

Le plastique peut donc être recyclé, transformé en combustible solide de récupération ou encore envoyé en installations de stockage des déchets non dangereux.

Les combustibles solides de récupération sont des combustibles solides préparés à partir de déchets non dangereux. Ils sont employés pour la valorisation énergétique au sein

d'usine d'incinération ou de co-incinération, et cela conformément aux exigences de la norme Française EN-15359 de décembre 2011 (ADEME, 2018).

Cette norme classe les combustibles solides de récupération selon :

- Un critère économique (Pouvoir calorifique inférieur) ;
- Un critère technique (la teneur en chlore) ;
- Un critère environnemental (la teneur en mercure).

2.3.3.3. Verre

Le verre est recyclable à 100% par les filières spécifiques. Cependant, en raison des alliages (résistance du vitrage, filtres, etc.) et à la difficulté de séparer les matières, les déchets de verres sont le plus souvent mélangé aux déchets industriels banaux et envoyé en centre de traitement ou en installations de stockage des déchets non dangereux.

2.3.3.4. Rembourrages et textiles

Le rembourrage des sièges en mousse et les textiles les entourant (tissus et cuir) sont valorisable en combustible solide de récupération.

2.3.3.5. Composite

A l'heure actuelle, les composites n'ont pas de filière de recyclage efficace et rentable. Petit à petit les composites prennent le pas sur l'aluminium et autres métaux constituant les gros porteurs. A l'avenir, ils risquent de poser un réel problème pour leur déconstruction, d'où la nécessité de créer le plus en amont possible une filière de recyclage du composite.

Conclusion

La raréfaction et l'augmentation des prix des matières premières ont un rôle important sur la filière du démantèlement. Les mines de matières première primaires n'étant pas inépuisables, il va devenir indispensable de pouvoir recycler les matières des produits déjà en circulation. Actuellement, 50% de la consommation mondiale de fer est d'origine recyclée. Cette proportion paraît discutable pour faire face à l'évolution de la demande. La création d'une filière de démantèlement forte et capable de recycler les matériaux en grande partie permettra de pallier au manque de matières premières et aux besoins domestiques des industriels. Cette filière permettra également de réduire la dépendance envers les pays qui disposent des ressources. (DRIRE DU CENTRE, 2008).

3. Enjeux de la Qualité, l'Hygiène, la Sécurité et l'Environnement lors du démantèlement des gros porteurs

Le recyclage des engins en fin de vie a été identifié comme une activité économique pour la protection de l'environnement. Cependant, la nature des opérations réalisées dans les installations de recyclage a soulevé des préoccupations relatives à la qualité, sécurité, hygiènes et environnement au travail en France. La raison est double :

- Tout d'abord, en plus des matériaux économiquement réutilisables tels que l'acier, les véhicules contiennent également des matières dangereuses comme des métaux lourds, de l'amiante, de la laine de verre, des plates-formes huileuses et des sables huileux, des biphényles polychlorés, les hydrocarbures aromatiques polycycliques et organostanniques comme tributylétain, etc. Il y a 2 origines pour les matériaux dangereux : lors de la conception de l'engin et lors de son usage. Cela crée un risque chimique réel pour les salariés exposés ainsi que pour l'environnement. Cela pose également des difficultés pour trouver des exutoires lorsqu'il y a plusieurs types de matières dangereuses mélangés dans un déchet.
- La deuxième raison est, en raison de la complexité structurelle et/ou de la complexité des opérations, de nombreux risques physiques pour les travailleurs ont lieu au cours de l'activité de recyclage, des blessures graves et même des accidents mortels sont possibles (HIREMATH, 2016).

3.1. Sécurité et Hygiène

La sécurité et l'hygiène veillent à la conformité réglementaire dans leur domaine et mettent tout en place pour réduire voire supprimer les accidents et les maladies professionnelles. Elles prennent en compte l'ensemble des aspects d'une entreprise : le site, le matériel et l'humain.

3.1.1. Sites

Le terme « site » dans l'optique sécurité et hygiène prend en compte l'aspect sureté du site mais aussi l'importance de la mise en place et du management de la sécurité et de l'hygiène pour la pérennisation de l'entreprise.

3.1.1.1. Intrusions

Les installations industrielles peuvent être prises pour cible. Lorsque l'on analyse les motivations pour commettre des actes de malveillance, on retrouve principalement du :

- Vol d'objet ou de matière (métaux précieux, matériel électrique, ...),
- Mécontentement (voisinage, riverain, ...),
- Dépôt illégal d'objets dangereux ou encombrants (obus, produit chimique, ...).

Au-delà de la malveillance, l'intrusion sur les sites entraîne des risques pour les intrus ou pour le site en lui-même : dégradation de matériels et des installations. C'est d'autant plus important lorsqu'il s'agit de matériel militaire ou de matériel de valeur utilisé en réemploi.

Pour prévenir des actes de malveillance, un certain nombre de mesures préventives peuvent être prises pour limiter les actes de malveillance, comme : consolider les clôtures, durcir les procédures de contrôle d'accès au site, installer ou fortifier la vidéo-surveillance et le gardiennage du site, sécuriser les équipements sensibles, Etc.

3.1.1.2. Certifications sécurité

Des entreprises ou organisations de tous types sont de plus en plus concernées par l'obtention de preuves de bons résultats en matière de santé et de sécurité au travail. Ce phénomène s'explique principalement par un environnement législatif toujours plus strict, une l'évolution des politiques économiques ainsi que par les diverses mesures favorisant les bonnes pratiques de santé et de sécurité au travail (Lhomme, 2008).

3.1.1.2.1. Certification OHSAS 18 001

L'OHSAS signifie Occupational Health and Safety Assessment Series. C'est un modèle de système de gestion de la santé et de la sécurité au travail (OHSAS, n.d.).

L'OHSAS a pour objectif de fournir aux entreprises un support d'évaluation et de certification de leur système de gestion de la santé et de la sécurité au travail. Ce système est compatible avec les normes internationales de systèmes de gestion tel que l'International Organization for Standardization (ISO) 9 001 ou l'ISO 14 001 mais il n'établit pas d'exigence en matière de niveau des performances (OHSAS, n.d.).

L'OHSAS est basé sur 5 axes (OHSAS, n.d.) :

- Une politique santé & sécurité qui s'engage à tous les niveaux de l'organisation ;
- Une planification basée en partie sur l'identification des dangers ;
- La mise en œuvre d'opérations sur tous les éléments de l'organisation ;
- La vérification et les actions correctives pour un traitement et un contrôle systématique ;
- La revue de direction.

3.1.1.2.2. Certification MASE

Le MASE ou Manuel d'Amélioration de la Sécurité des Entreprises est un référentiel. Il permet de mettre en place un système de management rédigé dans une démarche d'amélioration continue des performances Sécurité, Santé et Environnement des entreprises (MASE FRANCE. n.d.).

Le MASE s'appuie sur cinq grands axes (MASE FRANCE. n.d.) :

- L'engagement de la direction ;
- La compétence et la qualification professionnelle du personnel ;
- L'organisation du travail ;
- L'efficacité du système de management ;
- L'amélioration continue.

Le MASE est un système qui mesure son efficacité. Tous les 6 mois, l'entreprise doit fournir une série d'indicateur. Ces chiffres sont comparés et vérifiés lors de l'audit (MASE FRANCE. n.d.).

Les différences entre le MASE et l'OHSAS sont :

- Le MASE n'a pas encore de valeur internationale mais il est très axé sur le terrain ;
- L'OHSAS moins axé sur l'opérationnel mais il est plus facilement intégrable avec les normes 14001 et 9001.

3.1.2. Matériels

Le matériel concerne l'ensemble des engins de chantier (pelles, chariot élévateur, etc.), des machines-outils (ponceuses, meuleuses, etc.) et des appareils d'appoint (aspirateurs, projecteur de chantier, etc.). Pour prétendre aux critères sécurité et hygiène, chaque

matériel doit être homologué lors de sa création mais également vérifié tout au long de son utilisation.

3.1.2.1. Documentations du matériel

Toutes les machines utilisées en industrie doivent être accompagnée par une notice d'instruction et d'un certificat européen de conformité. Ces documents doivent être accessibles par tous les utilisateurs de ces machines. (COUILLET, 2018).

3.1.2.1.1. Marquages de conformité européenne

Les États membres doivent prendre toutes les mesures utiles pour que les machines ne puissent être mises sur le marché que si elles ne compromettent pas la sécurité et la santé des personnes (COUILLET, 2018). La Directive Machine 2006/42/CE indique : « *La machine doit être conçue et construite pour être apte à assurer sa fonction et pour qu'on puisse la faire fonctionner, la régler et l'entretenir sans exposer quiconque à un risque lorsque ces opérations sont effectuées dans les conditions prévues par le fabricant, mais en tenant compte également de tout mauvais usage raisonnablement prévisible. Les mesures prises doivent avoir pour objectif de supprimer tout risque durant la durée d'existence prévisible de la machine, y compris les phases de transport, de montage, de démontage, de mise hors service et de mise au rebut.* » (JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPÉENNE, 2006).

Ces exigences essentielles ont pour but de permettre la libre circulation des équipements sur le territoire de l'Union européenne et de garantir un haut niveau de sécurité. Le marquage de conformité européenne apposé sur les machines implique, de la part du responsable de la mise sur le marché, le respect des exigences essentielles et des procédures définies dans la directive « Machines » et des autres directives qui concernent son équipement (COUILLET, 2018).

3.1.2.1.2. Notices d'utilisation

Selon l'article Article L211-20 du Code de la Consommation (code de la consommation, 2008), chaque machine doit être accompagnée d'une notice d'utilisation. Cette notice donne à l'utilisateur final toute les instructions permettant un emploi de la machine en toute sécurité. La notice contient également des instructions d'apprentissage, les caractéristiques des outils pouvant être montés sur la machine, et met en avant les contre-indications d'emploi (COUILLET, 2018).

Les notices d'utilisation doivent être traduites dans la langue officielle de l'état dans lequel la machine est mise sur le marché ou en service.

3.1.2.1.3. Fiches d'instruction entreprise

Afin de créer un rappel des règles d'utilisation et d'avoir une vision rapide des risques encourus lors de leur utilisation, il est conseillé de créer des fiches d'instruction à mettre sur les postes de travail ou à proximité.

Ces fiches permettent d'avoir les consignes de fonctionnement et de maintenance des machines-outils avant, pendant et après leur utilisation.

3.1.2.2. Vérification générale périodiques

Depuis 2004, la vérification générale périodique est obligatoire pour les engins de levage et accessoires. Son objectif est de repérer toutes les détériorations pouvant créer des dangers. Les défauts constatés doivent être corrigés, conformément à l'obligation de sécurité du personnel et à l'obligation de maintien en état de conformité des engins. L'inspection du travail est en charge du respect de cette réglementation (CONSEIL SÉCURITÉ FORMATION, 2015).

Les vérifications générales périodiques s'appuient sur l'Arrêté du 1^{er} mars 2004 relatif aux *vérifications des appareils et accessoires de levage* et les articles : L.620-6, L. 4321-1, R. 233-11, R. 4224-17 du code du travail (CODE DU TRAVAIL, 2008) (INRS, 2018).

L'article L. 4321-1 du Code du travail met en avant que « *les équipements de travail et les moyens de protection mis en service ou utilisés dans les établissements doivent être équipés, installés, utilisés, réglés et maintenus de manière à préserver la sécurité et la santé des travailleurs* » (CODE DU TRAVAIL, 2008) (INRS, 2018).

Concernant plus spécifiquement les lieux de travail, l'article R. 4224-17 du Code du travail dispose que « *Les installations et dispositifs techniques et de sécurité des lieux de travail sont entretenus et vérifiés suivant une périodicité appropriée. Toute défectuosité susceptible d'affecter la santé et la sécurité des travailleurs est éliminée le plus rapidement possible. La périodicité des contrôles et les interventions sont consignées dans un dossier qui est, le cas échéant, annexé au dossier de maintenance des lieux de travail prévu à l'article R. 4211-3.* » (CODE DU TRAVAIL, 2008) (INRS, 2018).

Les vérifications et les contrôles périodiques s'assurent également du maintien en conformité des installations et des équipements mais permettent également d'intervenir en

cas d'anomalie. L'expérimentation est essentielle pour vérifier l'état du matériel (INRS, 2018).

3.1.3. Humains

Cette partie met en avant les risques pour les salariés lors du démantèlement des gros porteurs. Malgré la mise en place d'un management de la sécurité et de l'hygiène, des risques inhérents aux activités subsistent.

3.1.3.1. Coactivité

La coactivité fait intervenir sur la même zone des collaborateurs de l'entreprise mais aussi des collaborateurs d'entreprises extérieures. La présence de diverses personnes réalisant des tâches multiples entraîne de nombreux risques.

3.1.3.1.1. Entreprises extérieures

De nombreuses entreprises, dites entreprises utilisatrices font appel à des entreprises extérieures pour réaliser leurs travaux. Les salariés de l'entreprise extérieure sont de ce fait amenés à travailler sur des sites qu'ils ne connaissent pas et en coactivité avec les activités de l'entreprise utilisatrice qui leur sont inconnus. Cette pluralité d'acteurs ainsi que le manque de connaissance sur les différentes situations de travail pourraient augmenter les risques déjà présents ainsi que d'en créer d'autres (INRS, 2018).

Par exemple, cette coactivité entre les entreprises utilisatrices et les entreprises extérieures est présente lors du désamiantage sous-traité des engins, lors des vérifications générales périodiques ou encore lors des opérations de chargement et déchargement des camions.

Chaque intervention d'une entreprise extérieure est encadrée par les articles R 4511-1 et suivants du Code du Travail. Ces articles fixent également les obligations de chaque employeur qui ont été précisées par la circulaire DRT 93-14 du 18 Mars 1993. Le but de cette réglementation est de limiter les risques dus à l'intervention des entreprises extérieures en améliorant leur prévention (INRS, 2018).

La coordination globale des mesures de prévention est assurée par un responsable de l'entreprise utilisatrice avec les entreprises extérieures qui doivent intervenir (art. R4511-5 du Code du travail). Comme c'est le chef d'entreprise utilisatrice qui a les meilleures connaissances des lieux de travail, ce rôle crucial implique :

- Une présence physique de ladite entreprise lors de chaque activité de coordination, chose qui ne peut donc pas être réalisée par les entreprises extérieures ou leur potentiels sous-traitants seuls ;
- Certaines obligations spécifiques en termes de coordination en amont des travaux et pendant leur exécution.

Cependant, ce n'est pas parce que l'entreprise utilisatrice occupe un rôle crucial que les entreprises extérieures sont déchargées de leurs propres obligations concernant la santé et la sécurité au travail. C'est pourquoi toutes les entreprises sont responsables des mesures de prévention indispensables pour assurer la protection de leurs employés (art. R 4511-6 du Code du Travail). De plus il est établi que l'entreprise extérieure est responsable si ses travailleurs ne sont pas correctement formés (Cass. Crim., 20 Septembre 1994, pourvoi n°94-80017) (INRS, 2018).

Avant la création d'un plan de prévention, qui liste les risques présents lors de cette coactivité, une inspection commune doit être réalisée. Cette inspection commune concerne : les lieux de travail, les installations ainsi que le matériel mis potentiellement à disposition.

Pendant cette inspection commune préalable, les différents employeurs étudient les différents risques qui peuvent résulter d'interférence entre les diverses activités, des installations ou bien du matériel. Cette étude de risque s'appuie sur le document unique de l'entreprise utilisatrice. Ainsi, chaque employeur devra mettre en place un plan définissant les mesures de prévention qui devront être mises en œuvre par son entreprise contre les risques préalablement identifiés. Qui plus est, toutes ces nouvelles mesures devront être cohérentes les unes par rapport aux autres pour ne pas créer de nouveaux risques. Elles sont formalisées dans un document nommé plan de prévention. (INRS, 2018).

Ce plan doit être fait à l'écrit dès lors que :

- La mission des entreprises extérieures et de leurs sous-traitants éventuels totalise un nombre d'heure prévisionnel au moins égal à 400 heures sur une période de douze mois maximum, même si les travaux sont discontinus. Cette règle s'applique aussi s'il s'avère que le nombre d'heures de travaux va atteindre les 400 heures pendant leur exécution.

- Les travaux à réaliser font partie d'une liste des travaux dangereux fixée par l'arrêté du 19 mars 1993. Ces travaux en question sont par exemple ceux exposant à des rayonnements ionisants, à des agents biologiques pathogènes, à des risques de noyade ou à un risque d'ensevelissement.

De plus, il existe des adaptations aux règles concernant les opérations de chargement et de déchargement des entreprises extérieures, ce qui permet de prendre en considération les spécificités de ces activités. Dans ce cas, il n'est plus question de plan de prévention mais de protocole de sécurité.

Les missions de chargement ou de déchargement pris en charge par une entreprise extérieure de transporteur de marchandise sur un site extérieur à l'entreprise utilisatrice sont régies par des règles simplifiées. Le protocole de sécurité en question contient les informations essentielles à l'analyse des risques générés par l'opération et les mesures de sécurité et de prévention à appliquer pour chaque phase de réalisation de cette opération.

Il est obligatoire que ce protocole soit créé au préalable à la mise en œuvre de l'opération par les différentes entreprises concernées via un échange d'information. De ce fait, l'échange d'information n'exige pas l'organisation d'une visite commune impliquant la présence simultanée des différents chefs d'entreprises pour les opérations de chargement et de déchargement.

Un protocole de sécurité est instauré pour toutes les opérations de chargement ou de déchargement à l'exception des opérations répétitives réalisées par une même entreprise (INRS, 2018).

3.1.3.1.2. Utilisations d'engins de chantier

La conduite d'un engin de chantier autoporté tel que des pelles hydrauliques ou une chargeuse sur pneu présente de nombreux risques, tels que (INRS 2019) :

- L'écrasement du conducteur lors du renversement de l'engin, en lien avec la typologie du terrain. Par exemple : conduite sur un terrain en pente ;
- L'écrasement d'un piéton par un engin en mouvement suite à un manque de visibilité du chauffeur. Par exemple : présence d'un piéton dans la zone d'évolution de l'engin suite à l'absence de zone piéton définie ;
- L'écrasement d'un piéton lors d'opérations de guidage de la charge, suite à un mode opératoire dangereux. Par exemple : guidage de l'engin dans lieu encombré (présence de benne, d'engins, etc.).

Avant toute utilisation d'un engin de chantier et cela d'après l'article R.4323-55 du Code du travail, il est obligatoire d'avoir une formation pour la conduite des équipements de travail mobile automoteur et des équipements de travail servant au levage (CODE DU TRAVAIL, 2008). En outre, le passage et l'obtention d'une formation, pour certains équipements ayant des risques particuliers, le salarié doit obtenir une autorisation d'utilisation de son employeur (INRS, 2011).

De plus, lors de la coactivité avec des piétons, l'article R.4323-52 du Code du travail mentionne : « Des mesures d'organisation sont prises pour éviter que des travailleurs à pied ne se trouvent dans la zone d'évolution des équipements de travail mobiles. Lorsque la présence de travailleurs à pied est néanmoins requise pour la bonne exécution des travaux, des mesures sont prises pour éviter qu'ils ne soient blessés par ces équipements » (CODE DU TRAVAIL. 2008). Les mesures prises peuvent être de différente nature, tels que : le port de vêtement haute visibilité par les salariés ou la présence de zone piéton matérialisée.

3.1.3.2. Environnement de travail

L'environnement de travail sous-entend le lieu où le salarié travaille. Le salarié peut être confronté au travail en hauteur, à la présence d'espaces confinés ou encore à la présence d'eau.

3.1.3.2.1. Travaux en hauteur

Les chutes de hauteur constituent la deuxième cause d'accidents mortels au travail, après les accidents de trajet.

Une chute de hauteur est la résultante du déséquilibre d'une personne travaillant au-dessus du sol. Cette chute entraîne un impact violent du corps avec le sol. Les lésions éventuelles d'une chute de hauteur sont les entorses, les coups, les fractures, la mort (INRS, 2017).

De multiples risques de chute de hauteur sont recensés dans le démantèlement des gros porteurs, tels que : les montées et les descentes d'engin de chantier, l'utilisation d'échelles, l'accès aux parties supérieures d'un navire, l'utilisation de passerelles pour atteindre le fuselage d'un avion, etc.

Pour pallier à ces situations dangereuses, des moyens de préventions sont à mettre en place tels que : les protections collectives (garde-corps provisoires, plates-formes élévatrices mobiles de personnel, échafaudages), les autorisations de conduite d'engin

valides, l'utilisation de passerelles munies de garde-corps et stabilisées au sol, des équipements adaptés aux interventions, etc. (INRS, 2017).

La prévention des chutes de hauteur est régie par les articles R4323-58 à R4323-90 du code du travail, relatifs aux travaux temporaires en hauteur (CODE DU TRAVAIL, 2008).

3.1.3.2.2. Espaces confinés

Les espaces confinés sont des espaces clos non destinés à être occupés de façon permanente par des personnes. Cette problématique peut être rencontrée lors du démantèlement de cuves ou de galeries longues et étroites dans des navires.

Les espaces confinés présentent un danger car ils contiennent une atmosphère difficilement renouvelable. De ce fait, lorsqu'une activité ou un processus consomme de l'oxygène ou engendre des substances toxiques dans ce type d'espace, les risques liés à la présence de ces substances ou à la diminution de la concentration d'oxygène s'amplifie fortement. De plus dans des espaces clos, la personne exposée a en général des difficultés à quitter rapidement les lieux ou à être évacuée. Ces espaces sont généralement difficiles d'accès, rendant ainsi les déplacements complexes (topologie, insuffisance d'éclairage, glissance des sols, encombrement...) (INRS, 2015).

Les principaux risques majeurs lors des interventions en espaces confinés sont :

- Risque d'anoxie dû à une teneur trop faible en oxygène ;
- Risque d'intoxication résultant de l'inhalation ou de l'ingestion (par déglutition, par exemple) d'une ou plusieurs substances toxiques ;
- Risque d'incendie et d'explosion.

Le travail dans des endroits clos entraîne également une charge mentale importante, suite à l'absence de lumière, à la petitesse des lieux et à leur condition d'accès. Cette charge mentale peut entraîner des troubles anxieux, des troubles du sommeil, des troubles de l'humeur.

Les interventions en espace confiné doivent se planifier. Le matériel doit être disponible et en bon état, des procédures adaptées au type de travail à effectuer et aux contraintes doivent être réalisées et les intervenants doivent être formés et compétents. La formation en espace confiné reprend les bases de la sécurité, puis une partie renforcée, spécifique aux risques rencontrés. La formation en espace confiné permet d'acquérir les connaissances essentielles aux salariés qui sont amenés à intervenir (INRS, 2015).

L'analyse des risques de chaque intervention permet de prendre des précautions particulières et d'informer le personnel des dangers liés à l'activité. Par exemple, pour éviter les risques d'anoxie ou d'intoxication, les salariés doivent porter un détecteur quatre gaz.

3.1.3.2.3. Proximités de l'eau

Le travail à proximité de l'eau, tel que pour le démantèlement des navires, expose les salariés à un risque majeur de noyade. Les situations à risque sont nombreuses, comme lors de la circulation en bordure du quai, l'utilisation d'échelles, l'accès aux parties supérieures du pont, le déplacement de la barge à la corde, la fixation du câble au bateau, etc. (OFFICIEL PREVENTION, 2016).

Cette proximité avec l'eau nécessite une analyse des risques et une organisation de prévention et de sauvetage. Afin de prévenir les noyades il est impératif de mettre en place des mesures techniques pour éviter les chutes dans l'eau (barrières ou de bordure en bord de quai, utilisation de barge, ...), puis par des équipements individuels de flottaison (gilet de sauvetage), la disponibilité d'équipements de sauvetage (échelles, bouées, ...), l'interdiction du travail isolé et la formation au sauvetage et aux premiers secours (OFFICIEL PREVENTION, 2016).

3.1.3.3. Utilisation de machines

L'utilisation de machines très diverses, tels qu'une pelle hydraulique ou une scie circulaire entraîne des risques spécifiques comme le risque électrique, risque de troubles auditifs, ou encore les départs de feu.

3.1.3.3.1. Utilisation de machines électriques

Lors de l'utilisation d'appareil manuel de chantier tel que les perceuses, les meuleuses ou les scies sauteuses, etc., il y a la présence de risques électriques. Ces risques électriques peuvent subvenir lors d'un contact direct ou indirect avec une pièce nue sous tension.

Un contact direct est un contact avec une pièce nue sous tension. C'est par exemple, le contact d'une partie du corps nu avec une zone conductrice (gaine de câble électrique dénudé, etc.).

Un contact indirect est défini par un contact avec un objet conducteur accidentellement mit sous tension. (INRS, 2014). Lors du meulage d'un engin, c'est par exemple, la meuleuse qui entre en contact avec des câbles électriques sous tension.

Les lésions éventuelles engendrées pour les salariés vont de la brûlure à l'électrocution, parfois même jusqu'à l'électrisation et donc la mort. Les conséquences varient selon les paramètres liés : L'humidité, la nature des contacts, l'état de santé de l'opérateur, l'intensité du courant qui traverse l'organisme et la différence de potentiel (Prévention BTP, n.d.).

Décret n° 2010-1018 du 30 août 2010 *portant diverses dispositions relatives à la prévention des risques électriques dans les lieux de travail* expose les diverses obligations des employeurs pour la prévention du risque électrique (Journal officielle de la république française, 2010).

Ces diverses obligations sont :

- L'habilitation électrique des employés pour réaliser des opérations sur ou à proximité d'une installation électrique.
- L'habilitation du salarié par son employeur. En effet, après avoir été formé par un organisme agréé, l'employé doit être habilité par son employeur dans le respect de l'article R.4544-9 à R.4544-11 du Code du travail et des règles techniques de la norme française NFC 18-510 de janvier 2012 « Opération sur les ouvrages et installations électriques et dans un environnement électrique. – Prévention du risque électrique ». (CODE DU TRAVAIL, 2016).
- La vérification du matériel par un organisme accrédité (voir vérification générale périodique).

Des procédures doivent être créées pour renforcer la prévention du risque électrique. Elles consistent à la fois à assurer la sécurité du matériel électrique et à assurer le respect de toutes les règles de sécurité pendant leur utilisation ou pendant des interventions proches d'installations électriques (INRS, 2014).

3.1.3.3.2. Bruits

Il est estimé que l'ouïe d'un individu est en danger lorsque l'on atteint un seuil de 80 décibels pendant une journée de travail de 8 heures. En cas de niveau supérieur à 130 décibels, toute exposition est dangereuse peu importe sa durée (INRS, 2018).

Les travailleurs peuvent être exposés via le bruit des engins et via le bruit des machines manuelles.

Ce risque peut provoquer des problèmes d'audition pouvant aller jusqu'à atteindre la surdité, irréversible. Ce phénomène peut d'ailleurs être reconnu comme maladie professionnelle. Le

bruit cause également du stress, de la fatigue et peut nuire à la concentration. Il peut donc nuire à la qualité du travail, voir être la cause d'accident du travail (INRS, 2018).

Comme pour l'ensemble des autres risques, il y a un cadre réglementaire de prévention des risques professionnels. La prévention de ces risques se base sur les principes généraux édictés par l'article L. 4121-2 du Code du travail (CODE DU TRAVAIL, 2011).

Des moyens de préventions simples et efficace peuvent être mis en place comme des casques antibruit ou des bouchons d'oreilles.

3.1.3.3.3. « Chalumages » / oxycoupages

Les chalumeaux sont des appareils qui mélange le gaz combustible et l'oxygène. Ce procédé donne une flamme stable. Le chalumeau coupeur comporte un jet complémentaire d'oxygène pour le découpage (PREVENTION BTP, 2017).

Cet oxygène utilisé pour couper n'est utilisé qu'en partie et son excédent se répand dans l'atmosphère. De ce fait, lorsque le travail a lieu dans un endroit exigu ou un espace confiné (voir précédemment), la teneur en oxygène de l'atmosphère peut augmenter dangereusement et engendrer des asphyxies, des gênes respiratoires, des malaises, etc. (PREVENTION BTP, 2017).

Dans ce genre de situation, une ventilation supplémentaire artificielle est indispensable pour évacuer le surplus d'oxygène mais également les gaz et les fumées qui émanent de l'oxycoupage (oxyde de carbone, gaz nitreux, fumées contenant du plomb, du chrome, du zinc, etc. Le port d'un détecteur de gaz par l'opérateur est également primordial pour limiter les risques (PREVENTION BTP, 2017).

3.1.3.4. Départs de feu / incendies / Explosions

Le risque incendie est un risque inhérent à l'utilisation de machine.

De multiples sources sont possibles : la projection d'étincelle lors du découpage à la scie des métaux et lors de l'oxycoupage, la conduction thermique lors de l'oxycoupage d'une pièce ou bien un court-circuit sur un coffre électrique de chantier.

Certaines matières tel que les mousses isolantes, les tissus ou encore des gaz résiduels sont des éléments favorisant les départs de feu.

Les employeurs utilisateurs doivent respecter des mesures de prévention et de protection vis-à-vis des incendies sur les lieux de travail qui sont régis par les articles R. 4227-1 à R.

4227-41 et R. 4227-55 à R. 4227-57 du Code du Travail. Y sont notamment décrit les dispositifs de dégagement, d'éclairage de sécurité, de stockage ou de manipulation d'éléments inflammables, les dispositifs d'extinction, les consignes de sécurité en cas d'incendie ou encore les systèmes d'alarme. Ces mesures du Code du Travail ne sont pas les seules auxquelles peuvent être soumise une entreprise. En effet, si une installation est soumise à la législation des établissements classés pour la protection de l'environnement, alors elle doit aussi être conforme aux mesures du titre premier du livre 5 du Code de L'environnement. Une grande partie des arrêtés ministériels concernant l'application de ces textes comportent des dispositions de prévention contre les incendies.

En plus d'instaurer des dispositions techniques et organisationnelles de suppression d'éventuels départs de feu ou de limitation de la propagation d'un incendie et de ses effets, il convient de prévenir le risque incendie.

Pour ce faire, l'élaboration d'un permis feu est primordiale lors de la réalisation ponctuelle de travail par point chaud (oxycoupage, meulage, etc.).

Le permis feu est un plan de prévention écrit qui concerne la réalisation ponctuelle de travaux par points chauds (soudure, meulage, etc.). Il porte sur des travaux précis ayant une durée de validité. Le permis feu est renouvelé à chaque changement d'opérateur ou de méthode de travail s'effectuant sur le chantier. Ce document insiste sur l'analyse des risques de chaque opération ainsi que sur la prévention des dangers d'incendie ou d'explosion.

3.1.3.5. Contacts avec l'amiante

Comme précédemment vu, lors du démantèlement des gros porteurs, une des étapes consiste à le désamianter. En effet, l'amiante était un matériau fortement utilisé dans les années 70 pour ces nombreuses propriétés (la résistance au feu, une faible conductivité thermique, acoustique et électrique, un très faible coût, etc...). Ce matériau a cependant été interdit en 1997 suite à sa qualification comme hautement toxique.

Pour protéger les salariés contre les risques liés aux poussières d'amiante dans le cadre de leur activité professionnelle, en plus de l'application des dispositions du Code du travail *relatif à la prévention du risque d'exposition à des agents chimiques cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction*, les entreprises qui s'occupent des travaux de retrait et d'encapsulage ont l'obligation d'obtenir une certification auprès d'un organisme certificateur accrédité, d'après l'arrête du 14 décembre 2012 *fixant les conditions de*

certification des entreprises réalisant des travaux de retrait ou d'encapsulage d'amiante, de matériaux, d'équipements ou d'articles en contenant (INRS, 2011).

L'attribution de cette certification est définie d'après les critères de la norme NF X46-011 « *Travaux de traitement de l'amiante - Modalités d'attribution et de suivi des certificats des entreprises* » datant d'Août 2012 (INRS, 2011).

Chaque chantier est examiné comme un cas particulier (INRS, 2011). Tout d'abord, l'entreprise doit réaliser un plan de démolition, de retrait ou d'encapsulage amiante. Ce plan est un document obligatoire pour tout chantier de retrait ou de confinement de matériaux, d'équipements et de produits contenant de l'amiante. Il est être rédigé avant le début des travaux. Ce document reprend toutes les informations relatives à la sécurité des salariés lors du processus de retrait de l'amiante (ESPACE DROIT PREVENTION, 2017).

Le plan de démolition, de retrait ou d'encapsulage amiante doit être envoyé au minimum un mois avant le début des travaux aux organismes suivants (ESPACE DROIT PREVENTION, 2017). :

- Les services de prévention des organismes de sécurité sociale ;
- L'Inspection du travail ;
- L'organisme professionnel de prévention du bâtiment et des travaux publics

Puis une analyse des risques doit être accomplie. Elle est réalisée en plusieurs étapes. Elle commence par un repérage adapté de la nature et du périmètre des travaux envisagés, accompli par le donneur d'ordre. L'entreprise décrit alors chaque processus qu'elle va employer. Des mesures d'empoussièrément doivent également être réalisés au poste de travail afin de vérifier les valeurs limites d'exposition professionnelle et d'établir les moyens de protection collective et les équipements de protection individuelle, particulièrement les appareils de protection respiratoire. (INRS, 2019).

Le Code du travail fixe la valeur limite d'exposition professionnelle amiante à 10 fibres par litre calculée sur une moyenne de 8 heures. Cette valeur réglementaire a un objectif de prévention et ne doit jamais être dépassée sous peine de sanction pénale. Cette valeur limite d'exposition professionnelle est contrôlée et analysée par des organisations accréditées par le Comité Français d'Accréditation (INRS, 2019). Chaque salarié en contact avec l'amiante est une surveillance médicale renforcée. Pour permettre un meilleur suivi, l'ensemble de ces salariés sont en contrat de travail à durée indéterminé.

Les résultats de l'évaluation des risques et les niveaux d'empoussièrément sont relatés dans le document unique d'évaluation des risques. Il est mis à jour à chaque évaluation d'un nouveau processus (INRS, 2019). Afin d'assurer Après la période d'analyse des risques, les règles de prévention à instaurer doivent être ajustées (INRS, 2011).

Pour toute opération exposant à l'amiante, des mesures de protection collective doivent être prise et des équipements de protection individuelle doivent être portés en complément. Ces équipement de protection sont précisés par l'Arrêté du 8 avril 2013 *relatif aux règles techniques, aux mesures de prévention et aux moyens de protection collective à mettre en œuvre par les entreprises lors d'opérations comportant un risque d'exposition à l'amiante* (JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE, 2013) et l'Arrêté du 7 mars 2013 *relatif au choix, à l'entretien et à la vérification des équipements de protection individuelle utilisés lors d'opérations comportant un risque d'exposition à l'amiante* (CODE DU TRAVAIL, 2013) (INRS, 2011).

En effet, le travail de traitement de l'amiante requiert l'utilisation de matériels ayant des garanties de sécurité pour l'utilisateur. Tels que des installations de décontamination, des aspirateurs à très haute efficacité, des entrées d'air de compensation calibrées ou encore des appareils de protection respiratoire (INRS, 2019).

Chaque salarié en contact avec l'amiante est soumis une surveillance médicale renforcée. Pour permettre un meilleur suivi, l'ensemble de ces salariés sont en contrat de travail à durée indéterminé.

En plus de la certification de l'entreprise et de la mise en place accrue d'équipement de protection, tous les professionnels travaillant sur des chantiers en contact ou susceptible d'être en contact avec des fibres d'amiante doivent avoir une habilitation amiante et cela d'après l'arrêté du 23 février 2012 *définissant les modalités de la formation des travailleurs à la prévention des risques liés à l'amiante*.

La durée et le contenu de ces formations sont déterminés en fonction de la catégorie de travailleur et de la nature de l'opération (sous-section 3 ou sous-section 4). Cette formation est vaste, les travailleurs sont formés à la gestion des risques, à la question de responsabilité et de l'encadrement sur chantier, en passant par la prévention des risques, la problématique de la qualité de l'air, etc. (INRS, 2011).

En plus de cette formation, les démarches de sensibilisation régulières sont indispensables au déroulement des chantiers.

3.2. Environnement

Par environnement on entend la maîtrise des impacts environnementaux des produits et services que l'on propose ainsi que respect des réglementations s'appliquant à notre activité.

3.2.1. Autorisations du site

Pour pouvoir exercer l'activité de démantèlement de gros porteurs, le site doit être classé en tant qu'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement. Les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement comprennent toutes les exploitations industrielles ou agricoles pouvant créer des risques ou provoquer des pollutions ou nuisances, particulièrement pour la santé et la sécurité des riverains (MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE, 2019).

Une nomenclature liste les activités soumises à la législation des installations classées. Cette nomenclature soumet les activités à différents régimes en fonction du poids des risques ou des désagréments pouvant être engendrés (MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE, 2019).

Les régimes sont :

- Déclaration : L'activité doit être déclarée en préfecture.
- Enregistrement : C'est une autorisation simplifiée car les inconvénients sont bien connus et standardisés.
- Autorisation : L'activité doit faire une demande d'autorisation en démontrant l'acceptabilité du risque.

Les régimes présentés sont classés du moins dangereux à l'activité présentant les risques ou pollutions les plus importants.

3.2.1.1. Rubrique 2712

Ce type de déchet correspond à la rubrique 2712 : *Installation d'entreposage, dépollution, démontage ou découpage de véhicules hors d'usage ou de différents moyens de transports hors d'usage* (MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE, 2017).

Les véhicules hors d'usages sont classés en trois catégories (MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE, 2017). :

1. Dans le cas de véhicules terrestres hors d'usage, la surface de l'installation étant supérieure ou égale à 100 m²

2. Dans le cas d'autres moyens de transports hors d'usage, autres que ceux visés aux 1 et 3, la surface de l'installation étant supérieure ou égale à 50 m²

3. Dans le cas des déchets issus de bateaux de plaisance ou de sport tels que définis à l'article R.543-297 du Code de l'environnement

a) Pour l'entreposage, la surface de l'installation étant supérieure à 150 m²

b) Pour la dépollution, le démontage ou le découpage

Les types de déchets concernant l'activité de démantèlement des gros porteurs sont les paragraphes 1 et 2. Les sociétés de démantèlement de navire doivent également faire partie de la liste européenne des installations dites « sûres » et agréées pour assurer le recyclage de navires.

Les chantiers français faisant parti de cette liste sont :

- Gardet et de Bezenac au Havre ;
- Les Recycleurs Bretons dans le Finistère ;
- Le Grand Port Maritime de Bordeaux ;
- Demonaval Recycling au Trait.

Des arrêtés préfectoraux permettent l'application des réglementations concernant la rubrique 2712.

Tout véhicule broyé après dépollution ne relève pas de la rubrique 2712 mais de la 2791. De plus, il est interdit de broyer un véhicule hors d'usage avant une dépollution complète de celui-ci.

3.2.1.2. Rubrique 2713

La rubrique 2713 quant à elle concerne les *installations de transit, regroupement, tri ou préparation en vue de réutilisation de métaux ou de déchets de métaux non dangereux, d'alliage de métaux ou de déchets de métaux non dangereux, à l'exclusion des installations visées aux rubriques 2710, 2711, 2712 et 2719* (AIDA, 2019) (MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE, 2019).

- *Si la surface est supérieure ou égale à 1 000 m², l'installation sera classée à enregistrement. Les prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 2713 sont traités dans l'arrêté du 13/10/10.*
- *Si la surface est supérieure ou égale à 100 m² et inférieure à 1 000 m², l'installation sera alors classée à déclaration. Les prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 2713 sont traités dans l'arrêté du 06/06/18.*

3.2.2. Certifications environnementale du site

La norme internationale ISO 14001 a été créée par l'Organisation internationale de normalisation. Cette norme fait partie de la famille des normes ISO 14000 qui rassemble l'ensemble des normes liées au management environnemental. C'est une composante de la triple certification qualité-sécurité-environnement ISO 9001, ISO 14001 et OHSAS 18001. Cette triple certification concrétise une politique globale de management des risques (ISO, 2015).

La norme ISO 14001 précise les exigences correspondant au système de management environnemental. Cette norme permet de développer et mettre en place une politique et des objectifs qui prennent en compte les exigences légales, réglementaires, voir d'autres exigences auxquelles l'organisme souhaite se soumettre (ISO, 2015).

Le périmètre s'applique essentiellement aux aspects environnementaux significatifs maitrisables ou influençables identifiés par l'organisme (ISO, 2015).

La norme ISO 14001 s'appuie sur le principe d'amélioration continue de la performance environnementale. Les exigences sont les mêmes quel que soit le niveau de maîtrise des questions liées à l'environnement de l'entreprise (ISO, 2015). La norme ISO 14001 a 18 exigences distribuées en 6 chapitres (ISO, 2015) :

- Les exigences générales
- La politique environnementale
- La planification
- La mise en œuvre des actions pour satisfaire à la politique environnementale
- Les contrôles et les actions correctives
- La revue de la direction

3.2.3. Suivi des déchets

A l'heure actuelle, la grande partie des textes à propos des déchets des activités économiques sont codifiés par le code de l'environnement.

Le code de l'environnement, livre V : *prévention des pollutions, des risques et des nuisances*, titre V : *déchet*, détermine les grands fondements vis à vis de la gestion des déchets (CODE DE L'ENVIRONNEMENT, 2019). Ces textes sont très contraignants et exige une gestion et un suivi important des déchets.

En effet, le code indique que le producteur est responsable des déchets qu'il produit jusqu'à leur valorisation ou leur élimination finale, même si ce dit déchet est remis à un collecteur.

Entre autre, le producteur de déchets est contraint à :

- Caractériser ses déchets par un code déchet. Les numéros ayant des étoiles sont considéré comme étant des déchets dangereux ;
- Trier et à organiser des collectes séparées ;
- Emballer/conditionner ses déchets dangereux ;
- Etiqueter les contenants et emballages ;
- Vérifier les agréments et autorisations des prestataires ;
- Assurer le suivi et la traçabilité des déchets ;
- Ne pas mélanger des déchets non dangereux et dangereux.

3.2.3.1. Certificats d'acceptation préalable

Avant d'entamer une procédure de transport, le producteur doit vérifier l'acceptabilité de ce déchet dans les centres de traitement. Cette preuve est donnée par la société de traitement via un certificat d'acceptation préalable.

Afin d'obtenir ce certificat d'acceptation préalable, le producteur du déchet doit procurer au centre envisagé de traitement :

- Une fiche d'identification des déchets ;
- Un échantillon caractéristique du déchet.

Les informations données permettent ainsi de déterminer le traitement le plus adapté aux déchets et d'obtenir un prix par le centre de traitement.

A la suite de cette procédure, le transport du déchet peut ainsi se faire.

3.2.3.2. Bordereaux de suivi des déchets

Le bordereau de suivi des déchets est un formulaire Cerfa obligatoire déterminé par l'arrêté du 29 juillet 2005 et cité à l'article 4 du décret n°2005-635 du 30 mai 2005.

Ce bordereau a pour but de permettre la traçabilité des déchets dangereux. Il suit le déchet de la demande d'intervention jusqu'à son traitement. Le Cerfa n°12571*01 correspond aux déchets dangereux et le Cerfa n°11861*03 aux déchets d'amiante.

Ce document constitue une preuve de destruction des déchets pour son producteur. Ce document doit être conservé 5 ans par le producteur et l'installation de transformation et de traitement ou 3 ans par le transporteur.

3.2.3.3. Registres des déchets

La tenue d'un registre où sont inscrit l'ensemble des déchets sortants est également obligatoire pour les exploitants produisant des déchets. Ce registre permet de tracer chronologiquement chaque déchet sortant de l'entreprise. Il doit être gardé au minimum 3 ans.

3.2.3.4. Transports des déchets dangereux

Le transport des déchets dangereux est soumis à l'accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route, complété par l'arrêté du 29 mai 2009 relatif au transport de matières dangereuses par voie terrestre. Ce règlement relatif au transport de matières dangereuses par voie terrestre est applicable aux transports effectués sur le sol Français (INRS, 2012).

En plus de sa désignation officielle, un numéro de l'Organisation des Nations Unies (ONU) est attribué aux déchets. Ce numéro ONU est un numéro d'identification international. Ce numéro est accompagné (INRS, 2012).:

- De la classe de danger ;
- Du code de classification ;
- Du groupe d'emballage ;
- Des dispositions spéciales ;
- Du code de restriction en tunnels.

Les déchets dangereux doivent être conditionnés dans un emballage approprié. Chaque emballage est étiqueté en fonction des risques que représentent le déchet (INRS, 2012).

Un document de déclaration de matières dangereuses doit accompagner le déchet.

Le chauffeur du véhicule reçoit des consignes écrites sur les mesures générales à réaliser en cas d'urgence et le comportement à adopter face aux risques. Le chauffeur doit également avoir à bord de sa cabine le récépissé de la déclaration de transport de déchet dangereux.

3.3. Qualité

La qualité d'un produit ou d'un service est la capacité d'une entreprise à répondre aux exigences explicites et implicites du client et cela quel que soit son secteur d'activité.

La qualité, c'est la mise en place d'actions dans l'entreprise. Ces actions ont pour objectifs principaux l'adaptation à l'environnement et le respect de la réglementation.

Cette volonté d'amélioration continue de l'entreprise se nomme la démarche qualité (DOUGY, 2012). Elle nécessite l'implication de l'ensemble des acteurs de l'entreprise autour de trois enjeux :

- La performance économique ;
- La satisfaction client ;
- La motivation de tous pour un même objectif.

3.3.1. Certification ISO 9001

L'ISO 9001 est une norme internationale sur la création d'un système de management de la qualité à destination d'organismes voulant mettre en place un processus d'amélioration continu de la satisfaction client et de la production de services ou produits conformes. Cette norme s'adresse pour tout type d'entreprise, de toute taille et de n'importe quel domaine d'activité (ISO, 2015).

La norme ISO 9001 est certifiée par des organismes spécialisés accrédités par le Comité Français d'Accréditation. Elle est valable 3 ans.

L'ISO 9001 est reconnue comme la norme de référence au niveau mondial. Cette certification, comme toutes les certifications ISO, est volontaire et permet une plus-value importante sur les marchés nationaux et internationaux (ISO, 2015).

L'ISO 9 001 se base sur les 8 principes de management (ISO, 2015) :

- L'orientation client (interne et externe) ;
- Le leadership ;
- L'implication du personnel ;
- L'approche processus ;
- Le management par approche système ;
- L'amélioration continue ;
- L'approche factuelle pour la prise de décision ;
- Les relations mutuellement bénéfiques avec les fournisseurs.

Le référentiel sur lequel s'appuie cette certification constitue un repère de bonnes pratiques à la fois utile au personnel et à l'équipe de direction (Lhomme, 2012).

Les certifications ISO 9 001, 14 001 et OHSAS 18 001 (vu précédemment) sont des gages de l'implication de l'entreprise pour sa pérennité, ses salariés et l'environnement. Certains contrats gouvernementaux exigent des entreprises le respect de certaines normes. Le respect de ces normes permet donc aux entreprises à la fois d'avoir accès à de nouveaux marchés mais aussi de renforcer leur crédibilité vis à vis de leurs clients car ces normes sont souvent reconnues à l'internationale. A l'heure actuelle, ces certifications sont un réel avantage pour l'obtention de marché (ISO, 2015).

Il est à noter que pour la pérennité de l'entreprise, il est primordial d'effectuer le suivi des certifications et leurs applications utiles (ISO, 2015). Par utile, il est entendu que la mise en place d'une certification doit être une plus-value tant pour les équipes que pour la direction, et non vécu comme une charge supplémentaire sans bénéfice sur la production.

3.3.2. Traçabilités

Le processus de démantèlement fait intervenir des opérations de désassemblage et de recertification de pièces et d'équipements. Ces pièces ont une durée de vie limitée et nécessitent un suivi particulier afin d'éviter le marché noir. Cette traçabilité drastique est essentiellement réalisée dans l'aérien. En effet, les sociétés travaillant dans le démantèlement aérien doivent être conformes aux normes de (LATRÉMOUILLE-VIAU, 2019). :"

"Ces réglementations se sont durcis en Juillet 2000, à la suite de la catastrophe du Concorde d'Air France. Ce dit Concorde, lors de son décollage, a vu son moteur exploser

après avoir roulé sur une pièce perdue par l'avion précédent. Cette pièce s'avérant être une contrefaçon."

"La traçabilité est un gage de sécurité, elle a donc une certaine valeur. C'est sur la valeur de ces pièces que repose principalement la valeur des avions. En comparaison, la valeur économique des matériaux est marginale par rapport à la valeur des pièces réavionnables. D'après l'Ademe : « Un avion hors d'usage contenant encore de nombreuses pièces peut ainsi se vendre plusieurs centaines de milliers d'euros, quand sa valeur matière dépassera difficilement la vingtaine de milliers d'euros" (BOUGHRIET. 2013)

3.3.3. Matières

3.3.3.1. Stratégie du démantèlement

La qualité des matériaux recyclés dans un processus de recyclage est activement influencée par une stratégie appropriée de démantèlement.

Prenons l'exemple de l'aérien : le déchiquetage a été largement utilisé comme méthode de pré-recyclage permettant de transformer des composants volumineux de l'avion, en des dimensions plus petites et plus pratiques. Le déchiquetage complet d'un avion dans son ensemble crée un mélange d'alliages d'aluminium différents. Cet aluminium de faible qualité nécessite donc des traitements supplémentaires afin d'être séparé et classer en différentes familles d'alliage, avant d'être envoyé en centre de recyclage (SABAGHI, 2016).

Plus la qualité de l'alliage d'aluminium récupéré est faible, plus le traitement requis est important et donc plus le coût associé est élevé. Cette stratégie a le plus bas coût d'exploitation, mais elle n'est pas pleinement souhaitable en raison des conséquences de la mauvaise qualité des matériaux (SABAGHI, 2016).

Dans cette situation, il est préférable de désassembler les composants d'alliages d'aluminium de qualités différentes dans leurs familles d'alliages principales avant le déchiquetage. Bien que le désassemblage systématique demande beaucoup de travail, c'est la meilleure stratégie en termes de séparation des différents types de matériaux. En d'autres termes, cette stratégie est axée sur la qualité plutôt que sur la quantité (SABAGHI, 2016).

Cependant, selon la complexité de la structure du véhicule, le démantèlement complet ou le déchiquetage complet peuvent ne pas être viables sur les plans économique et environnemental. Par conséquent, il est impératif de trouver un juste équilibre entre le coût

et la qualité. Des stratégies intermédiaires peuvent être définies à l'aide de la cartographie disponible de l'aéronef. Le mappage contient des informations sur la composition des matériaux de chaque composant (SABAGHI, 2016).

3.3.3.2. Taux de traitement

Lorsqu'un appel d'offre public est remporté, l'entreprise chargée du démantèlement s'engage à suivre un cahier des charges précis. Le taux de traitement en fait partie.

Le taux de traitement correspond à la masse de déchet traitée en fonction de la masse totale du gros porteur à l'origine. Ce poids est calculé à l'aide du poids estimé de l'engin, où est déduit le poids total, indiqué sur les bordereaux de suivis de déchets. La marine nationale de Brest demande un taux de traitement de leur navire avec au maximum 3% de différence avec le poids initial du gros porteur.

Ce respect du cahier des charges est synonyme de gain économique. En effet, il évite à l'entreprise des pénalités financières ainsi que de perdre de la crédibilité pour les futurs marchés. Les matériaux envoyés dans des centres de traitement ont également une valeur positive par rapport à leur élimination en centre de stockage ou en centre d'incinération.

Conclusion

Lorsqu'un véhicule ne répond plus aux normes auxquelles il est tenu, il en va de l'intérêt de la prévention de la pollution et de la sécurité des êtres humains que ces appareils soient mis en fin de vie. En effet, leur utilisation excessivement prolongé, en tant que seconde voire troisième main, représente un risque constant pour l'environnement, la population et leurs utilisateurs. Hors, il s'avère qu'il n'existe pas ou peu de réglementations assurant cette même protection de l'environnement, de la population et des travailleurs pour le démantèlement de ces véhicules. Ce qui représente un paradoxe en soit.

L'un des principaux freins à la mise en place d'une démarche globale efficace du démantèlement des gros porteurs est donc le manque de standards et de réglementations internationales et européennes sur lesquelles il est possible de s'appuyer pour encadrer et développer cette activité. Sans parler, qu'il y a une très grande diversité d'engins et de modèles. Et, comme le disait le qualicien Joseph Juran : « Sans standard, il n'existe pas de base logique sur laquelle fonder une décision ou décider d'une action. ».

De plus, mettre en place une filière du démantèlement des gros porteurs de qualité ne présente pas qu'un avantage sur la protection de l'Homme et de l'Environnement. En effet, les véhicules en fin de vie représentent également un important gisement de pièces détachées et de matières premières pouvant contribuer à l'économie circulaire. Cette source de matière est d'autant plus importante qu'elle permettrait une gestion économiquement et écologiquement plus durable du parc de gros porteurs à travers le monde.

La filière de démantèlement est une activité naissante en Europe liée à la faible maturité de la réglementation internationale et aux pratiques moins-disantes environnementales et économique de certains pays. Pour contribuer au développement d'une activité de démantèlement fiable et sécurisée, un objectif serait de mettre en place des normes internationales et de pratiques de contrôle du respect de ces normes afin de maîtriser entièrement le cycle de vie des gros porteurs, de leur construction à leur déconstruction. Cela permettra aussi d'éviter certaines dérives telles que les dépavillonnements de navires par exemple. Cette démarche a débuté dans la filière de l'aérien mais un réel changement n'est à prévoir que dans plusieurs dizaines d'années compte tenu de la durée de vie des avions.

La qualité, l'hygiène, la sécurité et l'environnement peuvent être aux fondements de ces changements.

La qualité est le gage de la création d'outils et de bonnes pratiques pour la pérennité d'une entreprise mais également pour la bonne gestion de la traçabilité et de la qualité des matières recyclées et donne valeur économique plus importante aux opérations de démantèlement tout en limitant les coûts pour les propriétaires de navire à démanteler.

L'hygiène et la sécurité permettent la protection tant du site que des salariés y travaillant. A travers des mesures de certification, de gestion du matériel et de gestion des nombreux différents risques pouvant être rencontrés lors des opérations de curage et de démantèlement.

L'environnement prend toutes les mesures possibles à travers des autorisations préfectorales des certifications et le suivi des déchets afin d'empêcher toute pollution du site et de ses environs ou liés à un abandon dans la nature.

Aujourd'hui, dans les grandes industries (aérospatiale, navale, construction, etc.), le profit le plus important est généré pendant la phase d'utilisation. La plupart des efforts sont donc consacrés aux phases de fabrication et d'utilisation dans le cycle de vie des produits, tandis que moins d'attention est accordée au démontage et à la fin de vie. Cependant, avec les réductions importantes d'impacts environnementaux sur ces deux premières étapes, la fin de vie prend peu à peu une part plus importante dans l'impact global du produit et les fabricants commencent à travailler sur la fin de vie de leurs produits comme c'est le cas dans l'aéronautique ou dans l'automobile (même si ce sujet est hors du périmètre de ce travail)

A l'avenir, il serait intéressant que les parties prenantes et les chercheurs prennent en compte ce problème dès la phase de conception de leurs produits. Ainsi, les efforts pourraient être concentrés sur le développement de stratégies plus innovantes et intelligentes telle que l'écoconception pour compenser les lacunes existantes dans la conception et récupérer le plus possible de manière durable (SABAGHI, 2016).

Références

ADEME (2006). *Etude de la Fin de Vie des moyens de Transport en France (Hors VHU)*. [en ligne] Disponible sur : https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/44975_synthese.pdf [Visionné le 19 Mars 2019].

ADEME (2014). *Positionnement et compétitivité des industries de recyclage en France..France*. [en ligne] Angers, pp.142-153. Disponible sur : https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/competitivite-recyclage-201406-rapport_final.pdf [Visionné le 17 Novembre 2018].

ADEME (2017). *Qu'est-ce qu'un déchet ?* [en ligne] Disponible sur : <https://www.ademe.fr/entreprises-monde-agricole/reduire-impacts/reduire-cout-dechets/dossier/dechets/quest-quun-dechet> [Visionné 4 Mai 2019].

ADEME. (2018). *Caractérisation des combustibles solides de récupération*. [en ligne] Disponible sur : <https://www.ademe.fr/expertises/dechets/passer-a-laction/valorisation-energetique/dossier/combustibles-solides-recuperation/caracterisation-combustibles-solides-recuperation> [Visionné le 29 Avril 2019].

ADEME. (2018). *Les Déchets Dangereux - Généralités et réglementation*. [en ligne] Disponible sur : <https://www.ademe.fr/en/expertises/dechets/quoi-parle-t/types-dechets/dossier/dechets-dangereux/generalites-reglementation> [Visionné le 29 Avril 2019].

AFRA (2018). *Disassembly Practice Guide and Minimum Standards*. [en ligne] Afra. Disponible sur : <https://afraassoc.wpengine.com/wp-content/uploads/2016/03/Disassembly-Practice-Guide-and-Minimum-Standards-Rev-4.pdf> [Visionné le 22 Janvier 2019].

AIDA. (2019). *2713. Installations de transit, regroupement, tri ou préparation en vue de réutilisation de métaux ou de déchets de métaux non dangereux, d'alliage de métaux ou de déchets de métaux non dangereux, à l'exclusion des installations visées aux rubriques 2710, 2711, 2712 et 2719* [en ligne] Disponible sur : https://aida.ineris.fr/consultation_document/10721 [Visionné le 13 Février 2019].

ALCAIDEA, J., PINIELLA, F. et RODRIGUEZ-DIAZA, E. (2016). The "Mirror Flags": Ship registration in globalised ship breaking industry. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, [en ligne] 48, pp.378-392. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920915301681> [Visionné le 21 Avril 2019].

ANDERSSON, M., LJUNGGREN SODERMAN, M. et SANDEN, B. (2017). Are scarce metals in cars functionally recycled?. *Waste Management*, [en ligne] 60, pp.407-416. Disponible sur :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X16303361?via%3Dihub>

[Visionné le 11 Janvier 2019].

ARGUELLO MONCAYO, G. (2016). International law on ship recycling and its interface with EU law. *Marine Pollution Bulletin*, [en ligne] 109(1), pp.301-309. Disponible sur :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X1630385X?via%3Dihub>

[Visionné le 25 Mars 2019].

ASMATULU, E., TWOMEY, J. et OVERCASH, M. (2013). Evaluation of recycling efforts of aircraft companies in Wichita. *Resources, Conservation and Recycling*, [en ligne] 80, pp.36-45. Disponible sur :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344913001596>

[Visionné le 24 Mars 2019].

BAUDELET ENVIRONNEMENT. (n.d.). *Le chantier de valorisation des ferrailles et de l'aluminium*. [en ligne] Disponible sur :

<https://www.baudelet-environnement.fr/nos-installations-2/pole-ferrailles-et-metaux/le-chantier-de-valorisation-des-ferrailles-et-de-laluminium/>

[Visionné le 18 Juin 2019].

BERLAND, N., DEVRETON, B. et ESSID, M. (2010). *Le Coût de la Protection de l'Environnement*. [en ligne] HAL archives-ouvertes. Disponible sur :

<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00460235/document>

[Visionné le 26 Novembre 2018].

BERTOLINI, G. (2007). Démolition navale : en quête d'un développement durable. *Géographie, économie, société*, [en ligne] 9(1), pp.69-81. Disponible sur :

<https://www.cairn.info/revue-geographie-economie-societe-2007-1-page-69.htm>

[Visionné le 3 Avril 2019].

BOUGHRIET, R. (2013). Des avions commerciaux recyclés à plus de 70%. *Environnement et Technique*, 323, pp.39-41.

BOUZAROUR-AMOKRANE, Y., TCHANGANI, A. et PERES, F. (2015). Decision evaluation process in end-of-life systems management. *Journal of Manufacturing Systems*, [en ligne]

37, pp.715-728. Disponible sur :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278612515000242>

[Visionné le 15 Décembre 2018].

CASTILLO DAUDI, M. (2014). La convention internationale de Hong Kong pour le recyclage sûr et écologiquement rationnel des navires du 15 mai 2009 : le texte et le contexte. *Revue Juridique de l'Environnement*, [en ligne] 39(3), pp.513-531. Disponible sur : <https://www.cairn.info/revue-revue-juridique-de-l-environnement-2014-3-page-513.htm>

[Visionné le 04 Janvier 2019].

CHANG, Y., WANG, N. et DURAK, O. (2010). Ship recycling and marine pollution. *Marine Pollution Bulletin*, [en ligne] 60(9), pp.1390-1396. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X10002225?via%3Dihub>

[Visionné le 5 Février 2019].

CHATZINIKOLAOU, S. et VENTIKOS, N. (2015). Holistic framework for studying ship air emissions in a life cycle perspective. *Ocean Engineering*, [en ligne] 110, pp.113-122. Disponible sur :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029801815002425?via%3Dihub>

[Visionné le 5 Mai 2019].

CHRISTIANSSON, A., HOVANDER, L., ATHANASSIADIS, I., JAKOBSSON, K. et BERGMAN, Å. (2008). Polybrominated diphenyl ethers in aircraft cabins – A source of human exposure?. *Chemosphere*, [en ligne] 73(10), pp.1654-1660. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653508009995> [Visionné le 24 Février 2019].

CLARKE, B. (2019). *Recyclage des trains : une activité rentable*. [en ligne] Actu-Environnement. Disponible sur : <https://www.actu-environnement.com/ae/news/train-demantelement-18036.php4> [Visionné le 4 Mai 2019].

CNPP, (n.d.). Permis feu. [en ligne] Disponible sur : <https://www.cnpp.com/Glossaire/Permis-de-feu> [Visionné le 4 Juin 2019].

CODE DE L'ENVIRONNEMENT. (2016). *Article R541-1-1*.

CODE DE L'ENVIRONNEMENT. (2016). *Article R541-8*.

CODE DE L'ENVIRONNEMENT. (2019). livre Livre V : prévention des pollutions, des risques et des nuisances, titre V : déchet, détermine les grands fondements vis à vis de la gestion des déchets.

CODE DE LA CONSOMMATION. (2008). *Article L211-20*.

CODE DE LA SANTÉ PUBLIQUE. (2012). *Article R1334-28*.

CODE DU TRAVAIL. (1996). *Décret n°96-1133 du 24 décembre 1996 relatif à l'interdiction de l'amiante, pris en application du code du travail et du code de la consommation.*

CODE DU TRAVAIL. (2008). *Article L4321-1.*

CODE DU TRAVAIL. (2008). *Article L4323-52.*

CODE DU TRAVAIL. (2008). *Article L4323-55.*

CODE DU TRAVAIL. (2008). *Article L4323-58.*

CODE DU TRAVAIL. (2008). *Article R4224-17.*

CODE DU TRAVAIL. (2008). *Article R4541-2.*

CODE DU TRAVAIL. (2011). *Article L4121-2.*

CODE DU TRAVAIL. (2013). *Arrêté du 7 mars 2013 relatif au choix, à l'entretien et à la vérification des équipements de protection individuelle utilisés lors d'opérations comportant un risque d'exposition à l'amiante.*

CODE DU TRAVAIL. (2016). *Article R4435-2.*

CODE DU TRAVAIL. (2016). *Article R4544-9.*

CODE DU TRAVAIL. (2017). *Article R4624-22.*

COLLET, P. (2013). Navires: le démantèlement peine à s'installer en France. *Environnement et Technique*, 323, pp.42-44.

CONSEIL SÉCURITÉ FORMATION. (2015). *VGP (Vérifications Générales Périodiques)*. [en ligne] Disponible sur : <http://www.conseil-securite-formation.fr/640-vgp-verifications-generales-periodiques-materiels-de-levage.html> [Visionné le 20 Juin 2019].

COUILLET. (2018). *Création et mise à disposition des consignes de sécurité machine*. Faculté d'ingénierie et de management de la santé.

D'ARRAS, D. (2008). Les déchets, sur la voie de l'économie circulaire. *Annales des Mines - Réalités industrielles*, [en ligne] Novembre 2008(4), pp.42-44. Disponible sur : <https://www.cairn.info/revue-realites-industrielles1-2008-4-page-42.htm> [Visionné le 11 Janvier 2019].

DAYI, O., AFSHARZADEH, A. et MASCLE, C. (2016). A Lean based process planning for aircraft disassembly. *IFAC-PapersOnLine*, [en ligne] 49(2), pp.54-59. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896316300106> [Visionné le 15 Janvier 2019].

DELOGU, M., DEL PERO, F., BERZI, L., PIERINI, M. et BONAFFINI, D. (2017). End-of-Life in the railway sector: Analysis of recyclability and recoverability for different vehicle case studies. *Waste Management*, 60, pp.439-450.

DESHPANDE, P., KALBAR, P., TILWANKAR, A. et ASOLEKAR, S. (2013). A novel approach to estimating resource consumption rates and emission factors for ship recycling yards in Alang, India. *Journal of Cleaner Production*, [en ligne] 59, pp.251-259. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652613004174?via%3Dihub> [Visionné le 2 Décembre 2018].

DESVAUX, P. (2017). Économie circulaire acritique et condition post-politique : analyse de la valorisation des déchets en France. *Flux*, [en ligne] N° 108(2), pp.36-50. Disponible sur : <https://www.cairn.info/revue-flux-2017-2-page-36.htm> [Visionné le 11 Janvier 2019].

DGAC (2019). *DEMANTELEMENT DES AERONEFS*. [en ligne] Regles-osac.com. Disponible sur : [http://www.regles-osac.com/OSAC/fascicules.nsf/b2916504c56ce9d0c12566c0005a60d0/759c30957446dbffc12579ed00345096/\\$FILE/P549010.pdf](http://www.regles-osac.com/OSAC/fascicules.nsf/b2916504c56ce9d0c12566c0005a60d0/759c30957446dbffc12579ed00345096/$FILE/P549010.pdf) [Visionné le 16 Mars 2019].

DGAC (2019). *EASA Form 1 Certificat libérateur autorisé Production de pièces neuves*. [en ligne] Regles-osac.com. Disponible sur : [http://www.regles-osac.com/OSAC/fascicules.nsf/b2916504c56ce9d0c12566c0005a60d0/e12b6e2a5385cc94c12578690024859e/\\$FILE/P351050.pdf](http://www.regles-osac.com/OSAC/fascicules.nsf/b2916504c56ce9d0c12566c0005a60d0/e12b6e2a5385cc94c12578690024859e/$FILE/P351050.pdf) [Visionné le 16 Mars 2019].

DODE, G. (2019). Trains-Metro: vers une optimisation des filières. *Environnement et Technique*, 323, pp.45-47.

DOUGY, I. et LANGERON, J. (2012). *Qualité : quelques notions clés*. [en ligne] entreprises.gouv.fr. Disponible sur : <https://archives.entreprises.gouv.fr/2012/www.industrie.gouv.fr/portail/pratique/qualite/notions-cles-qualite.html> [Visionné le 29 Avril 2019].

DRIRE DU CENTRE (2008). Les filières de déconstruction en région centre. [en ligne] Disponible sur : http://www.indre.gouv.fr/content/download/889/5668/file/Filieres_deconstruction_transport_s_hors_d_usage.pdf [Visionné le 17 Janvier 2019].

DU, Z., ZHANG, S., ZHOU, Q., YUEN, K. et WONG, Y. (2018). Hazardous materials analysis and disposal procedures during ship recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, [en ligne] 131, pp.158-171. Disponible sur :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344918300065> [Visionné le 5 Mai 2019].

DU, Z., ZHU, H., ZHOU, Q. et WONG, Y. (2017). Challenges and solutions for ship recycling in China. *Ocean Engineering*, [en ligne] 137, pp.429-439. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029801817301786?via%3Dihub> [Visionné le 24 Février 2019].

DUMEZ, H. (2017). *Toulouse. L'aéroport de Francazal va bientôt accueillir des avions trop vieux pour voler.* [en ligne] Actu.fr. Disponible sur : https://actu.fr/occitanie/francazal_31195/toulouse-aeroport-francazal-va-bientot-accueillir-avions-trop-vieux-voler_12979501.html [Visionné le 18 Juin 2019].

ESPACE DROIT PREVENTION. (2017). *Amiante – Travaux de retrait ou d'encapsulation.* [en ligne] Disponible sur : <https://www.espace-droit-prevention.com/fiches-pratiques/risques-particuliers/risque-dexposition-lamiante-travaux-de-retrait-ou-dencapsulation#.XVu2j3s6-Uk>. [Visionné le 15 Juin 2018].

FERRANTE, K. (2018). *Construction d'un site de démantèlement et désamiantage de rames de TGV.* [en ligne] Ain.gouv.fr. Disponible sur : http://www.ain.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_ce_neom.pdf [Visionné le 15 Décembre 2018].

FNADE. (2015). *Déchets dangereux.* [en ligne] Disponible sur : https://www.fnade.org/fr/produire-matieres-energie/dechets-dangereux?fbclid=IwAR3iNXCZ821oTMRGI5Q8NBonE-kbgaS6GuikeE8Oar_dvYq2_TzzSK1ZU5w [Visionné le 5 Mai 2019].

GARMER, K. *et al* (2015). Development and validation of three-step risk assessment method for ship recycling sector. *Safety Science*, [en ligne] 76, pp.175-189. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753515000351?via%3Dihub> [Visionné le 3 Décembre 2018].

GOODWIN, E. (2012). *Tony George Puthucherril, From Shipbreaking to Sustainable Ship Recycling: Evolution of a Legal Regime* (Leiden: Martinus Nijhoff), 2010, ISBN 978-90-04-17491-7, hardbound, €112.00/US\$156.00, pp. xvi + 290 incl. index. *The International Journal of Marine and Coastal Law*, [en ligne] 27(3), pp.662-665. Disponible sur : https://brill.com/abstract/journals/estu/27/3/article-p662_10.xml [Visionné le 10 Février 2019].

- GUICHARDAZ, O. (2013). Navire hors d'usage / Démantèlement du Clemenceau : le gouvernement choisit le low cost . *Environnement et Technique*, 323.
- GUILLARD, D. (2007). La problématique juridique du démantèlement des navires. *Revue Juridique de l'Environnement*, [en ligne] 32(3), pp.311-324. Disponible sur : https://www.persee.fr/doc/rjenv_0397-0299_2007_num_32_3_4653 [Visionné le 3 Avril 2019].
- HERMANN, G. (2012). *Les vieilles carcasses de train vont être détruites et recyclées à Trith Saint Léger*. [en ligne] La Tribune. Disponible sur : <https://www.latribune.fr/regions/nord-pas-de-calais/20120425trib000695401/les-vieilles-carcasses-de-train-vont-etre-detruites-et-recyclees-a-trith-saint-leger.html> [Visionné le 18 Juin 2019].
- HIREMATH, A., PANDEY, S. et ASOLEKAR, S. (2016). Development of ship-specific recycling plan to improve health safety and environment in ship recycling yards. *Journal of Cleaner Production*, [en ligne] 116, pp.279-298. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616000123?via%3Dihub> [Visionné le 15 Décembre 2018].
- HIREMATH, A., PANDEY, S., KUMAR, D. et ASOLEKAR, S. (2014). Ecological Engineering, Industrial Ecology and Eco-Industrial Networking Aspects of Ship Recycling Sector in India. *APCBEE Procedia*, [en ligne] 10, pp.159-163. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212670814001857> [Visionné le 15 Décembre 2018].
- HIREMATH, A., TILWANKAR, A. et ASOLEKAR, S. (2015). Significant steps in ship recycling vis-a-vis wastes generated in a cluster of yards in Alang: a case study. *Journal of Cleaner Production*, [en ligne] 87, pp.520-532. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614009615?via%3Dihub> [Visionné le 5 Février 2019].
- HUR, M., KESKIN, B. et SCHMIDT, C. (2018). End-of-life inventory control of aircraft spare parts under performance based logistics. *International Journal of Production Economics*, [en ligne] 204, pp.186-203. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527318302949> [Visionné le 19 Février 2019].
- IGNACIO ALCAIDE, J., RODRIGUEZ-DIAZ, E. et PINIELLA, F. (2017). European policies on ship recycling: A stakeholder survey. *Marine Policy*, [en ligne] 81, pp.262-272. Disponible

sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308597X16308545?via%3Dihub>
[Visionné le 10 Février 2019].

INRS (2019). *Amiante. Ce qu'il faut retenir.* [en ligne] Disponible sur :
<http://www.inrs.fr/risques/amiante/ce-qu-il-faut-retenir.html> [Visionné le 6 Décembre 2018].

INRS (2009). *Chargeuse pelleuse.* [en ligne] Disponible sur :
<http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20903> [visionné le 20 Juin 2019].

INRS. (2009). *Soudage et coupage au chalumeau.* [en ligne] Disponible sur :
<http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20742> [Visionné le 18 Juin 2019].

INRS. (2011). *Le CACES.* [en ligne] Disponible sur :
<http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%2096> [Visionné le 3 Juin 2019]. INRS. (2018).
Amiante. Réglementation. [en ligne] Disponible sur :
<http://www.inrs.fr/risques/amiante/reglementation.html> [Visionné le 3 Juin 2019].

INRS. (2012). *Le transport des matières dangereuses.* [en ligne] Disponible sur :
<http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206134> [Visionné le 30 Avril 2019].

INRS. (2014). *Risques électriques. Ce qu'il faut retenir.* [en ligne] Disponible sur :
<http://www.inrs.fr/risques/electriques/ce-qu-il-faut-retenir.html> [Visionné le 21 Mars 2019].

INRS. (2015). *Espaces confinés. Ce qu'il faut retenir.* [en ligne] Disponible sur :
<http://www.inrs.fr/risques/espaces-confinés/ce-qu-il-faut-retenir.html> [Visionné le 27 Mai 2019].

INRS. (2017). *Risques liés aux chutes de hauteur. Ce qu'il faut retenir.* [en ligne] Disponible sur :
<http://www.inrs.fr/risques/chutes-hauteur/ce-qu-il-faut-retenir.html> [Visionné le 15 juin 2019].

INRS. (2018). *Bruit. Ce qu'il faut retenir.* [en ligne] Disponible sur :
<http://www.inrs.fr/risques/bruit/ce-qu-il-faut-retenir.html> [Visionné le 25 Mai 2019].

INRS. (2018). *Entreprises extérieures. Mesures de prévention préalables à l'intervention.*
[en ligne] Disponible sur : <http://www.inrs.fr/risques/entreprises-exterieures/mesures-prevention-prealables-intervention.html> [Visionné le 5 Mars 2019].

INRS. (2018). *Incendie sur le lieu de travail.* [en ligne] Disponible sur :
<http://www.inrs.fr/risques/incendie-lieu-travail/ce-qu-il-faut-retenir.html> [Visionné le 30 Mars 2019].

INRS. (2018). *Principales vérifications périodiques*. [en ligne] Disponible sur : <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20828> [Visionné le 18 Juin 2019].

ISO. (2015). ISO 14001 – Management environnemental. [en ligne] Disponible sur : <https://www.iso.org/fr/iso-14001-environmental-management.html> [Visionné le 20 Mars 2019].

ISO. (2015). *ISO 9000 – Management de la qualité*. [en ligne] Disponible sur : <https://www.iso.org/fr/iso-9001-quality-management.html> [Visionné le 20 Mars 2019].

JAIN, K. et PRUYN, J. (2018). Investigating the prospects of using a plasma gasification plant to improve the offer price of ships recycled on large-sized 'green' yards. *Journal of Cleaner Production*, [en ligne] 171, pp.1520-1531. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617324071?via%3Dihub> [Visionné le 14 Février 2019].

JAIN, K., PRUYN, J. et HOPMAN, J. (2016). Quantitative assessment of material composition of end-of-life ships using onboard documentation. *Resources, Conservation and Recycling*, [en ligne] 107, pp.1-9. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344915301452> [Visionné le 5 Février 2019].

JAIN, K., PRUYN, J. et HOPMAN, J. (2017). Material flow analysis (MFA) as a tool to improve ship recycling. *Ocean Engineering*, [en ligne] 130, pp.674-683. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002980181630539X?via%3Dihub> [Visionné le 20 Mars 2019].

JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPÉENNE. (2006). *Directive 2006/42/CE du Parlement Européen et du Conseil du 17 Mai 2006*.

JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPÉENNE. (2019). *Décision d'exécution (UE) 2019/995 de la commission du 17 juin 2019*.

JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE. (2010). *Décret n° 2010-1018 du 30 août 2010 portant diverses dispositions relatives à la prévention des risques électriques dans les lieux de travail*.

JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE. (2011). *Arrêté du 20 décembre 2011 relatif aux appareils électriques amovibles et à leurs conditions de raccordement et d'utilisation*.

JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE. (2012). Arrêté du 14 août 2012 relatif aux conditions de mesurage des niveaux d'empoussièrement, aux conditions de contrôle du respect de la valeur limite d'exposition professionnelle aux fibres d'amiante et aux conditions d'accréditation des organismes procédant à ces mesurages.

JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE. (2012). Arrêté du 23 février 2012 définissant les modalités de la formation des travailleurs à la prévention des risques liés à l'amiante.

JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE. (2013). Arrêté du 8 avril 2013 relatif aux règles techniques, aux mesures de prévention et aux moyens de protection collective à mettre en œuvre par les entreprises lors d'opérations comportant un risque d'exposition à l'amiante.

KAEWUNRUEN, S., RUNGSKUNROCH, P. et JENNINGS, D. (2019). A through-life evaluation of end-of-life rolling stocks considering asset recycling, energy recovering, and financial benefit. *Journal of Cleaner Production*, [en ligne] 212, pp.1008-1024. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618336746?via%3Dihub> [Visionné le 6 Mars 2019].

KURT, R., MCKENNA, S., GUNBEYAZ, S. et TURAN, O. (2017). Investigation of occupational noise exposure in a ship-recycling yard. *Ocean Engineering*, [en ligne] 137, pp.440-449. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029801817301506?via%3Dihub> [Visionné le 14 Février 2019].

LATRÉMOUILLE-VIAU, J. (2019). *Traitement en fin de vie des avions et valorisation de l'aluminium*. Maîtrise. Ecole Polytechnique de Montréal.

LHOMME, C. (2008). *Enjeux et pilotage d'une certification qualité, sécurité, environnement : exemple de l'unité de traitement des DASRI du CHU de Limoges*. Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique. [en ligne] Disponible sur : https://documentation.ehesp.fr/memoires/2008/edh/lhomme.pdf?fbclid=IwAR1pPPw19WxHvDWwMh92ARIRhv_FqLkjonv0hGSomQFYmnaYBI2gaWpU80k [Visionné le 20 Juin 2019].

Loi du 17 décembre 1926 relative à la répression en matière maritime.

MAHE, R. (2013). *Vers un Démantèlement encadré des navires*. [en ligne] Inspection Générale des Affaires Maritimes. Disponible sur : <http://www.igam.developpement->

[durable.gouv.fr/IMG/pdf/2013 DT Mahe vers un demantelement encadre des navires.pdf](http://durable.gouv.fr/IMG/pdf/2013_DT_Mahe_vers_un_demantelement_encadre_des_navires.pdf) [Visionné le 25 Janvier 2019].

MALAVALLON, O. (2009). *PAMELA-Life*. [en ligne] Disponible sur : https://www.espace-pau-aviation.fr/images/docs-pdf/091127_expose11_malavallon.pdf [Visionné le 15 Mai 2019].

MASCLE, C., BAPTISTE, P., BEUVE, D. et CAMELOT, A. (2015). Process for Advanced Management and Technologies of Aircraft EOL. *Procedia CIRP*, [en ligne] 26, pp.299-304. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827114008907> [Visionné le 27 Janvier 2019].

MASE FRANCE. (n.d.). *MASE FRANCE et INTERNATIONAL*. [en ligne] Disponible sur : <http://mase-asso.fr/> [Visionné le 20 Juin 2019].

MATZ-LUCK, N. (2010). Safe and Sound Scrapping of 'Rusty Buckets'? The 2009 Hong Kong Ship Recycling Convention. *Review of European Community & International Environmental Law*, [en ligne] 19(1), pp.95-103. Disponible sur : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1467-9388.2010.00667.x> [Visionné le 18 Février 2019].

MELO, M. (1999). Statistical analysis of metal scrap generation: the case of aluminium in Germany. *Resources, Conservation and Recycling*, [en ligne] 26(2), pp.91-113. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344998000779> [Visionné le 30 Janvier 2019].

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE (1993). *Règlement n° 259/93 du 01/02/93 concernant la surveillance et le contrôle des transferts de déchets à l'entrée et à la sortie de la Communauté européenne*.

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE (2017). *Nomenclature ICPE Rubrique 27xx*.

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE. (2019). Inspection des Installations Classées. [en ligne] Disponible sur : http://www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr/?fbclid=IwAR1SacHouMyavhfFJhSCWEW_VC4Hk1OnI8dBYKDNX8E3NY5p-0HRDVGtDDg [Visionné le 14 Février 2019].

NAVALEO. (n.d.). *Déconstruction navale*. [en ligne] Disponible sur : <http://www.navaleo.fr/nos-prestations/deconstruction-navale/> [Visionné le 18 Juin 2019].

OCAMPO, E. et PEREIRA, N. (2019). Can ship recycling be a sustainable activity practiced in Brazil?. *Journal of Cleaner Production*, [en ligne] 224, pp.981-993. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619308649?via%3Dihub> [Visionné le 2 Décembre 2018].

OFFICIEL PRÉVENTION. (2016). *Dossiers CHSCT : La prévention des risques professionnels de noyade*. [en ligne] Disponible sur : http://www.officiel-prevention.com/protections-individuelles/dati-travailleur-isole/detail_dossier_CHSCT.php?rub=91&ssrub=202&dossid=558 [Visionné le 27 Mai 2019].

OHSAS. (n.d.). *Norme OHSAS 18001 / ISO 45001 et certification*. [en ligne] Disponible sur : <https://ohsas-18001.fr/> [Visionné le 13 Février 2019].

OIL SPILL (2009). *IMO Adopts Convention on Ship Recycling*. p.3.

OREE (n.d.). *Filières de démantèlement des véhicules en fin de vie*. [en ligne] Disponible sur : <http://www.oree.org/filiere-demantelement-des-vehicules-en-fin-de-vie.html> [Visionné le 6 Décembre 2018].

ORGANISME MARITIME INTERNATIONALE (2016) Le Protocole de Londres: ce qu'il est et pourquoi il est nécessaire. *LONDON PROTOCOL*. [en ligne] Disponible sur : http://www.imo.org/fr/OurWork/Environment/LCLP/Documents/IMO-268%20London%20Protocol%20Why%20is%20it%20needed_FrenchWeb.pdf [Visionné le 29 Mars 2019].

ORGANISME MARITIME INTERNATIONALE (2019). *Convention internationale de Hong Kong pour le recyclage sûr et écologiquement rationnel des navires*. [en ligne] Disponible sur : <http://www.imo.org/fr/about/conventions/listofconventions/pages/the-hong-kong-international-convention-for-the-safe-and-environmentally-sound-recycling-of-ships.aspx> [Visionné le 26 Janvier 2019].

PAPREC. *La récupération du bois: Comprendre avec Paprec*. [en ligne] Disponible sur : <https://www.paprec.com/fr/comprendre-recyclage-paprec/valorisation-matiere/recyclage-bois> [Visionné le 17 Février 2019].

PIQUET, A. (2019). *Les Filières de la Déconstruction et du Démantèlement Nucléaire - Etat des Lieux et Perspectives*. [en ligne] Etudes-normandie.fr. Disponible sur : <http://www.etudes->

normandie.fr/upload/crbn_cat/1/922_3036_Rapport_Demantelement_Etat_des_lieux_2014.pdf [Visionné le 10 Mars 2019].

PREVENTION BTP. (2017). *Chalumeaux soudeurs et découpeurs*. [en ligne] Disponible sur : <https://www.preventionbtp.fr/Documentation/Explorer-par-produit/Information/Fiches/Travaux-de-l-enveloppe-et-du-second-oeuvre/Serrurerie-Metallerie/Chalumeaux-soudeurs-et-decoupeurs> [Visionné le 25 Mai 2019].

PREVENTION BTP. (n.d.). *Le risque électrique*. [en ligne] Disponible sur : <https://www.preventionbtp.fr/Documentation/Explorer-par-produit/Information/Dossiers-prevention/Le-risque-electrique> [Visionné le 15 Juin 2019].

RAHMAN, S. (2017). Aspects et Impacts of Ship Recycling in Bangladesh. *Procedia Engineering*, [en ligne] 194, pp.268-275. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817332952> [Visionné le 12 Janvier 2019].

RAHMAN, S., HANDLER, R. et MAYER, A. (2016). Life cycle assessment of steel in the ship recycling industry in Bangladesh. *Journal of Cleaner Production*, [en ligne] 135, pp.963-971. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616309027?via%3Dihub> [Visionné le 14 Février 2019].

RAVALLEC, C. (2017). *Déconstruction. Tous unis pour un « chantier à rebours »*. Santé et travail. n° 779. [en ligne]. Disponible sur : <http://www.travail-et-securite.fr/ts/en-images/779/en-images-779.html> [Visionné le 20 Juillet 2019].

RIBEIRO, J. et GOMES, J. (2015). Proposed Framework for End-of-life Aircraft Recycling. *Procedia CIRP*, [en ligne] 26, pp.311-316. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827114008610> [Visionné le 15 Novembre 2018].

ROBIN DES BOIS (2018). *A la Casse* [en ligne] 54. Disponible sur : http://www.robindesbois.org/wp-content/uploads/a_la_casse_54.pdf [Visionné le 8 Mars 2019].

SABAGHI, M., CAI, Y., MASCLE, C. et BAPTISTE, P. (2015). Sustainability assessment of dismantling strategies for end-of-life aircraft recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, [en ligne] 102, pp.163-169. Disponible sur :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344915300653> [Visionné le 2 Mars 2019].

SABAGHI, M., CAI, Y., MASCLE, C. et BAPTISTE, P. (2016). Towards a Sustainable Disassembly/Dismantling in Aerospace Industry. *Procedia CIRP*, [en ligne] 40, pp.156-161. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116001037> [Visionné le 15 Mai 2019].

SENAT. (2012). *Rapport*. [en ligne]. Disponible sur : <https://www.senat.fr/rap/l12-081/l12-0811.pdf> [Visionné le 10 Mars 2019].

SCHOYEN, H., BURKI, U. et KURIAN, S. (2017). Ship-owners' stance to environmental and safety conditions in ship recycling. A case study among Norwegian shipping managers. *Case Studies on Transport Policy*, [en ligne] 5(3), pp.499-508. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213624X17301700?via%3Dihub> [Visionné le 15 Mai 2019].

NGO SHIPBREAKING PLATFORM. (2019). *Shipbreaking : a dirty and dangerous industry*. [en ligne]. Disponible sur : <https://www.shipbreakingplatform.org/>. [Visionné le 19 Mai 2019].

STRID, A. *et al* (2014). Brominated flame retardant exposure of aircraft personnel. *Chemosphere*, [en ligne] 116, pp.83-90. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653514004226?via%3Dihub> [Visionné le 27 Avril 2019].

TARDIEU, A. (2009). Le démantèlement de la coque Q 790 et le droit international. *Annuaire français de droit international*, [en ligne] 55(1), pp.587-599. Disponible sur : https://www.persee.fr/doc/afdi_0066-3085_2009_num_55_1_4085 [Visionné le 9 Février 2019].

TRILLARD, A. (2012). *Projet de loi autorisant la ratification de la convention de Hong Kong pour le recyclage sûr et écologiquement rationnel des navires*. [en ligne] Commission des affaires étrangères, de la défense et des forces armées. Disponible sur : <https://www.senat.fr/rap/l12-081/l12-0811.pdf> [Visionné le 17 Décembre 2018].

VIOT, L. (2019). *Évaluation du potentiel de valorisation des réseaux de câbles électriques issus d'un aérodyne en fin de vie*. Maitrise. Ecole de Technologie Supérieure, Université du Québec.

WELAYA, Y., NABY, M. et TADROS, M. (2012). Technological and economic study of ship recycling in Egypt. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, [en

ligne] 4(4), pp.362-373. Disponible sur :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2092678216303557?via%3Dihub>
[Visionné le 13 Mai 2019].

YIN, J. et FAN, L. (2018). Survival analysis of the world ship demolition market. *Transport Policy*, [en ligne] 63, pp.141-156. Disponible sur :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0967070X17302615?via%3Dihub>
[Visionné le 16 Décembre 2019].

YU, I., YOO, C., CHUNG, Y., HAN, J., YHANG, S., YU, G. et SONG, K. (2004). Asbestos exposure among Seoul metropolitan subway workers during renovation of subway air-conditioning systems. *Environment International*, [en ligne] 29(7), pp.931-934. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412003000588?via%3Dihub>
[Visionné le 10 Février 2019].

YUJUICO, E. (2014). Demandeur pays: The EU and funding improvements in South Asian ship recycling practices. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, [en ligne] 67, pp.340-351. Disponible sur :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856414001803?via%3Dihub>
[Visionné le 20 Novembre 2018].

ZAHEDI, H., MASCLE, C. et BAPTISTE, P. (2015). A Conceptual Framework toward Advanced Aircraft End-of-Life Treatment using Product and Process Features. *IFAC-PapersOnLine*, [en ligne] 48(3), pp.767-772. Disponible sur :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896315004140> [Visionné le 28 Avril 2019].

ZHAO, Y. et CHANG, Y. (2014). A Comparison of Ship-Recycling Legislation Between Chinese Law and the 2009 Hong Kong Convention. *Ocean Development & International Law*, [en ligne] 45(1), pp.53-66. Disponible sur :
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00908320.2013.839157> [Visionné le 2 Décembre 2018].

Table des matières

Remerciements	2
Sommaire :	3
Introduction	1
1. Etat de l'art.....	4
1.1. Naval	4
1.1.1. Chiffres	5
1.1.2. Localisation.....	6
1.1.3. Réglementation.....	8
1.1.3.1. Convention de Bâle	8
1.1.3.2. Convention de Hong Kong	9
1.1.3.3. Europe.....	10
1.1.4. Echappatoire.....	11
1.1.4.1. Immersion / océanisation	11
1.1.4.2. Pavillon de complaisance / libre d'immatriculation	11
1.1.4.3. Abandon navire	12
1.1.5. Avant le début du démantèlement	12
1.2. Ferroviaire	14
1.2.1. Chiffres	14
1.2.2. Réglementation.....	15
1.2.3. Echappatoires.....	15
1.2.4. Avant le début du démantèlement	16
1.3. Aérien.....	16
1.3.1. Chiffres	17
1.3.2. Réglementation.....	19
1.3.2.1. Pamela Life	19
1.3.2.2. AFRA.....	20
1.3.3. Echappatoire.....	21

1.4. Autres.....	22
1.4.1. Hélicoptères.....	22
1.4.2. Camions, tracteurs routiers et remorques.....	22
1.4.3. Engins de chantier.....	22
1.4.4. Autobus et autocars.....	23
1.4.5. Equipements militaires.....	23
2. Déroulement du démantèlement.....	25
2.1. Prétraitement.....	25
2.1.1. Réemploi.....	25
2.1.2. Déchets dangereux.....	27
2.2. Démantèlement.....	29
2.3. Traitement des différentes fractions.....	30
2.3.1. Fractions métalliques.....	31
2.3.2. Déchets Dangereux.....	31
2.3.3. Déchets non métalliques.....	32
2.3.3.1. Bois.....	32
2.3.3.2. Plastiques.....	32
2.3.3.3. Verre.....	33
2.3.3.4. Rembourrages et textiles.....	33
2.3.3.5. Composite.....	33
3. Enjeux de la Qualité, l'Hygiène, la Sécurité et l'Environnement lors du démantèlement des gros porteurs.....	34
3.1. Sécurité et Hygiène.....	34
3.1.1. Sites.....	34
3.1.1.1. Intrusions.....	35
3.1.1.2. Certifications sécurité.....	35
3.1.1.2.1. Certification OHSAS 18 001.....	35
3.1.1.2.2. Certification MASE.....	36

3.1.2. Matériels	36
3.1.2.1. Documentations du matériel.....	37
3.1.2.1.1. Marquages de conformité européenne	37
3.1.2.1.2. Notices d'utilisation.....	37
3.1.2.1.3. Fiches d'instruction entreprise	38
3.1.2.2. Vérification générale périodiques	38
3.1.3. Humains	39
3.1.3.1. Coactivité	39
3.1.3.1.1. Entreprises extérieures.....	39
3.1.3.1.2. Utilisations d'engins de chantier	41
3.1.3.2. Environnement de travail.....	42
3.1.3.2.1. Travaux en hauteur.....	42
3.1.3.2.2. Espaces confinés.....	43
3.1.3.2.3. Proximités de l'eau	44
3.1.3.3. Utilisation de machines	44
3.1.3.3.1. Utilisation de machines électriques.....	44
3.1.3.3.2. Bruits	45
3.1.3.3.3. « Chalumages » / oxycoupages	46
3.1.3.4. Départs de feu / incendies / Explosions	46
3.1.3.5. Contacts avec l'amiante	47
3.2. Environnement	50
3.2.1. Autorisations du site	50
3.2.1.1. Rubrique 2712.....	50
3.2.1.2. Rubrique 2713.....	51
3.2.2. Certifications environnementale du site	52
3.2.3. Suivi des déchets.....	53
3.2.3.1. Certificats d'acceptation préalable	53
3.2.3.2. Bordereaux de suivi des déchets	54

3.2.3.3. Registres des déchets.....	54
3.2.3.4. Transports des déchets dangereux.....	54
3.3. Qualité.....	55
3.3.1. Certification ISO 9001.....	55
3.3.2. Traçabilités	56
3.3.3. Matières.....	57
3.3.3.1. Stratégie du démantèlement	57
3.3.3.2. Taux de traitement	58
Conclusion	59
Références	61
Table des matières	76
Table des illustrations	80
Glossaire.....	81

Table des illustrations

Figure 1 : Chantier de démantèlement naval (NAVALEO. n.d.).....	4
Figure 2 : ouvriers travaillant dans un chantier de démantèlement en Inde (NGO SHIPBREAKING PLATFORM, 2019)	7
Figure 3 : Gare de triage à Sotteville-les-Rouen (HERMANN. 2012).	14
Figure 4 : Chantier de démantèlement Tarmac Aérosave (DUMEZ. 2017).	16
Figure 5 : Broyage des métaux chez Baudalet Environnement (BAUDELET ENVIRONNEMENT. n.d.).	29
Figure 6 : Exemple de pelle hydrauliques équipé d'une cisaille en bout de flèche (DRIRE DU CENTRE. 2008).....	30
Figure 7 : Oxycoupage (RAVALLEC. 2017).....	30

Glossaire

AFRA : Aircraft Fleet Recycling Association.

APER : Association pour la Plaisance Eco-Responsable

CRAM : Caisse Régionale d'Assurance Maladie

ISO : International Organization for Standardization.

LIFE : L'Instrument Financier pour l'Environnement.

MARPOL : Marine Pollution.

MASE : Manuel d'Amélioration de la Sécurité des Entreprises.

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques.

OHSAS : British Standard Occupational Health and Safety Assessment Series.

ONU : Organisation des Nations Unies.

PAMELA : Processus de gestion avancée de la fin de vie des aéronefs.

SNCF : Société Nationale des Chemins de Fer français.

TGV : Train à Grande Vitesse.

UE : Union Européenne.

Lisa COUILLET

Les enjeux de la qualité, l'hygiène, la sécurité et l'environnement dans le démantèlement des gros porteurs

Les **gros porteurs**, c'est avant tout des engins connus de tous : avions, trains, bus, etc. Des engins essentiellement conçus pour leur phase d'utilisation. Mais que se passe-t-il lors de leur fin de vie ? Quel est leur nombre ? leur composition ? ou encore quelle réglementation s'applique pour chaque engin ? De ces questionnements, il ressort un manque global de réglementation mondiale et européenne de l'activité. Ce vide réglementaire est un frein majeur pour le développement de cette filière. Pourtant le **démantèlement** contribue au développement durable et à la conservation des ressources naturelles, tout en ayant une valeur économique parfois non négligeable. Globalement, tous les **gros porteurs** sont tous démantelés de la même façon. Le mot « recycler » peut-être également employé car le **démantèlement** consiste à réduire une structure en différentes fractions plus petites et bien plus facilement valorisables. Les **gros porteurs** sont majoritairement conçus en métal mais contiennent également du bois ou du textile facilement recyclable. Certaines matières sont plus contraignantes, car ces types d'engins contiennent des produits toxiques qui nécessitent une élimination spécifique. Cependant, la nature des opérations réalisées dans les installations de recyclage soulève des préoccupations relatives à la **qualité**, l'**hygiène**, la **sécurité** et l'**environnement**. Cette raison est double. En plus des matériaux et appareils économiquement réutilisables, les véhicules contiennent également des matières dangereuses. Ces matières étant dangereuses tant pour l'homme que pour l'environnement. La deuxième raison est la complexité des opérations et de la structure des engins qui engendre de multiples risques pour la santé des salariés. La **qualité**, l'**hygiène**, la **sécurité** et l'**environnement** est de plus le garant des attentes réglementaires relatives essentiellement au code du travail et environnement français.

Mots clés : **démantèlement, qualité, hygiène, sécurité, environnement, gros porteurs**

Challenges of Health, Safety, Quality and Environment in the dismantling of wide-body vehicles.

Wide-body vehicles are well known: planes, trains, buses, etc. They are mainly conceived for their intended use period. But what about their end-of-life? How many of them are concerned? What are they made of? And which rules can be applied for each type of vehicle? Out of these questions, it is possible to highlight a lack of International and European regulation regarding the dismantling of wide-body vehicles. This lack of regulation is the main slowing factor of this activity. However, dismantling is a sustainable activity and helps to preserve natural resources while having a great economical impact. Globally, all kind of wide-bodies can be dismantled in the same way and we can also use the word "recycling" for this as it consists in reducing a big object into smaller fractions of it which will be more easily recoverable. Wide-bodies are mainly made of metal but can also contain wood or plastic which can be easily recyclable. But some materials are more restrictive, as those vehicles can contain toxic products that need a specific elimination. The nature of the running operations in the dismantling and recycling installations brings issues concerning Health, Safety, Quality and Environment. There are two reasons for this. Indeed, in addition to the valorisable materials and spare parts, the vehicles contain dangerous products. Those products can either be dangerous for humans or for the environment. The second reason is that the complexity of the workplace for such an activity can have risks for the health of the employees. Furthermore, Health, Safety, Quality and Environment are crucial to fulfil the legal expectations of the French Labor Code and Environmental Code.

Key words: **dismantling, quality, health, safety, environment, wide-body**