



Enseignement de type long de niveau universitaire

# Comment accélérer l'intégration de l'économie circulaire au sein du processus de production de l'industrie automobile ?

Mémoire présenté par :  
**David LOUREIRO BARBOSA**

Pour l'obtention du diplôme de :  
**Master en sciences commerciales**  
Année académique 2021-2022

Promoteur :  
**Benoit PIRAUX**





Enseignement de type long de niveau universitaire

# Comment accélérer l'intégration de l'économie circulaire au sein du processus de production de l'industrie automobile ?

Mémoire présenté par :  
**David LOUREIRO BARBOSA**

Pour l'obtention du diplôme de :  
**Master en sciences commerciales**  
Année académique 2021-2022

Promoteur :  
**Benoit PIRAUX**

## Remerciements

A l'issue de ce mémoire, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont été impliquées de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

Je souhaite dans un premier temps remercier mon promoteur, Monsieur Benoît Piraux, responsable Unité Stages-Mémoire (USM) à l'ICHEC, sans qui je n'aurai certainement pas pu aller au bout de cette épreuve. Ses conseils et sa disponibilité m'ont très souvent permis de me dépasser et d'étendre mon champ de réflexion sur un sujet qui me tiens particulièrement à cœur.

Je désire aussi remercier toutes les personnes avec qui je me suis entretenu. Leur expertise dans le domaine de l'automobile m'ont sensiblement aidé à mieux comprendre le fonctionnement de l'industrie.

J'adresse également mes plus sincères remerciements à mes parents à et à mes amis pour leur soutien quotidien.

*« Tout est changement, non pour ne plus être mais pour devenir ce qui n'est pas encore. »*

*Épictète*

## Engagement anti-plagiat

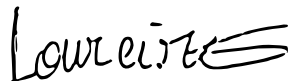
**« Je soussigné, LOUREIRO BARBOSA David, étudiant Master en sciences commerciales, déclare par la présente que le Mémoire ci-joint est exempt de tout plagiat et respecte en tous points le règlement des études en matière d'emprunts, de citations et d'exploitation de sources diverses signé lors de mon inscription à l'ICHEC, ainsi que les instructions et consignes concernant le référencement dans le texte respectant la norme APA, la bibliographie respectant la norme APA, etc. mises à ma disposition sur Moodle.**

**Sur l'honneur, je certifie avoir pris connaissance des documents précités et je confirme que le Mémoire présenté est original et exempt de tout emprunt à un tiers non-cité correctement. »**

**Dans le cadre de ce dépôt en ligne, la signature consiste en l'introduction du mémoire via la plateforme ICHEC-Student.**

**Date : 17/05/2022**

**Signature :**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Loureiro', followed by a stylized flourish.

## Table des matières

<b>Liste des figures .....</b>	<b>1</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>2</b>
<b>Méthodologie et limites .....</b>	<b>4</b>
<b>Chapitre 1 : L'économie circulaire .....</b>	<b>6</b>
<b>1. Le concept d'économie circulaire .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1. L'économie linéaire : un modèle économique daté ? .....</b>	<b>6</b>
1.1.1. Les impacts de l'économie linéaire .....	7
Impacts environnementaux.....	8
Impacts économiques .....	9
<b>1.2. L'économie circulaire : l'avenir de toutes les entreprises ? .....</b>	<b>10</b>
1.2.1. Origines et écoles de pensée .....	10
Origines .....	10
Écoles de pensée .....	12
1.2.2. Définition de l'économie circulaire et ses 7 piliers .....	14
Définition .....	14
Les 7 piliers de l'économie circulaire.....	17
1.2.3. Avantages et inconvénients de l'économie circulaire pour une entreprise .....	22
Avantages de l'économie circulaire pour une entreprise.....	22
Inconvénients de l'économie circulaire pour une entreprise.....	24
<b>1.3. Conclusion intermédiaire du chapitre 1.....</b>	<b>26</b>
<b>Chapitre 2 : Les différents composants d'une voiture .....</b>	<b>28</b>
<b>2.1. Les aciers .....</b>	<b>28</b>
<b>2.2. Les polymères .....</b>	<b>29</b>
<b>2.3. Les composites .....</b>	<b>30</b>
<b>2.4. Le verre .....</b>	<b>31</b>
<b>2.5. Les alliages légers .....</b>	<b>31</b>
<b>2.6. Les cuivreux .....</b>	<b>32</b>
<b>2.7. Du changement dans les voitures électriques ? .....</b>	<b>33</b>
<b>2.8. Conclusion intermédiaire du chapitre 2.....</b>	<b>34</b>
<b>Chapitre 3 : L'économie circulaire appliquée à l'industrie automobile .....</b>	<b>35</b>
<b>3.1. L'industrie automobile : pur produit de la révolution industrielle .....</b>	<b>35</b>
3.1.1. Histoire et parcours de l'industrie automobile .....	35
3.1.2. Perspective historique des usines de production .....	36
3.1.3. L'enjeu des voitures "légères" .....	37
<b>3.2. La production automobile : fer de lance ou tendon d'Achille de l'économie circulaire ? .....</b>	<b>38</b>
3.2.1. Chaîne d'approvisionnement durable .....	39
3.2.2. Sourcing de métaux écoresponsables .....	41
3.2.3. Délai convenable dans l'approvisionnement de tous les matériaux et produits .....	43
3.2.4. Manufacture durable .....	44
3.2.5. Recyclage des déchets et facilité des retours de produits en fin de vie.....	45
3.2.6. Approvisionnement durable de sources d'énergie .....	51
<b>3.3. La voiture "type" de l'économie circulaire .....</b>	<b>53</b>

3.4. Conclusion intermédiaire du chapitre 3.....	54
<b>Chapitre 4 : Analyse des usines de production automobile présentes en Belgique .....</b>	<b>56</b>
4.1. Belgique .....	56
4.1.1. Audi Brussels .....	56
Présentation de l'usine.....	56
Innovations proposées par l'usine.....	57
4.1.2. Volvo Gent.....	61
Présentation de l'usine.....	61
Innovations proposées par l'usine.....	61
4.2. Conclusion intermédiaire du chapitre 4.....	64
<b>Chapitre 5 : Analyse PESTEL et SWOT de l'industrie automobile.....</b>	<b>65</b>
5.1. Analyse PESTEL .....	65
5.1.1. Politique .....	65
5.1.2. Économie.....	66
5.1.3. Social .....	66
5.1.4. Technologie .....	67
5.1.5. Environnement.....	67
5.1.6. Légal .....	68
5.2. Analyse SWOT .....	69
5.3. Conclusion intermédiaire du chapitre 5.....	70
<b>Chapitre 6 : Les recommandations pour accélérer l'intégration de l'économie circulaire dans le processus de production au sein de l'industrie automobile.....</b>	<b>71</b>
6.1. Au niveau des constructeurs .....	71
6.1.1. Mise en place d'un département circulaire .....	71
6.1.2. Avoir une meilleure maîtrise du réseau de fournisseurs .....	72
6.1.3. Investir durablement dans les infrastructures .....	73
6.2. Au niveau des gouvernements .....	74
6.2.1. Octroyer des facilités de financement circulaire.....	74
6.2.2. Créer une instance de certification circulaire .....	74
6.2.3. Instaurer des normes de recyclage obligatoire aux constructeurs .....	75
6.2.4. Adapter le système de compensation carbone.....	75
6.3. Conclusion intermédiaire du chapitre 6.....	76
<b>Conclusions générales .....</b>	<b>78</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>80</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

## Liste des figures

Figure 1 : Schéma du modèle d'extraction, fabrication, distribution, consommation et fin de vie issu de l'économie linéaire, Green Got, (2021)

Figure 2 : Prédiction de l'Overshoot Day par pays pour 2022, Earth Overshoot Day, (2022)

Figure 3 : Schéma de l'économie circulaire, Fondation Ellen MacArthur, (2022)

Figure 4 : Les 7 piliers de l'économie circulaire basés sur l'offre, la demande et la gestion des déchets, ADEME, (2022)

Figure 5 : Ligne du temps des éléments importants de l'économie circulaire, (2022)

Figure 6 : Répartition des émissions de CO2 par mode de transport dans le monde, Greenpeace, (2021)

Figure 7 : Chaîne de valeur de l'industrie automobile, Capgemini, (2022)

Figure 8 : Ligne du temps de l'industrie automobile et prévision quant à la circularité, (2022)

Figure 9 : Site d'Audi Brussels, Audi Brussels, (2022)

Figure 10 : Quantité de déchets produits par Audi entre 2017 et 2020, Audi Brussels, (2021)

Figure 11 : Quantité de CO2 produit par les différents Volvo XC40 tout au long de leurs cycles de vie, Volvo Group, (2022)

Figure 12 : Analyse SWOT de l'industrie automobile, (2022)



## Introduction

Dans les rues de Bruxelles et du monde entier, des millions de voitures circulent chaque jour. Parfois neuves, parfois d'occasion, l'efficacité de ce moyen de transport n'est plus à prouver. En effet, quoi de mieux qu'une voiture pour nous emmener d'un point A à un point B tout en alliant confort et liberté d'utilisation. Cependant, si sa praticité n'est pas à remettre en cause, la voiture et ses variantes sont souvent pointées du doigt à cause de la pollution qu'elle engendre, qu'elle soit environnementale, sonore ou visuelle.

L'industrie automobile telle qu'elle est connue est amenée à connaître de grands changements à l'avenir, entre l'électrification du parc automobile mondial, le besoin d'innovation constante qu'impose la demande et la raréfaction des ressources primordiales au bon fonctionnement d'un véhicule, la tâche n'est pas aisée.

Dans un contexte de crise sanitaire où les ventes ont drastiquement diminué, pas seulement à cause de la crise mais également à cause de la pénurie de semi-conducteurs qui a considérablement retardé le calendrier des charges de la plupart des constructeurs. Il y a matière à se demander quelle est la place d'une voiture dans notre société mais également s'il est viable de croire que ce véhicule puisse arriver au stade où il s'inscrit totalement dans le cadre de l'économie circulaire.

Entre la production, son utilisation, les matières premières qui sont utilisées dans la voiture, son combustible, ce qui est fait de la voiture en fin de vie et comment les déchets occasionnés par celle-ci sont traités, il y a beaucoup de sujets à aborder en très peu de temps et c'est pour cela que, dans le cadre de mon mémoire, je vais répondre à la question de recherche suivante :

*« Comment accélérer l'intégration de l'économie circulaire dans le processus de production de l'industrie automobile ? »*

Cette question de recherche me tient particulièrement à cœur car, étant grand fan du monde automobile en général mais surtout conducteur quotidien, l'avenir de l'industrie m'inquiète tant celle-ci fait face à diverses restrictions et voit l'étau se resserrer autour d'elle.

Afin de pouvoir répondre de manière optimale à ma question de recherche, le mémoire a été réparti en 6 chapitres.

Le premier abordera tout d'abord le concept d'économie circulaire ainsi qu'une analyse complète des éléments qui l'entourent.

Le deuxième chapitre analysera les différents composants qui se retrouvent dans une voiture afin de déterminer s'ils sont recyclables ou non et si recycler ces composants peut s'avérer rentable.

Le troisième chapitre appliquera le concept d'économie circulaire à l'industrie automobile afin d'avoir un premier jet sur les différentes initiatives appliquées par les différents constructeurs présents dans le monde.

Le quatrième chapitre analysera les différentes usines de production présentes en Belgique afin d'avoir une idée de ce qu'elles font ou pas afin de rentrer dans un contexte d'économie circulaire.

Le cinquième chapitre va se concentrer sur une analyse de l'environnement externe de l'industrie automobile. Pour cela, nous aurons recours à une analyse PESTEL mais cela ne s'arrête pas là. Nous analyserons également l'environnement interne de l'industrie à l'aide d'une analyse SWOT, cela nous permettra de savoir quelles sont les forces et les faiblesses de l'industrie ainsi que les opportunités et les menaces auxquelles elle pourrait être confrontée.

Le sixième et dernier chapitre proposera des recommandations à l'industrie afin d'accélérer l'intégration de l'économie circulaire au sein du processus de production de l'industrie automobile.

Ce mémoire a pour objectif d'apporter une feuille de route aux constructeurs souhaitant accélérer leur transition vers l'économie circulaire. Il permettra avant tout de déterminer quels sont les axes d'amélioration et comment s'y prendre pour opérer ce changement.

## Méthodologie et limites

Avant de commencer notre recherche, il convient de définir la méthodologie qui sera utilisée tout au long du travail. Il est également important de rappeler que malgré le fait que le Covid-19 ne se fasse plus autant ressentir qu'il y a un an ou deux, il a considérablement influé sur la façon dont ce mémoire a été élaboré.

Plusieurs éléments nous ont permis de rédiger ce mémoire. Il y a tout d'abord l'ensemble des connaissances qui ont été acquises au long du cursus à l'ICHEC qui m'ont permis d'avoir un œil critique sur chaque information qui était trouvée tout au long de mes recherches.

De nombreuses sources d'information m'ont aidé durant ce mémoire, parmi lesquelles, des sources scientifiques telles que *La jungle de l'innovation : comment survivre et prospérer ?* (2021) de Maniak, R et Mottis, N, et *Économie des ressources naturelles* de Rotillon, G.

Étant donné que l'industrie automobile évolue très rapidement, il était impératif que je sois à jour avec l'actualité. J'ai par conséquent consulté de nombreux articles et rapports officiels, l'industrie automobile étant assez transparente sur ses chiffres et ses innovations, j'ai pu obtenir de nombreuses informations sur le sujet.

Pour tenter de corroborer mes recherches ou d'avoir de plus amples informations sur le sujet, j'ai eu l'occasion d'interviewer un concessionnaire Renault qui souhaite garder son anonymat et qui aura pour nom d'emprunt Jean, X. J'ai également eu la chance de pouvoir échanger régulièrement avec un de mes anciens professeurs d'économie, Yannick Herman, qui apprécie particulièrement l'économie circulaire et qui a su m'éclairer sur de nombreux doutes qui persistaient.

Ne souhaitant pas m'arrêter là, j'ai entrepris les démarches afin de visiter les usines d'Audi Forest et de Volvo Gent. Cela m'aurait permis d'en savoir davantage sur le processus de production de ces deux entreprises. Malheureusement, il s'avère que les visites chez Audi sont suspendues jusqu'à nouvel ordre afin de limiter la propagation du Covid-19 chez les employés et celles chez Volvo ne sont autorisées que pour des groupes de 15 personnes.

Il y a fort heureusement eu des alternatives qui se sont offertes à moi, les deux marques disposant de rapports très complets sur les activités de leurs usines, cela m'a considérablement aidé dans ma recherche.

Le principal obstacle auquel je me suis frotté n'est autre que la récolte d'informations auprès de personnes qualifiées. Il a été très difficile d'entrer en contact avec certaines personnes ou entreprises. J'ai donc dû m'adapter et effectuer davantage de recherches sur le terrain.

## **Critique méthodologique :**

En prenant un peu de recul, j'aurai aimé avoir davantage d'informations sur les bénéfices qu'aurait un constructeur à adopter l'économie circulaire au sein de son processus de production. Il y a bien évidemment quelques indicateurs mais il est toujours compliqué d'avoir une idée claire et concise des bénéfices qu'il y a à tirer d'une économie encore relativement jeune.

J'aurai également apprécié avoir pu m'entretenir davantage avec des personnes ou experts dans le domaine. Cela m'aurait sans doute permis de m'orienter plus rapidement vers les freins au développement d'une économie circulaire dans l'industrie automobile.

Mon sujet était, par nature, assez vaste, il était compliqué de savoir quelle approche adopter ou où placer le curseur car il y a tellement d'éléments qui peuvent être amenés qu'on a tendance à se perdre dans cette multitude d'informations. Il m'aurait sans doute été plus bénéfique d'adopter une stratégie plus abordable en me concentrant exclusivement sur un seul point.

J'ai souvent émis des réserves sur la faisabilité d'un tel mémoire car l'industrie automobile est assez fermée au monde extérieur. Ces réserves se sont souvent avérées vraies malgré le fait que j'ai su m'adapter.

En conclusion, ce mémoire reprend différents aspects qui ont été vus lors de mes années passées dans le supérieur. Il aborde des thèmes tels que l'économie circulaire mais me permet également d'utiliser des outils tels que les analyses PESTEL ou SWOT. Ayant également suivi un an d'option supply chain lors de mon passage à l'EPHEC avant de venir à l'ICHEC, ce mémoire m'a particulièrement intéressé de ce point de vue-là.

Malgré tout cela, j'ai pris un grand plaisir à rédiger ce mémoire, j'espère que vous en prendrez tout autant lors de votre lecture

## Chapitre 1 : L'économie circulaire

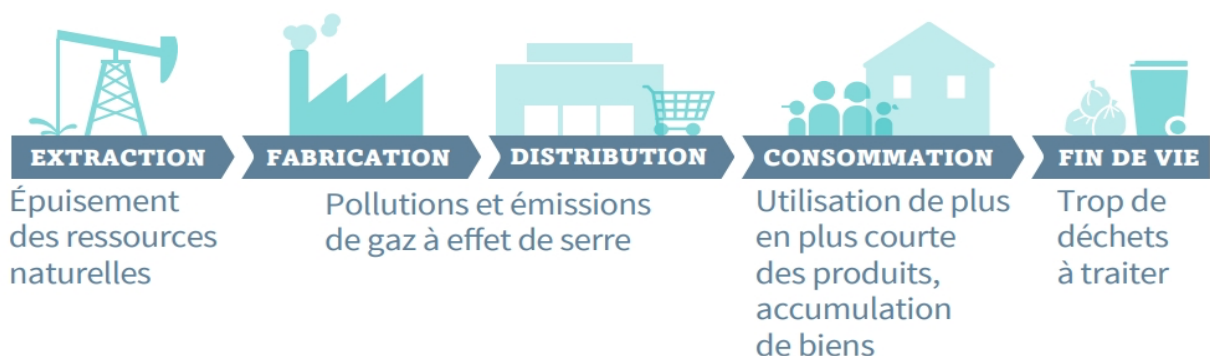
Ce chapitre va servir essentiellement à aborder les deux thèmes qui seront centraux à ma question de recherche : l'économie circulaire et l'industrie automobile. Si l'économie circulaire est souvent citée comme la solution miracle, il y a pour le moment peu d'entreprises qui appliquent ce modèle économique. L'industrie automobile est quant à elle un acteur primordial dans l'économie mondiale mais qui, comme je l'ai cité dans l'introduction, est soumise à de grands changements à venir. Ces deux éléments sont donc sous le feu des projecteurs et il est donc logique de les aborder dans ce mémoire.

Il sera introduit, dans un premier temps, ce qu'est l'économie linéaire et si ce modèle économique est toujours d'actualité dans les entreprises ou non. Dans un second temps, nous verrons ce qu'est l'économie circulaire et si ce modèle économique est l'avenir des entreprises. S'en suivra une analyse de l'industrie automobile pour savoir quel est son état actuel, quels sont les enjeux concrets auxquels elle est confrontée actuellement. Nous ferons ensuite un lien entre les deux éléments afin de vérifier si des acteurs de l'industrie automobile se tournent déjà vers l'économie circulaire.

### 1. Le concept d'économie circulaire

#### 1.1. L'économie linéaire : un modèle économique daté ?

Depuis plus d'un siècle, notre économie s'est principalement bâtie sur un modèle d'économie assez simple à comprendre. On crée un produit qui est consommé et jeté aussitôt. Il n'y a pas de réutilisation. Ce modèle économique est appelé économie linéaire.



*Figure 1 : Schéma du modèle d'extraction, fabrication, distribution, consommation et fin de vie issu de l'économie linéaire, Green Got (2021)*

Ce modèle économique est très souvent critiqué et contesté par les scientifiques et par la société en général car il est responsable de nombreux problèmes auxquels notre monde est confronté actuellement. Mais comment en sommes-nous arrivés là ?

Tout débute lors de la 1<sup>ère</sup> révolution industrielle vers la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle et la mécanisation des processus de production. Cette période est désignée comme un ensemble de phénomènes qui ont permis la transformation du monde moderne par le développement du capitalisme, de la technique, de la production et de la communication. (Révolution industrielle, 2021, Larousse)

S'en suit alors un élan de développement jamais connu auparavant. Les processus de production mécanisés deviennent la norme, la machine à vapeur et le charbon sont les principales sources d'énergie jusqu'en 1880 où débute la deuxième révolution industrielle.

Le charbon et la machine à vapeur font place à l'électricité et au pétrole. C'est une période de forte progression d'un point de vue technique et cela touchait tous les domaines.

Cette deuxième révolution est particulièrement importante car elle a permis une avancée majeure en termes de transports. L'état des routes s'est grandement amélioré et cela a été propice à l'avènement du véhicule individuel qui possède désormais sa propre industrie à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle. (CHAULIN C, 2021, qu'est-ce que la révolution industrielle ? GEO)

La figure 1 vient ici nous expliquer en quoi consiste le processus d'économie circulaire au sein d'une entreprise. Dans un premier temps, l'extraction des ressources a lieu, celles-ci sont limitées et ne se régénèrent pas instantanément, il faut veiller à ce qu'il y ait un certain équilibre afin de ne pas épuiser les ressources dont la Terre dispose. Viennent après la fabrication et la distribution du produit fini qui sont principalement responsables de fortes émissions de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>). Cela a pour conséquence d'abimer la couche d'ozone ainsi que de dérégler la biodiversité et le climat. L'étape de la consommation est le but de toute économie, c'est le symbole que le produit a été acheté et que l'entreprise a par conséquent obtenu de l'argent en échange. Le problème réside principalement dans le fait que la consommation devient de plus en plus rapide ou éphémère, ce qui a pour conséquence de créer beaucoup de déchets et c'est là que nous arrivons à la dernière étape de l'économie linéaire, la fin de vie. Les déchets ayant été accumulés au fil du temps doivent être traités mais leur quantité est tellement importante qu'il en devient pratiquement impossible de tout traiter. Il y a dès lors des failles qui se créent dans le système et cela engendre de la pollution, pollution qui nuit à la santé de nos habitants et de la biodiversité mondiale.

#### 1.1.1. Les impacts de l'économie linéaire

L'économie linéaire est encore au cœur de nombreux business models et cela n'est pas sans conséquences pour notre planète et ses habitants. De nombreux impacts ont été recensés et parmi eux : des impacts écologiques et économiques.

## Impacts environnementaux

Le premier impact est l'émission de gaz à effet de serre. L'économie linéaire étant principalement un processus d'optimisation du rendement de la production, plus on produit, plus on pollue. Les diverses industries ne dérogent pas à cette règle et polluent grandement notre planète par leurs activités. La conséquence directe du rejet des émissions à effet de serre n'est autre que le réchauffement climatique. Ce même réchauffement climatique a des conséquences directes telles que la hausse des températures, la hausse du niveau de la mer, la fonte des glaciers, le dégel du permafrost mais également des conséquences pour l'homme telles que l'augmentation des crises alimentaires et la prolifération des maladies. (MY CLIMATE, 2022)

Le deuxième impact est l'épuisement des ressources naturelles. Selon Global Footprint Network (2022), le earth overshoot day est défini comme le jour où la demande humaine en ressources excède ce que la terre peut offrir en ressources sur une année. C'est un indicateur très important car il permet de vérifier l'évolution globale de la consommation de nos ressources. Toujours selon Global Footprint Network (2022), le earth overshoot day arrive de plus en plus tôt au fil des années. Pour 2020, cet évènement a eu lieu le 22 août contre le 29 juillet en 2021. C'est très alarmant car cela signifie que passé cette date, nous puisons des ressources qui sont irrécupérables et endommageons notre écosystème de manière quasi permanente.

Bien que tous les pays ne soient pas dans le même panier, la tendance constatée est que la plupart des pays ont un overshoot day qui arrive relativement tôt dans l'année. Une corrélation peut être faite entre la rapidité de l'overshoot day et le niveau de développement d'un pays. Plus un pays est développé, plus son overshoot day aura tendance à arriver tôt bien qu'il existe des exceptions. (Banque mondiale, 2022)



Figure 2 : Prévission de l'Overshoot Day par pays pour 2022, earth overshoot day, ( 2022)

Le troisième impact est la création de déchets. Comme expliqué lors de l'introduction de ce chapitre, l'économie linéaire est une économie où la réutilisation n'est pas mise en avant, dès lors, la création de déchets est inévitable à cause du manque de recyclage, de revalorisation énergétique des déchets et du gaspillage occasionné dans les des différents processus de production. (COLLARD. F, 2021)

Ces déchets polluent nos océans, nos terres et deviennent problématiques dans la mesure où, au sein de l'Union Européenne, 32,5% des déchets sont recyclés, 42,6% est réintroduit dans la valorisation énergétique (production d'énergie via la combustion de déchets) et 24,9% sont enfouis et laissés dans de vastes champs arides. (Parlement européen, 2021)

Le problème est que en étant incinéré ou enfoui, le traitement des déchets pose toujours problème s'il n'est pas réintroduit dans la chaîne de valeur d'une économie. Les incinérer génère des gaz à effet de serre, ce qui contribue au réchauffement climatique de la planète et les enfouir génère de la pollution des sols et des eaux. Il est dès lors urgent de trouver une solution viable en ce qui concerne le traitement des déchets afin de limiter leur impact à long-terme.

### Impacts économiques

Selon l'OCDE (2019), l'utilisation matérielle de nos ressources aura doublé d'ici 2050, ce qui signifie que ces mêmes ressources vont devenir de plus en plus rare au point où avoir des fruits de saison pourrait devenir un luxe que peu de personnes pourraient se permettre.

Le premier impact est donc la fluctuation des prix des ressources et des matières premières. L'offre n'arrivant plus à suivre la demande, les prix augmenteraient considérablement, ce qui ne serait pas bénéfique pour les clients.

Le second impact est le coût, en effet, étant donné que les déchets ne sont pas réintroduits dans la chaîne de valeur d'une entreprise dite linéaire, cela génère des coûts de traitement et amène à une surconsommation de matières premières qui n'est aucunement bénéfique pour l'entreprise étant donné que ses coûts augmentent à cause du manque d'optimisation de l'utilisation des matières premières.

L'exploitation des ressources épuisables amène également un coût à l'entreprise étant donné qu'elles coutent cher à extraire et cela ne risque pas de s'améliorer au vu de la rareté grandissante de celles-ci. (Rotillon. G, 2019)

Le troisième et dernier impact économique n'est autre que le problème lié à l'approvisionnement. Les ressources ne sont pas réparties de manière équitable à travers le monde (oranges d'Espagne, noix de coco, gaz, cobalt, etc) et cela signifie qu'une dépendance existe entre les pays en fonction de leurs ressources. Dans un modèle où la raréfaction des ressources est une réalité, un pays producteur pourrait parfaitement décider d'arrêter ses exportations ou augmenter les prix à sa guise. Cela pourrait avoir pour conséquence l'arrêt



définitif de secteurs qui dépendent exclusivement d'un type de matière première ou encore dans le pire des cas, des guerres afin de pouvoir prélever ces mêmes matières premières si elles ont suffisamment de valeur.

Il semblerait que, face à tous les éléments qui ont été présentés ci-dessus, l'économie linéaire soit une économie datée et responsable de nombreux errements de notre société. L'appât du gain ayant toujours pris le dessus sur les limites de notre planète, il est difficile d'imaginer que nous, en tant que société, avons laissé cela arriver et n'avons rien fait pour y remédier pendant de très longues années.

Les temps sont cependant tout autres aujourd'hui et l'engouement autour de cette économie a clairement disparu. Il faut faire place à du nouveau et repenser le fonctionnement de toute notre économie et ce qui l'entoure.

Nous assistons dès lors petit à petit à l'émergence d'un nouveau modèle économique.

## 1.2. L'économie circulaire : l'avenir de toutes les entreprises ?

L'économie de notre avenir étant amenée à changer de visage, il se pourrait bien que ce changement se produise grâce à l'économie circulaire. C'est une économie qui se veut régénérative et non destructrice comme l'était et l'est encore l'économie linéaire. Elle privilégie avant tout le bon usage des ressources dans le respect de ce que la Terre a à nous offrir. On pourrait croire que l'économie circulaire se rattache exclusivement à l'environnement mais ce n'est pas le cas, il y a tout une multitude d'enjeux qui sont pris en compte dans l'économie circulaire, qu'ils soient environnementaux, sociaux ou économiques.

C'est un modèle qui est encore relativement récent et qui n'est pas compris de tous, c'est pour cela que, dans un premier temps, nous allons aborder les origines de l'économie circulaire mais également voir de manière générale quelles sont les différentes écoles de pensée qui ont façonné l'économie circulaire.

### 1.2.1. Origines et écoles de pensée

#### Origines

Bien que l'économie circulaire ait une apparence toute neuve et innovante, il faut dire que cette notion ou plutôt les éléments qui la constituent existent déjà depuis quelques décennies.

La première fois qu'une idée de circularité des flux a été mentionnée remonte à 1966 avec Kenneth Boulding et son livre « *The economics of the coming spaceship earth* ». Il y préconisait

que l'homme devrait créer un système cyclique qui serait capable de reproduire continuellement toute forme de ressource matérielle. (AGGERI, 2018)

S'en suit après l'apparition des premiers modèles économiques circulaires en 1972 avec le club de Rome, un groupe de scientifiques et d'économistes issus d'une cinquantaine de pays et motivés par les idées qui émanaient du livre de Boulding. Le résultat ne fut autre que le très célèbre rapport Meadows appelé « *Les limites à la croissance* ».

Il s'agit là d'un argumentaire solidement construit qui visait à permettre la création d'un modèle de production où la croissance économique issue de la production n'était plus associée à des répercussions environnementales. En d'autres mots, un modèle où la croissance n'impliquait pas nécessairement la destruction des ressources. (BEAULIEU, 2016)

Les années 80 ont marqué une avancée majeure, en effet, de nombreux pays ont commencé à mettre en place des agences pour la gestion des déchets mais pas seulement. Le terme "économie circulaire" apparaît officiellement pour la première fois en 1990 dans un ouvrage de David W. Pearce et R. Kerry Turner intitulé « *Economics of the natural resources and the environment* ». (Orée, 2021)

Dans le cas de la France, l'agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie ou ADEME est créée un an plus tard. Son objectif est d'accompagner les entreprises, les personnes et les pouvoirs publics dans la transition écologique. (ADEME, 2022)

Depuis lors, l'économie circulaire n'a cessé de croître et cela n'a fait que s'amplifier en 2010 avec la création de la fondation Ellen MacArthur. Elle stipule par ailleurs que « *La Fondation Ellen MacArthur s'est donnée pour mission d'accélérer la transition vers l'économie circulaire. Organisation influente, la Fondation est parvenue en quelques années seulement à placer l'économie circulaire à l'ordre des priorités des dirigeants d'entreprises, des gouvernements et de la recherche universitaire sur la scène internationale.* ». (Fondation Ellen MacArthur, 2017)

Ce n'est pas la seule organisation à traiter de l'économie circulaire dans le monde, au niveau local, on peut notamment citer IRISPHERE en Belgique qui est un organisme qui accompagne les entreprises souhaitant évoluer dans une démarche d'économie circulaire.

On peut voir que l'économie circulaire, bien qu'assez récente, est un concept dont les idées véhiculées font déjà débat depuis de larges années. Nous allons maintenant voir quelles sont les différentes écoles de pensée de l'économie circulaire.

## Écoles de pensée

L'économie circulaire ne s'est pas développée seule, il y a eu des entreprises qui, grâce à leurs innovations, ont été capables de permettre des avancées majeures dans le domaine.

La fondation Ellen MacArthur (2022) a recensé pas moins de six écoles de pensées différentes qui vont être définies et expliquées ci-dessous afin de permettre une meilleure compréhension des préceptes qui entourent le concept d'économie circulaire.

### o Économie régénérative

L'économie régénérative est définie comme un processus qui vise à restaurer, à réutiliser et à relancer les matières et/ou sources d'énergie qui sont nécessaires à la production d'un bien ou service. Ces éléments permettraient aux entreprises d'être économiquement stables mais également d'être aptes à répondre aux demandes et besoins de la société tout en respectant la structure et la limite des ressources que la nature a à nous offrir. (LYLE, 1970)

Ce sera là la pierre angulaire de ce qu'est l'économie circulaire étant donné que celle-ci est basée sur la réutilisation mais également sur l'optimisation des ressources.

### o Économie de la performance

L'économie de la performance a vu le jour en 1976 avec Walter Stahel et Geneviève Reday et leur livre "The potential for substituting manpower for energy". Stahel a également fondé le Product Life Institute où il y effectue des recherches sur l'extension de la durée de vie des produits et sur le reconditionnement. Elle s'oppose par ailleurs à l'obsolescence programmée qui est un des moteurs de l'économie linéaire. Selon ECOCONSO, « *c'est l'ensemble des stratégies des fabricants pour limiter la durée de vie de leurs produits et pousser à ce qu'on les remplace plus rapidement.* »

L'économie de performance ou économie de la fonctionnalité s'appuie principalement sur le fait qu'il faille augmenter la durée de vie d'un produit afin de diminuer les déchets qui sont occasionnés lors des processus de production mais également afin d'avoir une meilleure maîtrise des ressources. (STAHHEL, 1976)

Cette économie va être axée sur la location, la proposition de services ainsi que toutes ses variantes. Il est donc de l'intérêt de l'entreprise qui loue un produit de bien entretenir son bien afin d'augmenter la durée de vie de celui-ci car le produit appartient à l'entreprise et non pas au client qui paye pour l'usage d'un bien et non pour son achat.

Selon l'agence de l'environnement et de la maîtrise des technologies, « *L'économie de la fonctionnalité établit une nouvelle relation entre l'offre et la demande qui n'est plus*

*uniquement basée sur la simple vente de biens ou de services. La contractualisation repose sur les effets utiles (bénéfices) et l'offre s'adapte aux besoins réels des personnes, des entreprises et des collectivités ainsi qu'aux enjeux relatifs au développement durable. » (ADEME, 2021)*

Se révélant comme un moyen efficace d'appliquer une sorte d'économie circulaire à coûts réduits pour l'entreprise. L'économie de la performance a su conquérir un bon nombre d'entreprises telles que Michelin ou Xerox qui l'appliquent dans leur business model et qui louent leurs produits aux clients désireux.

- Cradle to Cradle

Dans la lancée de ce qui avait été fait pour Stahel et Reday, le chimiste allemand Michael Braungart et l'architecte américain Bill McDonough ont effectué des recherches sur le concept de Cradle to Cradle ou du berceau au berceau en français.

Le postulat du concept de Cradle to Cradle est simple : Toute chose est une ressource pour autre chose, utilisez de l'énergie propre et renouvelable et célébrez la diversification. (MBDC, 2022)

En d'autres termes, un produit qui n'est plus utilisé peut devenir une ressource dans la production d'un autre produit. En agissant de cette manière, les déchets sont supposément amenés à disparaître sur le long-terme étant donné qu'ils seront constamment réintroduits dans la chaîne de valeur.

Braungart et McDonough ont même été plus loin en créant une certification C2C qui est délivrée aux entreprises qui arrivent à adopter un système Cradle to Cradle dans la production d'un produit. Le dernier exemple en date est celui de C&A qui est parvenu à produire un jeans en adoptant à 100% la méthode C2C. (MBDC, 2022)

- Écologie industrielle

Le principe d'écologie industrielle est en quelque sorte une extension du Cradle to Cradle tout en étant un peu plus détaillé.

Concrètement, selon Claude Maheux-Picard, « *L'écologie industrielle, deux mots qui n'ont pas à s'opposer, est un concept inspiré des cycles de la nature où aucune ressource n'est gaspillée. Un système industriel respectant ce principe tend vers le zéro déchet et un usage judicieux de toutes ses ressources : matérielles, énergétiques, voire même humaines. Un modèle économique respectant ce principe met en œuvre une économie dite circulaire, qui s'efforce de réduire son empreinte environnementale tout en contribuant au bien-être global des individus et des collectivités.* » (MAHEUX-PICARD, 2020)

Ce principe s'inscrit à 100% dans le concept d'économie circulaire.

### ○ Biomimétisme

Le terme biomimétisme a été défini pour la première fois dans le livre de Janine Benyus intitulé "Biomimicry : innovation inspired by nature" paru en 2002. Selon Benyus, le biomimétisme est une nouvelle discipline qui étudie les meilleures idées de la nature, s'inspire de ses techniques et procédés pour résoudre des problèmes humains. (Benyus, 2002)

En d'autres mots, l'homme va s'inspirer de la nature pour créer des systèmes de fonctionnement. Par exemple, Shell s'est récemment inspiré de la nature pour parfaire leur processus d'extraction de gaz mais également pour rendre l'huile plus propre. (Biomimicry, 2022)

Bien qu'il soit complexe à mettre en pratique dans un cas d'application particulier, le biomimétisme n'est pas impossible à mettre en place et s'inspirer de la nature ne pourrait que nous être bénéfique. Cela apporterait un côté innovant à nos industries et entreprises ainsi qu'une valeur ajoutée aux yeux des consommateurs, le tout en respectant notre environnement et les ressources limitées que notre planète a à nous offrir.

### ○ Économie bleue

L'économie bleue a été initiée par l'ancien PDG d'Ecover, Gunter Pauli dans un rapport qui regroupait des études de cas et qui a été remis au club de Rome. Il stipulait que *« c'est là où le meilleur pour la santé et l'environnement est le moins cher et où les nécessités de la vie sont gratuites grâce à un système local de production et de consommation qui fonctionne avec ce que vous avez. »* (The blue economy, 2015)

Ce concept s'appuie principalement sur les ressources locales et préconise, comme la plupart des concepts cités jusque maintenant, la réintroduction des déchets dans le processus de production afin de limiter les déchets ainsi que la pollution.

Maintenant que nous avons vu les différentes écoles de pensée de l'économie circulaire, nous sommes maintenant aptes à apporter une définition claire et concise sur l'économie circulaire mais également à voir comment elle est constituée.

#### 1.2.2. Définition de l'économie circulaire et ses 7 piliers

##### Définition

L'économie circulaire est un concept qui n'a pas vraiment de définition spécifique de par son vaste champ d'application. Malgré tout, au vu de son ampleur grandissante, il commence à y avoir un consensus autour de sa définition mais il est tout de même important de voir comment les différents pionniers en la matière la définissent.

Nous allons dès lors voir la définition de l'économie circulaire au travers des yeux de la fondation Ellen MacArthur et de l'ADEME.

Tout d'abord, la fondation Ellen MacArthur définit l'économie circulaire comme suit : « Une économie circulaire est par nature restaurative et régénérative et tend à préserver la valeur et la qualité intrinsèque des produits, des composants et des matériaux à chaque étape de leur utilisation. Le concept distingue les cycles biologiques et techniques. Telle qu'envisagée à l'origine, l'économie circulaire est un cycle de développement positif continu qui préserve et développe le capital naturel, optimise le rendement des ressources et minimise les risques systémiques par la gestion des stocks et des flux de ressources. Un système qui demeure efficace quelle que soit l'échelle ». (Fondation Ellen MacArthur, 2022)

On comprend par-là que l'accent est mis sur un maintien de la qualité des produits mais également de la mise en valeur de tous les éléments qui entrent dans le processus de production de manière directe et indirect. On peut également constater que l'économie circulaire ne se concentre pas uniquement sur le produit en lui-même mais également sur tout ce qui l'entoure comme l'on peut le voir dans la figure suivante.

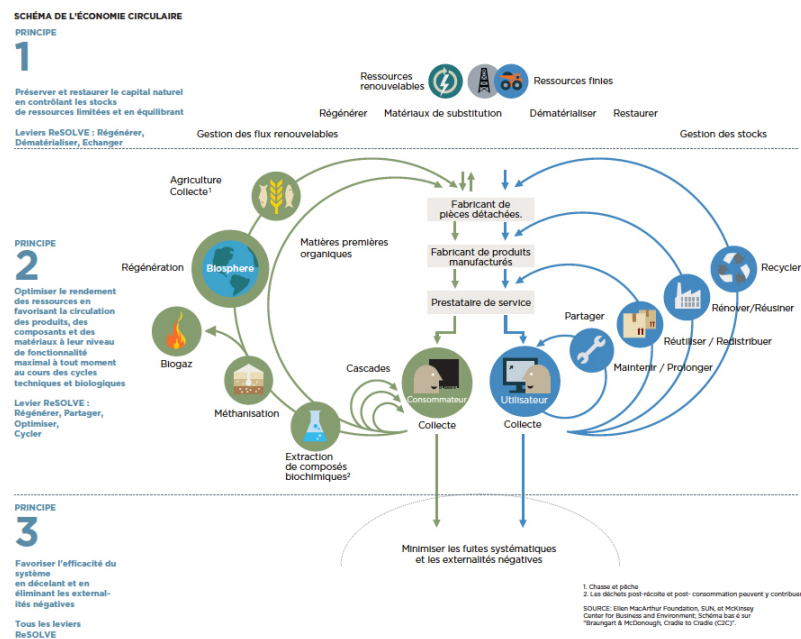


Figure 3 : schéma de l'économie circulaire, fondation Ellen MacArthur. (2022)

On voit via ce schéma que l'économie circulaire va bien au-delà du produit final, elle englobe plusieurs variantes qui doivent être prises en compte lors du processus de production.

Nous allons maintenant vérifier si la définition fournie par l'agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) diffère significativement de celle donnée par la fondation Ellen MacArthur.

Selon l'ADEME, l'économie circulaire se définit comme suit : « *l'économie circulaire peut se définir comme un système économique d'échange et de production qui, à tous les stades du cycle de vie des produits (biens et services), vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer l'impact sur l'environnement tout en développant le bien être des individus* ». (ADEME, 2022)

On voit là que cette définition, bien que plus concise que celle fournie par la fondation Ellen MacArthur, véhicule les mêmes idées et s'appuie grandement sur la diminution de notre impact environnemental dans le processus de production. Elle rajoute cependant une vertu sociale à l'économie circulaire qui n'était pas mentionnée dans la définition précédente. En effet, le bien-être des individus est ici mis en avant et jugé primordial pour le bon déroulement d'une économie circulaire.

Le gouvernement belge met également un point d'honneur sur l'économie circulaire et propose sa propre définition de l'économie circulaire. Il dit donc sur son site que : « *L'économie circulaire est un système économique et industriel visant à maintenir les produits, leurs composants et les matériaux en circulation le plus longtemps possible à l'intérieur du système, tout en veillant à garantir la qualité de leur utilisation. L'économie circulaire s'oppose en cela à l'économie linéaire qui se débarrasse des produits et matériaux en fin de vie économique* ». (Belgium, 2016)

On voit là qu'il y a un contraste qui se fait entre l'économie linéaire et l'économie circulaire. Il est ici surtout question de prolongation de la durée de vie des produits et de ses composants.

Grâce à ces trois définitions, nous pouvons affirmer que l'économie circulaire se veut disruptive. Le profit n'est plus l'objectif suprême mais il n'est toutefois pas à exclure, une ressource n'est pas considérée comme quelque chose d'illimité mais plutôt comme quelque chose qui peut être utilisé dans les limites de ce qu'elle a à nous offrir. Le bien-être n'est plus exclu et est même introduit dans la chaîne de valeur d'une entreprise.

Bien qu'un consensus n'ait pas encore été trouvé en ce qui concerne la définition, on voit ici que les idées véhiculées sont très semblables et que l'essentiel de ce qu'est l'économie circulaire s'y retrouve.

Nous allons dès à présent nous attarder sur les 3 domaines d'application de l'économie circulaire ainsi que des 7 piliers qui la régisse.

## Les 7 piliers de l'économie circulaire

Avant d'expliquer quoi que ce soit, il y a lieu de d'abord prendre connaissance des 3 domaines et des 7 piliers qui constituent l'économie circulaire dans sa plénitude.

### L'économie circulaire 3 domaines, 7 piliers



Figure 4 : Les 7 piliers de l'économie circulaire basés sur l'offre, la demande et la gestion des déchets, ADEME, (2022)

Si l'on devait effectuer une comparaison entre le schéma de l'économie linéaire et celui de l'économie circulaire, la première chose qui nous viendrait à l'esprit est la forme de ceux-ci. On voit tout de suite que ce schéma est basé sur la réutilisation et de renouvellement tandis que celui de la figure 1 montre clairement qu'il n'y a plus rien après l'utilisation effective d'un produit.

Là où l'économie linéaire s'inscrivait dans un processus de produire-consommer-jeter, l'économie circulaire s'inscrit plutôt dans un processus de produire-consommer-réutiliser.

Les trois domaines de l'économie circulaire sont l'offre des acteurs économiques, la demande et comportement des consommateurs et le recyclage. On voit par-là qu'une certaine expansion commence à avoir lieu car, si avant, l'économie circulaire prenait surtout en compte le processus de production et le traitement des déchets, il prend désormais en compte le consommateur et son rapport au produit. C'est une avancée majeure car les entreprises ne sont rien sans la demande mais elles ont également le pouvoir d'influencer cette même demande. Les habitudes de consommation doivent changer, sans quoi l'économie circulaire ne sera jamais viable.



### ○ L'approvisionnement durable

L'ADEME entend par approvisionnement durable « *Le mode d'exploitation/extraction des ressources visant leur exploitation efficace en limitant les rebuts d'exploitation et l'impact sur l'environnement pour les ressources renouvelables et non renouvelables* ». (ADEME, 2019)

C'est un fait connu, nous consommons plus de ressources que ce qu'il en existe (cf p.6), il est donc primordial de savoir s'adapter et d'ainsi diminuer notre consommation ou plutôt de s'approvisionner de manière intelligente et durable. Selon Ecovadis, l'approvisionnement durable intègre également des facteurs de performance sociale et éthique dans le processus de sélection des fournisseurs, sans oublier les facteurs environnementaux. Il faut donc sélectionner ses fournisseurs en fonction de leur code éthique, de leur impact écologique mais également des conditions de travail qu'ils fournissent.

L'approvisionnement durable doit donc prendre en compte tous les éléments qui ont été cités ci-dessus mais il est difficile de mettre en œuvre tout cela, c'est pourquoi l'ADEME fournit quelques initiatives à prendre au plus vite afin de limiter l'impact de notre exploitation des ressources : exploiter les ressources renouvelables tout en tenant compte de leur capacité de renouvellement, remettre en état identique un site d'exploitation après notre passage, privilégier les ressources issues du recyclage et qui minimisent notre impact environnemental.

Il faut davantage se concentrer sur ce qui est disponible et non pas sur l'augmentation constante de notre exploitation.

### ○ L'écoconception

L'ADEME définit l'écoconception comme étant une « *Démarche créative, source d'innovation et de différenciation, l'écoconception constitue une approche positive de l'environnement et un levier de création de valeur* ». (ADEME, 2021)

Dans les grosses lignes, elle intègre l'environnement dans le processus de production d'un produit. Lorsqu'un produit est éco-conçu, l'entreprise doit être capable de fournir des preuves que ses démarches ont été effectuées dans un contexte d'écoconception.

Selon l'ADEME, « *L'écoconception permet d'identifier de nouveaux axes de création de valeur pour ses produits et offre un triple bénéfice au dirigeant d'une entreprise : le patrimoine en augmentant la valeur de sa société (résultats, images); les clients en répondant davantage à ses attentes et en proposant des produits innovants; la valeur éthique en intégrant les notions de responsabilité sociétale de l'entreprise.* »

Adopter l'écoconception au sein de son entreprise et de son processus de production peut donc apporter une certaine valeur ajoutée aux yeux de la clientèle.

- L'écologie industrielle et territoriale

Ce concept avait déjà été abordé dans la partie sur les différentes écoles de la pensée de l'économie circulaire mais nous allons ici faire un petit rappel.

Selon YouMatter, « *L'écologie industrielle se caractérise par un processus intégré, partie prenante d'une stratégie globale de management environnemental. En cela, elle va plus loin que les actions classiques qui traitent isolément les différentes problématiques en jeu : efficacité énergétique, dépollution, recyclage et autres* ». (YouMatter, 2021)

L'aspect territorial est ici important car c'est au niveau du bassin industriel national que se trouve toutes les opportunités d'écologie industrielle. La gestion des ressources est l'élément clé d'une bonne écologie industrielle mais il faut également prendre en compte la productivité de son entreprise qui tend à améliorer lorsque nous adoptons l'écologie industrielle.

L'ADEME met également en avant le fait qu'il faille créer des synergies entre les entreprises du territoire afin d'accentuer la coopération et de permettre la valorisation et l'échange des ressources dans les limites de ce qu'elles ont à nous offrir.

Si l'écologie industrielle a un impact bénéfique indéniable sur l'environnement, elle a aussi un impact bénéfique sur l'entreprise qui la pratique car cette pratique permet de réaliser des économies et donc d'accroître son bénéfice, sans oublier que l'entreprise va étendre son réseau. Les ressources étant échangées entre les entreprises, il y a moins de déchets qui sont créés durant le processus.

L'écologie industrielle est donc une solution assez réaliste axée sur le partage de savoir et de ressources ainsi que sur l'optimisation de l'utilisation des ressources. Dans un monde où les diverses industries sont souvent pointées du doigt, adopter ce type de stratégie ne serait pas inutile.

- L'économie de la fonctionnalité

L'économie de la fonctionnalité est également un concept qui a été abordé dans la partie sur les écoles de la pensée mais il est toujours bon de rappeler ce que c'est.

Selon l'Orée, « *L'économie de la fonctionnalité consiste à fournir aux entreprises, individus ou territoires, des solutions intégrées de services et de biens reposant sur la vente d'une performance d'usage ou d'un usage et non sur la simple vente de biens* ». (Orée, 2017)

On va donc ici privilégier la valeur d'usage plutôt que la valeur de possession. Il est assez intéressant de voir que ce phénomène est déjà fortement répandu au sein de la société car d'une part, elle permet de répondre aux besoins de la demande mais, d'autre part, elle permet également aux clients de préserver leur pouvoir d'achat étant donné qu'ils ne vont pas devoir investir des montants considérables pour répondre à leurs besoins.

De plus, elle permet à l'entreprise qui intègre ce type d'économie d'être en mesure de mieux suivre l'évolution de la demande afin d'adapter son offre. Là où elle se distingue des autres piliers, c'est que cette démarche se fait toujours dans une quête de bénéfice et cela sort un peu des fondements de l'économie circulaire.

L'économie de fonctionnalité est mise en place via la contractualisation de l'usage d'un bien, on peut par exemple citer Michelin qui loue l'usage de ses pneus. Le client paiera son usage au kilomètre mais sera en contrepartie assuré que le produit qu'il utilise est bien entretenu.

Ce type d'économie demeure important dans un contexte d'économie circulaire car il privilégie le partage d'utilisation aux achats individuels qui ont souvent pour conséquence d'être bien plus néfaste pour l'environnement.

- La consommation responsable

Après avoir vu les 4 piliers du domaine de l'offre, c'est-à-dire tout ce qui relatif à ce que les entreprises peuvent faire, nous allons maintenant basculer sur le domaine de la demande, c'est-à-dire, ce que le consommateur peut faire de son côté pour être dans une démarche d'économie circulaire.

Le premier élément n'est autre que la consommation responsable. Elle est définie par YOUTAMATTER comme étant « *un mode de consommation qui prend en compte les critères du développement durable, c'est-à-dire une consommation qui soit à la fois respectueuse de l'environnement, bénéfique pour l'économie (notamment locale), bonne pour la santé, mais aussi positive pour la société* ». (Youmatter, 2019)

Il est de la responsabilité du consommateur de s'informer sur les produits qu'il achète, en découvrir la provenance, son impact sur l'environnement, les conditions de travail qui sont fournies aux travailleurs de l'entreprise.

Une manière pour le consommateur de s'assurer que le produit qu'il achète est issu de l'économie circulaire est via un label, c'est une étiquette apposée sur un produit qui atteste que la production d'un bien est issue de l'économie circulaire. L'ADEME se charge de distribuer des labels à des départements en France mais il n'y a en Belgique pour l'instant aucune entité qui s'en charge. Il y a cependant des entreprises qui apposent elles-mêmes leur label afin de le montrer au consommateur. C'est le cas de l'entreprise SCHRÉDER, qui vend des lampes et

qui a créé le label Circle Light qui atteste que leur luminaire a été produit en respectant 12 critères de circularité répartis entre 5 catégories comme la performance, la maintenance, la remise à neuf, l'assemblage non destructif et le recyclage. (Schröder, 2022)

Le consommateur doit également mieux consommer, c'est-à-dire qu'il doit créer le moins de déchet possible de son côté, moins de gaspillage tout en se souciant également des différents aspects d'une utilisation responsable.

- L'allongement de la durée d'usage

L'allongement de la durée d'usage d'un bien peut être atteint grâce à deux éléments, le réemploi et la réutilisation.

Le réemploi est défini par l'ADEME comme « *toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui ne sont pas des déchets sont utilisés de nouveau pour un usage identique à celui pour lequel ils avaient été conçus* » et la réutilisation comme « *toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui sont devenus des déchets sont utilisés de nouveau* ». (ADEME, 2021)

Il faut pouvoir distinguer les produits à utilisation unique comme la nourriture des produits qui peuvent être amenés au réemploi tels que des vêtements par exemple. La logique circulaire voudrait que le bien soit réintégré dans le circuit économique afin d'en prolonger sa durée de vie. Cela est possible grâce aux marchés de seconde main par exemple.

Dans le cas de la réutilisation c'est un peu différent, le bien qui était destiné à devenir un déchet sera réintroduit dans la chaîne de production par exemple afin de concevoir un autre produit. On peut par exemple citer un boulon en bon état provenant d'une voiture usagée qui sera par la suite utilisé dans la production d'un autre bien.

Ces deux éléments sont donc très importants car ils permettent l'allongement de la durée de vie d'un produit, ce qui fait en sorte que les déchets diminuent, que la production de nouveaux biens soit ralentie et que le phénomène de surconsommation auquel nous faisons face s'atténue.

- Le recyclage

Dernier des sept piliers de l'économie circulaire, le recyclage est la pierre angulaire de l'économie circulaire, ce processus de traitement des déchets et de création de ressources est d'une importance capitale pour assurer la pérennité de notre planète en limitant les dégâts causés par les déchets que nous produisons.

Selon Larousse, le recyclage est un « *ensemble des techniques ayant pour objectif de récupérer des déchets et de les réintroduire dans le cycle de production dont ils sont issus.* »

Le but du recyclage est de maximiser l'utilisation d'un produit qui devient un déchet en essayant de garder leurs caractéristiques intrinsèques. En faisant cela, le déchet pourra être plus facilement réintroduit dans la chaîne de valeur.

Il faut cependant distinguer deux types de recyclages, ceux en boucle fermée et en boucle ouverte. Le recyclage a lieu lorsque le produit recyclé est réintroduit dans la chaîne de valeur dans le but de produire un bien similaire. C'est le cas d'une bouteille en verre qui est réintroduite dans le processus de production d'une autre bouteille en verre par exemple.

Le recyclage en boucle ouverte diffère de celui en boucle fermée par le fait que le déchet est réintroduit dans un cycle de production d'un produit différent de ce qu'il était à la base. C'est le cas de certains papiers qui deviennent par la suite des produits d'isolation. (ADEME, 2021)

Après une mise en contexte de l'économie circulaire, nous avons pu avoir un aperçu de son ampleur qui devient de plus en plus conséquente. Les stratégies à adopter sont variées mais elles permettent aux entreprises de s'adapter au mieux aux nécessités imposées par la demande mais également par l'urgence environnementale à laquelle notre planète fait face. Il y a cependant d'abord matière à savoir quels sont les avantages et les inconvénients pour une entreprise à adopter l'économie circulaire au sein de son business model.

### 1.2.3. Avantages et inconvénients de l'économie circulaire pour une entreprise

Dans toute économie, il y a des avantages et inconvénients, l'économie circulaire ne déroge pas à cette règle. Dans un monde où le bénéfice et le chiffre d'affaires sont souvent les seuls indicateurs de performance réellement pris en compte, un modèle aussi disruptif que celui de l'économie circulaire fait crispier les dents de beaucoup d'investisseurs qui sont souvent réticents à l'idée de financer des projets issus de l'économie circulaire. (PAPADOPOULOS C, *La création d'activité dans l'économie circulaire du secteur textile donne-t-elle au secteur bancaire la possibilité d'octroyer des conditions favorables de financement?*, 2019)

#### Avantages de l'économie circulaire pour une entreprise

- Renforcement de compétitivité

Adopter l'économie circulaire au sein de son business model peut faire en sorte que l'entreprise ait un avantage concurrentiel par rapport aux autres entreprises. Étant plus novatrice, elle prend même de l'avance sur les autres entreprises qui sont toujours rattachées à l'économie linéaire et qui vont inévitablement être amenées à évoluer elles aussi. Ses coûts

étant mieux maîtrisées grâce à une meilleure gestion des ressources et un meilleur traitement des déchets, la marge réalisée sur la vente ou la location du bien sera plus conséquente et cela ne peut que bénéficier à l'entreprise.

Les différentes façons d'inclure l'économie circulaire au sein de son entreprise font qu'il est relativement aisé de se démarquer de la concurrence existante. Dans certains cas, l'entreprise arrive même à créer un nouveau marché qui est totalement innovant.

Il est donc de l'intérêt de toute entreprise voulant devenir davantage compétitive de s'inscrire dans une démarche de circularité afin d'embellir son image aux yeux de la demande mais également de prendre une avance non-négligeable sur la concurrence.

#### ○ Création d'emplois

Comme mentionné au-dessus, l'économie circulaire peut amener à la création de nouveaux marchés, et qui dit nouveaux marchés, dit nouveaux emplois. Du personnel qualifié ou pas devrait être nécessaire pour assurer la pérennité de l'entreprise mais également pour s'assurer que celle-ci soit capable de répondre à la demande.

Selon CPME, la pratique du recyclage nécessite quatre fois plus de main d'œuvre que la pratique de l'enfouissement. À cela vient s'ajouter le fait que ce type de travail ne peut pas être délocalisé, cela contribue à une hausse de l'emploi national. Les entreprises pratiquant l'économie circulaire participent dès lors activement à l'accomplissement d'une société qui se veut plus travailleuse mais également plus responsable.

L'apport sociétal et économique d'une telle implémentation contribuerait largement au développement du territoire national mais également au développement et à la croissance de l'entreprise qui l'applique.

#### ○ Maîtrise des coûts

Selon le Parlement européen, *« des mesures telles que la prévention des déchets, l'écoconception, la réutilisation pourraient entraîner une économie de 600 milliards d'euros pour les entreprises de l'Union européenne, soit 8% de leur chiffre d'affaire annuel. Ces mesures pourraient également réduire le total annuel des émissions de gaz à effet de serre de 2 à 4 % ».*

L'économie réalisée grâce à l'implémentation de l'économie circulaire est donc bien réelle et des coûts maîtrisés de manière optimale. Sachant que plus une matière première se fait rare, plus son prix augmente, il est d'enjeu primordial pour une entreprise de parvenir à maîtriser ses coûts efficacement.

Le recyclage vient également donner un coup de pouce supplémentaire. En effet, les coûts de traitement des déchets peuvent parfois s'avérer assez élevés pour une entreprise. En adoptant une approche de recyclage, non-seulement les coûts de traitement de déchets vont considérablement diminuer, mais les coûts d'acquisition de matière première vont également diminuer étant donné que les déchets seront réintroduits dans la chaîne de production.

Les trois avantages énoncés précédemment font qu'il y aurait de réels avantages de passer à l'économie circulaire pour une entreprise, qu'ils soient sociaux, économiques ou environnementaux. Nous allons dès à présent passer aux inconvénients qui pourraient freiner les entreprises à passer à l'économie circulaire.

### Inconvénients de l'économie circulaire pour une entreprise

#### ○ Habitudes ancrées des anciens consommateurs et entreprises

L'économie linéaire est un modèle qui existe depuis plus de 150 ans, elle a impacté plusieurs générations et il est dès lors très compliqué de faire évoluer les mentalités, que ce soit des producteurs ou des consommateurs. Le monde et son économie ont évolués d'une certaine façon et l'économie linéaire y a grandement contribué, un changement de mentalité ne se fera pas en un claquement de doigt car beaucoup d'entreprises et de consommateurs ne voient pas d'inconvénient à l'économie linéaire.

Si du point de vue des consommateurs, la volonté de changer et de consommer de manière responsable se fait globalement ressentir, il n'en est pas de même pour les entreprises qui sont parfois très réticentes face au changement. Il y a d'une part un manque de coopération, coopération qui est indispensable si l'on veut faire passer toute une panoplie d'entreprises à l'économie circulaire mais il y a d'autre part le fait que les cultures d'entreprises ne sont plus en phase avec la réalité économique et écologique et cela ne contribue en rien à l'économie circulaire.

L'économie circulaire est efficace si et seulement si tous les acteurs prennent conscience de leurs rôles, des limites dans lesquelles ils doivent agir mais surtout des enjeux de la réalisation d'un tel modèle économique. (BEAULIEU I, 2016)

#### ○ Difficulté de financement par voie légale

Comme l'a mentionné Cassandra Papadopoulos dans son mémoire sur l'industrie textile et l'économie circulaire, il est souvent très difficile pour de jeunes entreprises d'obtenir des conditions de financement favorables. Cela s'applique bien évidemment à tout type d'entreprise, il est dès lors très difficile pour une entreprise qui désire se lancer d'obtenir des

sources de financement viables pour son business. Les banques n'ayant pour la plupart du temps pas confiance.

À moins d'avoir des fonds propres assez conséquents dès le départ, il peut être très difficile de débiter son activité sans financement extérieur. Il existe cependant des alternatives telles que le crowdfunding mais il est toujours compliqué de plaider sa cause de manière à avoir un financement suffisamment important pour se lancer.

- Coûts de transformation élevés

Dans le cas où une entreprise existe déjà et souhaite simplement effectuer une transition vers un modèle économique circulaire, il arrive très souvent qu'il faille repenser et remanier toute la structure de son entreprise et cela ne se fait pas sans coûts.

Les coûts représentent un gros frein pour les entreprises qui souhaitent changer de modèle économique. Bien que sur le long-terme la maîtrise des coûts puisse prendre le dessus sur l'investissement initial, la peur de n'avoir aucun retour sur investissement significatif freine fortement les ambitions des entreprises souhaitant évoluer.

Nous avons vu l'économie circulaire sous tous ses contours, ce qu'elle a de bon, de moins bon, quels sont les enjeux auquel elle doit faire face, quels sont les éléments clés à prendre en compte lorsque l'on applique l'économie circulaire. Nous savons que c'est un concept relativement jeune mais à quel point est-ce que cela se vérifie sur la planète ?

Selon un rapport de de l'organisation Circle economy, l'économie mondiale n'était circulaire qu'à 8,6% en 2021. Cela signifie que nous sommes encore extrêmement loin d'arriver à la neutralité carbone que souhaite atteindre l'Union européenne pour 2050. Il faudrait très probablement changer drastiquement notre façon de vivre et de consommer si nous voulons atteindre cet objectif et cela ne passe pas uniquement par l'industrie automobile mais bien par toutes les industries qui existent dans ce monde. On peut par exemple citer l'entreprise LOOP MISSION qui utilise les fruits et légumes invendus en grande surface afin d'en faire des jus. Elle réutilise même les pulpes afin d'en faire de la nourriture pour chiens.



### 1.3. Conclusion intermédiaire du chapitre 1

Ce chapitre nous a permis de découvrir plus amplement ce qu'était l'économie circulaire et pourquoi elle constitue un enjeu majeur dans l'avenir de l'économie mondiale.

Le monde et son économie ont été façonnés par des entreprises et des dirigeants qui n'ont donné priorité qu'à la maximisation du profit et à la surproduction. Si l'on peut croire que tout est à mettre sur le dos des décideurs, ce n'est pas du tout le cas. Le consommateur est un acteur majeur et se doit de ne pas tomber dans une spirale de surconsommation afin d'être le plus en vogue, celui qui porte les vêtements issus de la dernière collection ou celui qui a le dernier iPhone.

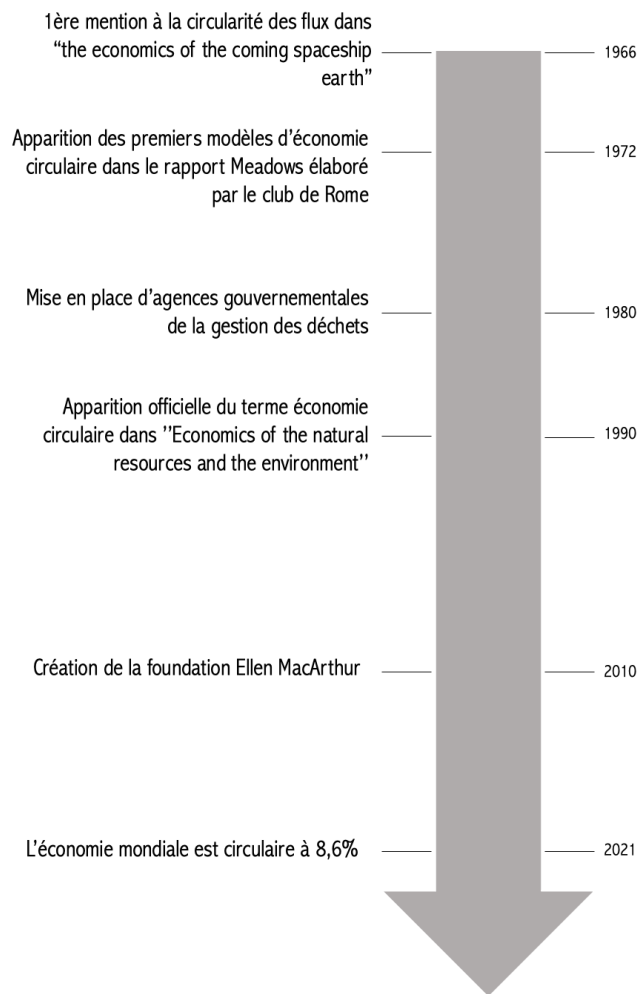
Si l'économie linéaire a permis à de nombreux pays de croître et de se développer, elle a aussi amené de nombreux errements qui sont aujourd'hui responsables de la situation écologique dans laquelle nous nous trouvons tous. Le développement technique, technologique et social est notable cependant il n'est pas mis utilisé comme il le devrait. Ce modèle n'apporte plus réellement de solutions et est responsable de nombreux problèmes auxquels nous devons faire face. C'est pour ces raisons qu'il est important de basculer vers un modèle d'économie circulaire.

L'économie circulaire est dès lors le modèle économique à préconiser à l'avenir. Il s'appuie sur des concepts simples mais indispensables tels que la réutilisation, le recyclage et l'allongement de la durée de vie. Il tire ses racines du XX<sup>ème</sup> siècle et bien qu'il soit encore relativement jeune et que le concept soit très vaste, de plus en plus de personnes et d'entreprises commencent à y adhérer tant elle semble être la solution aux problématiques citées précédemment. Comme il est possible de le voir dans la figure ci-dessous, l'économie circulaire a fait son bout de chemin et n'est pas près de s'arrêter.

On peut cependant constater que sa mise en place n'est pas aisée et peut même s'avérer extrêmement compliquée et coûteuse dans le cas de très grandes entreprises qui doivent repenser tout leur modèle économique.

Nous allons sans plus tarder nous attaquer à l'économie circulaire dans l'industrie automobile. Pour se faire, nous allons dans un premier temps analyser les matières premières dont une voiture est composée dans le chapitre 2 et ensuite voir comment l'économie circulaire est utilisée dans l'industrie automobile.

En d'autres termes, nous allons voir ce que font les différents acteurs de l'industrie automobile pour intégrer l'économie circulaire dans leur processus de production.



*Figure 5 : ligne du temps des éléments importants de l'économie circulaire, David Loureiro, (2022)*

## Chapitre 2 : Les différents composants d'une voiture

Une voiture est composée d'une multitude de matières premières et comme il sera vu au chapitre suivant, connaître leur provenance, être capable d'appliquer une démarche d'économie circulaire dans l'extraction mais également en fin de vie n'est pas une tâche aisée. Nous allons recenser dans ce chapitre toutes les matières premières dont une voiture est constituée et comment elles sont recyclées ou réintroduites dans la production.

Il faut savoir avant tout, que la recherche de nouveaux matériaux se fait pour une bonne raison, il y a d'une part un besoin d'allègement du véhicule qui est synonyme de meilleures performances, qu'elles soient écologiques ou mécaniques et d'autre part un besoin de trouver des matériaux qui puissent être réutilisables.

Selon la Filière automobile & mobilités, la voiture est constituée de plusieurs matériaux qui peuvent être divisés en 6 grandes familles : les aciers, les polymères, le verre, les composites, les alliages légers et les cuivreux. On ne compte pas ici tous les fluides qui sont utilisés tels que l'huile, l'essence, le liquide de refroidissement, etc.

Nous allons aborder ce chapitre en parlant des 6 grandes familles et nous verrons également si ces éléments sont recyclables ou non.

### 2.1. Les aciers

Les aciers représentent une grande partie de la voiture. Celle-ci est en effet composée d'au moins 60% d'aciers et il peut y avoir jusqu'à 40 types d'aciers différents dans une voiture. (L'internaute, 2021)

Leur quasi-omniprésence dans une voiture est principalement due au fait que l'acier présente un compromis de sécurité, de performance et de prix qu'aucun autre matériau n'est capable d'offrir actuellement. En plus de cela, si celui-ci est bien traité, il résistera très longtemps aux effets du temps tels que la corrosion.

L'acier présente entre-autre un énorme avantage, il est entièrement recyclable en théorie. Et dans le cas de l'industrie automobile, c'est une des matières premières les plus recyclées. Comme il pourra être vu dans le chapitre 3 au point 3.2.5, le recyclage de l'acier permet d'obtenir une matière pure à 95% en fin de processus. Cette matière sera réintégrée dans l'industrie et servira à confectionner de nouveaux véhicules. En plus d'être recyclable, l'acier présente également l'avantage d'être présent en grande quantité sur terre, ce qui signifie qu'un risque de pénurie serait presque impossible. Malgré cela, il faut garder en tête que le but de l'économie circulaire n'est pas de trouver la matière première présente à l'infini et inépuisable mais bien de réutiliser efficacement ce que nous avons déjà extrait. Il y a par conséquent beaucoup à faire en matière de recyclage et l'acier est tellement omniprésent dans les voitures que nous pourrions presque penser à un recyclage en circuit fermé, c'est-à-dire que l'acier recyclé serait réintégré dans le processus de production d'une nouvelle voiture et suffirait pour en produire une nouvelle sans avoir recours à de l'acier en provenance de hauts fourneaux.

Les hauts fourneaux sont ici mentionnés car, pour produire de l'acier, il existe deux façons de le faire, soit grâce à un haut fourneau, soit grâce à un four électrique. Ces deux éléments semblent se ressembler mais ce n'est pas tout à fait le cas car ils sont utilisés dans des approches différentes.

Le minerai de fer apporté à l'état brut est fondu grâce à du coke qui est un dérivé du charbon qui permet d'atteindre des températures extrêmement élevées, il est ensuite dirigé vers des convertisseurs où la fonte est mélangée à de la ferraille et oxygénée pendant 15 minutes. Le résultat final est une longue bande découpée de façon parallèle, cette bande est appelée brame. En ce qui concerne le four électrique, celui-ci sert exclusivement à faire fondre de l'acier de récupération et c'est cette partie qui nous intéresse car elle s'inscrit parfaitement dans la logique de réutilisation que prône l'économie circulaire. Le principal problème de cette méthode réside dans les hautes-températures que créent les fours et qui n'est aucunement souhaitable pour l'environnement. (Futura sciences, 2021)

Outre la confection de l'acier, son grand problème réside dans son extraction. Les 3 plus grands exportateurs de minerai de fer sont l'Australie, le Brésil et la Chine. Son transport est par conséquent néfaste pour l'environnement, son extraction sur site est cependant très souvent pointée du doigt. Une recherche continue de minerai amène à une augmentation de la surface d'excavation, et c'est souvent fait au détriment de forêts, ce qui amène une destruction de la flore et de la faune locale. (Multitudes, 2019)

La création d'acier à partir de minerai est extrêmement néfaste, que ce soit son extraction, sa production ou son transport, tout est à bannir. La seule solution réside dans la réutilisation des aciers qui ne sont plus utilisés et cela pourrait être une solution viable sur le long terme si la récupération est optimisée. Le recyclage de l'acier d'une voiture empêcherait l'équivalent de 14 réservoirs d'une voiture de taille moyenne d'être rejeté dans l'atmosphère. (Ferros planes, 2022)

En plus de tous les éléments qui ont été cités ci-dessus, le recyclage d'acier présente un avantage financier considérable. Ne nécessitant pas de transport ou d'extraction, il y a vraisemblablement une diminution des coûts qui pourrait être constatée, ce qui serait synonyme d'une marge plus importante. Outre l'approvisionnement, il y a également une diminution d'utilisation d'énergie et de matières premières qui pourrait être constatée, l'acier recyclé diminuerait de 70% la consommation d'énergie et de 40% la consommation d'eau. Ces deux éléments pèseraient bien évidemment sur la balance des dépenses. (Ferros planes, 2022)

## 2.2. Les polymères

Les polymères sont un des éléments les plus présents dans la voiture, ils sont le plus souvent présents sous forme de plastique, de caoutchouc ou de polyester. C'est un élément important car les polymères présentent un atout de légèreté. Il est de plus en plus fréquent qu'un habitacle soit complètement fait en polymère, cela permet de gagner une centaine de kilogrammes et une voiture plus légère est synonyme d'une voiture qui consomme moins et qui pollue par conséquent moins.

En matière de recyclage, le plastique est très souvent pointé du doigt à cause de la pollution qu'il engendre s'il n'est pas recyclé. Sa non-biodégradabilité est très dangereuse pour notre planète et est responsable de la destruction d'écosystèmes. Il est par conséquent très important d'optimiser son recyclage. Dans l'industrie automobile, des efforts sont faits en matière de recyclage car les polymères sont amenés à être de plus en plus présents et ce notamment dans les véhicules électriques. Il y a deux cas de figures qui se posent, le premier est que les pièces qui peuvent encore être utilisées sont mises en vente sur le marché de l'occasion. Le second est que les éléments sont broyés très finement et forment ensuite des granules qui seront réemployées par l'industrie du plastique. Il y a cependant un souci financier car ce processus n'est pas souvent rentable pour une entreprise. (Polymos, 2021)

En ce qui concerne sa production, tous les polymères se produisent grâce à l'assemblage chimique de plusieurs monomères (molécule simple). C'est donc via un procédé scientifique que l'on peut créer des polymères. Il faut également savoir que l'une des bases d'un polymère est le pétrole. Pétrole qui est connu pour les ravages environnementaux dont il est responsable par son extraction, son transport et le rejet de CO2 lorsque celui-ci est utilisé.

Si les polymères sont efficaces principalement grâce à leur poids qui favorise la diminution de CO2, ils sont tout aussi néfastes dans leur production et dans leur composition. Une défaillance du recyclage des polymères pourrait amener d'énormes conséquences d'un point de vue environnemental. Dès lors, une matière première à surveiller méticuleusement.

D'un point de vue de rentabilité financière, il est plus difficile d'évaluer la rentabilité que peut apporter un processus de recyclage du plastique car celui-ci perd en qualité après 2 à 3 recyclages. Un tel processus ne présenterait vraisemblablement presque aucune rentabilité financière, il y a cependant des tenants et aboutissants légaux qui forcent les constructeurs à recycler malgré tout.

### 2.3. Les composites

Le composite est un assemblage de deux éléments qui tend à augmenter la résistance, il y a la fibre d'un côté, qui est considérée comme la monture d'une pièce et il y a de l'autre côté la matrice qui, dans le cas de l'industrie automobile, est toujours une matrice polymère et qui assure la liaison de l'ensemble.

Au même titre que les polymères, les composites sont un choix de premier ordre car ils permettent un allègement considérable, allègement qui sera synonyme de meilleures performances. Le tout en ayant une durée de vie sensiblement plus élevée et une plus grande liberté en termes de structure.

Le recyclage du composite est assez complexe et en est surtout à sa phase initiale, ce qui n'incite pas les constructeurs à recycler les éléments en composite présents dans leurs voitures. Comme pour les polymères, les composites sont le plus souvent broyés et réintroduits dans une matrice de polymère. (Futura planète, 2019)

Les composites peuvent donc se ranger dans la même catégorie que les polymères. Leurs performances sont bonnes d'un point de vue écologique mais la production et le recyclage peuvent s'avérer problématique.

Les composites sont assez chers à l'achat, le prix de la fibre de carbone, employée majoritairement dans les composites, fluctue souvent entre 15 et 20€ pour un kilo. (Les échos, 2019)

Il pourrait être intéressant d'opter pour le recyclage afin de limiter les coûts liés à l'achat de matières premières permettant de produire des éléments en composite.

## 2.4. Le verre

On pourrait croire que le verre est uniquement utilisé pour faire le pare-brise et les vitres d'une voiture mais ce n'est pas le cas. Il y a également du verre dans les phares par exemple.

Du point de vue du recyclage, le verre est privilégié et continuera probablement à l'être pendant de longues années par l'industrie automobile car celui-ci est recyclable à 100% sans aucune perte de matière ou de qualité contrairement au plastique qui perd de sa qualité après 2 à 3 recyclages. Dans l'industrie automobile, le verre est recyclé la plupart du temps étant donné que cela apporte un gain d'argent et de temps. (Febelauto, 2021)

En ce qui concerne la production, le verre se fabrique à partir de sable qui est fondu à de très hautes températures, on y ajoute par la suite quelques additifs tels que de la soude ou du calcaire.

On peut donc affirmer que le verre est la matière première de la voiture qui s'encadre le mieux dans l'économie circulaire grâce à sa forte capacité de recyclage.

D'un point de vue de rentabilité, recycler le verre permet une rentabilité d'un point de vue énergétique. Il y a en effet moins d'énergie qui serait nécessaire à la production. Il y a cependant un doute qui persiste, face à la présence relativement faible du verre dans les voitures, y-a-t-il une réelle opportunité économique pour l'industrie à recycler le verre ? À priori oui, étant donné que celui-ci ne perd jamais en qualité, les opportunités de recyclage sont infinies. Nous pourrions également aborder la réutilisation des pare-brise par exemple. Si les mensurations sont identiques, il serait encore plus rentable pour un constructeur de réutiliser un pare-brise issu d'une voiture amenée à être dépecée.

## 2.5. Les alliages légers

Les alliages légers représentent encore à ce jour une infime partie de la voiture. Ils sont principalement composés d'aluminium ou de magnésium. Ces alliages portent bien leur nom car ils sont utilisés afin de réduire le poids du véhicule mais sont avant et surtout utilisés dans des voitures sportives car ce sont de très bons conducteurs qui permettent d'évacuer efficacement la chaleur.

Au vu de l'utilisation qui lui est apportée, l'alliage léger n'est pas présent en grande quantité dans une voiture pour l'instant.

Ils sont recyclés de la même manière que les aciers, c'est-à-dire via broyage et fonderie. Selon Selectra, recycler une tonne d'aluminium équivaut à 7,5 tonnes d'émissions de CO2 évitées et 95% d'économie d'énergie par rapport à la fabrication d'aluminium neuf.

Le gros point noir des alliages légers comme l'aluminium provient de leur extraction. Étant fait à base de bauxite, son extraction est responsable de déforestations massives et certains pays comme la Malaisie ont interdit son extraction. (Le figaro, 2016)

Ce type de matière première ne devrait donc pas être considéré comme un premier choix si elle ne provient pas de la fonte de matières recyclées.

## 2.6. Les cuivreux

On pourrait penser que le cuivre n'est pas présent dans une voiture et pourtant, on peut retrouver jusqu'à 20 kilogrammes dans une voiture traditionnelle et jusqu'au double dans un véhicule électrique. (Aveq, 2020)

Les prévisions annoncent que le cuivre sera le métal dont l'évolution sera la plus prononcée dans les années à venir car sa présence dans les véhicules électriques sera de plus en plus conséquente. Il faudra donc faire en sorte que l'approvisionnement soit efficace et surtout qu'il puisse y avoir de la réutilisation ou du recyclage dans le processus de production.

Le cuivre présente l'avantage d'être comme le verre, c'est-à-dire qu'il est recyclable à l'infini sans qu'il n'y ait de pertes de performance et de matière. Il y a cependant un souci, le processus est très coûteux et mettre en place un centre de recyclage de cuivre demande des investissements importants. Il est donc théoriquement possible de recycler à l'infini ce métal mais il y a très peu d'entreprises qui le font à cause des coûts qu'il engendre.

Au même titre que la plupart des matériaux qui ont été présentés jusque maintenant, l'extraction du cuivre est néfaste pour l'environnement à cause de ses mines à ciel ouvert qui engendrent la déforestation.

Si le cuivre est amené à être de plus en plus présent, il est important d'investir considérablement dans son recyclage car ce métal pourrait totalement s'inscrire dans le cadre de l'économie circulaire si des efforts étaient apportés. Il serait théoriquement possible de se passer de cuivre provenant de mines étant donné que celui-ci est principalement situé dans les batteries, ces mêmes batteries sont démontées en centre de recyclage, il serait assez facile de localiser et recycler le cuivre présent à l'intérieur. Il est également important d'adopter une logique de recyclage du cuivre car la demande est croissante, une pénurie ne serait pas à écarter et les constructeurs pourraient voir leur calendrier de livraisons s'allonger comme c'est le cas actuellement à cause de la crise des semi-conducteurs.

D'un point de vue de rentabilité, recycler du cuivre devrait être assez rentable car les prix du cuivre sont amenés à augmenter au vu de la demande croissante, il serait donc bénéfique de

recycler efficacement le cuivre car il sera plus rentable de le recycler et le réutiliser plutôt que de l'extraire. Utiliser du cuivre recyclé nécessiterait 85% d'énergie en moins que de l'extraire des mines. (Copper Alliance, 2022)

Le cuivre présente en conséquence de nombreux avantages à être recyclé.

## 2.7. Du changement dans les voitures électriques ?

Nous savons qu'une voiture électrique n'est pas bien différente d'une voiture à combustion, du moins, du point de vue de ses composants. Il y a cependant quelques variations qui sont amenées, notamment à cause de la batterie qui est bien plus conséquente.

On y retrouvera en abondance des matériaux tels que le lithium, le cobalt, les terres rares, le cuivre et le nickel. Tous ces éléments ont un point commun comme la quasi-totalité des matériaux qui ont été cités jusque maintenant, c'est leur extraction néfaste pour l'environnement.

Tous ces matériaux engendrent des émissions de CO<sub>2</sub>, détruisent des écosystèmes, causent des problèmes de santé avant même d'entrer dans le processus de production d'un véhicule et il est extrêmement important de remédier à cela.

Nous arrivons également à un point où, au vu de la demande qui commence à s'accroître, une pénurie n'est pas à exclure pour des matériaux comme le lithium, le cobalt ou le nickel. (Beev, 2022)

Il y a lieu de connaître les facteurs qui ont influencé ou qui pourraient influencer une accélération du recyclage au sein des constructeurs. Le premier est très souvent financier, un possible gain d'argent ou une opportunité d'en gagner davantage font du facteur financier un très grand incitant au changement. Il peut également y avoir un facteur législatif, c'est-à-dire qu'une loi est validée et oblige une entreprise à adopter un mode de production spécifique. C'est par exemple le cas avec la fin de la production des voitures à combustion pour 2035, loi qui a été actée et validée par l'Union Européenne.



## 2.8. Conclusion intermédiaire du chapitre 2

Tous les éléments vus au sein de ce chapitre nous permettent d'affirmer deux choses. Premièrement, le recyclage est parfaitement possible et réalisable pour peu que des investissements soient faits par les constructeurs mais également par les gouvernements afin de permettre une transition efficace de la part des diverses entreprises dans le domaine mais également de promouvoir l'évolution qui doit être apportée. Le temps doit être pris pour mettre en place le processus de recyclage.

Deuxièmement, il est important d'adopter une stratégie de recyclage effective au sein des différents constructeurs car l'extraction des différentes matières premières présentes dans une voiture, qu'elle soit à combustion ou électrique, est extrêmement néfaste pour notre environnement.

Le recyclage semble être un enjeu crucial pour toute marque souhaitant adopter l'économie circulaire et sa mise en place devrait être obligatoire dans toute structure moderne. Bien qu'il commence à y avoir de plus en plus d'innovations dans le secteur, cela reste beaucoup trop léger face à l'urgence de la situation climatique.

Bien que d'un point de vue financier, il ne soit pas toujours clair que le recyclage soit la voie à suivre, la diminution en besoin énergétique et la diminution en besoin d'approvisionnement semblent motiver de plus en plus d'entreprises à l'adopter.

Fort heureusement, nous verrons au chapitre suivant que des marques commencent à se pencher sur la question du recyclage et pas seulement.

## Chapitre 3 : L'économie circulaire appliquée à l'industrie automobile

Nous allons aborder tout au long de ce chapitre plusieurs éléments. Nous débuterons par l'histoire de l'industrie automobile et de sa production depuis sa création. Nous continuerons ensuite avec une vue d'ensemble de la production actuelle mais nous mettrons surtout en avant quels sont les éléments à prendre en compte si un constructeur désire se tourner davantage vers l'économie circulaire. Nous recenserons également quelques exemples pour chaque cas de figure. Après avoir vu ces éléments, nous verrons ce qui se rapproche le plus d'une voiture issue de l'économie circulaire actuellement et à quoi ressemblerait la voiture type de l'économie circulaire.

Selon l'institut national de la statistique et des études économiques (2016), « *L'industrie automobile concerne aussi bien les équipementiers spécialisés que les constructeurs de voitures particulières, de véhicules de loisir, ou de véhicules utilitaires et les carrossiers. Cette activité intègre donc la filière complète, y compris moteurs et organes mécaniques en amont, dès lors qu'ils sont principalement destinés à des véhicules automobiles. La construction automobile mêle étroitement des producteurs intégrés, des concepteurs, des assembleurs, des donneurs d'ordre et des sous-traitants, ainsi que des prestataires de services d'aménagement de véhicules automobiles.* »

On peut donc constater que l'industrie automobile ne se limite pas à la simple production de voitures, elle est plutôt constituée de plusieurs sous-secteurs qui, tous ensemble, forment ce que nous connaissons aujourd'hui comme l'industrie automobile.

Il faut cependant garder en mémoire que nous allons plutôt nous pencher sur la situation au sein des constructeurs automobiles. Nous traiterons dès lors exclusivement les éléments ayant un rapport avec le processus de production automobile.

Avant de faire une photographie de l'industrie automobile en 2022, nous allons voir dans un premier temps comment celle-ci s'est développée au fil du temps et pourquoi elle est tellement décriée par les décideurs gouvernementaux.

### 3.1. L'industrie automobile : pur produit de la révolution industrielle

#### 3.1.1. Histoire et parcours de l'industrie automobile

Tout d'abord, il faut savoir que la création du véhicule à motorisation résulte avant tout d'une volonté de vouloir s'affranchir de la traction animale. Il fallait nourrir l'animal, le loger, il pouvait tomber malade. L'objectif était dès lors de diminuer les risques tout en optimisant le transport de personnes et de marchandises.

Les premiers véhicules produits remontent au XIX<sup>ème</sup> siècle et étaient constitués de moteurs à vapeur, c'est principalement grâce à la révolution industrielle que cela est rendu possible. Le premier véhicule automobile naît en 1873 et est appelé L'Obéissante d'Amédée Bollée (Les voitures, 2020).

Bien qu'elle commence à être de plus en plus présente, la voiture demeure un luxe à cette période et n'est accessible qu'à très peu de personnes. C'est alors en 1908 que le marché automobile et l'industrialisation vont totalement être bouleversés.

Henry Ford commercialise la Ford T, c'est le premier véhicule produit à grande échelle et cela est rendu possible grâce à plusieurs concepts qui encore aujourd'hui sont grandement utilisés dans la plupart des industries manufacturières.

Le lancement de la Ford T est considéré comme l'un des plus importants dans l'industrie automobile car il va poser une ligne directrice pour toute l'industrie et le travail à la chaîne va se répandre de manière exponentielle. Le nombre de personnes qui sont employées va également augmenter, ce qui va pousser à la consommation. (Henry Ford, 2017)

Bien qu'il ait permis beaucoup d'avancées en termes de production, le Fordisme est également décrié par beaucoup étant donné qu'il est considéré comme responsable de la surconsommation. En effet, la plupart des ouvriers qui travaillaient à la chaîne étaient mieux payés qu'un travailleur normal. Ils avaient en conséquence un pouvoir d'achat plus élevé que la moyenne et étaient poussés à (sur)consommer. S'en suivent de nombreuses crises pétrolières et économiques qui ont poussés les gouvernements à revoir leur politique énergétique.

Après de nombreuses innovations, l'avènement du diesel, la croissance de la voiture hybride, le curseur est désormais placé sur le moteur électrique car celui-ci n'émet aucun CO<sup>2</sup> mais la solution parfaite n'existe pas. Si le véhicule électrique ne produit pas d'émissions, l'électricité avec laquelle il roule est souvent issue de modes de productions qui en émettent. Si dans la forme, on se rapproche d'une approche durable, ce n'est pas tout à fait le cas dans le fond.

En 2021, les modèles 100% électriques représentent 4,1% du marché automobile dans le monde, un chiffre assez modeste mais qui ne cesse d'augmenter depuis des années. (L'argus, 2021)

Nous allons constater qu'il y a beaucoup d'éléments qui rentrent en compte dans l'industrie automobile mais pour la plupart de ces éléments, tout va tourner autour des émissions de CO<sub>2</sub>.

### 3.1.2. Perspective historique des usines de production

Les premières usines de production se situent vers la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle. En 150 ans, une multitude de choses ont été changées tant l'évolution du secteur a été fulgurante. La véritable première chaîne de montage est celle inaugurée par Ford en 1913 comme mentionné ci-

dessus. On peut donc considérer que c'est la première usine qui ressemble réellement aux usines que nous connaissons aujourd'hui.

Mais qu'est-ce qui a réellement changé dans ce laps de temps ? Si pour ce qui concerne le matériel utilisé dans les voitures, cela a été abordé au chapitre 2, nous allons ici nous concentrer sur les usines en tant que telles. C'est-à-dire les moyens de production qui sont utilisés et tout ce que cela englobe.

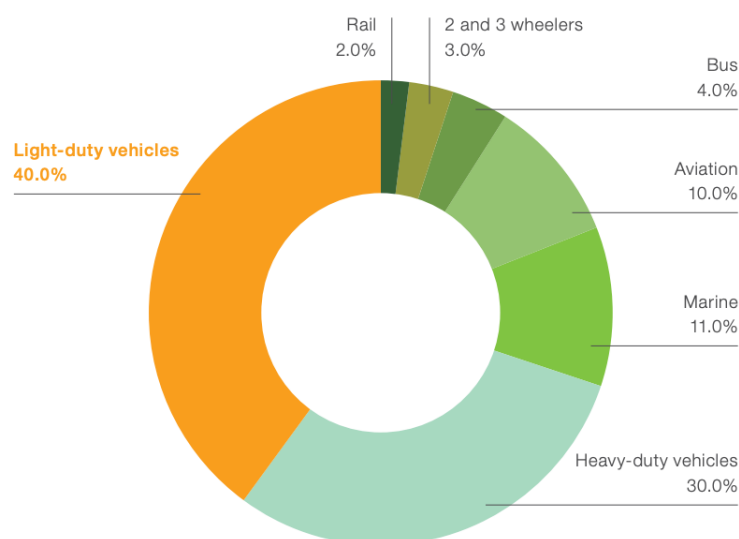
Le changement majeur qui a probablement apporté la plus grande révolution dans l'industrie n'est autre que l'automatisation. Jusque tard dans les années 70, tout était assemblé à la main dans un véhicule, ce qui avait pour conséquence de freiner considérablement la vitesse de production mais également de faire effectuer des tâches trop physiques à des employés. De nos jours, il n'y a pas moins d'une centaine de robots qui effectuent des contrôles de qualité ou des tâches très physiques dans les usines de production. Cette avancée était nécessaire car elle a permis aux constructeurs de diminuer les délais d'attente, de démocratiser la voiture mondialement et de fournir de meilleures conditions de travail à leurs travailleurs. (La tribune auto, 2019)

L'approvisionnement en énergie se faisait exclusivement grâce à des énergies fossiles et d'un point de vue environnemental, ce n'était clairement pas envisageable sur le long terme. Il y a depuis peu eu une démocratisation à ce niveau-là et de plus en plus de constructeurs utilisent de l'énergie renouvelable comme source d'énergie.

Si ces éléments ont permis une évolution certaine dans l'industrie, ils ont aussi été responsables de nombreux errements auxquels nous faisons face actuellement. La diminution des délais de production a poussé à la surconsommation. Tout ceci s'inscrivait bien évidemment dans un processus d'économie linéaire et la plupart des véhicules étaient exportés vers d'autres pays lorsqu'ils arrivaient en fin de vie. Ce modèle a été la norme pendant un long moment mais il y a maintenant des constructeurs qui cherchent à mettre en place des usines de type circulaire comme vous pourrez le voir au point 3.2.

### 3.1.3. L'enjeu des voitures "légères"

Il est d'opinion publique que les voitures dites légères soient celles qui polluent le plus ou du moins celles qui, par leur nombre important, ont le plus grand impact sur la planète en termes de pollution. Le terme "voiture légère" peut porter à confusion, mais Greenpeace considère les voitures de ville telles que les citadines, SUV, comme des voitures légères. Mais qu'en est-il réellement ? Selon Greenpeace, Les véhicules légers représenteraient 40% des émissions de CO2 émises par l'ensemble des moyens de transport dans le monde. Ce chiffre est encore plus alarmant lorsque l'on voit qu'il équivaut au double des transports aériens et marins. Il est important de noter que ce chiffre ne fait pas uniquement état des émissions de CO2 pour le roulement des véhicules. Il prend en compte l'ensemble du cycle de vie du moyen de transport, de la production à la fin de vie.



*Figure 6 : répartition des émissions de CO2 par mode de transport dans le monde, Greenpeace, (2021)*

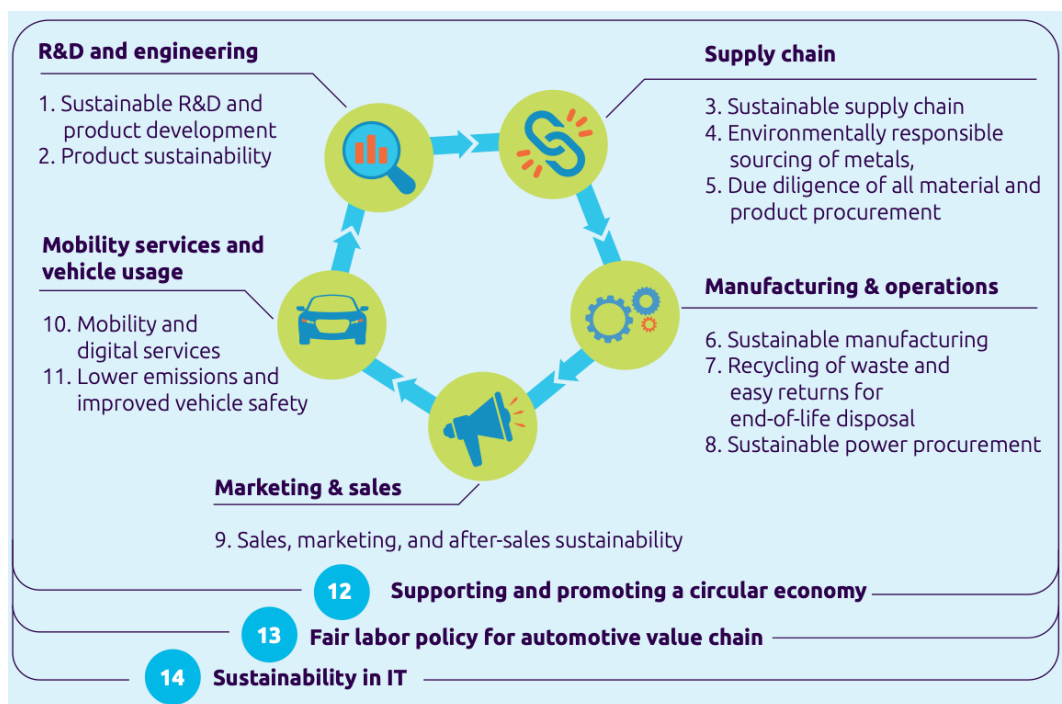
Ces chiffres nous permettent dès lors de constater que la répartition des émissions de CO2 est assez inégale, les véhicules légers représentent 40% des émissions, tout mode de transport confondu. Ce chiffre est très élevé et il est du ressort de l'industrie automobile de se demander de quelle manière est-ce qu'elle peut faire en sorte que la part des émissions de CO2 des voitures légères diminue mais également comment agir pour limiter les émissions qui sont causées par leurs activités.

### 3.2. La production automobile : fer de lance ou tendon d'Achille de l'économie circulaire ?

Selon le cabinet de conseil Capgemini, la chaîne de valeur de l'industrie automobile se divise en 5 éléments majeurs, la recherche et développement, la chaîne d'approvisionnement, la manufacture, le marketing & sales et les services de mobilité offerts. Il intègre également par la suite des éléments tels que le soutien et la promotion de l'économie circulaire, une politique de travail juste mais également une IT responsable. Étant donné que nous allons principalement traiter de la production, les éléments à prendre en compte sont la chaîne d'approvisionnement et la production.

Ce sous-chapitre sera subdivisé en 6 parties : la chaîne d'approvisionnement durable, le sourcing de métaux écoresponsables, le délai convenable dans l'approvisionnement de tous les matériaux et produits nécessaires, la manufacture durable, le recyclage des déchets et la facilité dans les retours de produits en fin de vie et l'approvisionnement durable de sources d'énergie.

Nous savons que l'industrie automobile dans son ensemble est un secteur à forte valeur ajoutée. Il est par conséquent important qu'il y ait une réelle valeur ajoutée à toutes les étapes de production du véhicule. Si le produit final tend à être plus écoresponsable, la véritable question que l'on peut se poser est : est-ce que la voiture dans sa globalité s'inscrit dans un processus d'économie circulaire ? Le consommateur lambda est de plus en plus alerte et se soucie de la provenance du produit qu'il achète. La voiture n'y fait pas exception et il serait malvenu de proposer un véhicule dont les pièces sont issues d'un endroit qui exploite ses travailleurs par exemple et bien que ce ne soit pas souvent mentionné, l'économie circulaire ne prend pas uniquement en charge des sujets liés à l'écologie mais également le bien-être au travail par exemple. On peut donc estimer que l'économie circulaire est intimement liée à la démarche RSE d'une entreprise mais ce n'est pas un sujet qui sera abordé dans ce mémoire étant donné que nous nous concentrons exclusivement sur la production et les éléments qui la compose.



*Figure 7 : chaîne de valeur dans l'industrie automobile, Capgemini (2022)*

### 3.2.1. Chaîne d'approvisionnement durable

La chaîne d'approvisionnement est souvent uniquement associée à l'achat et au transport des matières premières qui seront par la suite utilisées dans le processus de production. Ce n'est pas le cas car le champ d'application d'une chaîne d'approvisionnement est beaucoup plus vaste.

Selon Infonet, « Une chaîne d'approvisionnement, connue également sous le nom de « Supply Chain » en anglais, désigne les acteurs contribuant à l'élaboration d'un bien et tout son tissu logistique. Elle est composée par l'ensemble des entreprises, ressources, activités et technologies utilisées pour la mise à disposition finale d'un produit destiné aux consommateurs. Elle inclut la conception, la fourniture des matières premières par le fournisseur jusqu'à la livraison à son point de vente. Le circuit de distribution est le segment de la chaîne d'approvisionnement qui gère le produit fini du fabricant. Il existe d'ailleurs plusieurs modes d'approvisionnement qui correspondent au chemin parcouru par un produit depuis sa production jusqu'au consommateur final. »

On peut voir par le biais de cette définition que la chaîne d'approvisionnement englobe également par exemple le transport du véhicule fini jusqu'à la concession. Il y a maintenant lieu de voir si la tendance générale des divers constructeurs mondiaux est plutôt tournée vers l'économie circulaire ou non.

Tout d'abord, chaque constructeur a le choix de gérer complètement la logistique ou de faire appel à des sous-traitants. Il est difficile d'avoir la mainmise sur un sous-traitant car chaque entreprise fonctionne à sa façon et peut elle-même avoir des sous-traitants. L'industrie automobile possède l'une des supply chain les plus complexes au monde. En effet, selon le constructeur automobile Ford, Il y aurait entre 6 et 10 niveaux de fournisseurs entre un constructeur automobile et la matière première. Il est dès lors très complexe pour un constructeur d'avoir un contrôle absolu de tout ce qu'il se passe ou même d'internaliser tout le processus car cela pourrait s'avérer extrêmement coûteux.

Si la plupart du temps, la pollution d'un véhicule est exclusivement associée à son utilisation quotidienne, pourquoi est-il important de se soucier de sa supply chain ? Selon CHEP, « 75 % des émissions de CO2 générées par l'industrie automobile proviennent du fonctionnement d'une voiture tout au long de sa durée de vie. 18 % des émissions de CO2 proviennent de la chaîne d'approvisionnement ».

Si la majorité des émissions de CO2 proviennent en effet de son utilisation quotidienne, il y a tout de même 18% qui proviennent de la supply chain de l'industrie automobile. Ce chiffre peut sembler dérisoire mais il est important de prendre conscience que ces émissions de CO2 sont produites dans un laps de temps assez court. L'impact qu'a la supply chain sur les émissions de CO2 n'est pas à négliger du tout car une accélération de la cadence pourrait entraîner davantage d'émissions de CO2.

Le premier point d'ancrage de la supply chain est l'approvisionnement des matières premières. Dans le cas de l'industrie automobile, la matière première la plus présente est le métal. Il est par conséquent primordial de s'assurer de la bonne provenance et qualité du matériel. Ce point sera abordé dans le sous-chapitre suivant bien qu'il ait déjà été abordé au chapitre précédent.

Le second point d'ancrage de la supply chain réside principalement dans le transport. Comment un constructeur peut s'assurer que le transport de la matière première, des pièces détachées et du produit fini a lieu dans des délais assez rapides tout en limitant l'impact énergétique de ses activités ? Pour de grandes distances, le transport par camion est à proscrire. Le moyen de transport le moins polluant reste le train. Il est primordial de mettre l'accent sur ce mode de transport et ce même dans la supply chain. Le choix d'implémentation d'une usine est par conséquent primordial et semble bien compris par les constructeurs. On peut citer dans le cas des usines belges Audi et Volvo qui ont installé leurs sites à proximité de stations ferroviaires, ce qui bénéficie grandement à notre environnement. Selon Audi, ce ne sont pas moins de 540 fournisseurs qui livrent quotidiennement son usine avec 120 camions et 20 wagons de train. Si le camion est encore prédominant, il faut également souligner l'effort mis en place dans l'usage des voies ferroviaires mais cela ne peut pas s'arrêter là, il faut renforcer son utilisation afin d'optimiser son impact énergétique.

### 3.2.2. Sourcing de métaux écoresponsables

Comme mentionné au-dessus, l'approvisionnement des matières premières est la pierre angulaire de toute supply chain et l'industrie automobile n'y fait pas exception.

La production des voitures se fait à l'aide de métaux tels que l'aluminium, l'acier, le carbone mais nécessite également d'autres produits tels que le palladium, le magnésium, etc. Leur production n'est pas sans embuche et l'aluminium, qui est présent dans les voitures est par exemple pointé du doigt pour trois grandes raisons : la déforestation qu'elle engendre, les déchets toxiques et sa consommation d'énergie dans le processus de transformation.

La déforestation qu'engendre l'aluminium est principalement causée par la bauxite, c'est une roche à forte teneur en aluminium. Son extraction est responsable de la déforestation de l'équivalent de 250 terrains de foot par an rien que dans une seule forêt au Brésil.

Pour extraire l'aluminium de la bauxite, c'est un lourd processus qui est mis en marche et c'est très toxique pour les personnes qui habitent à proximité des usines de traitement d'aluminium.

De plus, sa transformation nécessite un très gros apport énergétique. En effet, pour produire une tonne d'aluminium, il faut consommer l'équivalent d'un ménage de deux personnes pendant 5 ans. (Sauvons la forêt, 2021)

On voit qu'il est très important de s'occuper de la question des métaux car ils constituent en grande partie une voiture et leurs productions est problématique d'un point de vue environnemental.

En plus de la difficulté à s'approvisionner en métaux écoresponsables, une menace de pénurie plane également sur l'industrie automobile. Une pénurie de magnésium serait effectivement à prévoir dans les mois à venir. Cela est principalement dû au fait que l'Europe dépende à 95%



de la Chine pour l'approvisionnement de magnésium et celle-ci fait face à une importante crise énergétique qui oblige les usines à ralentir leur production. (L'usine nouvelle, 2021)

Si la première conséquence directe a été une augmentation importante des prix, la deuxième conséquence pourrait être une pénurie de magnésium, qui est de plus en plus présent dans les véhicules à cause de sa légèreté qui s'avère être un atout de taille, notamment dans la diminution du poids d'un véhicule électrique qui est alourdi au vu du poids de ses batteries. L'industrie automobile consomme à elle seule 35% de la production mondiale de magnésium. (DAVESNE, 2021)

Les différents éléments cités ci-dessus montrent qu'il y a urgence à trouver des alternatives viables. Si dans un premier temps les conséquences se feront sentir sur les constructeurs, ils tenteront logiquement de les amortir sur le consommateur afin de garder une marge convenable. Ce dernier devra par conséquent payer plus cher pour obtenir le même produit final.

Il y a cependant des constructeurs qui commencent à prendre les choses en main et à se soucier de la provenance et de l'impact que causent les métaux qu'ils se procurent comme vous allez le voir ci-dessous.

On peut citer l'exemple de Volvo qui souhaite être le premier constructeur à produire une voiture totalement neutre en carbone. Pour atteindre cet objectif, le constructeur a fait un premier pas en faisant un partenariat avec un consortium nommé HYBRIT, c'est une alliance entre 3 entreprises suédoises qui ont pour objectif de créer de l'acier neutre en carbone. La production d'acier dit "normal" engendre beaucoup de pollution car celui-ci se fabrique dans un fourneau où sont fondus des minerais de fer et du coke. L'acier neutre en carbone est rendu possible grâce à de l'hydrogène vert qui s'obtient grâce à un processus d'électrolyse de l'eau. (Engie, 2018)

Au lieu d'utiliser du coke qui est un dérivé du charbon très polluant et très toxique, le consortium mené par l'entreprise SSAB utilise donc de l'hydrogène vert à la place et ce procédé s'avère efficace puisque l'entreprise s'est fixée pour objectif de commercialiser leur métaux 100% sans énergie fossile d'ici 2026. (Volvo Cars, 2021)

Ce projet est important car il s'inscrit totalement dans l'économie circulaire et est un premier pas pour Volvo qui souhaite être totalement neutre en carbone d'ici 2030.

C'est un pari osé de la part de Volvo de s'allier et d'investir dans un projet de cette ampleur mais cela s'avère déjà rentable puisque le constructeur va très prochainement commercialiser des camions avec de l'acier zéro carbone dans le courant de l'année 2022. (L'usine nouvelle, 2021)

C'est ce genre d'innovations disruptives qui vont réellement apporter du changement dans l'industrie et dans le monde, il est donc primordial pour tous les constructeurs d'investir durablement dans l'économie circulaire afin de faire avancer l'industrie.

### 3.2.3. Délai convenable dans l'approvisionnement de tous les matériaux et produits

Il est logique pour tout constructeur qui veut bien faire de s'approvisionner rapidement en matériaux. Capgemini entend par cette phrase que toutes les procédures d'approvisionnement de matériel doivent être conformes et compatibles avec les directives en matière de vie humaine et d'environnement.

Il y a ici deux problèmes qui se posent, d'un côté l'aspect humain et de l'autre l'aspect environnemental, le tout en étant fait dans des délais convenables.

L'industrie fait face à un gros problème d'approvisionnement en semi-conducteurs depuis plus d'un an et cela ne risque pas de s'améliorer. Selon Bosch, l'industrie automobile va même devoir repenser sa chaîne d'approvisionnement pour faire face à cette pénurie. Cette crise d'approvisionnement prend une ampleur tellement grande que l'Union Européenne a présenté le 8 février 2022 un plan permettant de réduire la dépendance aux marchés extérieurs en matière de puces électroniques. Ce plan est appelé "European Chips Act" et dans les grandes lignes, il fournira à terme 43 milliards d'euros d'investissement afin de se préparer et d'anticiper des futures pénuries électroniques. Cet acte vise principalement à augmenter la compétitivité de l'Europe dans la production de semi-conducteurs et a pour but de réduire la dépendance aux autres pays. (Gocar, 2022)

Si dans la théorie ce nouvel acte semble pouvoir remplir ses promesses de compétitivité de l'Europe, dans la pratique, sa mise en place risque de prendre du temps, temps que l'industrie automobile n'a pas forcément. Il est donc urgent de trouver des solutions à ce problème de production que rencontrent la plupart des constructeurs.

Dans l'actualité plus récente, il y a également la guerre qui fait rage en Ukraine et qui perturbe également les délais de livraison de certains matériaux et également dans l'approvisionnement en énergie même si ce point sera abordé au point 2.2.6.

L'industrie automobile ayant une forte activité en Russie est contrainte d'arrêter la production de leurs usines comme Renault qui possède des usines de production sur place et beaucoup de constructeurs ont même cessé d'exporter des véhicules vers la Russie. Si de ce côté-là, les conséquences seraient principalement économiques, il y a du côté de l'Ukraine un tout autre problème étant donné qu'il n'y a pas moins de 38 usines ukrainiennes qui travaillent dans le secteur de l'industrie automobile. L'élément manquant le plus important est le faisceau électrique. L'Ukraine représente à elle seule 7% de la production européenne et embauche pas moins de 60.000 personnes dans le secteur. (L'écho, 2022)

Il y a fort à parier que ces éléments auront pour conséquence d'à nouveau retarder le calendrier de livraisons des constructeurs qui n'ont d'autre choix que de patienter et de faire patienter leurs clients. Des cas de retards ont déjà été répertoriés et certains acheteurs

doivent attendre presque deux ans pour recevoir leur voiture. En Belgique, l'usine Volvo à Gand a été contrainte de renvoyer ses travailleurs à la maison le jeudi 31 mars dû à un retard de livraison. La société en charge était majoritairement constituée de travailleurs ukrainiens qui sont appelés à se battre dans leurs pays et cela cause un sous-effectif important et occasionne des retards de livraison. (Le soir, 2022)

#### 3.2.4. Manufacture durable

Capgemini entend par manufacture durable la mise en place de contrôles de qualité, de maintenances régulières et de processus de production qui permettent de réduire les déchets, d'améliorer le recyclage et de réutiliser des ressources.

Si nous verrons au point suivant que la gestion des déchets et la réutilisation des ressources est un enjeu primordial dans tout écosystème manufacturier, la mise en place de contrôles de qualité et de processus de production qui sont en accord avec l'économie circulaire n'en demeurent pas moins importantes car il est impossible de perdurer sur le long-terme s'ils ne sont pas mis en place.

Le problème ici réside principalement dans le fait que des changements au sein des usines pourraient très vite devenir très coûteux pour un constructeur. Il peut y avoir un changement de stratégie sur 2 niveaux, soit on produit un véhicule plus écoresponsable, c'est-à-dire un véhicule électrique, soit on modifie nos installations afin que l'impact causé par l'usine soit considérablement diminué.

On peut citer plusieurs marques qui ont changé leur stratégie, il y a par exemple Audi qui a cessé de produire des voitures à combustion à Bruxelles et ne produit exclusivement plus qu'un modèle électrique. Volvo l'a également fait mais de manière progressive, c'est-à-dire qu'elle produit des véhicules électriques mais produit encore également des véhicules à combustion. Cela s'inscrit plutôt dans une stratégie de changement progressif afin, d'une part, de savoir répondre à la demande, et d'autre part, de pouvoir mettre en place des processus concrets au sein des équipes car la production de véhicules électriques diffère légèrement de celles des véhicules thermiques. La production de batteries prendra une place plus importante dans tout le processus car celle-ci fera désormais office de moteur. Le temps qui lui sera consacré va considérablement augmenter ainsi que le nombre de composants de celle-ci comme il a pu être vu au chapitre 2.

Mais bien que la voiture électrique soit moins polluante en tant que produit final, sa production génère cependant plus de CO<sub>2</sub> que celle d'un véhicule thermique. (Korii, 2020) Produire une voiture électrique n'est donc pas une finalité en soi car ce n'est pas la solution à tout. Changer le type de véhicule proposé sans revoir son processus de fabrication et tout ce qui l'englobe relèverait donc uniquement de l'opportunisme commercial et pas d'une réelle

volonté de voir le monde changer en mieux de la part des constructeurs automobile. Un des leviers de production des véhicules électriques n'est autre que la batterie. Selon Ecoconso, sa production engendrerait deux fois plus de CO<sub>2</sub> que celle d'un véhicule thermique. La raison principale provient de son poids qui avoisine très souvent la demi-tonne mais également de l'extraction des différents minerais nécessaires à la production. Selon Jonas Moerman, « *Ce n'est pas toujours une question de rareté, c'est une question qu'il faut aller les chercher dans des mines, avec des engins lourds. Ensuite, il faut broyer ces minéraux. Il faut faire de la chimie pour séparer les composants. Et donc, on va avoir beaucoup de pollution, on va avoir des effluents miniers. Ces impacts, on ne les voit pas, mais ils sont énormes au niveau environnemental* ». (Greenly, 2022)

Le souci ici se trouve par conséquent dans l'approvisionnement des matières premières nécessaires à faire une batterie mais également dans son recyclage. Il faut dès lors se référer aux points 2.2.2 et 2.2.5 qui concernent respectivement le sourcing de métaux écoresponsables et le recyclage des déchets.

Dans l'actualité, nous pouvons mentionner Tesla qui a ouvert sa Gigafactory à Berlin en Allemagne, non-seulement elle y produira des voitures mais en plus de cela, des cellules pour les batteries y seront également produites. Il y a eu une longue bataille juridique entre la marque et des activistes pro-environnement car aucun plan concret n'avait été mis en place par le constructeur d'un point de vue environnemental. La mise en place de cette usine a surtout lieu car Tesla dépendait de leur usine chinoise pour livrer leur clientèle européenne. La marque sera dès lors en mesure de produire jusqu'à 500.000 voitures par an. Il n'y a cependant aucun rapport environnemental qui a été rédigé et cela ne semble pas être dans les plans d'Elon Musk. L'environnement n'est pas la priorité de ce projet, c'est bien évidemment l'argent. (Automobile propre, 2022)

On peut également mentionner le groupe Stellantis qui a investi environ 150 millions d'euros dans une de leurs usines en France afin de mettre en place une chaufferie en biomasse qui permettrait de réduire leur consommation d'eau de 6.600 tonnes par an en plus d'y produire des véhicules électriques. Il est par conséquent du ressort des constructeurs d'investir durablement dans leur manufacture afin de rendre la voiture réellement neutre en carbone dans un avenir proche.

### 3.2.5. Recyclage des déchets et facilité des retours de produits en fin de vie

Le recyclage des déchets est un des éléments prépondérants dans l'économie circulaire, comme il avait été mentionné dans le premier chapitre, recycler les déchets sans les réintroduire dans la chaîne de valeur est en quelques sortes une bombe à retardement. Il est primordial d'avoir une bonne gestion des déchets afin de limiter son impact environnemental mais également d'améliorer sa gestion des coûts en réutilisant un élément qui de base était condamné à être jeté.

La facilité des retours de produits en fin de vie va jouer un rôle extrêmement important car face aux obligations des constructeurs d'ici 2035, le parc automobile européen et mondial va inévitablement devoir se renouveler, et ce sont des millions de voitures qui seront concernées. Il est important de savoir ce que les constructeurs vont faire de toutes ces voitures qui seront reprises lors de l'achat d'un nouveau véhicule, comment les pièces seront réintroduites dans le processus de fabrication des nouvelles voitures mais également comment seront gérés les déchets causés par la destruction des éléments non-utilisés.

Selon PlasticsEurope, l'industrie automobile recycle 19% de ses déchets plastiques, en revalorise énergétiquement 41% et les 40% restants sont versés en décharge. Ce qui représente approximativement 2 millions de tonnes de plastique qui est mis en décharge chaque année. (Techniques de l'ingénieur, 2020)

Le schéma classique dans la récupération des déchets est le suivant : *« Dans un centre de véhicules hors d'usage, sont démontées les pièces les plus économiquement rentables et les plus volumineuses – les pare-chocs, les pièces de carrosserie et certaines mousses – avant le broyage du véhicule. Cela va dépendre de chaque unité en fonction de leur taille notamment. Il s'agit majoritairement de polypropylène. Puis, le véhicule est broyé et les centres essaient d'extraire des fragments de matières plastiques. Cela donne des résidus de broyage automobile polymères qui peuvent être transformés en combustibles solides de récupération dans les centres équipés. Mais ces centres restent une minorité. Le CSR est l'eldorado pour les débouchés des résidus de broyage automobile, mais cela reste insuffisamment développé. Les 43% de mise en décharge sont les résidus de broyage dont on ne sait pas quoi faire aujourd'hui... »* (COMBE, 2020)

On peut donc s'apercevoir que les marques tentent de recycler et de réutiliser une bonne partie de leurs véhicules hors d'usage mais qu'ils ne poussent pas la démarche à son optimum par manque de rentabilité économique. Cela démontre clairement que davantage de pièces peuvent être réutilisées d'une manière ou d'une autre comme il avait été mentionné au chapitre 2 mais ne le sont pas par appât du gain.

Si le problème du traitement des déchets d'un véhicule à combustion n'était pas déjà assez grand, un autre problème vient s'ajouter à cela, celui du recyclage des batteries d'un véhicule électrique. Si les batteries sont en bonne partie recyclées dans le monde, leur présence accrue dans le monde automobile pourrait causer du tort à l'environnement si elles ne sont pas dument recyclées. Ford et Volvo ont conclu un partenariat avec une start-up afin de remédier aux possibles problèmes qu'ils pourraient rencontrer dans un avenir proche. Les trois marques vont mettre en place des processus circulaires de collectes de batteries afin d'en récupérer le plus de matériaux possibles et de produire de nouvelles cellules pour d'autres batteries. (KEVERS, 2022)

Il est important de voir que des constructeurs se penchent déjà sur le sujet alors que la part de marché des véhicules électriques dans le monde s'estimait à seulement 4,1% pour le début de l'année 2021. (L'argus, 2021)

Cette préoccupation montre que les marques sont vraiment inquiètes et cherchent à maximiser le potentiel des batteries et de leurs recyclages.

Lorsque l'on achète un véhicule neuf, il est quasiment devenu monnaie courante d'avoir le choix ou non de laisser le constructeur reprendre votre voiture actuelle contre une remise sur achat qui varie en fonction de la valeur de la voiture à remettre. Si la pratique est bonne et incite le consommateur à acheter, il y a lieu de se demander ce qu'adviennent ces milliers de voitures récupérées par les constructeurs. À la suite d'un entretien avec un employé travaillant en concession Renault et qui désire garder son anonymat, il a été possible d'établir une ligne directrice dans les actions d'un concessionnaire lorsqu'un véhicule est repris. Si la voiture est trop endommagée, elle est envoyée à la casse directement, sans savoir si des pièces détachées sont récupérables ou pas. Dans le cas où elle est encore en bon état, elle sera préparée et vendue d'occasion ou pourra même être revendue à un marchand qui s'occupera lui-même de la revente de son côté. Il y a également la contrainte de la norme euro qui vient s'ajouter à cela. De nombreux pays ont mis en place des zones de basses émissions et beaucoup de voitures récupérées ne sont plus éligibles et ne peuvent par conséquent pas rouler dans certaines zones. Il y a la zone LEZ à Bruxelles par exemple et dans le cas de la France, de plus en plus de métropoles adoptent la vignette Crit'Air qui remplit les mêmes fonctions que le LEZ en Belgique mais de manière différente, une vignette devant être apposée sur le pare-brise avant. Si le véhicule rentre dans ce cas de figure, il sera alors exporté la plupart du temps vers d'autres pays, le continent vers lequel il est envoyé n'a cependant pas été précisé.

L'Afrique est très souvent le continent de prédilection où les voitures en fin de vie sont envoyées. C'est arrivé à un tel point où de nombreuses personnes considèrent le continent comme un cimetière à voitures occidentales. Cela crée localement une saturation du marché des véhicules d'occasion mais également une hausse des effets liés à l'environnement tels que les émissions de gaz à effet de serre. (MUBIAY, 2021)

Le problème réside dans le fait que ces voitures sont anciennes et ne sont plus adéquates d'un point de vue environnemental et de sécurité routière. Il y a en effet des cas qui ont été recensés où des équipements très importants tels que les airbags avaient été retirés du véhicule avant qu'il soit exporté car celui-ci possédait encore une valeur marchande en Europe. Tous ces éléments font que certains pays ont pris la décision de prendre des mesures pour combattre ce fléau. Il y a par exemple le Maroc qui interdit l'exportation de voitures dont l'âge excède les 5 ans. C'est un moyen efficace sur le territoire mais il déplace juste le problème vers d'autres pays car tout le monde n'a pas pris ce type de mesure. Il serait par conséquent important que tous les gouvernements se penchent sur la question afin de faire en sorte que les exports abusifs cessent mais également que les constructeurs ne voient pas

en l'export une solution à tous leurs problèmes. Cela leur permettrait de se pencher davantage sur la question du recyclage et de la réutilisation.

En nous questionnant sur le recyclage et la réutilisation, nous allons maintenant examiner comment les centres agréés recyclent une voiture en fin de vie et si une partie de la matière première qui subsiste est réutilisée ou pas. Il existe à Bruxelles un centre de recyclage agréé, Febelauto. N'ayant malheureusement pas eu de réponse de leur part pour un entretien, nous avons privilégié les informations qui étaient disponibles sur leur site. Il s'avère cependant que celles-ci étaient assez complètes et nous ont permis d'avoir une vue d'ensemble sur le processus de recyclage.

Celui-ci est divisé en 6 parties : la dépollution, le démantèlement, le compactage, le broyage, la technologie post-broyage et le recyclage. (Febelauto, 2022)

La dépollution consiste à retirer tout simplement tous les liquides et les pièces qui pourraient être dangereux lors des étapes suivantes. Ces liquides sont ensuite stockés et recyclés par des opérateurs agréés. Il faut savoir que l'étape de dépollution est obligatoire pour tout centre de recyclage.

Le démantèlement est l'étape où l'on démonte toutes les pièces qui seront destinées à être vendues sur le marché de l'occasion.

Le compactage est une étape importante car c'est ici que le véhicule devient complètement hors d'usage. Ce qu'il reste des deux étapes précédentes est découpé et compacté de la meilleure manière possible afin de l'envoyer à l'étape suivante.

Le broyage est l'étape où ce qu'il reste de l'épave est broyé en petits morceaux avant d'être envoyé à l'étape suivante.

La technologie post-broyage est la partie la plus complexe et la plus importante du recyclage, les métaux ferreux et non-ferreux sont séparés à l'aide d'une sorte d'aspirateur, les métaux non-ferreux sont séparés dans le but de récupérer de la matière première qui puisse être réutilisée. Il en va de même pour les métaux ferreux qui sont récupérés afin d'être réutilisés plus tard.

Le recyclage est la dernière étape du processus. Tout ce qui a été récupéré va être réutilisé par l'industrie afin de donner une nouvelle vie à la matière première. Il va cependant rester un peu moins de 5% de l'épave qui sera incinérée et placée dans un centre d'enfouissement agréé.

Le problème est que les ventes de voitures neuves sont en chute libre depuis maintenant deux ans contrairement aux ventes d'occasion qui augmente considérablement.

En 2021, la vente de voitures neuves a chuté de 8% et avait déjà chuté de 19,2% en 2020, la vente en occasion a quant à elle augmenté de 6,3% en 2021. (Statbel, 2022) Ces chiffres sont cependant à manier avec précaution car il pourrait exister un lien de corrélation avec la pénurie de semi-conducteurs qui retarde considérablement les ventes des constructeurs automobiles. Le consommateur ayant connaissance de la situation se tournerait donc

davantage vers le marché de l'occasion. Si ces chiffres nuisent au constructeur dans leur vente de neuf, ils représentent également une opportunité pour eux dans la vente d'occasion.

Il y a actuellement une tendance qui se dessine et qui s'inscrit totalement dans le cadre de l'économie circulaire, c'est la tendance des voitures reconditionnées. Si des chiffres n'existent pas encore à ce jour pour la Belgique, il en existe pour la France qui investit considérablement dans ce domaine. Depuis 2014, Aramis, un des leaders de la vente en ligne d'occasion qui possède notamment Cardoen en Belgique, a reconditionné pas moins de 110.000 véhicules en France. (Novethic, 2021)

Des marques telles que Renault ouvre leur propre centre de reconditionnement, ce qui démontre parfaitement qu'il y a un réel intérêt économique à se lancer dans la vente de voiture reconditionnée. Aramis Group vient même d'ouvrir un centre de reconditionnement à Anvers qui est en mesure de remettre à un état proche du neuf environ 12.000 voitures par an tout en employant une centaine de collaborateurs. (Fleet, 2021)

Il faut cependant savoir distinguer une voiture d'occasion d'une voiture reconditionnée car la frontière est assez fine entre les deux. Une voiture d'occasion est très souvent vendue dans l'état, c'est-à-dire qu'aucune réparation n'est apportée à part si elle entrave au bon fonctionnement du véhicule. Dans le cas d'un véhicule reconditionné, celui-ci est soumis à une expertise beaucoup plus approfondie et toute pièce soumise à l'usure causée par le roulement quotidien est changée. L'idée ici est de rapprocher le plus possible la voiture d'occasion d'un véhicule neuf.

Si ces arguments ne semblent pas suffisamment convaincants pour un potentiel acheteur, le principal atout des voitures reconditionnées va résider dans les garanties. La plupart des constructeurs ou professionnels qui proposent ce type de véhicule à la vente propose également une garantie. C'est un gage de confiance vis-à-vis du consommateur qui est couvert en cas de défectuosité et c'est un réel argument de vente pour le vendeur.

On peut donc constater ici que le reconditionnement est une réelle solution qui, de surcroît, s'inscrit totalement dans le cadre de l'économie circulaire à une exception près, le fait que les normes euro ne soient pas modifiables. Cela signifie que cette solution peut être efficace à court-terme mais il y a toujours la question des émissions de CO2 que causent ces véhicules qui sont très rarement électrifiés pour le moment.

Fort heureusement, les idées deviennent de plus abondantes et une nouvelle idée commence à creuser son nid et à prendre de l'ampleur, celle du retrofit.

Mais tout d'abord, que signifie le terme retrofit ? C'est tout simplement le changement de composants anciens par de nouveaux composants. (Cordial, 2022)

Ce concept peut donc s'appliquer à tout type de produit mais dans le cas d'une voiture, il aura un usage bien plus spécifique. Il s'agit tout simplement de passer d'un moteur thermique essence ou diesel à un moteur électrique. Il faudra dès lors changer toute la mécanique de la



voiture et lui mettre des batteries suffisamment puissantes. L'objectif du retrofit est donc de rendre une nouvelle vie à une voiture qui serait possiblement en fin de vie.

Le retrofit présente de nombreux avantages mais également de nombreux inconvénients qui peuvent faire pencher la balance en sa défaveur.

Il a pour premier avantage d'être bien moins cher que l'achat d'un véhicule neuf. Le prix varie entre 8.000€ et 20.000€ en fonction du type de véhicule. (Walravens, 2022) Il est à ce jour impossible de trouver un véhicule électrique neuf qui s'insère dans cette tranche de prix. Il est par conséquent très avantageux financièrement d'opter pour le retrofit. Son deuxième avantage réside dans le fait qu'un consommateur est souvent attaché à son véhicule, il n'a pas forcément envie de s'en détacher et le fait de lui mettre un nouveau moteur via retrofit lui donne une seconde vie et prolonge considérablement sa durée d'utilisation, ce qui aura pour résultat une diminution de la surconsommation dans le monde automobile. Le troisième et dernier avantage est bien évidemment la durabilité de ce processus qui s'inscrit à 100% dans le cadre de l'économie circulaire et de plus, étant une voiture électrique, celle-ci dépassera largement la date butoir de 2035 fixée par la commission européenne, ce qui pourrait être un motif de plus pour une personne lambda de passer sa voiture au retrofit. Le quatrième et dernier avantage du retrofit est lié aux subsides, en Belgique, la ville de Bruxelles accorde une prime LEZ aux entreprises souhaitant décarboner leur flotte de véhicules, le retrofit est un moyen de décarboner une voiture et est logiquement éligible à la prime LEZ octroyée par la ville.

Du côté des inconvénients, le premier réside dans l'autonomie, celle-ci reste sensiblement plus faible que ce qui est proposé actuellement par les concessionnaires et les marques. Les différentes entreprises proposant le retrofit font état d'une autonomie allant jusqu'à 300km dans le meilleur des cas. Il existe à ce jour des véhicules neufs qui avoisinent déjà les 1.000km d'autonomie. C'est un élément qui n'est certainement pas à négliger lors de l'achat d'un véhicule. Il faut tout de même garder à l'esprit que même si le prix du retrofit est sensiblement moins élevé que l'achat d'un véhicule électrique neuf, il n'en demeure pas moins un investissement conséquent. Les performances doivent alors être au rendez-vous et ce n'est pour l'instant pas forcément le cas. Le deuxième inconvénient est la fiabilité, étant donné que le retrofit est souvent effectué par des petites ou moyennes entreprises, les moteurs ne seront que très rarement plus fiables que ceux des marques qui investissent des millions d'euros dans la recherche et le développement de nouveaux moteurs et de nouvelles technologies. (BEEV, 2020)

Il y a cependant lieu de se demander si cette pratique entre dans le champ d'application légal. Si en France, le retrofit a été rendu légal depuis le 4 avril 2020 et au niveau européen, de plus en plus de pays commencent à l'autoriser, en Belgique, il est autorisé mais il existe tout de même un flou réglementaire à ce sujet. Mis à part la prime LEZ octroyée par la ville de Bruxelles, il y a très peu d'incitants à opérer une telle transformation et l'homologation peut s'avérer extrêmement coûteuse tant qu'une loi n'est pas spécifiquement actée à ce sujet.

Le retrofit pourrait, à terme, devenir une solution viable s'il tendait à se démocratiser. Il est cependant pour l'instant difficile de se projeter étant donné que le retrofit est essentiellement fait par des passionnés de voitures rétros qui n'hésitent pas à investir des montants considérables d'argent. Il pourrait être intéressant pour un constructeur de réfléchir à la question du retrofit interne, c'est-à-dire de proposer à ses clients d'opérer un retrofit sur un de leurs véhicules.

Tous ces éléments nous ont permis de voir que le sort qui est réservé aux véhicules en fin de vie ainsi qu'à ses pièces est un enjeu primordial pour l'industrie automobile.

### 3.2.6. Approvisionnement durable de sources d'énergie

L'approvisionnement durable de sources d'énergie est un enjeu clé pour l'avenir de l'industrie automobile car c'est pour l'instant l'un des principaux freins à l'avènement des voitures électriques. Comme il avait été mentionné plus tôt, si la voiture électrique est en tant que telle excellente d'un point de vue d'émissions de CO<sub>2</sub> dans son roulage, le problème réside dans la production de l'électricité que celle-ci emploie. Elle est souvent issue d'énergies fossiles qui sont très polluantes comme le charbon. Selon Capgemini, la production d'énergie nécessaire à la manufacture d'un véhicule électrique est supérieure à celle d'un véhicule à combustion.

La recherche de sources d'énergie plus vertes est primordiale pour un avenir durable dans l'industrie automobile. Sans cela, la recherche d'alternatives aux véhicules à combustion est une sorte de cercle vicieux sans fin car les changements ne sont pas opérés là où ils doivent l'être.

Il est logique que chaque pays possède ses propres caractéristiques climatiques et cela joue ou non en faveur des constructeurs lorsqu'ils implantent une usine de construction quelque part. Il y a par exemple le cas de Renault qui a en 2012 implanté une usine à Tanger et qui, grâce aux panneaux solaires et à une chaufferie en biomasse entre autres, est parvenu à en faire la première usine zéro CO<sub>2</sub> et zéro effluent, on entend par effluent tout déchet liquide. La marque est parvenue à cette prouesse en construisant une station d'épuration à circuit fermé au sein même de l'usine. La mise en place de cette usine devrait être un cas d'école pour beaucoup de constructeurs tant elle s'inscrit dans le cadre de l'économie circulaire et tant la gestion des ressources et des déchets est optimale. Leur chaufferie en biomasse utilise essentiellement du bois broyé et des noyaux d'olives, présentes en abondance au Maroc comme combustible, le résultat sera d'une part la création d'énergie thermique et les résidus postcombustion seront utilisés comme biofertilisants agricoles.

La chaufferie en biomasse couplée aux diverses énergies renouvelables utilisées par l'usine telles que l'éolienne, le solaire, et l'hydroélectrique ont pour conséquence une diminution de 100 000 tonnes de CO<sub>2</sub> par an. (Renault Group, 2017)

Comment utiliser au mieux les caractéristiques climatiques d'une zone géographique pour mettre en place une usine qui fonctionne essentiellement de manière circulaire ? Tout se fait au travers de recherches au sein d'une marque. Dans un pays comme la Belgique, il serait par exemple opportun d'exploiter le potentiel qu'offre l'énergie éolienne comme le fait déjà Colruyt. Même si ce n'est bien évidemment pas le même secteur d'activité, ils ont le mérite de faire fonctionner l'entièreté de leurs magasins et de leurs centres de distribution grâce à de l'énergie verte qui provient des éoliennes et de panneaux solaires. (Colruyt group, 2021)

Si nous devons nous cantonner à un exemple dans le milieu de l'automobile, nous devrions citer BMW qui est parvenu à faire en sorte que toutes leurs usines fonctionnent exclusivement avec de l'énergie solaire et éolienne. (Business AM, 2022)

Dans le monde automobile, en plus de l'usine Renault de Tanger, il y a également le cas de Volvo qui a mis en place dans son centre logistique de Gand des chariots à hydrogène. Au terme d'un partenariat avec Toyota et plusieurs autres marques, Leur centre logistique compte une flotte de 430 véhicules et sert de point de départ vers toutes les usines Volvo dans le monde. L'hydrogène est une source d'énergie très prometteuse étant donné que son seul déchet est de l'eau propre. D'un point de vue environnemental, l'impact est indéniable et ne devrait nullement être négligé par les autres constructeurs tant les possibilités sont grandes. Bien qu'en phase de test, cette décision de Volvo s'inscrit encore une fois dans leur volonté de devenir neutre en carbone d'ici 2040.

Il y a également une corrélation qui est faite entre le temps qu'il faut à une voiture électrique pour compenser les émissions de CO2 nécessaires à la production et le type d'énergie qui est fourni par le pays où le véhicule roule. Imaginons donc qu'une voiture ait été produite en Norvège et roule là-bas, il lui faudra rouler uniquement 8.000 kilomètres pour compenser les émissions nécessaires à sa production. Cela est principalement dû au fait que la Norvège produit son électricité via l'énergie hydraulique, ce qui la rend plus écoresponsable. Si ce même cas de figure devait s'appliquer à un pays comme la Chine, il faudrait que la voiture électrique roule pas moins de 188.000 kilomètres pour compenser ses émissions de CO2 lors de la production. (Greenly, 2022)

On voit dès lors qu'il est assez important d'investir dans l'approvisionnement d'une énergie plus verte car cela ne serait que bénéfique pour un constructeur qui souhaite diminuer sa consommation d'énergie mais également les déchets qui sont produits tout au long des différents processus engagés. Si la voiture électrique semble être une solution réaliste pour décarboner l'industrie automobile, elle le sera réellement si et seulement si l'approvisionnement en énergie s'inscrit dans une démarche durable. Si ce critère n'est pas rencontré, les véhicules électriques auront plutôt l'air de faire office de Greenwashing de la part des constructeurs alors qu'ils sont, grâce à leurs caractéristiques intrinsèques, une des solutions les plus avancées et réalistes pour diminuer les émissions de CO2 des constructeurs automobiles.

### 3.3. La voiture “type” de l’économie circulaire

Les différents éléments abordés ci-dessus nous ont permis de constater que pour arriver à une voiture zéro carbone, la solution semble devoir passer par des systèmes d’économie circulaire. Sans cela, il sera quasiment impossible d’arriver aux objectifs de neutralité climatique.

BMW s’est adonnée à l’exercice et est parvenu à présenter un concept-car totalement issu de l’économie circulaire, l’ambition de la marque serait de le commercialiser d’ici 2040. Ce modèle, le BMW i Vision Circular, l’habitacle est revêtu en kenaf, c’est un matériau végétal complètement renouvelable mais cela ne s’arrête pas là. L’intérieur possède également de l’eucalyptus et des fils tissés de bouteilles en plastique. Ils utilisent aussi d’anciens filets de pêche. (Business AM, 2022)

Le groupe souhaite aller encore plus loin en faisant en sorte que tous les modèles qui sont produits à l’avenir soient recyclables à 100% sans pour autant préciser de date. L’objectif est de rentrer dans un circuit fermé et de limiter au mieux son impact environnemental, le constructeur alimente déjà exclusivement ses usines avec de l’énergie renouvelable.

En plus de ces éléments, la marque fait extrêmement attention à sa chaîne d’approvisionnement et suit scrupuleusement son réseau de fournisseurs afin de s’assurer que ceux-ci respectent les normes environnementales et sociétales qui sont établies par l’entreprise. Le constructeur distingue même ses fournisseurs les plus innovants, un BMW Supplier Innovation Award a été créé et il y a déjà eu 5 éditions. (BMW group, 2018)

Le véhicule type issu de l’économie circulaire serait, à notre sens, un véhicule électrique, alliant les caractéristiques intérieures de BMW et dont l’extérieur serait assemblé par des métaux issus de l’économie circulaire (métal pressé à l’hydrogène comme vu au point 2.2.2.)

Tous ces différents éléments montrent bien qu’il est parfaitement possible et réaliste de produire un véhicule issu de l’économie circulaire pour peu que l’on fasse de réelles recherches et qu’on mette en place un processus digne de ce nom. Si pour l’instant les marques investissent le plus souvent avec leurs fonds, des aides gouvernementales ne seraient pas de trop pour assurer une transition économique et écologique convenable.

Il y a cependant une interrogation quant à la répercussion des coûts de ces investissements, l’idéal serait que le consommateur n’en ressente pas les effets et ait la possibilité de payer le même prix que ce qu’il paye actuellement.

### 3.4. Conclusion intermédiaire du chapitre 3

Nous avons pu voir au détour de ce chapitre que l'industrie automobile a encore beaucoup de défis à relever avant de pouvoir s'inscrire dans le cadre de l'économie circulaire mais également que des marques commencent à sérieusement s'intéresser au sujet pour le plus grand bien de notre planète.

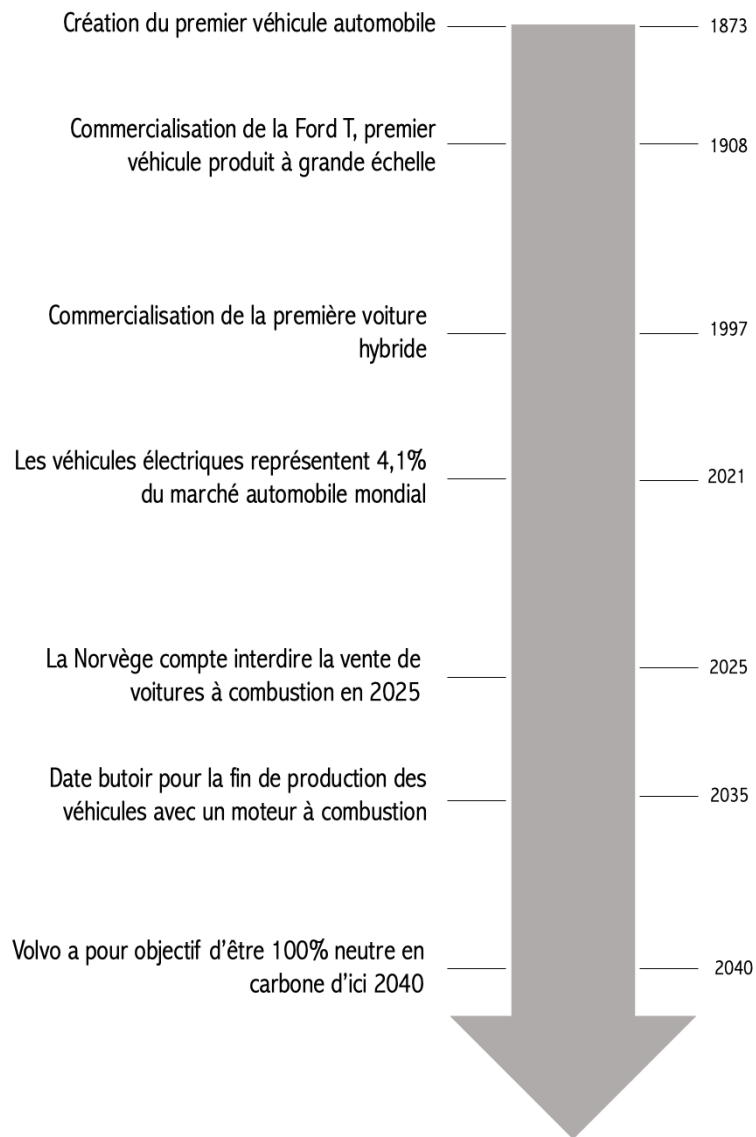
Comme l'a démontré l'histoire de l'industrie automobile et comme vous pourrez le voir sur la ligne du temps ci-dessous, elle est vouée à évoluer constamment et assez rapidement, ce sera toujours le cas. De la Ford-T aux véhicules électriques, ce secteur a fortement évolué en un peu plus de 100 ans. L'industrie automobile est une industrie qui a su s'adapter avec le temps et il est certain qu'elle a encore beaucoup à apporter à l'avenir.

Nous avons également pu nous apercevoir qu'il y a plusieurs vecteurs d'amélioration au sein même du processus de production de l'industrie automobile. Ils sont 6 au total et ne sont autres que la chaîne d'approvisionnement durable, le sourcing de métaux écoresponsables, le délai convenable dans la procuration de tous les matériaux et produits, la manufacture durable, le recyclage des déchets et facilité des retours de produits en fin de vie et l'approvisionnement durable de sources d'énergie. Il est primordial d'y penser et d'agir car les réglementations risquent de se resserrer davantage autour de l'industrie et si les bonnes décisions ne sont pas prises immédiatement, beaucoup de constructeurs risqueraient d'en pâtir sur le long-terme.

Finalement, bien que dans beaucoup de situations, la mise en place de l'économie circulaire soit théorique, voire utopique, des marques parviennent déjà à mettre en place des processus circulaires qui seront la norme dans un futur proche au sein même du constructeur.

L'économie circulaire et le profit ne sont pas incompatibles et certaines marques comme Volvo, Polestar ou BMW commencent même à en faire un argument de vente, ce qui est intéressant car cela montre que d'un côté, les marques ont conscience de ce qui se passe et de l'autre côté, les clients commencent également à être mieux informés et cherchent à consommer, dans ce cas-ci, à rouler de manière plus responsable.

Maintenant que nous avons pu voir quels étaient les leviers à actionner au sein de l'industrie automobile, nous allons dès-à-présent nous pencher sur les usines de productions présentes en Belgique, usines qui se démarquent et valent la peine d'être analysées afin de mieux comprendre comment l'économie circulaire peut être implantée dans le processus de production automobile.



*Figure 8 : ligne du temps de l'industrie automobile et prévisions quant à la circularité, David Loureiro, (2022)*

## Chapitre 4 : Analyse des usines de production automobile présentes en Belgique

Maintenant que nous avons pu analyser comment les différents constructeurs dans le monde faisaient pour limiter leurs émissions de CO2 et pour mettre en place des processus circulaires au sein de leur organisation, nous allons maintenant analyser les usines présentes en Belgique.

### 4.1. Belgique

Il faut savoir que la Belgique a longtemps été considérée comme un des pays leader en termes d'assemblage automobile. Elle était, dans les années 70, leader mondiale en matière de voitures assemblées par habitant. Il y avait 13 constructeurs qui avaient implantés des usines au sein de notre pays mais une bonne partie avait fermé ses usines dans les années suivantes. Il n'y avait par conséquent plus que 5 constructeurs en 1981. L'hécatombe s'est quelque peu poursuivie et ils n'étaient plus que 3 en 2010 et ne sont plus que deux actuellement avec la fermeture du site Ford Genk en 2014. (HOUBEN.H, 2016)

Il reste en conséquent deux usines de production de voitures légères en Belgique, Audi Brussels et Volvo Gent. A cela viennent s'ajouter Van Hool qui est un fabricant de bus et Volvo trucks qui assemble des camions non-loin de l'usine Volvo Gent.

Nous verrons au travers des deux sous-chapitres suivants que ces deux usines ont été amenées à se réinventer et sont également pionnières dans ce qu'elles font actuellement. En effet, Audi et Volvo produisent actuellement des modèles électriques en Belgique.

#### 4.1.1. Audi Brussels

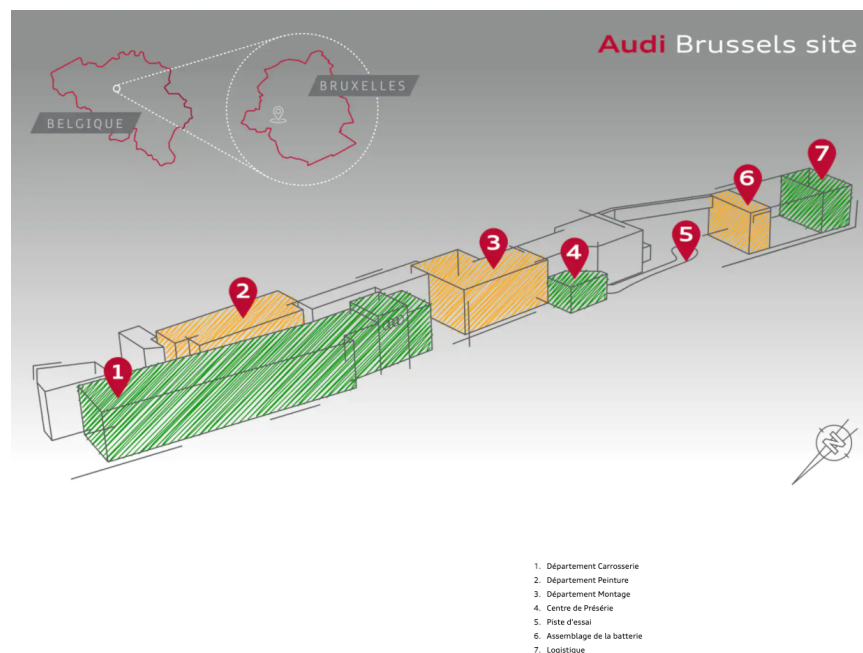
##### *Présentation de l'usine*

L'usine Audi Brussels existe sous ce nom uniquement depuis 2007, elle a dans le passé produit diverses voitures, certaines mieux réussies que d'autres d'un point de vue commercial.

L'usine a été fondée en 1948 par les frères D'Ieteren et a commencé à produire pour le groupe Volkswagen à partir de 1954 avec la Volkswagen Coccinelle. L'usine est rachetée en 1970 par Volkswagen AG qui modernisa l'usine afin de répondre aux mieux à la demande. Elle aura produit des véhicules comme la Volkswagen Golf, Polo et Passat, la Seat Toledo et León ou encore l'Audi A3. C'est seulement en 2007 que l'usine sera reprise par Audi AG qui renouvèlera totalement l'usine afin d'y ajouter, entre autres, un centre de test. L'Audi A3 y sera produite de 2007 à 2010 et elle laissera sa place à sa petite sœur, l'Audi A1 qui était destinée à concurrencer MINI. Celle-ci aura été produite à Bruxelles jusqu'en 2018 avant de

se délocaliser en Espagne. L'usine a depuis lors pris un tout autre tournant et a pris la décision de se concentrer uniquement sur la production de véhicules électriques avec son modèle e-tron. (Audi Brussels, 2022)

L'usine est divisée en 7 départements qui s'étendent sur une superficie de presque 490.000m<sup>2</sup> et travaille avec environ 3.000 collaborateurs.



*Figure 9 : site d'Audi Brussels, Audi Brussels (2022)*

### *Innovations proposées par l'usine*

Outre le fait que l'usine Audi Brussels produise la e-tron ainsi que sa variante e-tron sportback qui se veut légèrement plus sportive que son homonyme, le groupe Audi n'a pas lésiné sur les moyens et est parvenu à certifier leur site Audi Brussels comme étant neutre en carbone par l'organisme de contrôle et de certification belge Vinçotte. (Audi Brussels, 2021)

Elle est même la première du groupe à être neutre en carbone et les autres usines du groupe devraient s'en inspirer d'ici 2025.

Selon le groupe, l'usine repose sur trois piliers principaux : le passage à l'électricité verte, le chauffage de l'usine à l'aide d'énergies renouvelables et la compensation des émissions inévitables via des projets de crédits carbone. L'usine possède entre autres la plus grande installation de panneaux photovoltaïques de la région, c'est l'équivalent de 16 terrains de foot. Le résultat de tout cela est que l'usine parvient à économiser annuellement quelques 17.000 tonnes de CO<sub>2</sub>, soit autant que les émissions combinées de 1.500 personnes chaque année.



Le traitement des déchets est également très important comme on a pu le voir dans le chapitre précédent mais Audi Brussels n'est pas en reste sur ce sujet. Comme vous pourrez le constater sur la figure ci-dessous, la production totale de déchets a drastiquement diminué de 35% de 2019 à 2020. On pourrait croire que c'est dû au fait que moins de voitures ont été produites à cause du Covid-19 mais il n'y a en réalité qu'une disparité de 3% entre les deux années. Les eaux usées sont également analysées chaque mois et sont de qualité supérieure à ce qui est exigé.

L'objectif d'Audi Brussels est de réduire de 10% ses déchets et d'augmenter de 10% son recyclage d'ici 2025.

Emissions	2017	2018	2019	2020	unité	Delta %
<b>Total des déchets</b>	11258	9921	6316	4086	tonnes	-35%
Déchets non dangereux (total)	10639	9257	5582	3280	tonnes	-41%
Déchets de production à traiter	2090	2719	3015	2100	tonnes	-30%
Déchets non liés à la production	3637	1041	371	305	tonnes	-18%
Ferraille	5501	5497	2196	875	tonnes	-60%
Déchets dangereux (total)	619	665	735	806	tonnes	10%
Déchets dangereux à traiter	599	607	666	805,8	tonnes	21%
Déchets dangereux à mettre en décharge	20	58	69	0,3	tonnes	-100%
<b>Eaux usées</b>	50964	41645	36973	32495	m³	-12%
<b>Emissions d'éléments polluants dans l'air</b>						
niveau 1 - CO2 provenant de la combustion du gaz naturel***	22686	0	0	0	tonnes	
autres émissions niveau 1 - CO2 cf. protocole GHG		4237	4976	1297	tonnes	-74%
émissions de CO2 niveau 2		2075	1851	1453	tonnes	-22%
émissions de solvants	244,485	122,405	118,03	90,22	tonnes	-24%
émissions de fluide réfrigérant (HFC, etc.)	0,000	35,3	84,8	185,9	"tonnes CO <sub>2</sub> eq"	119%
SO <sub>2</sub>	0,12	0,11	0,1003	0,087	tonnes	-13%
NOx (NO <sub>2</sub> )	7,96	7,36	6,58	5,75	tonnes	-13%
CO	21,41	19,79	17,703	15,46	tonnes	-13%
PM	2,34	2,22	2,37	2,77	tonnes	17%
<b>Biodiversité</b>						
surface bâtie	249901	242914	249167	249167	m²	0%
surface asphaltée	222189	203563	194206	194940	m²	0%
surface verte	23377	25998	26766	27604	m²	3%
surface perméable	6433	12485	23371	23482	m²	0%
surface orienté vers la nature		1421	1448	1448	m²	0%

*Figure 10 : Quantité de déchets produite par Audi entre 2017 et 2020, Audi Brussels (2021)*

D'un point de vue énergétique, comme il avait été expliqué plus haut, l'usine possède le plus grand parc photovoltaïque de la région Bruxelles-Capitale mais ce n'est pas tout, elle se fournit

également en gaz naturel. Celui-ci alimente à 60% en énergie l'usine et possède la particularité d'être neutre en carbone.

En ce qui concerne les émissions de CO<sub>2</sub>, l'usine se dit neutre en carbone mais ce n'est pas réellement le cas, la production engendre encore des émissions de CO<sub>2</sub> mais le groupe compense cela en faisant des projets de crédit carbone. C'est un mode de fonctionnement loin d'être efficace selon beaucoup d'experts car la compensation n'est jamais réellement effective et en plus de cela, ces projets sont souvent coûteux. Le groupe a cependant pour objectif de rendre toutes ses succursales neutres en carbone d'ici 2025. Avec ou sans compensation ? Telle est la question car la compensation ne fait que déplacer le problème, il y aura toujours des entreprises qui ne font pas vraiment d'efforts et qui comptent sur celles qui en font pour racheter leurs droits d'émissions. C'est une pratique qui ne devrait pas perdurer si l'on veut vraiment attaquer le problème des émissions durablement et punir ou plutôt réprimander les "mauvais élèves".

La consommation d'eau est très importante dans l'industrie automobile, comme on l'avait vu plus tôt, une voiture nécessite jusqu'à 150 mètres cubes d'eau et ce chiffre reste substantiellement élevé. Audi en a conscience et l'usine belge a réduit de moitié sa consommation d'eau depuis 2015. Son objectif qu'il n'y ait plus d'eau potable qui soit utilisée dans le processus de production. Aucun deadline n'a cependant été spécifiée pour cet objectif.

Une des méthodes qu'Audi emploie pour absorber leurs émissions de CO<sub>2</sub> sur site est assez intéressante, ils y ont installé une prairie à fleurs sauvage, mais également un hôtel pour abeilles et insectes, ce qui permet leur prolifération. A cela s'ajoute l'installation d'une ruche à abeilles qui viendront assurer la pollinisation de leurs plantes. Bien que cette mesure n'ait pas de lien direct avec le processus de production ou qu'il n'y ait pas un réel apport qui puisse être démontré, on pourrait imaginer qu'elle apporte quelque chose de positif au sein de l'usine de Forest.

Le groupe a également installé hors-site des chênes, réputés pour leur potentiel d'absorption de carbone mais également un collecteur de plastique dans le canal de Bruxelles afin de limiter au mieux les déchets non-voulus dans l'eau. L'objectif pour Audi est d'augmenter de 10% la biodiversité sur leur site d'ici 2025.

La logistique n'est pas à exclure et fait partie des 6 points à prendre en compte dans son processus de production comme il a été vu dans le chapitre 2. Le groupe Audi en a conscience et a mis en place un groupe de travail sur la logistique verte. Lorsque des appels d'offre sont effectués, la première demande est toujours de fournir le mode de transport le plus écologique possible. Tout ce qui est livré d'Allemagne par le groupe est acheminé par voie ferroviaire et le trafic local se fait à l'aide de véhicules 100% électriques.

Le groupe se soucie également de facteurs externes tels que le transport de ses travailleurs. Il met en place des covoiturages mais également des minibus afin d'éviter une congestion de leurs parkings mais également de diminuer les émissions causées par le transport individuel de chaque travailleur. Audi Brussels revoit également son plan de mobilité des travailleurs tous les 3 ans. Le Covid-19 a apporté un certain changement dans la manière dont les gens se déplacent et la constatation au sein d'Audi est que la mobilité douce commence à davantage être privilégiée. Le groupe prévoit d'aménager des installations pour vélos électriques afin d'inciter ses employés à continuer sur cette lancée.

Un des points d'ancrages qui avait été mentionné plus tôt dans ce mémoire est la conception des batteries. Elle était en effet pointée du doigt à cause de son impact environnemental. Audi produit ses propres batteries à Forest et a mis en place un partenariat avec Umicore et Bebat pour tout ce qui concerne leur recyclage et leur réutilisation. Elles seront soit réutilisées en tant que batteries de stockage à énergie solaire ou soit recyclées en boucle fermée afin que la plupart des composants soient réintroduits dans la production des nouvelles batteries. Le groupe s'engage entre autres à mettre en place des concepts durables sur la totalité de la chaîne de valeur des batteries.

Les différents éléments vus ci-dessus nous permettent d'affirmer qu'Audi Brussels est en bonne voie pour devenir neutre en carbone mais le concept d'économie circulaire n'est pour l'instant pas assez intégré dans le processus de production. On pourrait évoquer une sorte d'évolution par paliers et Audi serait à un palier déjà assez avancé. Si le recyclage des déchets est important, il n'y a cependant pas assez de réutilisation des déchets dans le processus de production. Sans oublier que l'entreprise utilise la compensation pour atteindre cette neutralité carbone qui est par conséquent faussée. La procurement d'énergie verte est presque optimale, le transport logistique s'approche également de ce résultat mais des efforts doivent encore être fournis en matière de gestion des déchets car malgré la diminution constatée en 2020, la totalité des déchets causée par Audi Forest s'élève tout de même encore à 4.086 tonnes. Si tout cela est uniquement recyclé et nullement réutilisé, la chaîne de valeur n'est pas exploitée de manière optimale et Audi Forest ne peut dès lors s'inscrire à 100% dans un cadre d'économie circulaire.

Nous allons dès-à-présent analyser le cas de l'usine de Volvo Gent.

#### 4.1.2. Volvo Gent

##### *Présentation de l'usine*

Avant de parler de l'usine de Volvo, il faut savoir que le constructeur possède deux sites différents sur Gand, le premier est dédié aux voitures et le second est dédié aux poids lourds. Nous allons exclusivement aborder ici l'usine de voitures malgré le fait que certaines technologies soient partagées entre les deux usines.

L'usine a été inaugurée en 1965 avec la Volvo Amazon et a vu y passer de nombreux modèles. Elle produit actuellement la Volvo XC40 ainsi que la toute dernière Volvo C40 Recharge qui est totalement électrique. Le site dispose d'une surface 494.000m<sup>2</sup>, il est parmi les plus grands sites européens et emploie environ 6.500 travailleurs. (Volvo group, 2022)

Le groupe prévoit que d'ici 2025, la moitié des voitures vendues par la marque seront entièrement électriques. Elle investit conséquemment dans ce sens-là et propose déjà tous ses modèles en hybrides plug-in.

L'usine de Gand est extrêmement importante pour Volvo car c'est la première à produire une voiture totalement électrique. Le constructeur a dû adapter considérablement celle-ci en mettant en place certaines innovations comme vous pourrez le voir au point suivant.

##### *Innovations proposées par l'usine*

L'usine de Gand étant, comme mentionné au-dessus, la première de la marque à produire un véhicule 100% électrique, des adaptations ont été nécessaires afin de pouvoir répondre aux besoins auxquels elle allait être amenée à faire face.

Si elle n'est pas encore 100% neutre en carbone, l'usine va, à long-terme, s'inscrire dans une démarche de décarbonisation. Le groupe Volvo a pour objectif de rendre la production de ses usines neutre en carbone d'ici 2025 et souhaite également réduire de 40% les émissions totales d'une voiture sur son cycle de vie. (Volvo Group, 2022)

Cela passe dans un premier temps par l'électrification complète de son offre. Ce n'est actuellement pas le cas, l'usine produit également des voitures à combustion et des hybrides. Elle va cependant augmenter sa capacité de production à 135.000 véhicules électriques par an.

Si vendre exclusivement des voitures électriques est un bon début, la marque est consciente que c'est insuffisant. Elle a dès lors débuté par installer et utiliser exclusivement l'énergie

solaire en 2018. Elle utilisait déjà l'énergie éolienne depuis 2008 et va également procéder à une transition en passant du méthane naturel au biométhane pour ses chaufferies.

L'énergie est un point très important car la marque demande également à ses fournisseurs d'adopter une stratégie d'utilisation d'énergie 100% renouvelable et les encourage également à développer une approche circulaire pour l'avenir.

La gestion des déchets est assez importante pour Volvo, le groupe travaille avec Veolia qui est chargée de gérer les flux de déchets. L'objectif est de limiter au maximum les déchets sortants et par conséquent de les réintroduire le plus possible dans le processus de production. Selon le groupe, 95% des déchets mondiaux de Volvo ont été recyclés, cela a permis un maintien de valorisation dans la chaîne de production tout en réduisant considérablement le besoin en matériaux bruts. (Volvo group, 2022)

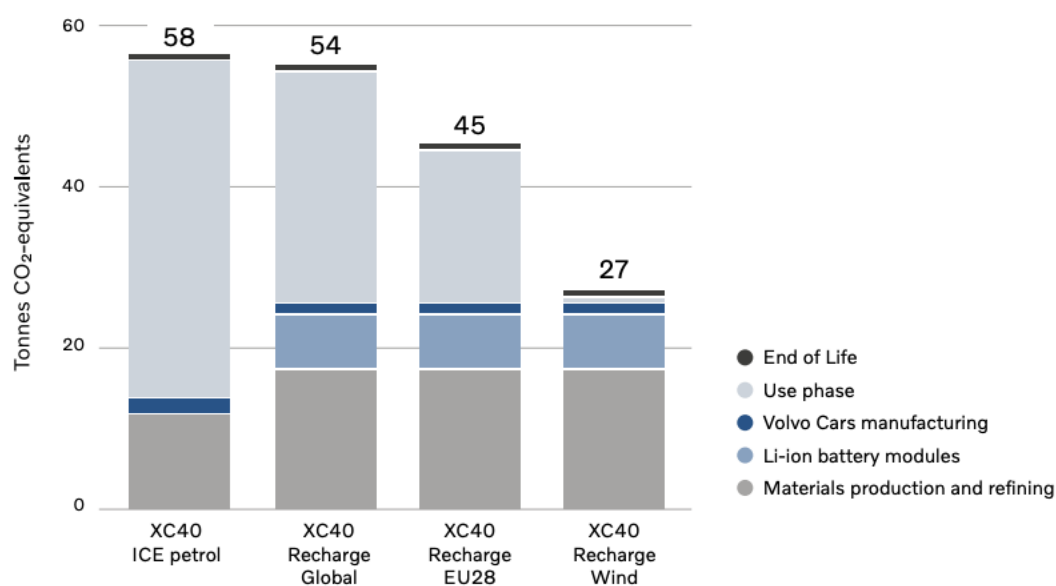
Le groupe a adopté une politique qui s'applique également à l'usine de Gand. Lorsqu'un véhicule est produit, chaque pièce ou équipement produit doit l'être en favorisant la facilité de réutilisation ou de recyclage. De nombreuses pièces utilisées lors de la production sont des pièces reconditionnées, l'avantage que cela présente est qu'une pièce reconditionnée nécessite 85% de matière première et 80% d'énergie en moins qu'une pièce neuve. (Volvo group)

Le recyclage joue un rôle central dans les activités d'exploitation de Volvo et pas seulement à Gand. Les matières premières recyclées sont de plus en plus présentes au sein de la production et le groupe a pour objectif d'utiliser dans ses voitures 25% de plastique recyclé, 40% d'aluminium recyclé et 25% d'acier recyclé.

Le groupe a également établi un rapport sur le cycle de vie de leur Volvo XC40 et XC40 Recharge, modèles produits à Gand. Il est dès lors intéressant d'analyser ce document afin de voir si la différence entre une voiture à combustion et une voiture électrique se fait ressentir. Le premier constat est que la part de CO<sub>2</sub> émise par un véhicule électrique est inférieure de moitié. Il y a cependant un problème, c'est que la production de la variante électrique émet plus de CO<sub>2</sub> que la voiture à combustion.

Comme l'indique la figure 11, la production du véhicule électrique, couplée à la production de la batterie, rejette presque deux fois plus de tonnes de CO<sub>2</sub> qu'un véhicule à combustion. Ce retard est ensuite rattrapé principalement à cause de l'essence qui est utilisée tout au long de la vie du véhicule.

Il est dès lors important de mettre en place un mode de production efficace en matière de gestion des ressources et des déchets. La batterie ayant une place de taille, son recyclage optimal ferait drastiquement diminuer les rejets de CO<sub>2</sub> de l'usine.



*Figure 11 : Quantité de CO<sub>2</sub> produit par les différents Volvo XC40 tout au long du cycle de vie, Volvo group (2022)*

À l'instar d'Audi, Volvo Gent ne possède pas un département qui fabrique des batteries et est donc contraint d'en importer. Il serait intéressant pour eux d'en produire en interne car cela diminuerait les coûts et déboucherait sur une meilleure maîtrise de ces mêmes coûts.

La dernière innovation que va mettre en place Volvo, dans un premier temps dans son usine principale de Göteborg et à Gand par la suite, est l'introduction d'une technique appelée méga-moulage. C'est une pratique qui permet de fabriquer des pièces en aluminium tout en étant plus durable, moins coûteux et ne nécessitant que très peu d'assemblage. L'objectif est d'accélérer la démocratisation de son offre électrique tout en concurrençant Tesla qui est pour l'instant la seule marque ayant une usine qui utilise ce type d'outil. (L'écho, 2022)

Tous ces éléments nous permettent de constater que l'usine Volvo Gent est bien avancée en termes de circularité mais également qu'il y a encore beaucoup à faire, le groupe s'appuie plutôt sur des objectifs et investit en conséquence pour les atteindre. Il a également été assez difficile de trouver de l'information sur les activités de l'usine de Gand à l'instar d'Audi où tout était disponible.

## 4.2. Conclusion intermédiaire du chapitre 4

Ce chapitre nous a permis de nous rendre compte que la Belgique a un rôle à jouer très important dans l'industrie automobile. Entre sa position centrale en Europe et l'électrification des modèles proposés dans ses usines, elle a les armes pour être un des premiers pays à avoir des usines totalement circulaires dans son territoire.

Si Audi et Volvo ont des positionnements totalement différents, on peut cependant constater que les deux constructeurs s'intéressent de plus en plus aux émissions de CO<sub>2</sub> et cherchent à devenir neutre en carbone, du moins lors du processus de production.

Audi a tendance à privilégier la neutralité carbone et ne prend pas assez de risques en ce qui concerne l'économie circulaire. La marque parvient tout de même à être certifiée comme neutre en carbone mais encore une fois, les processus de réutilisation et de recyclage ne sont que très peu ou pas utilisés. L'usine a cependant le mérite d'avoir sa propre unité de production de batteries et d'y réintégrer les batteries issues de ses modèles destinés à la casse. Elle a également diminué considérablement la quantité de déchets en comparaison aux années précédentes, tout en gardant un rythme similaire. D'un point de vue énergétique, elle parvient à s'approvisionner exclusivement en énergies renouvelables.

Volvo est résolument tourné vers l'avenir et a des objectifs très ambitieux pour 2025 et 2040. Dans ses ambitions, le constructeur est totalement légitime, mais on peut estimer que l'usine de Gand se trouve encore à un stade embryonnaire où il y a beaucoup d'idées mais relativement peu de mise en application. Si l'usine s'approvisionne en énergies renouvelables et tente d'adopter une démarche de recyclage et de réutilisation, il y a pour l'instant peu de transparence de leur part, il est par conséquent difficile de quantifier l'efficacité des innovations qu'ils proposent.

On peut également affirmer que si l'électrification est une solution qui permet de diminuer les émissions de CO<sub>2</sub> post-production, il est important pour ces deux constructeurs et pour tous les constructeurs de trouver des solutions innovantes pour permettre de réduire les émissions qui sont causées par la production de véhicules électriques car elles sont sensiblement plus élevées que celles d'un véhicule à combustion.

Maintenant que nous avons pu voir ce que nos usines nationales font ou non pour s'inscrire dans un cadre d'économie circulaire, nous allons sans plus tarder effectuer une analyse de l'environnement interne et externe de l'industrie automobile par le biais d'une analyse PESTEL et SWOT.

## Chapitre 5 : Analyse PESTEL et SWOT de l'industrie automobile

Après avoir analysé l'industrie automobile et les innovations que ses acteurs parvenaient à nous proposer, nous allons maintenant nous focaliser sur une analyse de l'environnement externe de l'industrie afin de déterminer quelles sont les opportunités dont elle pourrait tirer profit mais également les menaces face auxquelles elle doit se méfier. Cette analyse sera faite au travers de l'outil d'analyse PESTEL.

Nous ferons par la suite une analyse SWOT qui nous permettra de déterminer quelles sont les forces et les faiblesses de l'industrie tout en y recensant les menaces et opportunités les plus importantes.

### 5.1. Analyse PESTEL

Une analyse PESTEL prend en compte 6 facteurs qui sont importants dans tout écosystème économique. Ces 6 facteurs sont les facteurs politique, économique, social, technologique, environnemental et légal.

Il est important de faire cette analyse car l'industrie automobile est très sensible aux facteurs externes, d'une part à cause du nombre considérable de fournisseurs avec lequel elle travaille, et d'autre part à cause des nombreuses réglementations auxquelles elle fait face. Nous allons analyser comment ces 6 facteurs peuvent avoir un impact sur le processus de production de l'industrie automobile.

#### 5.1.1. Politique

Dans le contexte actuel, nous allons plutôt ici aborder les problèmes géopolitiques car l'industrie automobile est dépendante de ressources que seuls certains pays possèdent. Il est par conséquent important pour elle que les tensions politiques entre les pays soient minimisées afin de pouvoir tirer son épingle du jeu.

On peut, à titre d'exemple, citer la guerre qui fait rage entre la Russie et l'Ukraine sur le territoire ukrainien. L'impact est considérable pour l'industrie automobile comme nous avons pu le voir au chapitre 3 car cela entraîne des retards de livraison, des problèmes d'acheminement de marchandise nécessaire à la production de véhicules et même des problèmes énergétiques. Une stabilité politique permet à l'industrie automobile d'être stable à son tour car elle sera également soumise à moins de tension. Actuellement, nous pouvons estimer que l'industrie automobile fait face à une menace d'un point de vue politique car elle pourrait se retrouver à court de certaines pièces à la suite des événements de la guerre.

Un point assez important se situe également sur le parti politique qui est au pouvoir dans un pays. Très souvent, une campagne politique peut nuire à une industrie si elle va à l'encontre



de tout ce qu'elle représente. C'est par exemple le cas à Bruxelles où le parti politique responsable de la mobilité était Écolo. Les conséquences de cela ont été que de nombreux travaux ont été effectués afin de démocratiser des modes de transport plus verts tels que le vélo. Des aménagements ont eu lieu dans des axes cruciaux à la circulation bruxelloise et il devient de plus en plus difficile pour un conducteur de circuler dans le centre-ville. Le conseil communal de la ville a récemment validé un plan qui va restreindre le passage des voitures en ville afin de favoriser la circulation des piétons. (Le soir, 2022)

Si ce type de mesure n'impacte pas le processus de production de l'industrie automobile, cela démontre toutefois que l'industrie peut devoir faire face à certaines restrictions qui limiteraient la production.

#### 5.1.2. Économie

Le facteur économique est très important pour l'industrie automobile et particulièrement pour le processus de production. Si l'économie circulaire constitue une opportunité dans sa totalité, elle n'en reste pas moins influencée par la demande comme toute autre économie. La demande est très certainement influencée par le prix et là réside le problème. L'instabilité politique, la raréfaction de certaines matières premières et l'inflation ont pour conséquence ultime de voir le prix des pièces détachées augmenter. Si les coûts de production sont amenés à augmenter, ils devront être répercutés quelque part et il y a fort à parier que ce sera le client qui devra en payer le prix en étant amené à payer plus cher pour acheter un véhicule. La voiture électrique commence à se démocratiser mais il est encore relativement coûteux d'en acquérir une car les composants ont une valeur plus importante.

Du point de vue de la production, le recyclage ne garantissant pas un retour sur investissement certain, adopter une approche de recyclage total peut autant être une opportunité qu'une menace du point de vue financier.

#### 5.1.3. Social

Le facteur social prend principalement en compte les tendances du point de vue du client. Si l'avènement des véhicules électriques semble constituer une opportunité de taille, elle se doit principalement au fait que de nombreux pays mettent en place des politiques vertes qui poussent les consommateurs à se tourner vers l'électrique. Face à cela, la production est influencée car elle pousse les constructeurs à totalement revoir leurs usines afin de pouvoir y accueillir la production de véhicules électriques.

Il n'est pas rare également de voir des grèves avoir lieu au sein du personnel, ce qui a pour conséquence de retarder la production le plus souvent. Le secteur automobile et sa production plus particulièrement collaborent avec des milliers, voire des millions de

collaborateurs partout dans le monde, c'est un rouage qui semble bien huilé mais le moindre souci social pourrait venir gâcher tout ça.

#### 5.1.4. Technologie

La technologie est peut-être le facteur le plus important pour l'industrie automobile car c'est cette même technologie qui permet des avancées considérables en matière d'économie circulaire dans le secteur. Selon la commission européenne, le secteur automobile est celui qui investit le plus en recherche et développement dans l'Union Européenne. Les investissements en R&D du secteur représentent 34% du total de l'EU. (European commission, 2021)

Cela signifie qu'il est fort probable que l'industrie automobile continue de se développer dans les années à venir, de nouveaux modes de production seront amenés à être présentés et cela pourrait se faire au profit de l'économie circulaire. Cela représente clairement une opportunité mais il faut tout de même nuancer ces chiffres car toujours selon la commission européenne, les investissements en R&D ont diminué de près de 8% dans le secteur automobile entre 2019 et 2020.

Si l'évolution apporte souvent du bon, elle apporte également son lot de problèmes, le dernier en date étant la pénurie de semi-conducteurs. Cette pénurie provoque des retards de livraison, des marques sont forcées à ne pas équiper leurs voitures de certaines options afin de pouvoir assurer la livraison, il y a plein de cas de figures qui vont dans ce sens. Il y a donc une grosse menace qui pèse sur l'industrie automobile, la raréfaction des matériaux indispensables à la production automobile est amenée à devenir une réalité tant que l'économie circulaire n'est pas la norme.

Le développement de l'automatisation et de l'intelligence artificielle semble » être intéressant car cela va certainement permettre à la production automobile d'évoluer positivement et de trouver des solutions pour démocratiser l'économie circulaire au sein de son processus de production.

#### 5.1.5. Environnement

L'environnement est le motif même de l'existence de ce mémoire, il est le facteur le plus important actuellement dans la plupart des secteurs et l'industrie automobile n'y fait pas exception. Le développement de nouvelles sources d'énergie telles que l'hydrogène vert ou encore les chaufferies en biomasse constitue une véritable opportunité qui pourrait complètement renverser la vapeur pour l'industrie automobile.

Le développement de nouveaux métaux semble également être une belle opportunité pour l'industrie qui pourrait en tirer profit et produire des voitures plus responsables, recyclables et réutilisables dans le processus de production.

L'économie circulaire représente une opportunité à part entière car elle permet de placer l'environnement au centre des débats, toutes les idées qu'elle véhicule peuvent être amenées à être utiles à l'avenir.

Les différents gouvernements et organismes compétents mettent de plus en plus en avant un monde sans émissions de carbone, la mise en place d'un recyclage systémique au sein d'une structure telle qu'une usine de production automobile semble dès lors logique et peut représenter une opportunité pour celle-ci.

#### 5.1.6. Légal

Le facteur légal est très important pour l'industrie automobile, les législations sont amenées à devenir de plus en plus axées vers la réduction de CO<sub>2</sub> et vers l'économie circulaire. Cela va forcer les constructeurs à changer drastiquement la façon dont ils produisent les véhicules et met en avant un point, les marques automobiles sont forcées de suivre les lois qui entrent en vigueur, au même titre que tout le monde, ces lois peuvent avantager ou non un constructeur.

Le durcissement des lois en matière de CO<sub>2</sub> peut être considéré comme une menace car cela va forcément pousser les constructeurs dans leurs retranchements. Ils seront amenés à constamment innover et devront être en mesure de répondre aux attentes exprimées par le gouvernement du pays dans lequel ils possèdent leurs usines. Cela peut également être considéré comme une opportunité car, comme il a été dit auparavant, cela va justement forcer les constructeurs à innover

## 5.2. Analyse SWOT

Maintenant que l'environnement externe de l'industrie automobile a pu être analysé, nous allons maintenant les regrouper avec ses forces et ses faiblesses au travers d'une analyse SWOT.

<b>FORCES</b> <ul style="list-style-type: none"><li>○ Investissement conséquent en R&amp;D</li><li>○ Évolution technologique importante</li><li>○ Savoir-faire de 150 ans</li><li>○ Industrie qui a toujours su répondre aux attentes</li><li>○ Secteur qui travaille avec des millions de collaborateurs</li><li>○ Capacité à s'adapter au changement</li></ul>	<b>FAIBLESSES</b> <ul style="list-style-type: none"><li>○ Dépendance vis-à-vis de fournisseurs externes</li><li>○ Marché concentré, pas beaucoup d'acteurs, quelques nouveaux venus</li><li>○ Coûts de production élevés</li><li>○ Réglementations strictes à l'encontre du secteur</li><li>○ Peu ou pas d'accompagnement des gouvernements</li></ul>
<b>OPPORTUNITÉS</b> <ul style="list-style-type: none"><li>○ Pression écologique qui peut pousser à l'innovation des constructeurs</li><li>○ Développement de l'IA et de l'automatisation</li><li>○ Nouvelles sources d'énergie</li><li>○ Métaux neutres en carbone (cfr exemple Volvo)</li><li>○ Réutilisabilité des nouveaux matériaux</li><li>○ Recyclage systémique</li></ul>	<b>MENACES</b> <ul style="list-style-type: none"><li>○ Raréfaction de matériaux pouvant déboucher sur une pénurie</li><li>○ Risque de non-rentabilité du recyclage</li><li>○ Nouveaux arrivants qui vont bousculer le marché</li><li>○ Pression environnementale trop forte</li><li>○ Risque d'épidémie, fermeture des usines, retard de livraison</li><li>○ Instabilité politique</li></ul>

*Figure 12 : Analyse SWOT de l'industrie automobile, David Loureiro (2022)*

### 5.3. Conclusion intermédiaire du chapitre 5

Ce chapitre nous a permis de comprendre que l'industrie automobile et plus particulièrement tout le processus de production sont des éléments très complexes à comprendre. Il est difficile d'anticiper les choses car l'industrie dépend de beaucoup de facteurs externes qu'elle ne peut pas vraiment contrôler mais ce n'est pas pour autant qu'elle n'est pas en mesure de tirer son épingle du jeu car de nombreuses opportunités existent.

Parmi les 6 facteurs qui ont été analysés, l'environnemental, le technologique, le politique et le légal semblent être ceux sur lesquels l'industrie automobile doit se concentrer actuellement si elle désire basculer vers l'économie circulaire car ce sont ces facteurs qui ont et continueront d'avoir le plus d'importance dans les années à venir.

Les gouvernements tentent de pousser le plus possible les constructeurs vers une réduction de leurs émissions de CO2 sans pour autant passer par l'économie circulaire et cela se fait largement ressentir aujourd'hui. Il y a plus d'initiatives qui vont dans le sens de réduire les émissions de CO2 plutôt que dans celui du basculement vers l'économie circulaire.

L'industrie automobile est une industrie forte, très bien implantée depuis près d'un siècle et en plus de cela, elle investit considérablement dans la recherche et le développement de nouvelles technologies. Elle a par conséquent toutes les armes nécessaires pour profiter des opportunités qui se présentent à elle.

Elle doit cependant faire attention à sa forte dépendance aux éléments extérieurs car elle peut très vite se retrouver en position de difficulté si des événements externes ne lui sont pas favorables.

Notre analyse de l'environnement interne et externe de l'industrie automobile étant conclue, nous sommes maintenant en mesure de fournir des recommandations adaptées afin d'accélérer l'intégration de l'économie circulaire dans le processus de production au sein de l'industrie automobile.

## Chapitre 6 : Les recommandations pour accélérer l'intégration de l'économie circulaire dans le processus de production au sein de l'industrie automobile

Face à tous les éléments que nous avons pu analyser et comprendre, nous sommes maintenant en mesure de proposer des recommandations concrètes pour que l'industrie automobile puisse implanter de la manière la plus rapide et la plus efficace possible l'économie circulaire au sein de son processus de production.

Mes recommandations vont ici être adressées à aux constructeurs automobiles d'un côté et aux gouvernements de l'autre car j'estime que ce sont ces deux acteurs qui ont le pouvoir de faire accélérer l'intégration de l'économie circulaire au sein de l'industrie automobile.

### 6.1. Au niveau des constructeurs

Face à tous les éléments qui ont été analysés et toutes les données qui ont été récoltées. Nous sommes en mesure d'affirmer deux choses : il y a un engouement croissant pour l'économie circulaire au sein de l'industrie automobile mais cet engouement se montre avant tout au travers d'expérimentations. Il n'y a pas de réelle mise en place d'un processus circulaire pour le moment. Les constructeurs restent dans une sorte de zone de confort car les processus circulaires restent trop fragmentés pour le moment, ce n'est pas encore la norme d'adopter ce mode de pensée économique.

C'est avec ce constat que nous sommes en mesure de fournir 3 recommandations aux constructeurs automobiles : mettre en place un département circulaire, avoir une meilleure maîtrise de son réseau de fournisseurs et investir durablement dans les infrastructures.

#### 6.1.1. Mise en place d'un département circulaire

Passer d'une économie linéaire à une circulaire au sein d'une structure est un changement radical mais nécessaire. Il faut par conséquent mettre en place les moyens nécessaires à un tel changement. C'est pour cela qu'il est impératif de mettre en place un département circulaire afin de faciliter cette transition.

Concrètement, ce département travaillerait en étroite collaboration avec des organismes spécialisés en économie circulaire tels que la fondation Ellen MacArthur. Il proposerait des mesures concrètes à prendre au board de la direction et serait par la suite responsable du bon déroulement de la transition ou de l'instauration de ces mesures.

Ce département serait également en mesure d'effectuer des audits internes afin d'analyser les différents éléments qui constituent la production automobile, de l'approvisionnement de matières premières, en passant par la réutilisation ou la réintégration des déchets, à la sortie d'un véhicule neuf, il serait en mesure de déterminer ce qui ne va pas et quelles actions sont à entreprendre. Il utiliserait une grille d'évaluation qui s'appuierait sur des éléments tels que

l'approvisionnement en matières premières, en énergie et la gestion des déchets, pour ne citer que ces 3 éléments.

Nos recherches nous ont démontré qu'il y a 3 points extrêmement importants à surveiller pour basculer vers l'économie circulaire. La réutilisation et réinsertion des déchets dans le processus de production qui permettrait de recourir le moins possible à des matières premières pures, l'approvisionnement en énergie qui doit être exclusivement faite au travers d'énergies renouvelables et la décarbonisation des activités de production.

En faisant de ces 3 éléments leur priorité, le département circulaire serait en mesure d'accélérer l'intégration de l'économie circulaire au sein du processus de production automobile.

#### 6.1.2. Avoir une meilleure maîtrise du réseau de fournisseurs

La place du fournisseur est d'une importance capitale dans l'industrie automobile. Nous avons également pu comprendre qu'il a un rôle actif à jouer dans l'économie circulaire car il est au début du processus.

Bien que nous partions du principe que l'économie circulaire ait recours à la réutilisation, nous sommes également conscients qu'il est impossible de faire fonctionner l'industrie automobile sans avoir recours à des fournisseurs pour certaines pièces car tout n'est pas réutilisable. Une bonne maîtrise de son réseau de fournisseurs semble être une des solutions à privilégier.

Comme nos recherches l'ont démontré, une marque peut avoir beaucoup de niveau de sous-traitance et peut avoir un nombre très important de fournisseurs. Il est dès lors extrêmement important d'avoir un niveau de maîtrise proche de la perfection car cela permet également une meilleure maîtrise des coûts, un alignement entre les valeurs des fournisseurs et le constructeur et un contrôle quasi absolu sur la chaîne d'approvisionnement.

Cela débute par la mise en place d'un cahier de charges qui sera essentiellement axé vers l'économie circulaire. Il est du ressort du constructeur de déterminer ce qu'il désire ou pas lorsqu'il collabore avec un fournisseur, il est par conséquent du ressort du constructeur d'entreprendre les démarches nécessaires pour travailler avec des fournisseurs dont la vision s'inscrit dans le cadre de l'économie circulaire.

Concrètement, le cahier de charges se baserait sur les points essentiels à la bonne application de l'économie circulaire (approvisionnement en énergie renouvelable, réutilisation, recyclage déchets) et suggérerait aux fournisseurs d'entreprendre les actions nécessaires pour basculer vers l'économie circulaire. (Cfr exemple BMW chap. 3.3)

Face aux divers éléments qui peuvent venir perturber l'approvisionnement en pièces ou en matières premières, une bonne maîtrise de tous les niveaux de fournisseurs assure une marge de manœuvre en cas de perturbation. Une structure sera moins sensible aux éléments extérieurs si le niveau de maîtrise est assez élevé.

### 6.1.3. Investir durablement dans les infrastructures

Il semble clair que la majeure partie du processus de production d'une voiture se fait en usine, c'est pour cette raison qu'il est impératif que les infrastructures puissent être en mesure d'accompagner la transition vers l'économie circulaire. Le basculement vers la voiture électrique est nécessaire mais il faut également garder en tête que sa production engendre davantage de CO<sub>2</sub> que celle d'un véhicule à combustion. Si des aménagements ne sont pas effectués, le problème serait en train d'être déplacé et non pas résolu.

Une usine doit être capable d'avoir une certaine cadence de production et toutes les marques en sont conscientes. Investir dans son usine est souvent (très) coûteux mais est également nécessaire si l'on souhaite atteindre la neutralité en carbone d'une usine et des activités qui s'y déroulent.

La première étape passe par la transition énergétique, qui est l'un des points d'ancrage de l'économie circulaire. Il est d'importance capitale de basculer vers des sources d'énergies renouvelables car l'extraction de ressources et le symptôme même d'une économie linéaire décadente et grandement responsable de l'épuisement des ressources que nous rencontrons. Il a été démontré par de nombreux constructeurs qu'il est possible d'alimenter exclusivement leurs usines en énergies renouvelables (cfr chap.4.1) et les possibilités sont nombreuses. Entre l'éolien, le solaire, l'hydraulique et les chaufferies en biomasse, il est parfaitement faisable d'alimenter la totalité de ses infrastructures en énergies renouvelables.

La seconde étape passe par l'investissement et le renouvellement de la machinerie. Il pourrait être intéressant d'acheter des machines plus rapides, moins énergivores et surtout plus en accord avec la technologie actuelle. Le retour sur investissement serait intéressant car nous pourrions observer une augmentation de la productivité et une diminution des coûts énergétiques. De nombreux constructeurs tels que Volvo, Tesla, BMW et Volkswagen investissent des milliards afin de moderniser leurs usines et être en mesure d'accompagner l'évolution face à laquelle ils devront irrémédiablement devoir faire face.

La troisième étape est ici plus axée sur la production de voitures électriques. Il est indispensable d'avoir dans chaque usine son propre centre de création de batteries. S'il est inéluctable que la batterie est amenée à perdre ses propriétés au fur et à mesure qu'elle est utilisée, celle-ci reste cependant parfaitement recyclable et apte à être reconditionnée. L'exemple d'Audi (Cfr chap.4) nous montre qu'il est parfaitement possible de produire des batteries respectueuses de l'environnement et de reconditionner efficacement les batteries en fin de vie.

La quatrième et dernière étape passe par la formation du personnel. Les usines sont amenées à évoluer et investir dans son personnel garantit que l'évolution puisse bien se passer. Bien que l'automatisation soit de plus en plus présente, il sera toujours nécessaire d'avoir une main humaine à disposition.

Lorsque ces 3 recommandations ont été proposées, je suis parti du principe que la rentabilité devrait être une priorité pour les constructeurs car sans rentabilité, les chances d'investissement sont moindres. Face à tous les éléments auxquels l'industrie fait face, il y a



de grandes chances que le passage à l'économie circulaire soit bénéfique car comme il a été vu au chapitre 5, l'industrie automobile reste sujette à beaucoup de variants externes, internaliser ses processus et travailler en boucle fermée permettrait une meilleure maîtrise des coûts et par conséquent un retour sur investissement car les ressources seraient mieux maîtrisées au même titre que les dépenses énergétiques.

## 6.2. Au niveau des gouvernements

Les gouvernements dans leur ensemble ont un rôle à jouer dans l'intégration de l'économie circulaire dans l'industrie automobile. Souvent poussés et aidés par des organismes indépendants qui sonnent le glas face à tous les problèmes auxquels nous allons faire face, il est de leur ressort d'assurer que la transition puisse avoir lieu en bonne et due forme.

Pour parvenir à cela, nous avons dressé 4 recommandations à adopter pour accélérer l'intégration de l'économie circulaire au sein du processus de production automobile : Octroyer des facilités de financement circulaire, créer une instance de certification circulaire, instaurer des normes de recyclage obligatoire et adapter le système de compensation carbone.

### 6.2.1. Octroyer des facilités de financement circulaire

Les informations récoltées lors des chapitres précédents nous ont permis de comprendre que les gouvernements ont surtout pris des décisions répressives et prohibitives au long des années, la dernière en date étant que les constructeurs ne pourraient plus produire que des voitures électriques. Mais qu'en est-il des aides qui seront accordées afin de permettre aux marques d'atteindre ce deadline ?

Basculer vers l'économie circulaire peut nécessiter un investissement considérable, bien que cette transition soit nécessaire, elle ne peut se faire au détriment de la santé financière d'un constructeur automobile.

Théoriquement, des facilités de financement seraient octroyées aux constructeurs qui parviennent à mettre en place un plan d'action circulaire. Cela permettrait de diminuer le risque pour les constructeurs, de leur faire mettre en place une véritable stratégie de basculement circulaire et d'opérer les changements nécessaires à cela.

Bien que les mesures d'aide aux constructeurs pour 2035 n'aient pas encore été dévoilées, il conviendrait d'y inclure un soutien financier qui permettrait une transition efficace de la part des constructeurs.

### 6.2.2. Créer une instance de certification circulaire

Comment s'assurer qu'une entreprise ne fait pas de Greenwashing ? Si pour un consommateur averti, il est souvent facile de déceler ce type de tromperie, il n'en est pas autant pour les autres. C'est pour cela qu'il serait intéressant de créer une instance

internationale qui régule et délivre des certificats de circularité aux entreprises qui respectent les principes de l'économie circulaire et dont les activités sont neutres en carbone.

Non seulement cette certification servira de gag de confiance pour les consommateurs désireux d'avoir un moindre impact sur la planète, mais elle sera également un indicateur d'excellence pour un constructeur car cela récompensera les efforts qui auront été effectués en amont.

Il y a déjà un organisme qui délivre ce type de certification en France, c'est l'AFNOR, elle est chargée de créer et faire règlementer les normes mais elle le fait exclusivement pour les entreprises françaises. Il est important qu'il y ait une instance internationale qui régisse les règles de circularité afin qu'elles servent de ligne directrice aux entreprises souhaitant basculer vers l'économie circulaire.

#### 6.2.3. Instaurer des normes de recyclage obligatoire aux constructeurs

Le recyclage est probablement le défi le plus conséquent que doit traiter l'économie circulaire, le problème résidant dans le fait que de nombreuses matières premières ne soient ni faciles, ni intéressantes financièrement à recycler.

Cette recommandation est établie car je pars du principe qu'étant donné que l'attrait financier ne soit pas le point fort du recyclage, peu ou aucun constructeur ne l'adoptera de manière systémique. Cela n'en retire pas pour autant l'importance et l'urgence de devoir tout de même recycler. Face à cela, la seule option est de réglementer et normaliser le recyclage de tous les matériaux présents dans une voiture en fin de vie.

C'est une mesure importante car le chapitre 2 nous démontre qu'une grande partie d'une voiture peut être recyclée et réintroduite dans la production sans aucune perte de propriété. En faire une norme permettrait que le recyclage ne soit plus un problème inhérent à notre société mais également que l'industrie automobile fasse un pas de plus vers l'économie circulaire, tout en maximisant la valeur de la matière première et des déchets dont elle dispose.

#### 6.2.4. Adapter le système de compensation carbone

La compensation carbone est un dispositif simple où une entreprise qui émet du CO<sub>2</sub> doit contrebalancer cela en investissant dans des projets qui compensent ces mêmes émissions. Des "crédits" carbone peuvent être négociés et les gros pollueurs peuvent par conséquent continuer leurs activités en toute insouciance.

Ce système a eu une certaine utilité mais son problème réside principalement dans le fait que tout le monde n'est pas sur le même pied d'égalité et il ne favorise clairement pas l'innovation. Une adaptation est par conséquent nécessaire car ce système est daté et des entreprises tirent clairement profit de la situation. Il est du ressort de tous de diminuer son empreinte carbone, l'effort doit être collectif et non pas seulement de certains.

Il y aurait par conséquent des modifications qui seraient apportées, le système de crédit carbone devant disparaître, des seuils seraient mis en place en fonction du type d'activité et du chiffre d'affaires. Un constructeur se verrait octroyer un seuil à ne pas dépasser et devrait payer une amende si toutefois il le dépassait quand même.

La compensation en elle-même ne devrait pas être adaptée bien qu'elle ne soit pas la solution à tout, il est en effet impossible de tout compenser. Si l'économie circulaire venait à se démocratiser, la compensation serait amenée à disparaître progressivement.

### 6.3. Conclusion intermédiaire du chapitre 6

La transition vers une économie circulaire n'est pas tâche aisée, pour que l'industrie automobile puisse rebondir et modifier durablement son processus de production, il y a deux acteurs qui vont devoir agir en conséquence, les constructeurs automobiles et les gouvernements.

Ces deux acteurs doivent collaborer efficacement afin de permettre une transition qui soit efficace et atteignable sans pour autant mettre dans le rouge les finances des constructeurs qui doivent investir considérablement dans leur structure.

Pour les constructeurs, 3 recommandations sont proposées afin de permettre une accélération de l'intégration de l'économie circulaire au sein du processus de production automobile :

- Mettre en place un département circulaire, ce département permettrait de cibler les points d'amélioration sur lesquels l'entreprise doit travailler pour atteindre la circularité ;
- Améliorer la maîtrise des réseaux de fournisseurs, étant donné que l'industrie automobile est l'une des plus complexes au monde, avoir une maîtrise quasi-totale de son réseau de fournisseurs ne peut qu'être bénéfique à un constructeur ;
- Investir durablement dans les infrastructures, afin d'assurer la pérennité de ses activités, il est crucial d'avoir des infrastructures en adéquation avec le temps, investir dans des énergies renouvelables, moderniser son équipement, avoir sa propre usine de batteries et de reconditionnement et former son personnel sont des solutions qui doivent être privilégiées afin d'assurer que l'on peut rester dans une boucle circulaire.

Pour les gouvernements, 4 recommandations sont proposées afin de permettre une accélération de l'intégration de l'économie circulaire au sein du processus de production automobile :

- Octroyer des facilités de financement circulaire, le basculement vers une économie circulaire pouvant s'avérer coûteux pour des structures aussi grandes, il est primordial que les constructeurs puissent avoir la possibilité de se voir octroyer des facilités de financement moyennant la présentation d'un plan circulaire concret ;

- Créer une instance de certification circulaire, bien que certains pays aient déjà mis en place des instances qui délivrent ce type de certificat, il n'y a à ce jour aucune instance internationale ou européenne qui se charge de certifier des entreprises comme étant circulaire. Ce point pourrait pousser les constructeurs à développer davantage leur mode de production afin de se voir délivrer cette certification ;
- Instaurer des normes de recyclage obligatoire, le recyclage est un point essentiel lorsque l'on mentionne l'économie circulaire mais peu de constructeurs vont au bout de ce qui peut se faire en la matière. Cela provient principalement du fait qu'il ne soit pas rentable financièrement de recycler certains matériaux. En instaurant des normes de recyclage obligatoire aux constructeurs, ils n'auraient d'autre choix que de se plier aux règles et appliquer scrupuleusement les règles en matière de recyclage ;
- Adapter le système de compensation carbone, ce système a vu le jour en 1997 et est par conséquent daté. Il est important d'apporter des modifications et de supprimer les crédits carbones qui permettait aux entreprises de ne pas se concentrer sur une baisse de leurs émissions de CO<sub>2</sub>. Le but est avant tout de pousser les constructeurs à basculer vers l'économie circulaire afin de supprimer par la suite le système de compensation qui ne sera plus nécessaire une fois que la neutralité carbone sera atteinte.

Grâce à ces recommandations, de bonnes bases seraient posées pour permettre à l'industrie automobile de faire basculer leur processus de production vers l'économie circulaire sans pour autant bouleverser complètement leur organisation.

## Conclusions générales

Nous voilà arrivés à la fin de notre voyage, nous avons abordés différentes thématiques tout au long de notre recherche. Nous sommes partis d'un sujet qui est très actuel, l'industrie automobile est en effet amenée à remanier toute la façon dont elle fonctionne et l'économie circulaire semble être la voie à emprunter si l'on veut que cette belle industrie demeure pérenne.

Face à la question de recherche « **comment accélérer l'intégration de l'économie circulaire au sein du processus de production de l'industrie automobile ?** », l'enjeu semble de taille et les divers éléments que nous avons pu analyser tout au long de notre travail de recherche nous permettent d'affirmer que le chantier est réellement énorme. L'objectif de ce mémoire était avant tout de faire un état des lieux des différentes marques qui forment cette l'industrie mais également d'analyser les tenants et aboutissants de ce qui la constitue afin de pouvoir offrir une feuille de route aux constructeurs, feuille de route qui leur permettrait d'accélérer tout ce processus long et fastidieux.

L'industrie automobile est comme, malheureusement, beaucoup d'autres industries, générative mais destructrice. Générative car elle génère des sommes d'argent que nous ne pouvons imaginer et destructrice car son activité entraine une surexploitation de nos ressources naturelles et une pollution causée par nos déchets qui va être extrêmement difficile à arrêter. Le constat global qui ressort de ce travail de recherche est que les actions entreprises par les constructeurs sont encore trop légères face à l'urgence climatique dans laquelle nous nous trouvons. Les efforts sont éparpillés et l'économie circulaire ne ressort pour l'instant que par coups d'éclats dans le processus de production de l'industrie automobile, c'est beaucoup trop insuffisant pour réellement changer la donne.

Si toute la responsabilité ne lui revient pas, l'industrie automobile a largement contribué à faire de notre société ce qu'elle est aujourd'hui, une société de surconsommation où l'on souhaite toujours impressionner tous et toutes avec la dernière voiture, le dernier téléphone, sans réellement se soucier de ce qu'adviennent les produits que nous laissons derrière nous.

Les erreurs du passé serviront certainement à remanier notre futur, certains constructeurs en ont pris conscience et commencent à bouleverser les codes traditionnels de l'automobile en proposant des véhicules totalement innovants mais également en mettant en place des technologies totalement nouvelles dans la production automobile. Force est de constater que ce sont souvent les mêmes constructeurs qui fournissent des efforts considérables là où d'autres se contentent de vendre des voitures et générer du profit.

Si les réglementations et lois sont amenées à devenir de plus en plus restrictives, un accompagnement gouvernemental et international reste nécessaire afin de permettre une transition efficace car l'avenir de toute une industrie peut complètement basculer. Et si certains constructeurs comptent bien continuer à se montrer réticents face à l'idée de modifier complètement leur structure, il n'y a d'autre choix que de les pousser vers le changement car, comme souvent, le progrès n'attend pas et dans ce cas de figure, il ne peut vraiment pas attendre car nous sommes à l'aube d'atteindre un point de non-retour.

S'il y a 10 ans l'économie circulaire se trouvait encore en phase de lancement, n'était pas relativement connue de tous, ce n'est plus le cas aujourd'hui. Les entreprises disposent de suffisamment d'informations pour savoir quoi faire pour adopter l'économie circulaire au sein de leur business model.

Ce mémoire a proposé un total de 7 recommandations qui pourraient permettre une accélération des choses sans pour autant totalement bouleverser l'industrie. Si le basculement vers l'électrique ne résout pas totalement le problème des émissions de CO2, il contribue à le solutionner bien que du changement soit nécessaire dans le processus de production car une fois arrivés en 2035, les émissions émises par les voitures neuves seront minimales et tout le travail à faire se trouvera désormais du côté de la production. Les constructeurs peuvent et doivent mieux faire s'ils veulent atteindre la tant voulue neutralité carbone, ils ont le savoir et la capacité de le faire, à cela manque l'envie, envie qui doit devenir logique car nous n'avons qu'une planète, la préserver est notre mission à tous.

Nous avons vu au travers de nos deux usines belges qu'une transition vers le circulaire n'est pas impossible mais demande du temps, temps que l'industrie automobile n'a pas forcément au vu des lois qui vont entrer en vigueur. L'Europe doit être climatiquement neutre en 2050, l'industrie automobile doit y contribuer mais doit dans un premier électrifier complètement sa flotte pour 2035. S'il n'est pas écrit noir sur blanc que toutes les entreprises doivent adopter une démarche circulaire, le green deal encourage largement toute entreprise à opérer ce changement. Il est pour le moment impossible de déterminer si un constructeur automobile peut être pérenne en étant totalement circulaire car personne ne s'est prêté à l'exercice jusque maintenant mais avec l'organisation nécessaire, il devrait tout à fait être possible d'être pérenne en étant circulaire.

Les perspectives de l'industrie automobile sont prometteuses, des réelles innovations commencent à voir le jour et peuvent être appliquées à la production automobile mais cela demande un investissement conséquent. Les marques investissent déjà considérablement dans la recherche et le développement de nouvelles technologies et devront continuer à investir car la technologie évolue sans cesse et de nouvelles innovations circulaires sont probablement en train d'être développées à l'heure où vous lisez ces lignes.

D'un point de vue personnel, je pense que l'industrie automobile va continuer à faire son bout de chemin, elle est bien trop puissante pour s'arrêter maintenant et c'est une question de temps avant que de toutes nouvelles usines voient le jour avec des technologies jamais vues auparavant. Il n'en demeure pas moins que le défi reste de taille, beaucoup de constructeurs sont en retard à ce niveau-là et seront amenés à sombrer s'ils continuent à emprunter la voie de l'insouciance. Il n'est pas rare de voir des marques disparaître totalement et face à ce défi, il y a fort à parier que des marques vont effectivement disparaître.

J'ai cependant espoir que cette industrie qui me tient tant à cœur parvienne à résister aux chocs auxquels elle doit faire face.

L'économie circulaire n'est qu'à un stade embryonnaire au sein du processus de production de l'industrie automobile mais le changement commence maintenant, gare à ne pas rater le train de l'innovation car il est très difficile de le rattraper par la suite.

## Bibliographie

1. Thoin-Bousquié, J. (2021, 30 août). *L'automobile joue la carte de l'économie circulaire*. L'usine nouvelle. Consulté le 30 janvier 2022, <https://www.usinenouvelle.com/article/l-automobile-joue-la-carte-de-l-economie-circulaire.N1124169>
2. Recyclage, réparation : l'automobile s'initie à l'économie circulaire. (2021, 9 novembre). Le Vif, consulté le 30 janvier 2022, [https://www.levif.be/actualite/auto/recyclage-reparation-l-automobile-s-initie-a-l-economie-circulaire/article-normal-1481093.html?cookie\\_check=1643030975](https://www.levif.be/actualite/auto/recyclage-reparation-l-automobile-s-initie-a-l-economie-circulaire/article-normal-1481093.html?cookie_check=1643030975)
3. Économie circulaire et automobile : découvrez le retrofit. (s.d). Phoenix mobility, consulté le 30 janvier 2022, <https://www.phoenixmobility.co/2021/02/22/retrofit-automobile-economie-circulaire/>
4. L'automobile s'initie à l'économie circulaire. (2021, 20 novembre). autoactu.com, consulté le 2 février 2022, <https://www.autoactu.com/actualites/l-automobile-s-initie-a-l-economie-circulaire>
5. Maniak, R. Mottis, N. (2021). *La jungle de l'innovation : comment survivre et prospérer ?* Dunod. Récupéré de : <https://www.cairn.info/la-jungle-de-l-innovation--9782100813216.htm>
6. Viviani, M. (2021, 16 décembre). *Économie circulaire: la voiture reconditionnée connaît un vrai boom en France*. Novethic. Consulté le 2 février 2022, <https://www.novethic.fr/actualite/environnement/economie-circulaire/isr-rse/economie-circulaire-le-grand-boom-de-la-voiture-reconditionnee-en-france-150412.html>
7. L'acier, ambassadeur de l'économie circulaire. (s.d). Apeal. Consulté le 2 février 2022, <https://www.apeal.org/30-years-of-apeal/lacier-ambassadeur-de-leconomie-circulaire/>
8. Global footprint network. (2022). Consulté le 2 février 2022, <https://www.footprintnetwork.org/>
9. Earth overshoot day. (2022). Country overshoot days. Consulté le 2 février 2022, <https://www.overshootday.org/newsroom/country-overshoot-days/>
10. Déchets plastiques et recyclage dans l'UE : faits et chiffres. (2018, 19 décembre). Parlement européen. Consulté le 3 février 2022, <https://www.europarl.europa.eu/news/fr/headlines/society/20181212STO21610/dechets-plastiques-et-recyclage-dans-l-ue-faits-et-chiffres-infographie>
11. Consommation de carburants fossiles. (s.d). La banque mondiale. Consulté le 3 février 2022, <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/EG.USE.COMM.FO.ZS?end=2015&start=2015&view=map>
12. Rotillon, G. (2019). *Économie des ressources naturelles*. La Découverte. Récupéré de : <https://www.cairn.info/economie-des-ressources-naturelles--9782348043529-page-19.htm?contenu=article>

13. [https://dial.uclouvain.be/memoire/ucl/en/object/thesis:2829/datastream/PDF\\_02/view#:~:text=%2D%20Socialement%2C%20la%20sant%C3%A9%20I,et%20al.%2C%202007\)](https://dial.uclouvain.be/memoire/ucl/en/object/thesis:2829/datastream/PDF_02/view#:~:text=%2D%20Socialement%2C%20la%20sant%C3%A9%20I,et%20al.%2C%202007))
14. A qui s'adresse IRISPHERE. (s.d). Irisphere. Consulté le 4 février 2022, <https://www.irisphere.be/a-qui-s%E2%80%99adresse-irisphere.html>
15. A quoi sert l'ADEME ? (2022). Pacte solidarité énergie. Consulté le 4 février 2022, <https://www.pacte-energie-solidarite.fr/aide-renovation/ademe>
16. Économie circulaire : contexte et enjeux. (s.d). Orée. Consulté le 4 février 2022, <http://www.oree.org/ec-contexte-et-enjeux.html#:~:text=Ses%20origines,To%20Growth%20%C2%BB%20publi%C3%A9%20en%201972.&text=Le%20terme%20%C2%AB%20%C3%A9conomie%20circulaire%20%C2%B%20est,the%20Environment%20%C2%BB%20de%20David%20W>.
17. McDonald, M. Normandin, D. Sauvé, S. (2017). *L'économie circulaire*. Récupéré de : <https://books.openedition.org/pum/4159?lang=fr>
18. Aggeri, F.(2018, juillet). *L'économie circulaire : mise en perspective historique et enjeux contemporains*. Consulté le 6 février 2022, <https://www.inter-mines.org/fr/revue/article/l-economie-circulaire-mise-en-perspective-historique-et-enjeux-contemporains/1388>
19. L'économie régénérative et circulaire, qu'est-ce que c'est ? (2022). Circulab. Consulté le 6 février, <https://circulab.com/fr/regenerative-economy-definition/#:~:text=L'%C3%A9conomie%20r%C3%A9g%C3%A9n%C3%A9rative%20est%20une,la%20r%C3%A9silience%20d'un%20territoire>.
20. Bienvenue à l'institut de la Durée. (s.d). L'institut de la Durée. Consulté le 6 février 2022, <http://www.product-life.org/fr>
21. Économie de la fonctionnalité. (2022). ADEME. Consulté le 8 février 2022, <https://www.ademe.fr/expertises/economie-circulaire/economie-fonctionnalite>
22. Economie circulaire. (2022). Fondation Ellen MacArthur. Consulté le 10 février 2022, <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/fr/economie-circulaire/ecoles-de-pensee>  
<https://mbdc.com/about-mbdc/>
23. Maheux-Picard, C. (2020, 2 juin). *L'écologie industrielle, une stratégie de l'économie circulaire*, consulté le 10 février 2022, [https://www.acfas.ca/publications/magazine/2020/06/ecologie-industrielle-strategie-economie-circulaire?gclid=Cj0KCQiAmKiQBhCIARIsAKtSj-kUUsZsUFg\\_Y4jHi2Lt0yaIKAN0aHYrXJNP7hLacIbY0IF2wvYIz\\_UaAq17EALw\\_wcB](https://www.acfas.ca/publications/magazine/2020/06/ecologie-industrielle-strategie-economie-circulaire?gclid=Cj0KCQiAmKiQBhCIARIsAKtSj-kUUsZsUFg_Y4jHi2Lt0yaIKAN0aHYrXJNP7hLacIbY0IF2wvYIz_UaAq17EALw_wcB)
24. Biomimétisme : innover durablement. (2021). Ceebios. Consulté le 10 février 2022, <https://ceebios.com/biomimetisme/#:~:text=Le%20biomim%C3%A9tisme%20repr%C3%A9sente%20une%20opportunit%C3%A9,d'ann%C3%A9es%20d'%C3%A9volution>.
25. What is biomimicry ? (s.d). Biomimicry 3.8. Consulté le 10 février 2022, <https://biomimicry.net/what-is-biomimicry/>
26. Réconcilier écologie et économie au service du bien commun. (s.d). The blue economy. Consulté le 10 février 2022, <https://www.theblueeconomy.org/principles.html>



27. Économie circulaire. (s.d). ADEME. Consulté le 10 février 2022, <https://www.ademe.fr/expertises/economie-circulaire>
28. Économie circulaire. (2017). Belgium.be. Consulté le 10 février 2022, [https://www.belgium.be/fr/economie/developpement\\_durable/economie\\_durable/economie\\_circulaire](https://www.belgium.be/fr/economie/developpement_durable/economie_durable/economie_circulaire)
29. Approvisionnement durable. (s.d). Ecovadis. Consulté le 10 février 2022, <https://ecovadis.com/fr/glossary/sustainable-sourcing/>
30. Approvisionnement durable. (s.d). ADEME. Consulté le 10 février 2022, <https://www.ademe.fr/expertises/economie-circulaire/approvisionnement-durable>
31. Approvisionnement durable. (s.d). Economiecirculaire.org. Consulté le 10 février 2022, <https://www.economiecirculaire.org/static/h/approvisionnement-durable.html>
32. Écologie industrielle : définition, dimension territoriale et rôle dans l'économie circulaire. (2021, 5 mai). Youmatter. Consulté le 10 février 2022, <https://youmatter.world/fr/definition/ecologie-industrielle-definition-territoriale-exemple/>
33. Économie de la fonctionnalité. (s.d). Orée. Consulté le 10 février 2022, <http://www.oree.org/economie-de-la-fonctionnalite.html>
34. Économie de la fonctionnalité : définition, exemples et perspectives. (2019, 3 octobre). Youmatter. Consulté le 10 février 2022, <https://youmatter.world/fr/definition/economie-fonctionnalite-definition/>
35. Label circle light. (s.d). Schröder. Consulté le 10 février 2022, <https://be.schreder.com/fr/ce-que-nous-faisons/solutions/label-circle-light-pour-aider-les-clients-adopter-une-economie#:~:text=C'est%20dans%20cette%20qu%C3%AAte,sans%20compromis%20sur%20la%20qualit%C3%A9.>
36. Consommation responsable : définition et enjeux. (2019, 3 octobre). Youmatter. Consulté le 10 février 2022, <https://youmatter.world/fr/definition/consommation-responsable-definition-enjeux/>
37. Définition du mot recyclage. (s.d). Larousse. Consulté le 10 février 2022, <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/recyclage/67278>
38. La chaîne du recyclage : du produit au produit en passant par le déchet. (2021, 30 août). ADEME. Consulté le 15 février 2022, <https://www.ademe.fr/expertises/dechets/passer-a-l'action/valorisation-matiere/dossier/recyclage/chaine-recyclage-produit-produit-passant-dechet>
39. Les avantages de l'économie circulaire pour les entreprises. (s.d). CPME Rhône. Consulté le 16 février 2022, <https://www.cpmerhone.fr/conseil/economie-circulaire/#:~:text=Parmi%20les%20principaux%20avantages%20de,pr%C3%A9vue%20par%20ce%20syst%C3%A8me%20%C3%A9conomique.>
40. Économie circulaire : définition, importance et bénéfices. (2015, 2 décembre). Parlement européen. Consulté le 20 février 2022,

- <https://www.europarl.europa.eu/news/fr/headlines/economy/20151201STO05603/economie-circulaire-definition-importance-et-benefices>
41. FARDEAU, A. (2022, 10 janvier). Comment miser, pour ses placements, sur l'essor de l'économie circulaire. *Le monde*. Consulté le 20 février 2022, [https://www.lemonde.fr/argent/article/2022/01/10/comment-miser-pour-ses-placements-sur-l-essor-de-l-economie-circulaire\\_6108825\\_1657007.html#:~:text=Selon%20le%20rapport%202021%20de,conso mm%C3%A9s%20sont%20r%C3%A9utilis%C3%A9s%20chaque%20ann%C3%A9e.](https://www.lemonde.fr/argent/article/2022/01/10/comment-miser-pour-ses-placements-sur-l-essor-de-l-economie-circulaire_6108825_1657007.html#:~:text=Selon%20le%20rapport%202021%20de,conso mm%C3%A9s%20sont%20r%C3%A9utilis%C3%A9s%20chaque%20ann%C3%A9e.)
  42. MOERMAN, J. (2019, 2 mars). *Que faire contre l'obsolescence programmée ?* Écoconso. Consulté le 20 février 2022, <https://www.ecoconso.be/fr/content/que-faire-contre-l-obsolescence-programmee>
  43. Quatre entreprises qui tirent profit de l'économie circulaire. (2019, 25 juin). PME MTL. Consulté le 20 février 2022, <https://pmemtl.com/blogue/quatre-entreprises-qui-tirent-profit-de-l-economie-circulaire>
  44. DE PAEPE, P. (2021, 21 juin). *Les voitures de société représentent 53% des immatriculations totales*. FLEET. Consulté le 21 février 2022, <https://www.fleet.be/les-voitures-de-societe-representent-53-des-immatriculations-totales/?lang=fr#:~:text=21%2F06%2F2021-,Les%20voitures%20de%20soci%C3%A9t%C3%A9%20repr%C3%A9sentent%2053%25%20des%20immatriculations%20totales,du%20fournisseur%20de%20donn%C3%A9es%20JATO.>
  45. Industrie automobile. (2016, 13 octobre). Insee. Consulté le 21 février 2022, <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1184>
  46. Les chocs pétroliers. (s.d). Ministère de l'économie des finances et de la relance. Consulté le 21 février 2022, <https://www.economie.gouv.fr/facileco/chocs-petroliers>
  47. Fordisme. (s.d). Henry Ford. Consulté le 27 février 2022, <https://www.henryford.fr/fordisme/>
  48. Histoire de l'automobile. (s.d). Les voitures. Consulté le 1 mars 2022, <https://lesvoitures.fr/histoire-automobile/>
  49. L'histoire de l'automobile. (s.d). Belair direct. Consulté le 1 mars 2022, <https://www.belairdirect.com/blog/fr/lhistoire-de-lautomobile>
  50. L'histoire de la voiture hybride. (2013, 14 mars). La voiture hybride. Consulté le 1 mars 2022, <https://www.lavoiturehybride.com/info/histoire-de-la-voiture-hybride/>
  51. Les véhicules hybrides rechargeables, une "arnaque" ? (2022, 12 janvier). Moustique. Consulté le 2 mars 2022, <https://www.moustique.be/actu/consommation/2022/01/12/les-vehicules-hybrides-rechargeables-une-arnaque-223727>
  52. LECLERQ, D. (2022, 17 janvier). *La Belgique, championne de la production de voitures électriques ?* Gocar. Consulté le 2 mars 2022, <https://gocar.be/fr/actu-auto/electrique/la-belgique-championne-de-la-production-de-voitures-electriques>
  53. Définition : Chaîne d'approvisionnement. (2020, 23 septembre). Infonet. Consulté le 2 mars 2022, <https://infonet.fr/lexique/definitions/chaine-dapprovisionnement/>

54. Aluminium : un métal léger aux lourdes conséquences pour la nature. (s.d). Sauvons la forêt. Consulté le 2 mars 2022, <https://www.sauvonslaforet.org/themes/aluminium>
55. DAVESNE, S. (2021, 12 novembre). *Après les semi-conducteurs, la pénurie du magnésium guette l'économie circulaire*. L'usine nouvelle. Consulté le 3 mars 2022. <https://www.usinenouvelle.com/article/apres-les-semi-conducteurs-la-penurie-de-magnesium-guette-l-automobile.N1158922>
56. THOIN-BOUSQUIE, J. (2021, 12 avril). *Volvo group va produire ses premiers camions n acier zéro carbone à partir de 2022*. L'usine nouvelle. Consulté le 3 mars 2022, <https://www.usinenouvelle.com/article/volvo-group-va-produire-ses-premiers-camions-en-acier-zero-carbone-a-partir-de-2022.N1081049>
57. Volvo Cars is first car maker to explore fossil-free steel with SSAB. (2021, 16 juin). Volvo Cars. Consulté le 3 mars 2022. <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/282789/volvo-cars-is-first-car-maker-to-explore-fossil-free-steel-with-ssab>
58. DEBOYSER, B. (2021, 14 septembre). *Primeur mondiale : Hybrit livre à Volvo le premier acier produit avec de l'hydrogène vert*. Révolution énergétique. Consulté le 5 mars 2022, <https://www.revolution-energetique.com/primeur-mondiale-hybrit-livre-a-volvo-le-premier-acier-produit-avec-de-lhydrogene-vert/>
59. Importation et exportation ultramodernes. (s.d). Audi Brussels. Consulté le 6 mars 2022, <https://www.audibrussels.be/brussels/web/fr/production/departments/logistics.html>
60. Le réseau logistique de Volvo Cars réduit de manière significative ses émissions carbone en privilégiant le transport ferroviaire face au transport routier. (2020, 16 mars). Volvo Cars. Consulté le 7 mars 2022, <https://www.media.volvocars.com/be/fr-be/media/pressreleases/264068/overgang-van-vrachtwagens-naar-treinen-haalt-uitstoot-van-volvo-cars-logistiek-netwerk-scherp-naar-b>
61. La chaîne logistique de l'industrie automobile est l'une des plus complexes. (s.d). Ford. Consulté le 7 mars 2022, <https://www.fr.ford.be/experience-ford/environnement/chaine-logistique>
62. LECLERCQ, D. (2022, 7 février). *Un plan européen pour sortir des pénuries de puces*. Gocar. Consulté le 7 mars 2022, <https://gocar.be/fr/actu-auto/marche-auto/un-plan-europeen-pour-sortir-des-penuries-de-puces>
63. Digital sovereignty: Commission proposes Chips Act to confront semiconductor shortages and strengthen Europe's technological leadership. (2022, 8 février). European Commission. Consulté le 7 mars 2022, [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_22\\_729](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_729)
64. CIMINO, V. (2021, 26 août). *Selon Bosch, l'industrie automobile totalement repenser sa chaîne d'approvisionnement en semi-conducteurs*. Siècle Digital. Consulté le 8 mars 2022, <https://siecledigital.fr/2021/08/26/bosch-industrie-automobile-semi-conducteurs/>
65. La production chahutée chez Volvo Car à Gand. (2022, 10 mars). Le Soir. Consulté le 10 mars 2022, <https://www.lesoir.be/429216/article/2022-03-10/la-production-chahutee-chez-volvo-car-gand>

66. Plus d'immatriculations de voitures neuves électriques et hybrides que diesel. (2022, 2 février). Statbel. Consulté le 10 mars 2022, <https://statbel.fgov.be/fr/themes/mobilite/circulation/immatriculations-de-vehicules#:~:text=En%202021%2C%20511.418%20v%C3%A9hicules%20%C3%A0,des%20voitures%20particuli%C3%A8res%20d'occasion.>
67. LIVIS, G. (2021, 18 novembre). *Aramis Group ouvre un centre de reconditionnement pour 12.000 voitures à Anvers*. Fleet. Consulté le 10 mars 2022, <https://www.fleet.be/aramis-group-ouvre-un-centre-de-reconditionnement-pour-12-000-voitures-a-anvers/?lang=fr>
68. VIVIANI, M. (2021, 16 décembre). *Économie circulaire : la voiture reconditionnée connaît un vrai boom en France*. Novethic. Consulté le 11 mars 2022, <https://www.novethic.fr/actualite/environnement/economie-circulaire/isr-rse/economie-circulaire-le-grand-boom-de-la-voiture-reconditionnee-en-france-150412.html>
69. Définition du rétrofit. (s.d). Cordial. Consulté le 11 mars 2022, <https://www.cordial.fr/dictionnaire/definition/r%C3%A9trofit.php>
70. Rétrofit : c'est officiel ! Vous pouvez transformer votre voiture thermique en électrique. (2020). Beev. Consulté le 11 mars 2022, <https://www.beev.co/voitures-electriques/retrofit/>
71. Le gouvernement bruxellois élargit et renforce sa « prime LEZ » à destination des entreprises. (2021, 26 novembre). hub.Brussels. Consulté le 11 mars 2022, <https://1819.brussels/blog/le-gouvernement-bruxellois-elargit-et-renforce-sa-prime-lez-destination-des-entreprises>
72. WALRAVENS, F. (2022, 20 janvier). *Est-ce possible de transformer son véhicule thermique en électrique ?* RTBF. Consulté le 12 mars 2022, <https://www.rtb.be/article/est-ce-possible-de-transformer-son-vehicule-thermique-en-electrique-10898444>
73. L'industrie automobile favorise le développement durable des voitures. Toutefois ce secteur peut-il œuvrer à rendre le transport de pièces plus durable ? (2021, 7 juin). CHEP. Consulté le 12 mars 2022, <https://www.chep.com/fr/fr/automotive-industry-making-driving-cars-far-more-sustainable-can-it-do-same-way-parts-are-moved>
74. COMBE, M. (2020, 13 avril). *L'industrie automobile peine à augmenter la quantité de plastique recyclé*. Techniques de l'ingénieur. Consulté le 13 mars 2022, <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/lindustrie-automobile-peine-a-augmenter-la-quantite-de-plastique-recycle-77546/>
75. KEVERS, F. (2022, 18 février). *Ford et Volvo avec Redwood Materials pour le recyclage des batteries*. Le moniteur automobile. Consulté le 14 mars 2022, <https://www.moniteurautomobile.be/actu-auto/industrie-et-economie/ford-volvo-avec-redwood-materials-recyclage-batteries.html>
76. BOITTIAUX, F. (2021, 12 juin). *Les ventes de voitures électriques explosent au niveau mondial*. L'argus. Consulté le 14 mars 2022, <https://pro.largus.fr/actualites/les-ventes-de-voitures-electriques-explosent-au-niveau-mondial-10643410.html>

77. Économie circulaire et automobile : découvrez le retrofit. (s.d). Phoenix Mobility. Consulté le 17 mars 2022, <https://www.phoenixmobility.co/2021/02/22/retrofit-automobile-economie-circulaire/>
78. Auto environmental guide. (2021). Greenpeace. Consulté le 17 mars 2022, [https://www.greenpeace.org/static/planet4-eastasia-stateless/2021/11/47de8bb4-gpea\\_auto\\_environmental\\_guide\\_2021.pdf](https://www.greenpeace.org/static/planet4-eastasia-stateless/2021/11/47de8bb4-gpea_auto_environmental_guide_2021.pdf)
79. CO2 emissions from cars : the facts. (2018, avril). Transport & Environment. Consulté le 18 mars 2022., [https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/2018\\_04\\_CO2\\_emissions\\_cars\\_The\\_facts\\_report\\_final\\_0\\_0.pdf](https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/2018_04_CO2_emissions_cars_The_facts_report_final_0_0.pdf)
80. L'usine de Tanger : une démarche zéro émission et zéro effluent. (2017). Renault Group. Consulté le 20 mars 2022. <https://www.renaultgroup.com/news-onair/actualites/lusine-de-tanger-une-demarche-zero-emission-et-zero-effluent-industriel/>
81. De l'énergie durable pour un avenir durable. (s.d). Colruyt group. Consulté le 21 mars 2022, <https://www.colruytgroup.com/fr/entrepreneuriat-durable/nos-12-chantiers/energie?tabId=1>
82. Volvo Group Logistics à Gand, pionnier de l'utilisation de l'hydrogène. (s.d). Toyota. Consulté le 22 mars 2022, <https://toyota-forklifts.be/fr-be/a-propos-de-toyota/actualites/volvo-group-logistics-gand/>
83. DONT, B. (2021, 12 avril). *Polestar promet la première voiture réellement zéro carbone*. Korii. Consulté le 24 mars 2022, <https://korii.slate.fr/et-caetera/volvo-polestar-0-promet-premiere-voiture-zero-carbone-compensation-emission-co2-matieres-premieres-gaz-effet-serre>
84. Polestar sustainability report. (2020). Polestar. Consulté le 25 mars 2022, <https://reports.polestar.com/media/v0qp2bte/polestar-sustainability-report-2020.pdf>
85. Les paysages automobile et fleet belge en 6 chiffres. (2020, 27 août). Fleet. Consulté le 26 mars 2022, <https://www.fleet.be/les-paysages-automobiles-et-fleet-belges-en-6-chiffres/?lang=fr#:~:text=%C3%82ge%20%3A%209%20ans%20et%2018,9%20ans%20et%2018%20jours.>
86. DUPONT-CALBO, J. (2015, 29 septembre). *Émissions de CO2 : une étude accuse les constructeurs auto*. Les Échos. Consulté le 28 mars 2022, <https://www.lesechos.fr/2015/09/emissions-de-co2-une-etude-accuse-les-constructeurs-auto-254618>
87. CORROENNE, O. (2022, 11 avril). *La batterie : point faible de la voiture électrique !* RTBF. Consulté le 1 avril 2022, <https://www.rtbef.be/article/la-batterie-point-faible-de-la-voiture-electrique-10965656>
88. Citroën électrique, pôle industriel durable : la transition de la Janais est engagée. (2021, 26 octobre). Métropole Rennes. Consulté le 2 avril 2022, <https://metropole.rennes.fr/citroen-electrique-pole-industriel-durable-la-transition-de-la-janais-est-engagee>

89. Empreinte carbone : voiture électrique versus voiture thermique. (2022, 17 mars). Greenly. Consulté le 3 avril 2022, <https://www.greenly.earth/blog/empreinte-carbone-voiture-electrique>
90. L'industrie automobile opte pour un avenir plus vert (s.d). Veolia. Consulté le 3 avril 2022, <https://www.veolia.com/fr/marches/industrie/industrie-automobile-reduction-empreinte-ecologique>
91. L'économie circulaire, garante d'une industrie automobile encore plus verte. (2022, 8 avril). Business AM. Consulté le 9 avril 2022, <https://fr.businessam.be/leconomie-circulaire-garante-dune-industrie-automobile-encore-plus-verte/>
92. La BMW i Vision Circular. (2022). BMW. Consulté le 9 avril 2022, <https://www.bmw.be/fr/topics/fascination-bmw/bmw-concept-vehicule/bmw-i-vision-circular-apercus.html>
93. HOUGUET, E. (2019, 8 avril). *L'industrie automobile a connu une évolution fulgurante en 50 ans*. La tribune auto. Consulté le 10 avril 2022, (<https://www.latribuneauto.com/reportages/economie/10410-lindustrie-automobile-a-connu-une-evolution-fulgurante-en-50-ans>)
94. MUBIAY, J. (2021, 28 mars). *L'Afrique, cimetière des tacots de l'Occident*. Binakuko. Consulté le 10 avril 2022, <https://binakuko.com/2021/03/26/lafrique-cimetiere-des-tacots-de-loccident/>
95. Quel processus de recyclage les véhicules hors d'usage suivent-ils ? (s.d). FebelAuto. Consulté le 11 avril 2022, <https://www.febelauto.be/fr/rentrer-un-vehicule/quel-processus-de-recyclage-les-vehicules-hors-dusage-suivent-ils>
96. La fabrication de l'acier. (s.d). Futura sciences. Consulté le 20 avril 2022, <https://www.futura-sciences.com/sciences/questions-reponses/matiere-fabrication-acier-835/>
97. DELUZARCHE, C. (s.d). *Il y a plus de 40 sortes d'aciers différents dans une voiture*. L'internaute. Consulté le 21 avril 2022, <http://www.linternaute.com/science/technologie/interviews/06/chat-arcelor/chat-arcelor.shtml#:~:text=55%25%20de%20la%20voiture%20est,mat%C3%A9riaux%20n'augmentent%20plus%20beaucoup.>
98. BISHT, A. (2019). *Extractivisme prédateur et conflits de distribution écologique*. Multitudes. Consulté le 22 avril 2022, <https://www.cairn.info/revue-multitudes-2019-2-page-180.htm#:~:text=La%20d%C3%A9gradation%20%C3%A9cologique%20et%20la,faune%20et%20de%20la%20flore.>
99. La matière et l'environnement. (s.d). Polymos. Consulté le 22 avril 2022, <https://www.polymos.com/environnement/la-matiere-et-l-environnement#:~:text=UN%20PRODUIT%20EN%20HARMONIE%20AVEC,Ces%20mat%C3%A9riaux%20sont%20toutes%20recyclables.>
100. HOUGUET, E. (2014, 6 août). *Une automobile est constituée de plus de 20% de matériaux plastiques*. La tribune auto. Consulté le 23 avril 2022,



- <https://www.latribuneauto.com/reportages/technologie/6740-une-automobile-est-constituee-de-plus-de-20-de-materiaux-plastiques>
101. BORDET, G. (2017, 11 septembre). *Matériaux composites et industrie automobile*. Le mensuel de l'industrie. Consulté le 24 avril 2022, <https://www.msm.ch/materiaux-composites-et-industrie-automobile-a-642190/#:~:text=Les%20composants%20en%20composites%20offrent,au%20regard%20d'autres%20mat%C3%A9riaux.&text=En%20raison%20de%20leur%20excellent,id%C3%A9als%20dans%20l'industrie%20automobile.&text=Raison%20pour%20laquelle%20leur%20emploi%20est%20en%20croissance>.
  102. La Malaisie interdit l'extraction de bauxite. (2016, 6 janvier). Le Figaro. Consulté le 25 avril 2022, <https://www.lefigaro.fr/flash-eco/2016/01/06/97002-20160106FILWWW00124-la-malaisie-interdit-l8217extraction-de-bauxite.php>
  103. MARTEL, A. (2020, 19 février). *De combien de cuivre les véhicules électriques ont-ils besoin ?* AVEQ. Consulté le 26 avril 2022, <https://www.aveq.ca/actualiteacutes/de-combien-de-cuivre-les-vehicules-electriques-ont-ils-besoin#:~:text=Lorsque%20nous%20pensons%20aux%20composants,%C3%A0%20cause%20de%20ses%20rotors>.
  104. Les matériaux pour l'allègement des véhicules. (2019). Filière automobile & mobilités. Consulté le 27 avril 2022, [https://pfa-auto.fr/wp-content/uploads/2018/06/DT\\_Materiaux-pour-allegement\\_V6.pdf](https://pfa-auto.fr/wp-content/uploads/2018/06/DT_Materiaux-pour-allegement_V6.pdf)
  105. Quelles sont les matières premières présentes dans les batteries des voitures électriques ? (2022, 24 février). Beev. Consulté le 28 avril 2022, <https://www.beev.co/voitures-electriques/matiere-premiere-voiture-electrique/>
  106. Quels matériaux pour les véhicules de demain ? (2018, 11 décembre). Société des ingénieurs de l'automobile. Consulté le 29 avril 2022, <https://www.sia.fr/evenements/142-quels-materiaux-pour-vehicules-demain>
  107. Matériaux recyclés. (s.d). FebelAuto. Consulté le 29 avril 2022, <https://www.febelauto.be/fr/rentrer-un-vehicule/materiaux-recycles>
  108. ESPOSITO, M. SOUFANI, K. TSE, T. (2017, 16 février). *Comment l'industrie automobile peut s'inspirer de l'économie circulaire*. Harvard Business Review. Consulté le 30 avril 2022, <https://www.hbrfrance.fr/chroniques-experts/2017/02/14443-comment-lindustrie-automobile-peut-sinspirer-de-leconomie-circulaire/>
  109. BMW Group distingue ses fournisseurs pour leurs innovations exceptionnelles. (2018, 22 novembre). BMW. Consulté le 1 mai 2022, <https://www.press.bmwgroup.com/france/article/detail/T0287426FR/bmw-group-distingue-ses-fournisseurs-pour-leurs-innovations-exceptionnelles?language=fr>
  110. L'hydrogène vert, une nouvelle opportunité pour la transition énergétique. (2018). ENGIE. Consulté le 2 mai 2022, <https://pro.engie.fr/energie-mag/l-energie-et-vous/l-hydrogene-vert-une-nouvelle-opportunite-pour-la-transition-energetique>
  111. Recyclage de l'acier : quels processus implique-t-il, quels avantages présente-t-il et quelles solutions commerciales propose-t-il ? (2022, 7 avril). Ferros Planes. Consulté le 2

- mai 2022, <https://ferrosplanes.com/fr/recyclage-de-lacier-quels-processus-implique-t-il-quels-avantages-presente-t-il-et-queles-solutions-commerciales-propose-t-il/>
112. GUIMARD, E. (2019, 11 mars). *Produire moins cher, plus vite, parvenir à recycler, les grands défis des matériaux composites*. Les Échos. Consulté le 2 mai 2022, <https://www.lesechos.fr/pme-regions/actualite-pme/produire-moins-cher-plus-vite-parvenir-a-recycler-les-grands-defis-des-materiaux-composites-999391#:~:text=Le%20prix%20%C3%A9lev%C3%A9%20des%20composites,%C3%A0%208%20euros%20le%20kilo.>
  113. Recyclage. (s.d). Copper Alliance. Consulté le 3 mai 2022, <https://copperalliance.org/fr/policy-focus/climate-environment/recycling/>
  114. L'usine de Volvo Gand étudie l'introduction d'une nouvelle technologie pour basculer vers la production de voitures électriques. (2022, 11 février). La Libre. Consulté le 3 mai 2022, <https://www.lalibre.be/economie/entreprises-startup/2022/02/11/lusine-volvo-de-gand-etudie-lintroduction-dune-nouvelle-technologie-pour-basculer-vers-la-production-de-voitures-electriques-FWREOSDDZBE6NGYNULTHWFEC4Y/>
  115. Volvo Car Gent passe à la vitesse supérieure en matière d'électrification et prend les dernières mesures en vue d'une production neutre en carbone. (2022, 11 janvier). Volvo Car Belux. Consulté le 4 mai 2022, <https://www.media.volvocars.com/be/fr-be/media/pressreleases/293619/volvo-car-gent-schakelt-versnelling-hoger-inzake-elektrificatie-en-zet-laatste-stappen-richting-klim>
  116. Développement durable. (2022). Volvo Cars. Consulté le 4 mai 2022, <https://www.volvocars.com/fr-be/v/sustainability/circular-economy>
  117. Carbon footprint report : Battery electric XC40 Recharge and the XC40 ICE. (s.d). Volvo Cars. Consulté le 5 mai 2022, [https://www.volvocars.com/images/v/-/media/market-assets/intl/applications/dotcom/pdf/ethical-business/volvo\\_carbonfootprintreport.pdf](https://www.volvocars.com/images/v/-/media/market-assets/intl/applications/dotcom/pdf/ethical-business/volvo_carbonfootprintreport.pdf)
  118. HOUBEN, H. (2016, novembre). *Les restructurations dans l'industrie automobile belge*. CRISP. Consulté le 20 avril 2022, <https://www.cairn.info/revue-courrier-hebdomadaire-du-crisp-2016-10-page-5.htm#s2n21>
  119. Le recyclage du verre, de plus en plus une (très) bonne affaire. (2015, 18 novembre). Les Échos. Consulté le 6 mai 2022, <https://www.lesechos.fr/2015/11/le-recyclage-du-verre-de-plus-en-plus-une-tres-bonne-affaire-262390>
  120. Plastique : avantages, inconvénients, taxe sur les plastiques non-recyclés, matériaux d'emballage alternatifs. (2021, 25 janvier). EuraMaterials. Consulté le 6 mai 2022, <https://euramaterials.eu/focus-plastique-avantages-inconvenients-taxe-plastiques-non-recycles-materiaux-alternatifs/>
  121. Le plan de circulation de Bruxelles validé par le conseil communal : tout ce qui change. (2022, 21 février). Le Soir. Consulté le 7 mai 2022, <https://www.lesoir.be/425599/article/2022-02-21/le-plan-de-circulation-de-bruxelles-valide-par-le-conseil-communal-tout-ce-qui>



122. Financer les acteurs de l'économie circulaire. (s.d). Green Got. Consulté le 15 février 2022, <https://green-got.com/articles/pilier-6-economie-circulaire-and-traitement-des-dechets>
123. The 2021 EU industrial R&D investment scoreboard. (2021, 17 décembre). European Commission. Consulté le 8 mai 2022, <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fb50fc5e-570e-11ec-91ac-01aa75ed71a1/language-en>
124. Analyse SWOT d'un marché, le marché automobile. (2022, 15 février). Études et analyses. Consulté le 8 mai 2022, <https://www.etudes-et-analyses.com/blog/decryptage-economique/analyse-swot-marche-marche-automobile-15-02-2022.html>
125. Analyse PESTEL de l'industrie automobile. (2021). Edrawsoft. Consulté le 9 mai 2022, <https://www.edrawsoft.com/fr/article/automobile-industry-pestel-analysis.html>
126. MÖLLER, Y. (2022, 13 mai). *L'interdiction européenne des moteurs à combustion interne approuvée pour 2035*. Le moniteur automobile. Consulté le 13 mai 2022, <https://www.moniteurautomobile.be/actu-auto/environnement/ue-2035.html>
127. HERION, M. (2021, 20 octobre). *La perte d'autonomie inéluctable d'une voiture électrique*. Gocar. Consulté le 8 mai 2022, <https://gocar.be/fr/actu-auto/electrique/la-perde-d-autonomie-ineluctable-d-une-voiture-electrique#:~:text=Une%20batterie%20lithium%20Dion%20se,perd%20de%20sa%20capacit%C3%A9%20diff%C3%A9remment>.
128. WATRINET, E. (2022, avril). *Qu'est-ce qu'un crédit carbone et à quoi sert-il ?* Hello Carbo. Consulté le 9 mai 2022, <https://www.hellocarbo.com/blog/compenser/credit-carbone/>
129. Pénuries, guerre en Ukraine : l'industrie automobile fortement ralentie au premier trimestre. (2022, 20 avril). RTBF. Consulté le 10 mai 2022, <https://www.rtb.be/article/penuries-guerre-en-ukraine-l-industrie-automobile-fortement-ralentie-au-premier-trimestre-10977819>
130. Évaluation économie circulaire. (s.d). AFNOR. Consulté le 11 mai 2022, <https://certification.afnor.org/environnement/evaluation-economie-circulaire>
131. The automotive industry in the era of sustainability. (2021). Capgemini. Récupéré de : <https://www.capgemini.com/be-en/industry/automotive/>
132. Déclaration environnementale 2021. (2021). Audi Brussels. Récupéré de : [https://www.audibrussels.be/dam/nemo/brussels/documents/B-G-2B\\_Milieuverklaring%202021\\_FR\\_01102021\\_FINAL\\_LOW\\_V2.pdf](https://www.audibrussels.be/dam/nemo/brussels/documents/B-G-2B_Milieuverklaring%202021_FR_01102021_FINAL_LOW_V2.pdf)