

Vers une
filiale de
réemploi
d'acier à
Bruxelles

Mémoire rédigé par Victor Stokart dans le cadre du *Master en Design d'Innovation Sociale* à l'ESA Saint-Luc Bruxelles, année 2022-2023, avec pour promotrice Noemi Giovannetti.

Bonne lecture

Sommaire

p7 - > Introduction

p11 - > Chapitre I

Exploitation des ressources, crises
environnementales et métabolisme
urbain

p12 - Épuisement des ressources

p14 - L'exploitation minière dans le monde

p21 - Métabolisme urbain

p30 - Production et traitement des
déchets : l'échelle de Lansink

p39 - > Chapitre II

L'acier : son usage, sa fabrication
et son impact sur le monde

p43 - Propriétés de l'acier

- p48 - Le cycle de vie de l'acier
- p49 - La filière fonte qui produit de l'acier brut
- p51 - La filière ferraille qui produit de l'acier recyclé
- p59 - Une production hautement polluante et consommatrice d'énergie
- p66 - Métabolisme urbain : l'acier à Bruxelles

p71 - > **Chapitre III**
Objectifs politiques européens
et bruxellois : vers une
économie circulaire

- p73 - Union européenne
- p75 - Région de Bruxelles-Capitale

p83 - > **Chapitre IV**
Le domaine du réemploi : des voix
et des actions engagées

- p85 - RotorDC
- p89 - Kalbut Design
- p93 - Général Métal Édition
- p99 - Design With Sense
- p103 - Documentation technique pour le réemploi de l'acier

p109 - > **Conclusion**

p115 - > **Remerciements**

p116 - > **Bibliographie et références**

Introduction

7

Je ne vous apprendrai rien si je vous dis que nous vivons aujourd'hui une série de crises écologiques, des crises qui touchent à notre environnement proche ou plus éloigné. Pour moi, elles sont évidentes et indéniables tant elles font partie de mon paysage médiatique et culturel : à travers les médias que je consulte au quotidien, les vidéos explicatives que je regarde, les textes de vulgarisation que je lis. Ces crises me sont évidentes et pourtant je suis bien incapable d'en expliquer les causes et les conséquences en détails tant elles relèvent de domaines de connaissance que je ne maîtrise pas (biologie, chimie, géopolitique, économie...) et de facteurs aussi diversifiés qu'entremêlés. J'observe qu'elles sont le résultat de la domination des humain·e·s sur leurs environnements, mais aussi les résultantes des dominations des humain·e·s sur d'autres humain·e·s. J'observe cependant qu'au sein de ces enjeux environnementaux, se jouent surtout des enjeux de domination de classes, de races et de genres.

Je suis un homme hétérosexuel cisgenre, blanc, belge de classe moyenne et j'écris ce mémoire entre Saint-Gilles et Anderlecht, deux communes bruxelloises qui, bien que différentes, ont toutes les deux pour environnement proche : du béton, des voitures et des humain·e·s. L'eau coule du robinet et les rayons des supermarchés sont toujours bien remplis. Il est parfois difficile de constater les effets de ces crises écologiques en cours, dans un contexte aussi déconnecté du reste du vivant : loin des forêts rasées, des campagnes bétonnées, des populations animales et végétales décimées, des marées noires déversées sur les côtes...

C'est précisément parce que nous sommes déconnectés du vivant par nos modes de vie qu'il est essentiel de penser des alternatives à nos modes de production et de consommation linéaires et mondialisés. Parmi les multiples alternatives possibles, sur des sujets tout aussi innombrables, j'ai fait le choix de parler du réemploi de l'acier à Bruxelles.

Si j'ai décidé d'aborder le sujet de l'acier dans cette recherche, c'est pour plusieurs raisons. Il y a un an et demi, j'ai commencé à travailler dans un atelier de métallerie. C'est à ce moment-là que j'ai appris à travailler, avec énormément de plaisir, ce matériau incroyable qu'est l'acier. Je n'y connaissais rien à l'époque et il me reste encore

énormément de choses à apprendre tant c'est un matériau fascinant qui ouvre des possibilités de création et d'invention.

En découvrant l'acier, j'ai aussi découvert les contextes et les contraintes de son usage. C'est précisément pour cette raison que j'ai choisi d'en parler ici. Il faut savoir que, dans toutes ses étapes de traitement, de l'extraction au recyclage, l'acier est terriblement pollueur et dévastateur pour l'environnement et la biodiversité. Il fait partie des matériaux les plus utilisés dans le monde et son usage, toujours plus intense car essentiel au développement des sociétés industrialisées (architecture, mécanisation, transports, électro-ménagers...), ne fait qu'aggraver la situation mondiale en termes de pollution de l'air, de l'eau et des sols.

Or, il n'existe que peu de solutions à l'heure actuelle quant à l'optimisation de son utilisation et à l'amélioration de la gestion de son cycle de vie. Parmi elles, le réemploi semble être une alternative pertinente à mettre en place et à encourager dans de nombreux domaines d'usage de l'acier. Malheureusement, les pratiques de réemploi d'acier sont encore très minoritaires, particulièrement à Bruxelles.

Bruxelles, c'est là où j'habite. J'y ai étudié, j'y vis, j'y travaille et bien que l'avenir soit fait d'incertitudes, je m'y projette encore pour les années à venir. Au-delà de cet attachement personnel, Bruxelles est aussi une ville pleine d'initiatives et de projets qui fourmillent dans tous les sens. Je suis très loin de connaître toutes les activités qui s'y passent et les projets inspirants qui y sont menés, mais j'en découvre chaque jour un peu plus et avec beaucoup d'enthousiasme.

C'est une ville dont on dit qu'elle est dynamique et innovante. Bien que ces mots sonnent creux pour moi, c'est avant tout une ville pleine de rencontres, d'idées et de créativité. C'est ce réservoir de créativité qui est en lien avec le dernier aspect de ma recherche : le réemploi.

Il existe différentes définitions du réemploi, mais pour ce travail j'utiliserai ce terme avec comme définition :

“utilisé dans le domaine de la prévention des déchets, le réemploi est l'ensemble des systèmes et filières permettant de récupérer des objets avant qu'ils ne soient jetés, afin de leur donner une seconde vie. Le réem-

ploi évite ainsi que des biens en fin de vie ne deviennent des déchets.”¹

C'est un enjeu de société qui m'anime depuis plusieurs années, d'une part car les enjeux écologiques me touchent et m'inquiètent tous les jours, d'autre part je suis persuadé qu'il ne faut pas seulement changer nos modes de consommation occidentale, mais bien les repenser dans leur ensemble.

Je me suis d'ailleurs engagé pendant plusieurs années dans la gestion d'une *recupérathèque* au sein de mon école. Cette *recupérathèque* est un magasin de matériaux et de matériels de réemploi pour les étudiant-e-s. Tout ce qui y est vendu est de seconde main, issu de la récupération, de dons, de chutes... et s'achète avec une monnaie locale propre à l'école, sans aucun euro. Cette expérience m'a permis de mettre en pratique une forme d'économie du réemploi à petite échelle et d'entrapercevoir les possibilités de ces pratiques de récupération.

En outre, j'aime particulièrement l'idée de faire avec l'existant, ce qui est déjà là et qui est disponible en restaurant, en préservant, en adaptant nos architectures, nos objets, nos espaces de vie etc... Selon moi, ce sont des conditions qui poussent à la créativité et à l'ingéniosité.

Dans ce travail, je cherche à mettre en avant l'intérêt du développement d'une filière de réemploi d'acier à Bruxelles tout en apportant de la documentation. J'ai aussi analysé un exemple concret qui peut s'avérer utile comme base de travail pour qui voudrait s'essayer à créer une filière de réemploi d'acier.

Ce travail est loin d'être exhaustif et n'a pas pour ambition d'être un "guide pratique" pour développer une filière de réemploi d'acier.

Cette recherche émane avant tout de l'envie de participer à nourrir une discussion sur le sujet et de questionner la finalité du recyclage.

Les nouvelles pratiques de réemploi sont déjà au cœur des enjeux des villes qui cherchent à réduire leurs impacts néfastes sur l'environnement. S'il n'existe à ce jour pas encore de filière de réemploi d'acier à Bruxelles, je suis persuadé que cela ne saurait tarder.

Chapitre I

EXPLOITATION DES
RESSOURCES, CRISES
ENVIRONNEMENTALES
ET MÉTABOLISME
URBAIN

11

Épuisement des ressources

Réchauffement climatique, chute de la biodiversité, destruction du vivant, hausse du niveau des océans, raréfaction des ressources... Ces mots, tout comme moi, vous les avez vus, lus, entendus dans les actualités. Les impacts dévastateurs de nos modes de production et de consommation ne datent pas d'hier, mais force est de constater que c'est seulement depuis quelques décennies que le grand public en entend parler, du fait d'une urgence indéniable qui se rapproche et d'une médiatisation plus large. Pour la plupart des expert·e·s et des climatologues, il est illusoire de vouloir faire "marche arrière"

tant les catastrophes écologiques en cours nous dépassent. Pour certain·e·s, il est plus raisonnable de chercher à atténuer nos effets sur les environnements, pour d'autres, on ne peut que se préparer aux chocs qui nous arrivent et chercher des formes de résilience.

En écrivant ce mémoire, je me suis intéressé aux **matières** et au rapport que nous entretenons avec elles. Dans ce travail, le mot **matière** sera utilisé dans le sens physique du terme, à savoir : *"une substance matérielle qui constitue les corps et douée de propriétés physiques."*²

Ces matières, on les trouve dans nos environnements et on les considère comme des **ressources exploitables**. Parmi ces ressources terrestres, on peut citer par exemple le bois, les différents métaux, le pétrole, le gaz...

Lorsque l'on exploite ces **matières « premières »**, cela a des impacts directs sur l'environnement. Les exemples sont tous autant divers

2. Larousse, Éditions, « Définition matière - Dictionnaire de français Larousse » [en ligne], URL : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/mati%C3%A8re/49866>, consulté le 10 juin 2023.

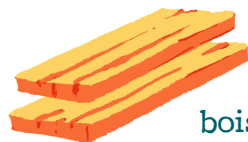
3. Leahy, Stephen, « Pics de méthane dans l'atmosphère : l'exploitation du gaz de schiste mise en cause » [en ligne], National Geographic, le 22 août 2019, URL : <https://www.nationalgeographic.fr/environnement/2019/08/pics-de-methane-dans-l-atmosphere-l-exploitation-du-gaz-de-schiste-mise-en-cause>, consulté le 10 juin 2023.

4. Izoard, Célia, « Les ravages ignorés de l'activité minière » [en ligne], Reporterre, le média de l'écologie, le 16 novembre 2021, URL : <https://reporterre.net/Les-ravages-ignores-de-l-activite-miniere>, consulté le 10 juin 2023.

Parmi les ressources terrestres les plus exploitées, on trouve notamment :



minerais métallifères



bois



céréales



combustibles fossiles

que dévastateurs : destruction d'un habitat animal dans le cas de la déforestation (pour ne citer qu'une seule conséquence), la libération de méthane dans l'atmosphère dans le cas de l'exploitation du gaz de schiste³ ou encore la pollution des eaux dans l'extraction minière.⁴

Pour extraire et exploiter ces ressources, on a besoin d'énergie, qu'elle soit musculaire, mécanique ou thermique. Indéniablement, la consommation de cette énergie a elle aussi un impact sur l'environnement. Au cours de l'histoire industrielle, on a développé de plus en plus d'outils techniques pour optimiser et rentabiliser l'exploitation de toutes ces ressources (eau, bois, minerais, sable...) et pour rendre possible l'exploitation de certaines matières jusqu'alors inaccessibles. On parvient à creuser des mines de plus en plus profondes, à raser des forêts de plus en plus vite et à transporter des matières premières de plus en plus loin.

Je me suis particulièrement intéressé aux questions d'exploitations minières, car c'est de là que sont extraits (parmi bien d'autres minerais) les minerais de fer, nécessaires à la fabrication de l'acier. L'acier est un **matériau**, soit une matière servant à **construire**, à **fabriquer**. Ces matières premières sont notamment au cœur des craintes liées à l'épuisement des ressources, comme on l'analysera par la suite.

L'exploitation minière dans le monde

“L’activité minière consiste à exploiter de façon commerciale les ressources minérales ou énergétiques contenues dans les sols et au fond des océans.”⁵
Cette exploitation remonte à plus de 3500 ans en Europe et après un âge d’or au 19^{ème} siècle, elle a graduellement diminué durant le 20^{ème} siècle.

En 2012, dans le monde, on comptait **2500 mines de niveau «industriel»** (sachant qu’il existe beaucoup plus de mines à plus petite échelle, qu’on appelle alors «mines artisanales») et environ **6 000 Mt** (mégatonnes, millions de tonnes) de **minerais métallifères** extraits chaque année. On estime que les humains déplacent environ **15Gt** (gigatonnes, milliards de tonnes) de

matières (terres, roches...) par an pour extraire ces minerais métallifères de leurs **gisements**.⁶ Ces chiffres sont si imposants qu’ils sont difficiles à appréhender et à visualiser.

Par ailleurs, il n’existe pas de chiffre officiel sur le nombre de mines non-industrielles à l’échelle mondiale. Pour tout de même s’en faire une idée, on peut observer un chiffre qui illustre la situation en Chine : le pays ne compte pas moins de **8300 mines de fer**, dont seulement 48 sont qualifiées d’industrielles.

Il est intéressant d’observer que le mot minerai définit une roche qui contient des matériaux dit «intéressants» pour l’industrie. Un minerai, ce n’est pas du calcaire, du fer ou du charbon : un minerai c’est une roche perçue comme suffisamment utile pour justifier l’exploitation d’une mine.

5. Drezet, Eric, « Les mines de minerais métallifères » [en ligne], EcoInfo - CNRS, le 28 juin 2014, URL : <https://ecoinfo.cnrs.fr/2014/04/28/1-les-mines-de-minerais-metalliferes/>, consulté le 4 janvier 2023.

6. Ibid.

Même si l'apparition de ce mot est plus ancienne que l'exploitation industrielle, c'est un mot qui, aujourd'hui, est utilisé par sa dimension «exploitante» des ressources minérales.

En géologie, un gisement désigne la concentration d'une ressource naturelle, dont l'exploitation est économiquement rentable.

Il existe différentes familles de minerais, classés selon leurs composantes :

- Les oxydes (minerai de bauxite pour l'aluminium) ;
- les sulfures (minerai de galène pour le plomb, sphalérite pour le zinc) ;
- les carbonates (minerai de malachite pour le cuivre, sidérite pour le fer) ;
- les silicates (minerai de garniérite pour le nickel et le magnésium).



6 000 Mt de minerais
métallifères extraits
chaque année



15 Gt de matières (terres,
roches...) déplacées pour
extraire ces minerais



8300 mines de fer en Chine,
dont seulement 48 considé-
rées comme «industrielles»

On trouve également différents types de mines selon la façon dont sont exploités les différents gisements :

Les placers :

Ce sont des mines de surface desquels sont extraits des métaux et des minéraux lourds, tels que l'or et les pierres précieuses. L'action des cours d'eau "trie" naturellement les éléments recherchés.

Elles ont l'avantage d'être très accessibles (il faut très peu de moyens et de techniques pour les exploiter) et on y trouve généralement de fortes concentrations.

Elles représentent 4 à 5% des mines métallifères.

Les mines de surface :

Ce sont des gisements peu profonds et de grandes ampleurs permettant une méthode d'extraction privilégiée à la surface du sol.

Elles sont généralement plus larges que profondes à l'opposé des mines souterraines. Elles représentent 52% des mines et sont à l'origine de 83% des minerais extraits dans le monde.

Une grande part de l'extraction des minerais de bauxite de fer et de cuivre provient des mines à ciel ouvert. Il arrive qu'une mine de surface se transforme en exploitation souterraine quand la concentration en métaux baisse.

Les mines souterraines :

Elles représentent 43% des mines métallifères et génèrent 17% des minerais métalliques extraits dans le monde. Les mines souterraines sont divisées en 2 catégories :

Les roches *dures* desquelles sont extraits les minerais, et les roches *tendres* desquelles sont extraits le charbon ou les sables bitumineux.

La majeure partie des minerais métallifères extraits dans des mines souterraines contiennent de l'or, de l'argent, du fer, du cuivre, du zinc, du nickel, de l'étain et du plomb.

Ce type d'extraction nécessite plus d'énergie, en comparaison aux mines à ciel ouvert, pour remonter les minerais, ventiler et pomper l'eau des galeries. En revanche, et en comparaison avec les mines à ciel ouvert, elles génèrent moins de déchets.

7. Drezet, Eric, « Épuisement des ressources naturelles » [en ligne], EcoInfo - CNRS, le 11 mars 2014, URL : <https://ecoinfo.cnrs.fr/2014/03/11/1-epuisement-des-ressources-naturelles/>, consulté le 10 janvier 2023.

8. Bihouix, Philippe, Guillebon, Benoit De, Quel futur pour les métaux ? Raréfaction des métaux : un nouveau défi pour la société, EDP sciences, 2010, 299 p.

Les sites en mer :

Ce type d'exploitation de minerais métallifères est en train de se développer, mais il est déjà bien en place pour les exploitations de gaz et de pétrole, qu'on appelle "offshore".

La prospection des zones de minerais, principalement sous forme de nodules polymétalliques, est activement en cours et certaines entreprises ont déjà déposé des demandes de permis d'exploitation auprès des autorités relatives aux zones ciblées.

La question de la disponibilité des ressources minières fait débat, tant il est difficile d'en faire une estimation juste et qu'elle cristallise des enjeux économiques et géopolitiques énormes.

Aujourd'hui nous sommes arrivés au point où les gisements les plus faciles à atteindre et à exploiter sont déjà épuisés. On observe par ailleurs une tendance générale à la baisse de teneur des métaux dans les minerais.

La **teneur** (ou concentration) des minerais correspond à la quantité de métal dans chaque tonne de minerai, exprimée en grammes par tonne ou pourcentage.

La baisse de teneur observée implique alors qu'on trouve de moins en moins de grammes de métaux par tonne extraite et qu'il faut extraire de plus en plus de minerai pour obtenir la même quantité de métaux qu'à l'époque de référence.

Puisque les gisements de surface sont en grande partie épuisés et

que l'outillage se perfectionne, les mines se creusent de plus en plus profondément.

À titre d'exemples, la mine de cuivre à ciel ouvert de Bingham canyon aux USA fait **1200 mètres** de profondeur et la mine d'or souterraine de Tau Tona en Afrique du Sud fait plus de **3900 mètres**.⁷

On observe en vérité non pas un épuisement des ressources à proprement parler, mais un **épuisement de ce qui est techniquement, énergétiquement et économiquement exploitable**.⁸

En réaction à cette baisse de teneur des minerais de surface, les compagnies minières cherchent par tous les moyens à poursuivre les exploitations.

On parle aujourd'hui de mines souterraines à plus de 5 km de profondeur, de sous-marins capables de collecter les nodules polymétalliques au fond des océans, voire d'aller miner les astéroïdes dans l'espace (dans un futur très relatif).

Bien évidemment, ces exploitations de plus en plus complexes et éloignées impliquent des impacts environnementaux lourds, en plus de leur immense consommation en énergie.

La perspective de l'exploitation des fonds marins inquiète énormément les ONG actives dans la préservation des océans. Elles s'inquiètent notamment de la destruction des habitats de la faune et de la flore marines, la pollution sonore ainsi que les vibrations pour la biodiversité, et la perturbation du cycle du carbone, entre autres.⁹

“La baisse globale constatée des concentrations des matériaux recherchés dans les minerais oblige à exploiter des sites de plus en plus profonds, à traiter des minerais de plus en plus pauvres, voire à explorer le fond des océans. Selon le type de site (en surface, souterrain, sous-marin, dans le lit des cours d'eau), le type de gangue dans laquelle les matériaux recherchés sont présents, leur concentration dans le minerai, la profondeur d'extraction, les éventuels mélanges avec d'autres ressources valorisables dans le minerai, les techniques d'extraction et de traitement de ces minerais seront bien différentes. Il est fort probable qu'il

*en sera de même pour les impacts environnementaux.”*¹⁰

Face à ces constats, il est essentiel de questionner nos modes de production et la vitesse à laquelle nous consommons ces ressources précieuses et de manière souvent inconsidérée, afin de réduire significativement leurs utilisations. Malheureusement, la tendance générale actuelle est très loin de ces changements nécessaires.

Selon un rapport de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) sur l'extraction des minerais métalliques, la quantité mondiale est passée de 3,72 milliards de tonnes en 1980 à 11,14 milliards de tonnes en 2020¹¹⁻¹, soit un chiffre qui a **triplé en 40 ans**, alors que la population mondiale, elle, a été multipliée par 1,8 sur la même période.¹¹⁻²

On peut y lire que *“si les pays émergents adoptaient des technologies et des styles de vies similaires aux pays de l'OCDE, la demande globale de métaux serait 3 à 9 fois supérieure.”*

En plus de faire partie des plus gros consommateurs de ressources, l'Europe a petit à petit abandonné l'exploitation de ses propres ressources au profit des

9. Kloetzli, Sophie, « Extraction en eaux troubles », *Socialiter, critique radicale et alternatives*, vol. L'écologie recrute ! Un emploi digne, utile et écologique pour toutes et tous, n° 51, 2022, pp. 57-61.

10. Drezet, Eric, « Les mines de minerais métallifères » *Op. cit.*

11_1 Drezet, Eric, « Situation et tendances des matières premières » [en ligne], *EcolInfo - CNRS*, le 24 avril 2014, URL : <https://ecoinfo.cnrs.fr/2014/04/24/situation-et-tendances-des-matieres-premieres/>, consulté le 10 janvier 2023.

11_2 « Pyramides des âges pour le monde entier de 1950 à 2100 » [en ligne], *PopulationPyramid.net*, URL : <https://www.populationpyramid.net/fr/monde/1980/>, consulté le 19 juin 2023.

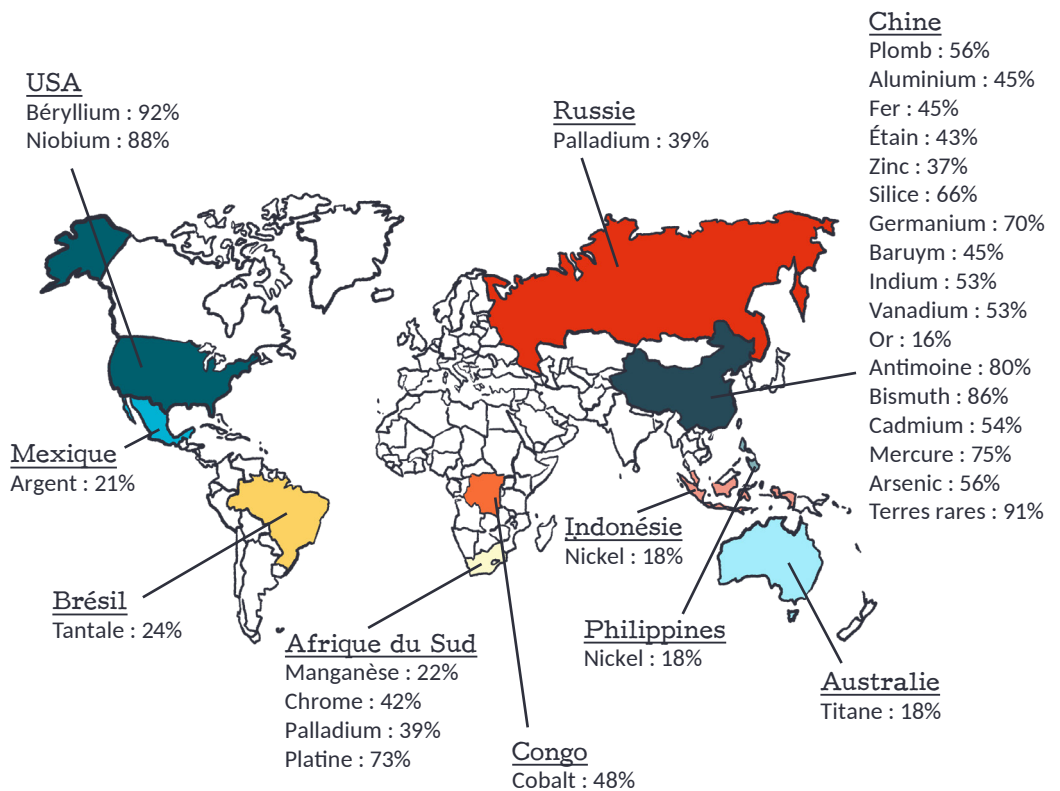
importations d'autres continents, ce qui a entraîné un transfert du coût environnemental et social de ces exploitations sur ces pays.

La crise des ressources se concrétise particulièrement sur certaines matières premières dont les réserves s'épuisent très rapidement, soit par leur faible disponibilité à l'origine, soit par leur exploitation intensive, soit un mélange de ces deux facteurs.

Ces matières premières sont alors qualifiées de *critiques*, et cette liste se rallonge au fil des années. Dans cette liste de matières premières *critiques*, on trouve des éléments tels que le borate, la magnésite, le chrome et le charbon à coke¹². Retenons ce dernier, essentiel à la fabrication de l'acier, car on y reviendra plus tard.

D'autres matières premières rejoignent quant à elles le groupe des matières premières dites "à haute importance économique".

Les matières présentes sur cette liste y sont classées selon leur utilisation massive, leur haute valeur économique sur le marché ou encore leur utilisation dans de nouvelles technologies stratégiques. Parmi elles on retrouve le fer, l'aluminium, le chrome, le zinc...



Carte retravaillée issue du site : Drezet, Eric, « Situation et tendances des matières premières » Op. cit.

Cette carte reprend les principaux pays producteurs de matières premières critiques et/ou de matières premières à haute importance économique pour l'Europe en 2014.

Les pays européens ne font pas partie des pays producteurs principaux, mais ils sont parmi les plus grands consommateurs de ces matières premières. La Chine quant à elle concentre une très grande partie de la production en termes de quantité et de variété des matières premières.

Dans ses recherches sur les ressources minérales mondiales, le chercheur français du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) Olivier Vidal constate un lien étroit entre : la croissance d'un pays, le développement de sa population et sa consommation d'énergie primaire et de ressources minérales de base.

Les ressources minérales de base sont : **l'acier** (fer et carbone), **le ciment**, **l'aluminium** et **le cuivre**. Pour lui, il y a peu de chances que nos sociétés parviennent à se restreindre "naturellement" en matières premières, elles vont être contraintes de s'adapter.

Le fruit de ses travaux montre que *"ces ressources constituent les éléments indispensables à la fabrication de nos sociétés industrielles (construction de bâtiments, d'infrastructures et réseaux de transport, ...)"* et *"que leur consommation, dont le taux de croissance annuel moyen varie de 2 à 6%, est directement relié au niveau du développement d'une économie."*¹³

C'est donc principalement dans le développement des industries et des villes que l'acier est massivement utilisé. C'est sur **son utilisation en ville** que je vais orienter la suite de ce travail.

13. Berthoud, Françoise, « Ressources minérales : demande, production, réserves, dépiéction, criticité et consœurs » [en ligne], EcoInfo - CNRS, le 30 avril 2018, URL : <https://ecoinfo.cnrs.fr/2018/04/30/ressources-minerales-demande-production-reserves-depletion-criticalite-et-consoeurs/>, consulté le 11 janvier 2023.

Métabolisme urbain

Aujourd'hui, plus de la moitié des populations humaines vivent dans des zones urbaines. On estime qu'en 2030 ce sera **plus de 60%** de la population mondiale qui vivra en ville.¹⁴

Bien que chaque territoire et chaque ville ait un fonctionnement qui lui est propre, les zones urbaines occidentales concentrent généralement et majoritairement des activités du secteur tertiaire. En second plan, ce sont les activités du secteur secondaire et en troisième position les activités du secteur primaire.

Pourtant, de par leur grande concentration de population et de territoires bétonnés et construits, ce sont les villes qui sont, en grande partie, à l'origine de la consommation des matières premières issues du secteur primaire.

Autrement dit, **les villes sont hautement dépendantes des territoires alentours** (dans un périmètre plus ou moins éloigné selon les matières premières concernées) pour subvenir à leurs besoins.

Elles ne peuvent produire elles-mêmes les ressources dont elles ont besoin sur le territoire (eau, énergie, nourriture, matériaux...). Ajouté à cela, ce sont aussi généralement les territoires environnants des villes qui assurent le traitement d'une grande partie des déchets, des eaux usées et autres pollutions générées par celles-ci.

SECTEURS ÉCONOMIQUES

- **primaire** : concerne la collecte et l'exploitation des ressources naturelles.
- **secondaire** : concerne les industries de transformation des matières premières.
- **tertiaire** : regroupe les activités des services (conseil, assurance, formation, études et recherche...)

Cette grande dépendance des villes en approvisionnement des ressources d'une part, et ces "rejets" de déchets urbains dans les territoires alentours d'autre part, ont mené certaines études à comparer le fonctionnement des villes au fonctionnement des organismes vivants.

En 1975, le botaniste belge Paul Duvigneaud sort une étude qui porte sur «*l'écosystème urbain*» de la ville de Bruxelles.

Ce terme est issu du domaine de la biologie : on parle aujourd'hui de «*métabolisme urbain*» pour signifier les interactions d'une ville avec ses différents environnements, principalement en termes de flux (entrants et sortants) de matières, d'eau et d'énergie.

L'appellation de métabolisme urbain vise à mettre l'accent sur cette grande dépendance des villes par rapport aux campagnes : sur le plan des ressources externes qu'elles consomment, transforment, stockent et rejettent, mais également des impacts et des

charges environnementales et écologiques qu'elles imposent à ces territoires.

À l'image de l'Europe qui a, comme abordé précédemment, abandonné l'exploitation de ses propres ressources et a transféré le coût environnemental et social de ces exploitations sur d'autres pays par l'importation, on observe que les villes participent au même phénomène à une autre échelle.

Les études qui concernent le métabolisme urbain ont développé des outils d'analyse et de comptabilité de ces flux de matières et établi des "modèles" types ou spécifiques à chacune des villes analysées. Ces études servent de bases et de ressources pour la mise en place de stratégies d'économie circulaire, permettant d'avoir une vue globale sur les flux entrant et sortant de la ville.

C'est le cas pour Bruxelles, dont l'analyse du métabolisme urbain a été réalisée en 2015 par EcoRes, BATir, et ICEDD pour Bruxelles Environnement.¹⁵

15. Merckx, Bertrand, « Métabolisme de la Région de Bruxelles-Capitale : identification des flux, acteurs et activités économiques sur le territoire et pistes de réflexion pour l'optimisation des ressources - Rapport final juillet 2015 », 2015, consulté le 14 mars 2023.

Répartition des entreprises
bruxelloises en 2019 selon
leurs activités

Secteur
primaire
0,2%

Secteur
secondaire
16,5%

Secteur
tertiaire
83,2%

Métabolisme urbain bruxellois :
flux entrants et sortants d'eau, de matières et d'énergie

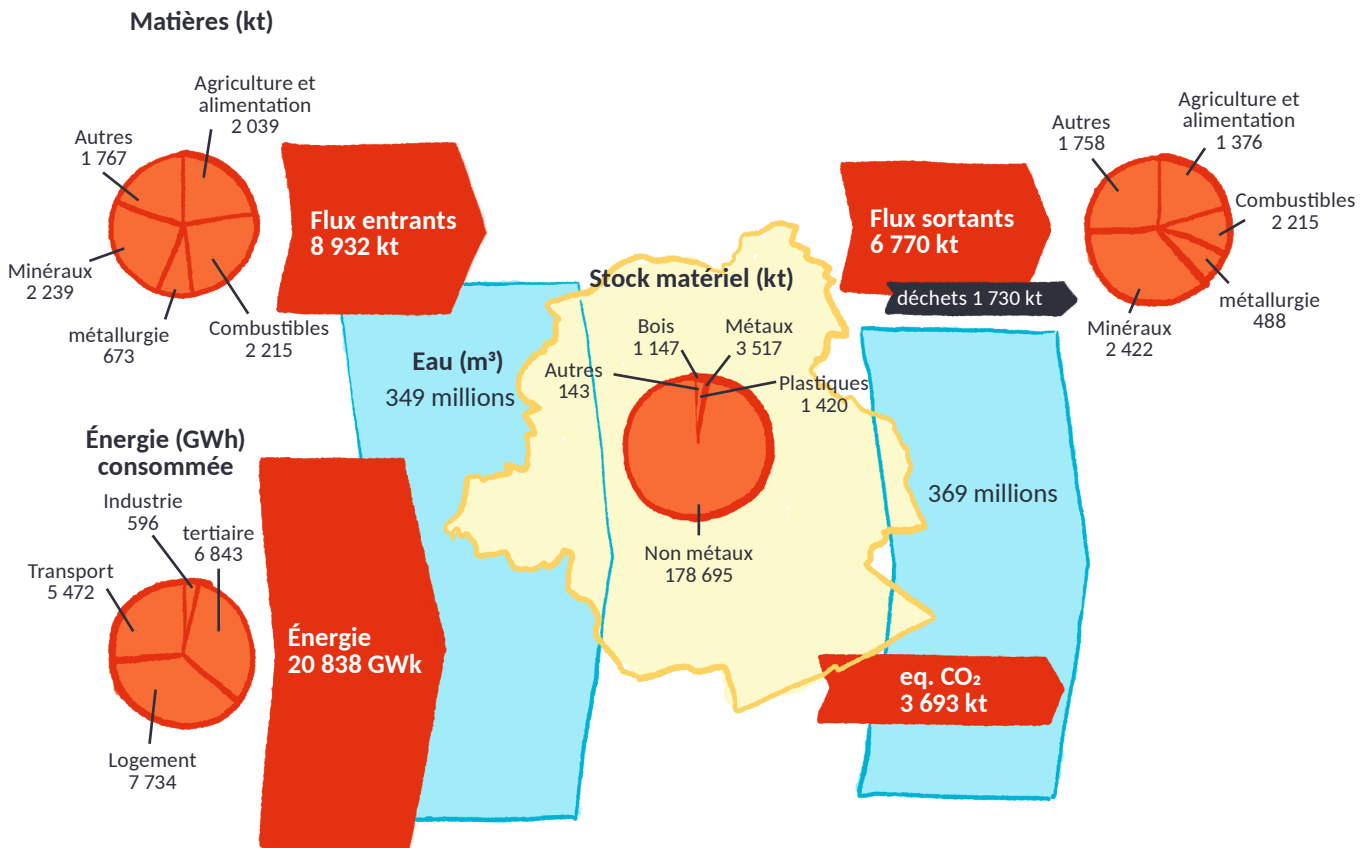


Schéma retravaillé issu du document : Région bruxelles-capitale, Be circular, « Programme Régional en Économie Circulaire 2016 – 2020. Mobiliser les ressources et minimiser les richesses perdues : Pour une économie régionale innovante », 2016.

Ainsi, à Bruxelles, la part des entreprises travaillant dans le secteur primaire est minime, ce qui explique la très grande quantité de matières importées. Les entrées sont consommées, transformées ou stockées dans la ville avant d'en ressortir, sous forme de biens, transformés ou non, ou sous forme de déchets.

Le bilan métabolique bruxellois nous montre qu'en raison de ses activités majoritairement tertiaires et de son économie essentiellement linéaire, la RBC (Région Bruxelles-Capitale) est "dépendante de l'extérieur au niveau des flux entrants (approvisionnement massif de matières, biens, ressources énergétiques et eau). Les principaux flux de matières en provenance des régions flamande et wallonne sont les matériaux de construction, les produits agricoles et manufacturés, alors que les flux d'origine étrangère sont les produits agricoles et énergétiques."¹⁶

Dans nos sociétés dont l'économie est majoritairement basée sur un principe linéaire, ce flux constant et grandissant de matières, participe considérablement à l'exploitation des ressources et aux dégâts sociaux et environnementaux qui en résultent.

Certaines matières premières entrent et ressortent dans un délai très court, comme la nourriture ou les biens à courte durée de vie. D'autres peuvent y être stockées ou accumulées sur des délais beaucoup plus longs, comme celles utilisées dans la construction de bâtiments ou d'infrastructures. C'est d'ailleurs dans les constructions qu'il y a la plus forte densité de matériaux. Dans cette analyse, les gisements urbains (le stock matériel) sont estimés à 185 000 Kt (kilotonnes, mille tonnes) dont 84% se retrouvent dans les bâtiments et 15% dans les infrastructures.¹⁷

16. Région bruxelles-capitale, « Plan de Gestion des Ressources et des Déchets - Pour une consommation durable, sobre, locale et circulaire - Pour une société zéro déchet. », 2018.

17. Gobbo, Emilie, *Op. Cit.*



Schéma retravaillé issu du document : Gobbo, Emilie, « FutuREuse : La ville comme réserve de matériaux- Comprendre les études de gisement urbain », Interreg FCRBE, 2021.

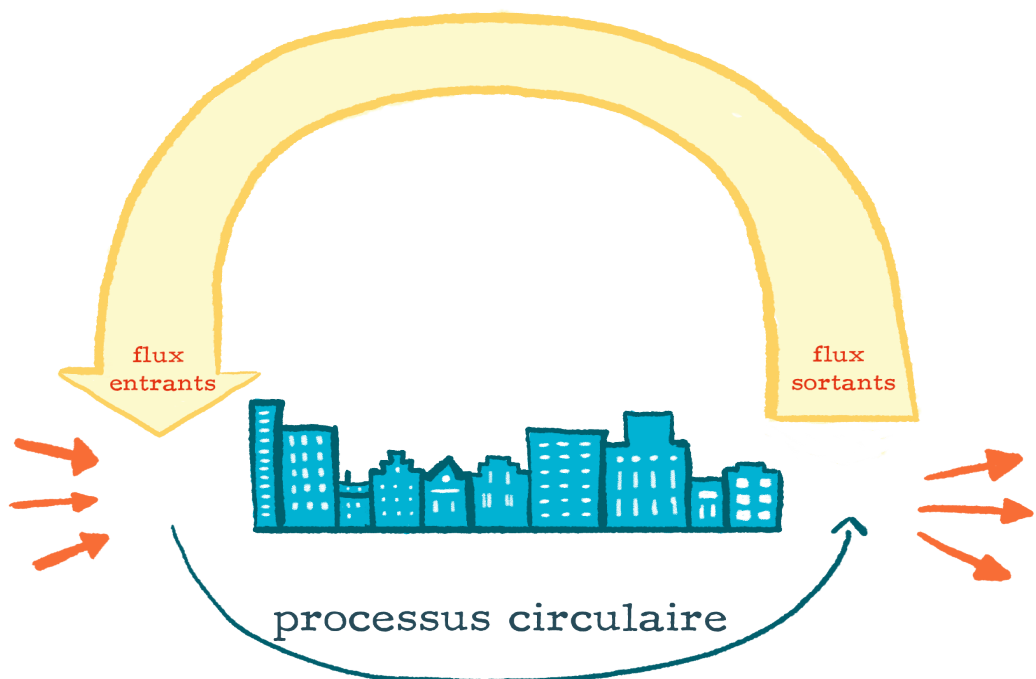


Schéma retravaillé issu du document : Gobbo, Emilie, « FutuREuse : La ville comme réserve de matériaux- Comprendre les études de gisement urbain », Interreg FCRBE, 2021.

Toutes ces accumulations de matières aux différents endroits de la ville représentent donc des «stocks» de matières. Vus à travers le prisme d'une économie purement linéaire, ces stocks ne sont que de futurs déchets. Une fois leur usage premier terminé, ils seront détruits et rejoindront le flux sortant du métabolisme de la ville.

Or, dans une perspective de réduction des flux entrants, une possibilité est de considérer ces stocks non plus comme des futurs déchets mais comme **des futures ressources** pour de nouveaux usages. Certain-e-s chercheur-se-s considèrent ainsi ces stocks comme **des gisements de matières**. De ce fait, la ville devient une **mine urbaine** et ces matières accumulées deviennent des **gisements urbains** composés de ressources susceptibles d'être exploitées dans le futur, une fois que leur usage actuel prendra fin.

Cette conception s'inscrit dans la mise en place d'une économie circulaire, à l'opposé du modèle linéaire actuel. On abordera au point suivant les différents aspects de ces systèmes circulaires.

La conception de la ville comme mine urbaine a plusieurs objectifs : réduire la demande en ressources naturelles “nouvelles” en prolongeant la durée de vie des matériaux existants, réduire la production de déchets ainsi que mobiliser des activités économiques locales pour l’exploitation de ces ressources.

De cette façon, l’étude du métabolisme urbain permet d’identifier les gisements de matières qui pourraient être valorisés afin de minimiser la nécessité de nouveaux flux entrants.

L’économie linéaire désigne une forme d’économie basée sur le modèle “extraire-fabriquer-consommer-jeter”. Il est indéniable que ce modèle favorise la croissance par la production, l’exploitation humaine et environnementale, la surconsommation de biens et d’énergie et génère une quantité excessive de déchets.

Ce modèle est à la source de nombreux problèmes écologiques auxquels nous sommes confronté·e·s. En plus de cela, les chercheur·se·s alertent quant à la fragilité et le manque de résilience de notre économie de manière générale :

“Nous avons construit notre propre dépendance invisible. Cette dépendance est d’autant plus prononcée au sein des métropoles telles que la Région de Bruxelles-Capitale, à l’économie essentiellement tertiaire. Contrainte d’importer d’énormes quantités de biens manufacturés, de produits alimentaires et de matières premières, la région se trouve particulièrement sensible à la volatilité des prix de ressources primaires décidées sur les marchés mondiaux.

Les limites de nos modes de production et de consommation montrent la nécessité d’évoluer vers de nouvelles politiques. Ainsi, l’économie circulaire, en tant que nouveau paradigme, permet d’agir à la fois sur l’offre et sur la demande par des politiques tendant vers l’optimisation des ressources tout en soutenant un développement économique vertueux. [...]

Les acteurs de l’économie bruxelloise se retrouvent ainsi fragilisés et vulnérables à des chocs, (im)prévisibles, qu’ils ne maîtrisent pas : raréfaction des ressources primaires, risques politiques dans les pays fournisseurs, dépendance vis-à-vis des énergies fossiles, spéculation sur les marchés mondiaux...”¹⁸

Certain-e-s voient dans l'économie circulaire une forme de solution à ces nombreux problèmes : d'une part la réduction des déchets et de l'exploitation des ressources, d'autre part une relocalisation de l'économie.

Pour revenir sur le concept de mine urbaine, l'autrice Emilie Gobbo, architecte, docteure en art de bâtir et urbanisme et chargée de recherche à l'Université catholique de Louvain, soulève plusieurs différences non négligeables entre l'industrie minière classique et les mines urbaines :

- La ville est composée d'une grande diversité de matériaux ;
- Ces gisements peuvent être difficilement accessibles puisqu'ils sont liés à des questions de foncier et d'immobilier ;
- La ville est un territoire densément bâti et habité, ce qui implique des restrictions d'utilisation de méthodes fortement mécanisées ou d'émissions de nuisances (bruits, pollutions, poussières...) ;
- L'aspect dynamique de la ville, qui est en mouvement perpétuel (nouvelles constructions, déconstructions, importations...), rend difficile l'estimation des stocks et des ressources actuelles et futures. Ajouté à cela, la durée de vie des

bâtiments et des infrastructures sont elles aussi très variables. Certains bâtiments peuvent "vivre" 100 ans quand d'autres seront détruits après seulement 15 à 20 ans, en fonction des nouveaux projets immobiliers...

Emilie Gobbo souligne également que les différents gisements peuvent avoir différents statuts selon certains critères tels que : l'état des matériaux, les nouvelles réglementations etc... Elle explique alors ceci :

"Certains peuvent être considérés comme étant «consommés», c'est-à-dire qu'ils sont arrivés au bout de leur vie utile et ne sont plus récupérables. D'autres peuvent être considérés comme étant «en-cours» , c'est-à-dire toujours en usage. On peut aussi évoquer les gisements «dormants» et «obsolètes». Ceux-ci correspondent à des stocks qui ne sont plus en utilisation mais qui n'ont toutefois pas été éliminés. [...] Ces gisements dormants peuvent être vus comme faisant partie du gisement consommé ou du gisement en-cours.

*Cela conforte le fait qu'il n'existe actuellement aucun véritable consensus sur la définition précise des gisements et de leur statut."*¹⁹

19. Gobbo, Emilie, Op. Cit.

Un travers possible et dangereux de cette conception de mine urbaine est de considérer toutes ces ressources comme accessibles et de chercher à les extraire par tous les moyens, sans questionner d'abord nos modes de consommation et de construction.

Il est important de rappeler qu'il faut **d'abord et avant tout chercher à prolonger la durée de vie et d'usage des matières déjà mises en œuvre dans nos villes**, si tant est que l'on cherche réellement à réduire nos impacts sur l'environnement.

Beaucoup de villes européennes, dont Bruxelles, vivent un phénomène de *construction, déconstruction, reconstruction "éclair"* pour le bien de quelques projets immobiliers. Le développement continu de ces projets immobiliers mène à raser des bâtiments âgés de seulement quelques années, alors que la durée de vie technique d'un bâtiment en béton varie entre 50 et 100 ans²⁰ et qu'un bâtiment en bois ou en brique peut dépasser les 100 ans.^{21 22}

La journaliste du journal *Le Soir* Vanessa Lhuissier aborde la question de la durée de vie des bâtiments dans un article paru en 2019. Elle écrit :

*"Impossible de poser ses yeux sur le panorama bruxellois sans y voir des grues. Certaines sont là pour grignoter petit bout par petit bout des immeubles construits il y a parfois tout juste trente ans. Car après trente ans, dans le monde de l'immobilier de bureaux, on est obsolète. Seulement, dans une société qui érige de plus en plus sa conscience écologique, détruire un bâtiment d'à peine quelques dizaines d'années semble être une aberration. Si on considère l'impact environnemental de la première construction, auquel s'ajoute le coût de la destruction plus celui de la reconstruction, on arrive à des bilans carbone extrêmement élevés qui nous éloignent un peu plus de la durabilité."*²³

20. Méquignon, Marc, « Durée de vie et développement durable », Les Cahiers de la recherche architecturale et urbaine, n° 26/27, Éditions du patrimoine, 2012, pp. 225-232.
21. Fédération belge de la brique, « Longue durée de vie » [en ligne], URL : <https://www.brique.be/durabilite-et-circularite/longue-dur%C3%A9e-de-vie/>, consulté le 10 juin 2023.
22. « Durabilité des constructions bois dans le temps, comment l'évaluer ? » [en ligne], SELVEA, le 25 septembre 2016, URL : <https://www.selvea.com/durabilite-construction-bois/>, consulté le 10 juin 2023.

23. Lhuillier, Vanessa, « Bruxelles: à 30 ans, on est périmé dans l'immobilier » [en ligne], Le Soir, le 15 juillet 2019, URL : <https://www.lesoir.be/236678/article/2019-07-15/bruxelles-30-ans-est-perime-dans-immobilier>, consulté le 10 juin 2023.

24. Gobbo, Emilie, Op. Cit.

25. Belin, Hughes, Hananel, Cédric, Op. Cit.

Pour Emilie Gobbo, *“il est important de souligner que stabiliser les gisements existants en prolongeant la durée de vie des infrastructures et des bâtiments existants permettrait de réduire plus facilement la consommation des matériaux”*.²⁴

Il est donc essentiel de préserver l'usage actuel des biens et des matières qui nous entourent avant de chercher à les réinsérer dans de nouveaux usages.

Un bâtiment hautement revalorisé et déconstruit de toute part, s'il n'a vécu que 20 ans alors qu'il était destiné à en tenir 100, reste un échec environnemental et une aberration écologique. Il en va de même pour les biens et les objets du quotidien dont le phénomène d'obsolescence programmée participe pleinement à des durées de vie ridiculement petites alors même que la matière utilisée pour produire le bien tient bien plus longtemps.

Plus largement, c'est une dynamique générale de biens à “usage unique” ou presque, qui compose notre économie linéaire et dont la surproduction et la surconsommation font l'enrichissement des un·e·s et notre “confort matériel” occidental.

Il est évident aujourd'hui que ces systèmes d'exploitation ont des

effets mortifères pour l'environnement et les humain·e·s.

Dans le livre réalisé en 2020 par Hughes Belin et Cédric Hananel qui plaide pour une économie circulaire bruxelloise, les auteurs écrivent :

“La métropole de Bruxelles importe 98 % de ses matières premières tandis que 83 % des émissions de gaz à effet de serre qu'elle génère sont en réalité produites hors de ses murs. Et encore, ce n'est là que l'impact climatique de notre consommation. L'impact environnemental et social de ce que nous achetons ailleurs est d'autant moins pris en compte qu'on s'éloigne de la Belgique et de l'Europe. Car l'économie linéaire se fournit sur un marché mondialisé où seul le prix détermine la compétitivité d'une ressource.

*La somme d'impacts environnementaux (y compris climatiques) et sociaux des biens importés que leur prix n'intègre pas s'appelle les « externalités ». Nous ne payons donc pas le coût réel de ce que nous consommons au moment de l'achat. [...] [ce système économique] ne peut pas perdurer en raison des ressources naturelles limitées de la planète, sans parler des problématiques sociales.”*²⁵

À travers cette question s'entremêlent énormément d'enjeux et de paramètres tels que la géopolitique, les histoires coloniales, les marchés mondiaux et bien d'autres aspects hautement complexes de notre monde globalisé. Bien qu'il soit difficile d'en comprendre toutes les causes et les effets compte tenu de ces enjeux, j'ai cherché, à mon échelle, une forme d'alternative pour la question de la fin de vie de l'acier dont je détaillerai les aspects et les conséquences de la fabrication dans les chapitres suivants.

Production et traitement des déchets : l'échelle de Lansink

On entend de plus en plus parler de l'économie circulaire, qui se présente aujourd'hui comme un contre modèle face à l'économie linéaire et comme une solution à de nombreux problèmes engendrés par cette dernière.

Il y a une grande importance à questionner nos modes de production capitalistes et à mettre en déroute les systèmes de domination sur le vivant qui sont à l'œuvre.

Le **capitalisme** est défini par Karl Marx comme un *“régime politique, économique et social dont la loi fondamentale est la recherche systématique de la plus-value, grâce à l'exploitation des travailleurs, par les détenteurs des moyens de production, en vue de la transformation d'une fraction importante de cette plus-value en capital additionnel, source de nouvelle plus-value.”*²⁶

Malheureusement, le capitalisme est force de réappropriation et de résilience et il n'a pas fallu longtemps pour que les causes et les luttes écologiques deviennent des arguments fallacieux pour "greenwasher" une marque où un produit.

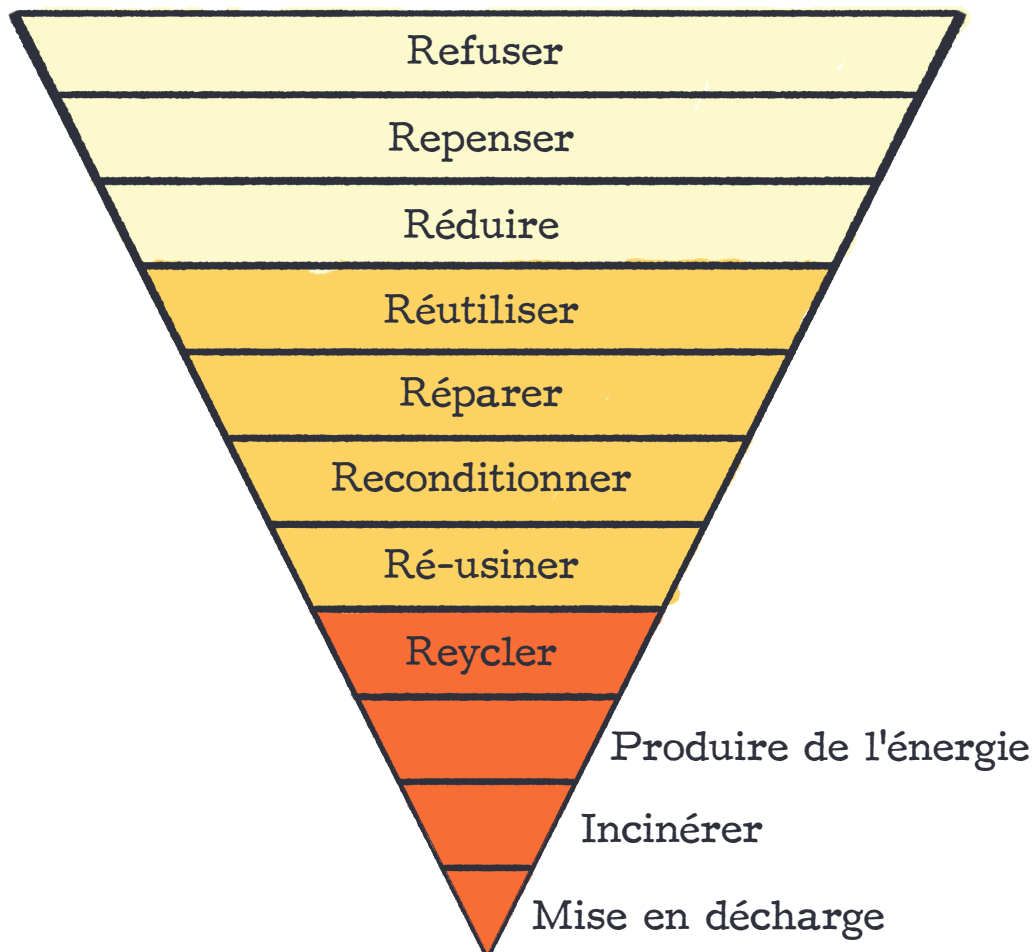
Aujourd'hui, une bouteille en plastique recyclé est "éco-friendly", "responsable" et "prend soin de la planète". Bien loin de questionner l'existence d'un produit comme la bouteille en plastique dans nos supermarchés, alors que l'eau potable coule de nos robinets et dans nos toilettes, l'industrie a préféré se "verdir" avec quelques arguments écologiques.

Cet exemple ordinaire permet de souligner un problème facile à retrouver dans les biens matériels qu'on nous vend : un greenwashing de surface qui occulte les questions environnementales et sociétales de fond.

La question de l'économie circulaire s'appréhende alors avec un regard critique et invite à prendre un peu de recul face à des discours trop «solutionnistes». Cela étant dit, l'économie circulaire apporte plusieurs alternatives pour mieux considérer la matière qui nous entoure et arrêter de jeter sans réfléchir ce dont on n'a plus l'usage.

L'échelle de Lansink est un outil qui vise à hiérarchiser la manière dont nous traitons ce que nous n'utilisons plus. Une forme de priorisation idéale pour une société qui chercherait à réduire drastiquement ses déchets et son impact sur l'environnement.

Échelle de Lansink



27_1. « Les déchets municipaux par habitant augmentent de presque 31 kg en raison des inondations en 2021 » [en ligne], Statbel, le 8 décembre 2022, URL : <https://statbel.fgov.be/fr/themes/environnement/dechets-et-pollution/dechets-municipaux>, consulté le 10 juin 2023.

27_2 Mansveld, Wilma, Ministère néerlandais de l'infrastructure et de l'environnement, « Succès du recyclage au Pays-Bas : analyse », Assises Nationales des Déchets.

28. Gobbo, Emilie, *Op. Cit.*

29. « Les matières premières » [en ligne], URL : <http://les.cahiers-developpement-durable.be/vivre/les-matieres-premieres-definitions/>, consulté le 10 juin 2023.

30. « Acier produit et rebut d'acier consommé Monde 2017 » [en ligne], Statista, URL : <https://fr.statista.com/marches/1159/the-mes/1246/metaux/>, consulté le 10 juin 2023.

En Belgique, nous sommes encore loin de ce modèle idéal : 31% des 8.979.881 tonnes de déchets collectés en 2021 ont été recyclés. 47% ont été incinérés avec récupération d'énergie et moins de 0,02% sans récupération d'énergie. 21% des déchets collectés ont été compostés ou fermentés.²⁷⁻¹

À titre de comparaison, les Pays-Bas, qui sont régulièrement cités comme pays « modèle » dans l'Union européenne en termes de traitement des déchets, recyclent environ 78% de leurs déchets. 19% sont incinérés et 3% mis en décharge, alors que la moyenne est de 40% dans l'UE.²⁷⁻²

Il est assez difficile de trouver des chiffres généraux sur les matières qui ont été réemployées. Mais pour malgré tout s'en faire une idée, on peut s'intéresser à un exemple parlant dans le domaine de la construction dont *“les pratiques de réemploi restent assez marginales par rapport à la logique du recyclage (qui est souvent plutôt un sous-cyclage). On estime aujourd'hui que moins de 1 % des matériaux de construction sont réemployés.”*²⁸

Quant aux chiffres de matières prévenues (ou non consommées), Il est évident qu'on ne parvien-

dra pas à les quantifier puisque par définition, elles n'ont pas été extraites, produites, jetées et ne sont donc pas passées sous nos radars de comptabilité.

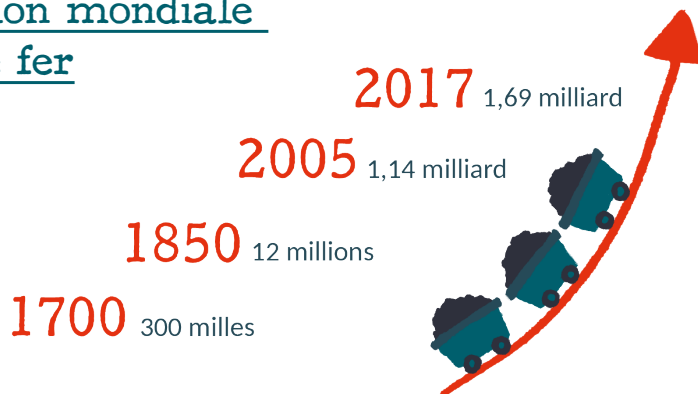
On peut par contre facilement comptabiliser la consommation en matière première générale qui est en forte hausse depuis plus d'un siècle et qui n'est pas sur le point de ralentir. En ce qui concerne la situation mondiale, *“la consommation des matières premières est en croissance constante.*

Ainsi, par exemple, entre 1892 et 1992, la consommation des minerais est multipliée par 37 et celle des ressources énergétiques par 17, alors que dans le même laps de temps, la population mondiale ne s'est multipliée « que » par 4.

Le fer est un bon indicateur pour mesurer la consommation des matières premières car il entre dans la fabrication des bâtiments, des trains, des bateaux, des voitures, des machines, des appareils ménagers et de beaucoup d'autres biens.

*On estime qu'avant la révolution industrielle (en 1700), on consommait environ 300 000 tonnes de fer par an ; en 1850, ce chiffre monte à 12 millions de tonnes.”*²⁹ En 2005, on consommait 1,14 milliard de tonnes d'acier et 1,69 milliard en 2017.³⁰

Consommation mondiale en tonnes de fer



C'est donc autant de matières premières *non prévenues*, qu'on continue d'exploiter et dont les tendances futures n'indiquent aucune décroissance de la consommation.

En priorisant la manière dont on traite la matière qu'on utilise, l'échelle de Lansink cherche à minimiser la destruction des environnements et à diminuer au mieux la pollution. Elle propose de repenser totalement la manière dont on conçoit nos biens et la manière dont on les consomme. Ses différents "échelons" sont :

- **Renoncer aux biens** qui ne relèvent pas d'un besoin mais d'un confort, un luxe non indispensable. C'est certainement l'étape la plus longue et difficile à mettre en place, car elle implique un changement à la fois individuel et collectif, en tant que société, et va à l'encontre des discours qui dominent depuis des décennies.

- **Repenser la manière dont les biens sont conçus.** Il y a énormément de paramètres à l'étape de conception d'un bien qui influencent tout son cycle de vie : de sa consommation en matière première à sa fin de vie. Les matériaux utilisés, la forme (plus les matières qui composent un bien ont des géométries complexes et spécifiques plus il sera difficile de réusiner ces matières), sa réparabilité, le mélange ou non-mélange des matières (plus le bien est composé de différentes matières fondues ou collées ensemble, plus il sera difficile de les séparer les unes des autres et de les récupérer/recycler), l'assemblage et la démontabilité du bien... La responsabilité des designer·euse·s et des producteur·ice·s est alors essentielle à cette étape de vie du bien.

- **Réduire l'utilisation des matières premières.** L'exemple le plus commun est celui des emballages alimentaires : le suremballage (c'est à

-dire l'utilisation de matière au-delà de ce qui est nécessaire à la conservation des aliments) est à l'origine de la plus grande source de déchets plastiques dans le monde.

- **Réutiliser un bien** pour le même usage quand celui-ci est toujours en état.

- **Réparer un bien** pour prolonger sa durée de vie et réduire l'achat de produits neufs. Cette étape est étroitement liée à la manière dont les biens sont conçus et à la valorisation des métiers d'entretien et de réparation.

- **Reconditionner**, soit remettre sur le marché un bien déjà utilisé et qui a été réparé ou "remis à neuf".

- **Ré-usiner des matières premières** issues d'un bien lorsque les étapes de réutilisation, réparation et reconditionnement ne sont plus possibles. Le ré-usinage consiste à récupérer les matières premières pour les transformer et concevoir de nouveaux biens avec un nouvel usage.

- **Recycler des matières premières** pour les réinsérer dans un nouveau cycle de production. Cette étape est différente du ré-usinage car d'une part, la matière doit (du point de vue du droit) d'abord être considérée comme un déchet avant de pouvoir être recyclée, et d'autre part elle doit passer par des étapes de modification importante, transformant le déchet qui (re)devient une matière première.

Cette transformation est spécifique selon chaque matière : le plastique est broyé en paillettes ou en granulés, le bois est réduit en copeaux ou en sciure, l'acier est fondu, etc. Le recyclage est généralement mis en avant comme une innovation et une grande avancée du point de vue de la réduction des déchets, mais il est souvent très consommateur en termes d'énergie et demande, la plupart du temps, des infrastructures lourdes et coûteuses pour se mettre en place.

- **Produire de l'énergie avec les déchets**, souvent par incinération. À Bruxelles, l'incinérateur au nord des docks se charge d'incinérer une grande partie des déchets non recyclables et de produire de l'énergie électrique tirée de la combustion.

- **Incinerer sans "valorisation"**, qui revient à brûler des déchets pour s'en débarrasser sans en tirer d'énergie.

- **Mettre en décharge les déchets**, ou l'enfouissement, qui consiste à enterrer les déchets dans le sol.

Dans ces différents traitements, le terme “réemploi” n’apparaît pas, or il est fréquemment utilisé lorsque l’on parle d’économie circulaire et particulièrement dans le bâtiment.

Pour l’ingénieure Pénélope Lallemand, *“le réemploi correspond à « 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»*. Cependant, *on peut aussi considérer le détournement d’usage -c’est-à-dire le fait d’utiliser un matériau pour un autre usage que celui initial – comme du réemploi.*”³¹

Selon cette définition, c’est donc un terme qui voyage entre la réutilisation et le réusinage sur l’échelle de Lansink.

Au delà des intérêts écologiques, les pratiques de réemploi concernent des ressources matérielles locales, qui peuvent être plus ou moins abondantes et dont la récupération nécessite des ressources humaines non délocalisables.

C’est donc également un argument de création d’emplois locaux qui est porté par la pratique du réemploi.

Pour Emilie Gobbo, cette hiérarchisation des traitements permet *“une transition vers une économie où les pratiques d’entretien, de maintenance et de réparation et les efforts visant à prolonger la durée de vie des ressources existantes deviennent génératrices de valeur.*

De ce point de vue, parce qu’il implique une transformation profonde des matériaux et ne permet pas de prolonger leur durée de vie utile, le recyclage des matériaux de construction devrait être considéré comme un « second choix » par rapport au réemploi.”³²

31. Lallemand, Pénélope, « Vers une filière du réemploi des matériaux de second oeuvre : analyse du paysage lyonnais et propositions pour une chaîne de valeurs complète » [en ligne], Hal open science, 2021, URL : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03216187>.

32. Gobbo, Emilie, *Op. Cit.*

Au delà de l'intérêt écologique du réemploi, Pénélope Lallemand met en avant d'autres avantages sociétaux de cette pratique :

“Le réemploi de matériaux de construction est une pratique qui présente des bénéfices environnementaux intéressants et reconnus avec : une réduction de la production de déchets ; une limitation de l'exploitation des ressources (non-renouvelables et renouvelables) due à la fabrication des matériaux ; et une réduction de l'empreinte carbone des matériaux. Le réemploi présente également des bénéfices socio-économiques et culturels. Il permet de soutenir l'économie locale et demande effectivement de développer des compétences spécifiques (dépose, reconditionnement, mais aussi expertise, prospection), ce qui amène à créer de nouveaux métiers à faible impact environnemental.

En particulier, le réemploi nécessite de la main d'œuvre pour sa mise en pratique sur chantier (déconstruction ou construction neuve) ; il est propice au développement d'activités d'insertion, notamment sur chantier, et cherche également à défendre la valeur des matériaux de construction (valeur historique et culturelle par exemple).

Il permet aussi de préserver des parties, quand la totalité d'un bâtiment ou d'un élément ne peut être préservée. Si le bénéfice environnemental semble évident, on constate donc que la pratique du réemploi peut apporter davantage à notre société.”³³

L'échelle de Lansink, bien que schématique, permet à minima de prendre conscience des différents procédés utilisés lors de la fin de vie d'un bien et de réaliser qu'il reste encore beaucoup de chemin à parcourir avant d'arriver aux objectifs circulaires européens et bruxellois.

Avant d'aborder plus en détail les objectifs des structures politiques et étatiques, j'ai cherché à comprendre les étapes de production de l'acier, dans la filière des produits neufs et celle du recyclage, afin de mieux comprendre la matière qui se trouve au cœur de mon travail de recherche.

Chapitre II

L'ACIER : SON USAGE,
SA FABRICATION ET
SON IMPACT SUR LE
MONDE

39

Le fer est un matériau très ancien et que beaucoup de sociétés humaines ont exploité, façonné et utilisé avant nous.

On analysera dans ce chapitre les raisons pour lesquelles l'acier nous est autant indispensable aujourd'hui d'un point de vue sociétal. On dressera également un bref récapitulatif de son histoire et de la manière dont les humain·e·s ont transformé le fer en acier au cours du temps.

Puisque l'acier est un des matériaux les plus utilisés dans nos sociétés et qu'il est la base du développement de nombreuses activités industrielles, on le retrouve dans une grande variété de domaines (liste par ailleurs non exhaustive) :



dans le domaine du transport : pour la construction des voitures, des vélos, des avions, des trains et des chemins de fer, des bateaux... ;



dans le domaine de l'énergie : nécessaire au transport de l'énergie fossile, la construction d'éoliennes, les turbines des barrages hydrauliques... ;



dans la construction : les fers à béton permettent la construction de nombreuses structures en béton (qu'on appelle aussi béton armé), les charpentes métalliques... jusque dans la production d'éléments de quincaillerie ;



également dans les outils nécessaires à la construction : les échafaudages, tractopelles, marteaux piqueurs, bétonnières, visseuses, marteaux... ;



dans le domaine de la santé : il compose le matériel médical (aiguilles, ciseaux, appareils de mesures...), lits d'hôpitaux, outils de chirurgie, implants et prothèses... ;



dans le domaine de la production alimentaire : outils agricoles et tracteurs, fromageries, brasseries, clôtures d'élevage, serres de maraîchage... ;

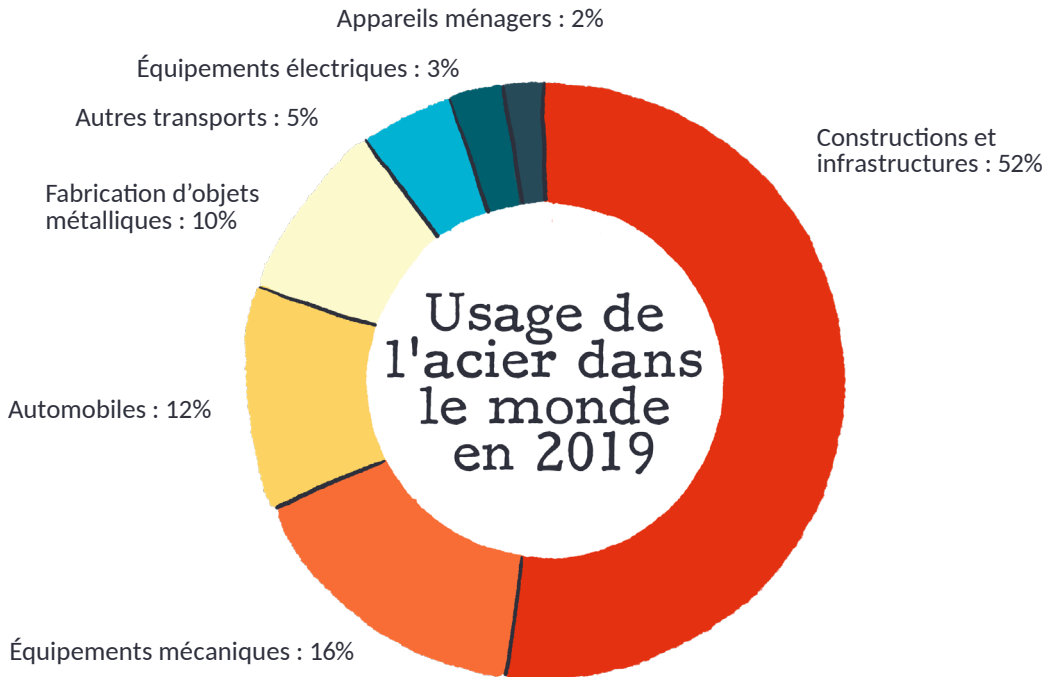


dans nos objets du quotidien : dans les machines à laver et les frigos, les poêles et casseroles, les couverts, armoires, chaises, bureaux... voire dans nos emballages alimentaires comme les boîtes de conserve et les bidons d'huile.

Il est tout particulièrement indispensable dans la production des machines et des infrastructures nécessaires à la fabrication de tous ces biens cités plus haut. On peut même remonter un peu plus loin, car l'acier est nécessaire *aux machines qui ont elles-mêmes permis la fabrication de la machine* nécessaire à la fabrication de n'importe quel objet.

Schéma retravaillé issu du site : « Aciers » [en ligne], L'Élémentarium, le 11 janvier 2023, URL : <https://lelementarium.fr/product/aciers/>, consulté le 11 janvier 2023.

Secteurs d'usage de l'acier dans le monde



L'acier est partout dans nos vies et il compose nos environnements proches. Il est très probable qu'en lisant ce mémoire vous ayez de l'acier autour de vous : dans votre ordinateur, dans votre téléphone, dans la tirette de votre pull ou la ceinture de votre pantalon, les vis ou boulons qui tiennent les pieds de votre table ou bien encore les charnières de vos fenêtres et la poignée de votre porte...

En plus d'un usage massif, l'acier est également une matière première avec un processus de fabrication à fort impact environnemental et qui nécessite beaucoup d'énergie et d'infrastructures pour sa mise en oeuvre : le fer est extrait des mines, puis séparé du minerai et enfin fondu à haute température avant d'être transporté d'un bout à l'autre de la planète. S'il est autant utilisé, c'est parce qu'il possède des caractéristiques uniques et très utiles pour nous, humain-e-s.

34. Centre belgo-luxembourgeois d'informations de l'acier asbl, , Précis de l'acier [en ligne], OTUA Office Technique pour l'Utilisation de l'Acier, 2003, URL : otua.org.

35. « Fer » [en ligne], L'Élémentarium, le 11 janvier 2023, URL : <https://lelementarium.fr/element-fiche/fer/>, consulté le 11 janvier 2023.

36. « Coke » [en ligne], L'Élémentarium, le 11 janvier 2023, URL : <https://lelementarium.fr/product/coke/>, consulté le 11 janvier 2023.

Propriétés de l'acier

L'acier d'aujourd'hui est un produit fabriqué et est le résultat d'un mélange entre du fer et du carbone. Il est généralement composé à 99% de fer et 1% de carbone, bien qu'il existe certains aciers qui font exception, en contenant jusqu'à 2% de carbone.

Au-delà de 2% en teneur en carbone, on ne parle plus d'acier mais de fonte.³⁴

Le fer est un élément du tableau périodique (Fe) de la famille des métaux et sa température de fusion est d'un peu plus de 1500°C.

On retrouve des traces de son utilisation quotidienne dans le sud du Caucase en -1500 et il est depuis cette période toujours présent dans les sociétés occidentales.

Derrière l'aluminium, le fer est le deuxième métal le plus présent dans l'écorce terrestre et il représente environ 4,5% du poids

de celle-ci. On le trouve dans des minerais et sous forme oxydée (principalement l'hématite ou la magnétite) avec une teneur en fer qui varie entre 30% pour les minerais les plus pauvres et 66% pour les minerais les plus riches.³⁵

Le fer s'oxyde en présence de dioxygène et d'eau, ce qui produit l'effet de rouille (une corrosion du fer).

S'il est plus utilisé que l'aluminium c'est parce que, d'une part, il est très polyvalent et que, d'autre part, la réduction du minerai de fer en fer consomme 10 fois moins d'énergie que la réduction du minerai d'aluminium en aluminium.

Le charbon à coke est composé principalement de carbone, élément du tableau périodique (C) de la famille des non métaux.

C'est en mélangeant le charbon à coke avec le fer lors de la fusion de celui-ci qu'on obtient l'acier.

Le charbon à coke³⁶ est obtenu à partir de houille de charbon et il

faut environ 1 tonne de houille pour produire 750kg de coke (ainsi que quelques autres éléments comme du goudron, du benzol, du sulfate d'ammonium et du gaz).

La houille est une roche sédimentaire riche en carbone et qui correspond à une qualité spécifique de charbon. Elle est issue de la lente transformation au cours des temps géologiques de la matière organique végétale et peut servir de combustible fossile.

Comme abordé au début du premier chapitre, le charbon à coke fait partie de la liste des matières critiques pour l'Europe depuis 2014.

1%



1 tonne de houille
de charbon



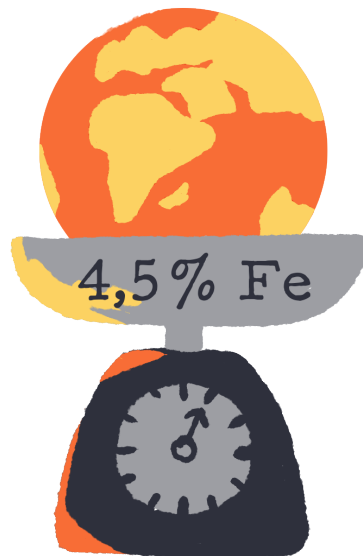
750kg de coke
(+ goudron, benzol...)



99%

Fe

1538°C



Lorsque l'on mélange ces deux éléments, on fabrique donc de l'acier ou de la fonte.

Aujourd'hui, **98% de la production minière de fer est destinée à la fabrication de l'acier.**

On les caractérise souvent en métaux ferreux (qui contiennent du fer) comprenant alors le fer, l'acier et la fonte.

La fonte est plus lourde et plus fragile que l'acier et sa température de fusion est moins élevée (environ 1150°C pour 4% de carbone).

Aujourd'hui, la majorité des objets dits "en fer" sont en réalité presque toujours en acier (fil de fer, fer à béton, fer à repasser...). L'élaboration de ces différents types de métaux se regroupe dans le domaine de la **sidérurgie**.

La sidérurgie désigne les technologies et infrastructures d'obtention des métaux ferreux à partir du minerai de fer et les industries qui les mettent en œuvre pour la production de biens.

Il existe aujourd'hui une très grande variété d'aciers différents, plus de 10 000³⁷, avec différentes nuances de compositions, de traitements thermiques, de revêtements de surface... Cette très grande variété d'aciers s'explique par **sa très grande utilisation dans des domaines différents**, comme déjà abordé jusqu'ici.

S'il est allié avec d'autres métaux, s'il est chauffé ou refroidi d'une certaine manière, etc... il n'aura pas les mêmes propriétés.

Par exemple, pour produire de l'acier inoxydable, appelé plus couramment l'*inox*, le fer est mélangé avec du chrome et du nickel pour éviter la corrosion. C'est un alliage indispensable pour une grande variété d'objets en acier qu'on utilise, à commencer par nos couteaux et nos fourchettes de cuisine, sans quoi ils rouilleraient très rapidement.

Si l'on refroidit très rapidement un acier préalablement chauffé, on produit un effet de *trempe* : l'acier devient très résistant, mais plus cassant. C'est un procédé nécessaire à la fabrication des outils par exemple, qui doivent être plus résistants que les matériaux qu'ils vont oeuvrer. Si l'acier du marteau était aussi mou que l'acier du clou, il finirait rapidement par se déformer et s'abîmer sous les chocs.

À l'inverse, l'acier utilisé pour les ponts doit être souple et élastique sous les différentes forces qui s'exercent sur lui, sans pour autant se casser ou se déformer. Vous avez d'ailleurs peut-être déjà visionné des vidéos de ponts qui "tangent" sous l'effet du vent sans se casser.

37. « Les aciers à outils made in France n°1 en empreinte carbone » [en ligne], thyssenkrupp Materials France, le 18 janvier 2023, URL : <https://www.thyssenkrupp-materials.fr/fr/products/aciers-pour-outillages/les-aciers-a-outils-made-in-france-n1-en-empreinte-carbone>, consulté le 18 janvier 2023.

Ces propriétés sont donc rendues possible grâce à ces aciers différents.

Il existe une très grande variété de productions d'acier orientées vers des domaines d'applications spécifiques : pour des températures élevées, pour des températures basses, pour des ambiances corrosives, des aciers à ressorts, à béton, certains avec un pouvoir magnétique faible ou fort, voire non magnétique...

Les propriétés les plus recherchées sont généralement la *déformabilité*, la *dureté*, la *soudabilité* (possibilité de souder des pièces d'acier, car tous les aciers ne se soudent pas de la même façon), l'*usinabilité* (propriété qui facilite la production en série et durant lesquelles les pièces sont soumises à l'action d'une ou de plusieurs machines-outils), la *résistance à la corrosion* ou à la *chaleur*.

Pour s'y retrouver parmi toutes ces nuances il existe différentes dénominations ou normes : ISO, AFNOR, ASTM, BS, DIN, EURO-NORM20... classant les aciers selon différents critères et tests de résistance, déformabilité, soudabilité, etc. Toutes ces normes ont leur propre nomenclature. On ne va cependant pas s'attarder à entrer dans les détails de

chacune d'entre elles ici, car elles sont complexes à appréhender, et les décortiquer n'apportera rien de particulier à ce travail de recherche.

Il existe cependant des catégories plus génériques et appréhendables pour tous-tes selon les usages que l'on souhaite faire de l'acier : acier allié ou non-allié (selon qu'ils sont mélangés avec d'autres métaux), aciers de construction, de construction mécanique, d'outils de frappe, d'outils de coupe, d'outils de mesure, pour vis et boulons, pour chaudières et appareils à pression, pour ressorts ou pour roulements...

Selon les caractéristiques des aciers produits, les prix peuvent considérablement varier. Par exemple, le prix d'un kilo d'acier allié *invar*, utilisé pour des outils de mesure de précision (horlogerie, topographie, détecteur d'activité sismique...) peut être 77 fois plus cher qu'un kilo d'acier à béton (aussi appelé *rond à béton*, nécessaire à la construction du béton armé).³⁸

Le cycle de vie de l'acier

Avant de s'intéresser à sa fin de vie, il me paraît important de comprendre comment est produit l'acier et ce qu'implique sa production.

Bien qu'il puisse être considéré comme abondant (ou parce qu'il est considéré comme abondant) ses utilisations sont massives, **tout comme ses impacts sur l'environnement**.

Il n'est pas difficile de trouver certains chiffres sur cette industrie : le nombre de millions de tonnes produites, par quelles entreprises, dans quels pays, pour combien de millions de bénéficiaires...

Puisque ces chiffres sont en perpétuelle augmentation et que nous vivons dans une économie de la

croissance, ces chiffres sont très valorisés et bien souvent mis en avant par l'industrie de l'acier.

Parmi ces chiffres valorisés, n'apparaissent pas les chiffres de la pollution et de la consommation énergétique de la production d'acier.

J'ai donc dû affiner mes recherches car ces chiffres-là sont très rarement mis en avant par l'industrie en question et on les retrouve plutôt dans des sources scientifiques ou des textes à portée écologique.

Je vais ici aborder, dans leur globalité, 2 principaux processus de fabrication, sans entrer dans trop de détails techniques.

Les deux principales filières de fabrication de l'acier sont **la filière fonte**, qui produit de l'**acier brut**, principalement dans des hauts fourneaux, et **la filière ferraille**, qui produit de l'**acier recyclé** dans des fours électriques. Cette dernière est par ailleurs la principale filière de recyclage de l'acier.

LA FILIÈRE FONTE QUI PRODUIT DE L'ACIER BRUT

Cette méthode de fabrication utilise majoritairement **du fer issu des minerais**, eux-mêmes extraits des mines. Le minerai de fer passe parfois par une première étape dite de *préréduction* avant d'être chauffé à très haute température dans le haut fourneau.

Il existe deux grands processus de séparation du métal de son minerai :

la pyrométallurgie : le métal est chauffé à très haute température, souvent avec des énergies fossiles ou de l'électricité.

l'hydrométallurgie : les minerais sont généralement empilés dans des terrils ou des réservoirs de dissolution et sont traités dans des solutions hautement réactives comme le cyanure, l'ammoniac ou l'acide sulfurique.

Une fois dans le haut fourneau, on y mélange le charbon à coke, qui permet d'augmenter la température par sa combustion.

Le carbone se mélange alors au fer en fusion. Ce premier produit liquide est un métal dit "*primaire*" et s'appelle la fonte.

L'étape suivante se déroule dans le *convertisseur*, qui permet d'éliminer les éléments indésirables du mélange qui ont été amenés soit par le minerai, soit par le combustible (le charbon à coke).

Dans les éléments éliminés on trouve souvent du carbone, du silicium, du soufre ou du phosphore. À la sortie du *convertisseur* on obtient de "*l'acier sauvage*", soit du fer presque pur, toujours à l'état liquide.

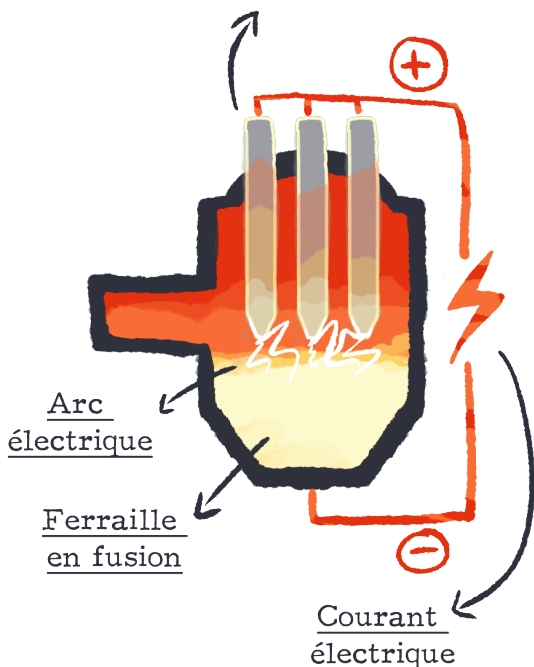
L'acier sauvage passe ensuite par une étape d'*affinage* qui va permettre d'ajuster la composition chimique selon le type d'acier que

l'on cherche à produire, et que l'on appelle également *la mise en nuance* (car cela évoque la fabrication des différentes nuances d'acier). On y ajoute d'autres métaux liquides, comme par exemple du chrome et du nickel, si on produit de l'*inox*. On peut aussi augmenter ou diminuer la teneur en carbone selon que l'on produit un acier dur ou un acier mou. À la fin de l'étape d'*affinage*, l'acier liquide est prêt à être solidifié. Il va alors passer par une étape de *coulée* et de *solidification*. Le résultat obtenu s'appelle alors un *demi-produit*. Il reste l'étape de *laminage à chaud* et/ou à *froid* comme dernière phase de transformation du *demi-produit* en *produit fini*. Cette ultime étape consiste à étirer et écraser le métal pour lui donner la forme définitive souhaitée.³⁹



LA FILIÈRE FERRAILLE QUI PRODUIT DE L'ACIER RECYCLÉ

Électrode en graphite



La filière ferraille utilise principalement comme matière première **des déchets d'acier, que l'on appelle "ferraille"**.

Cette ferraille est chargée dans un grand four chauffé grâce à un arc électrique puissant, souvent formé entre 3 électrodes en graphite.

La chaleur de l'arc monte à quelques milliers de degrés et permet de faire rapidement fondre la ferraille. Durant cette étape, on se débarrasse des éléments indésirables du mélange amené par la ferraille et on fait un premier *ajustement* de la composition du bain en fusion. La suite des étapes est similaire à la filière fonte, abordée un peu plus haut (*affinage, coulée, solidification et laminage*).⁴⁰

Ferraille



Four électrique

Affinage

Coulée, solidification etc

Bien que ces deux filières utilisent leur source de matière première respective (le minerai de fer pour la filière fonte et la ferraille pour la filière ferraille), il arrive que ces deux sources soient mélangées selon les différents producteur·ice·s.

En filière fonte par exemple, la ferraille représente environ 20% de la matière première consommée⁴¹ et **dans la filière ferraille on utilise également du minerai de fer** pour améliorer l'enfournement.⁴²

Les minerais de fer sont donc issus des mines et extraits directement des gisements.

Les principaux complexes miniers de fer en 2021 étaient : celui de Hamersley en Australie (exploitée par l'entreprise *Rio Tinto*), qui a extrait environ **200 millions** de tonnes de minerais cette année-là. Le second complexe minier est celui de Carajás au Brésil (exploité par l'entreprise *Vale*), d'où on été extraits **109 millions** de tonnes de minerais. Le troisième est, lui aussi en Australie, c'est le complexe minier de Chichester Hub (exploité par l'entreprise *FMG*) pour une production annuelle de **100 millions** de tonnes de minerais.

Ce sont tous trois des complexes miniers composés de mines à ciel ouvert. Au total et à l'échelle mondiale, l'Australie a extrait **560 millions** de tonnes de minerais de fer, suivi du Brésil (**240 millions** de tonnes) et de la Chine (**220 millions**).⁴³

En Belgique, les gisements de fer ne sont plus exploités depuis plusieurs décennies. Leur exploitation s'est terminée avec la fermeture de la dernière mine en activité de l'époque, la mine de Musson et Halanzy le 27 octobre 1978.

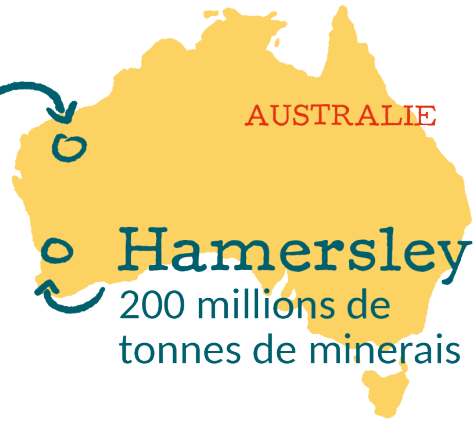
41. article « Acierie électrique » [en ligne], dans Wikipédia, 2022, URL : https://fr.wikipedia.org/wiki/Acierie_%C3%A9lectrique, consulté le 18 janvier 2023.

42. article « Fabrication de l'acier » [en ligne], dans Wikipédia, 2022, URL : https://fr.wikipedia.org/wiki/Fabrication_de_%27acier, consulté le 18 janvier 2023.

43. « Aciers » [en ligne], L'Élémentarium, le 11 janvier 2023, URL : <https://lelementarium.fr/product/aciers/>, consulté le 11 janvier 2023.

Chichester Hub

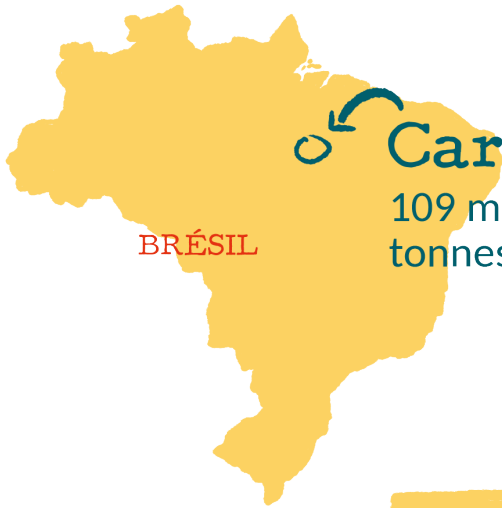
100 millions de tonnes de minerais



AUSTRALIE

Hamersley

200 millions de tonnes de minerais



BRÉSIL

Carajás

109 millions de tonnes de minerais

CHINE



BRÉSIL



AUSTRALIE



Les ferrailles quant à elles, sont issues de différentes sources de déchets :

- **Les déchets d'usine** (appelés *home scrap* en anglais) : ce sont les déchets générés pendant la production et la fabrication des produits manufacturés. Ils sont directement réinjectés dans le processus de fabrication.

- **Les nouveaux déchets** (*new scrap*) : Ils sont également issus d'un processus de fabrication des produits manufacturés mais ne sont pas directement recyclés par l'usine qui les a générés. Ils sont transférés sur le marché des déchets et revendus aux filières de recyclage de ferrailles.

Ils sont généralement plus rapidement et facilement recyclés car on a une bonne connaissance de leur composition et de leur pureté. Cela dit, au plus ces déchets sont issus d'étapes de fabrication proches du produit fini (donc en fin de chaîne de production), au plus ils sont difficiles à recycler (mélange avec d'autres matières, assemblage ou traitement de surface particulier...)

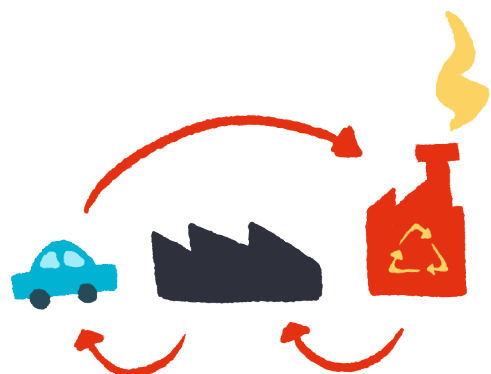
- **Les vieux déchets** (*old scrap*) : Ce sont les métaux issus de produits en fin de vie (vieille voiture, déchet de construction, machine à laver...). Les recycler demande plus d'efforts, surtout quand le métal est utilisé en petites quantités et mélangé avec d'autres composants. Par exemple, les ordinateurs ou les téléphones portables contiennent beaucoup de matières différentes mais en petites quantités, assemblées les unes aux autres et difficiles à dissocier.



L'usine recycle directement les déchets de production



L'usine envoie au recyclage ses déchets de production



Les biens hors d'usage sont envoyés au recyclage



En Europe, la collecte des vieux déchets métalliques dans une logique de recyclage est bien établie et organisée.

Le métal est récupéré dans les parcs à conteneurs et les entreprises vendent leurs déchets métalliques au kilo.

Si vous avez grandi en zone rurale ou semi-urbaine en Belgique, vous avez peut-être entendu passer les camions de collectes des ferrailleuse-s. Un jingle avait été pensé pour aviser les citoyen-ne-s de la récupération des déchets métalliques dans leurs maisons :

“Allo allo les ménagères. Profitez de mon passage. Vieux fer, vieux zinc, vieux cuivre, vieilles machines à laver...”

Il existe plusieurs petites et moyennes entreprises de ferrailleuse-s (marchand-e-s de ferraille) en Belgique qui participent activement à la bonne logistique de la récupération de toutes les ferrailles.

À Bruxelles on en compte une vingtaine, l'une des plus grosses étant *Stevens Recycling* dont on peut voir l'énorme montagne de déchets métalliques le long du canal. Cette montagne attend d'être transportée en péniche vers les fours électriques du Hainaut.

Même les petits déchets métalliques “mal” triés présents dans les poubelles tout venant sont récupérés à la sortie de l'incinérateur pour être envoyés au recyclage.

Cette chaîne de recyclage fonctionnelle fait de l'acier un des matériaux les plus recyclés au monde. Selon *ArcelorMittal*, l'une des plus grosses entreprises de la sidérurgie européenne, l'acier est recyclé à 62% en Europe.⁴⁴

Selon la *World Steel Association*, ce chiffre monte à 85% à l'échelle mondiale et **la production d'acier serait à 40% issue de la filière ferraille contre 60% issue de la filière fonte.**⁴⁵ D'autres chiffres indiquent plutôt que **28% de l'acier est issu de la filière ferraille et 72% de la filière fonte.**⁴⁶

Ce taux de recyclage s'explique notamment grâce à certains facteurs :

Tout d'abord, l'acier est magnétique, à la différence des autres matériaux. Cette caractéristique physique le rend donc très facile à trier et à récupérer parmi d'autres déchets.

Par exemple, l'acier récupéré à la sortie des incinérateurs est trié des autres cendres et résidus carbonisés grâce à des aimants qui surplombent le tapis roulant sortant de la chaudière. À moins d'être mélangé ou assemblé avec d'autres matériaux, son magnétisme réduit grandement le travail nécessaire au tri et participe à la bonne rentabilité de son recyclage. Ensuite, les infrastructures et les

techniques pour son bon recyclage à échelle industrielle sont déjà très développées et ce depuis plusieurs décennies (bien qu'elles continuent à se perfectionner encore aujourd'hui). Et ce contrairement à certains autres matériaux comme le plastique, qui selon sa composition peut être très complexe à recycler, voire impossible à l'heure actuelle.

Pour finir, le recyclage de l'acier est rentable économiquement, c'est d'ailleurs pour cela qu'il est si bien recyclé. Le développement de sa filière tient principalement à sa bonne viabilité économique, permettant alors aux entreprises de recyclage de créer de la richesse et d'améliorer l'activité, la collecte, la technique et la production d'acier recyclé.



44. Boughriet, Rachida, « Les ferrailles, nouvelle ère du recyclage de l'acier » [en ligne], Actu-Environnement, Actu-environnement, le 10 septembre 2012, URL : <https://www.actu-environnement.com/ae/dossiers/matieres-recyclees/recyclage-ferrailles.php>, consulté le 11 janvier 2023.

45. « Raw materials - Maximising scrap use helps reduce CO2 emissions » [en ligne], World Steel Association, URL : <https://worldsteel.org/steel-topics/raw-materials/>, consulté le 10 juin 2023.

46. « Aciers » [en ligne], L'Élémentarium, URL : <https://lelementarium.fr/product/aciers/>, consulté le 11 janvier 2023.

47. Equipo ferros planes, « Recyclage de l'acier : quels processus implique-t-il, quels avantages présente-t-il et quelles solutions commerciales propose-t-il ? » [en ligne], ferrosplanes, le 30 décembre 2021, URL : <https://ferrosplanes.com/fr/recyclage-de-lacier-quels-processus-implique-t-il-et-quelles-solutions-commerciales-propose-t-il/>, consulté le 10 juin 2023.

48. Boughriet, Rachida, *Op. Cit.*

Un dernier argument mis en avant par l'industrie du recyclage de l'acier est qu'il est "recyclable à 100%", or cet argument est à nuancer car il est simpliste et peut donc être trompeur.

Ainsi pour certain·e-s, *"L'acier est 100 % recyclable, c'est-à-dire qu'après le processus de recyclage, le même matériau est obtenu avec la même qualité, encore et encore. Une poutre en acier peut être recyclée pour faire exactement la même poutre, ou la carrosserie d'une voiture, ou la balustrade d'un trottoir."*⁴⁷

Malheureusement, tous les aciers ne sont pas recyclables de la même manière et ne produisent pas le même résultat.

En effet, l'une des raisons de la *non-utilisation* intégrale de la ferraille est principalement liée au manque de qualité et de régularité des matières récupérées.

Puisqu'il existe une très grande variété de nuances d'acier différentes, il en découle, en toute logique, une très grande variété de nuances de ferrailles différentes.

Selon Philippe Russo, représentant d'*Arcelor-Mittal*, parmi toutes ces ferrailles, certaines contiennent d'autres métaux qui participent au durcissement de l'acier ou qui génèrent des défauts de surface lors de la fonte.⁴⁸

Autrement dit, *la qualité des ferrailles influence directement la qualité de l'acier qui est fabriqué* et les différentes impuretés qui la composent peuvent modifier et/ou perturber les caractéristiques des aciers produits. Pour cette raison, selon le type d'acier qu'on cherche à produire (ses exigences techniques) les aciéries n'utilisent pas les mêmes ferrailles, voire elles n'utilisent que de l'acier issu de minerais.

Pour illustrer la situation, prenons l'exemple des produits longs ordinaires (fers à béton, barres marchandes et poutrelles de construction). Ces produits n'ont pas besoin d'une grande pureté et sont fabriqués avec des ferrailles banales. À l'inverse, les aciers dits "spéciaux" qui nécessitent une grande pureté sont principalement fabriqués à base de minerais ou de ferrailles de très bonne qualité.

Ensuite, un matériau "recyclable à 100%" implique un taux de perte de 0% : 1kg de matière issue de déchets donne 1kg de matière après recyclage. **Or le taux de perte pour l'acier varie entre 2 et 8%.**⁴⁹

Autrement dit, 1kg de ferraille ne donnera que 0,92kg d'acier recyclé avec un taux à 8%.

Ainsi, l'argument d'un acier "recyclable à 100%" ressemble plutôt à un argument de greenwashing plus qu'à un réel facteur technique au bon recyclage de l'acier. Ce cas vient illustrer le fait que la question du recyclage de l'acier est bien plus complexe qu'on aimerait le croire et, bien qu'il soit très bien recyclé en comparaison à d'autres matériaux, l'acier n'est ni 100% recyclable ni 100% circulaire.

Cela étant dit, l'acier est effectivement recyclable un grand nombre de fois, en ce sens qu'il ne se dégrade pas dans le processus de recyclage (bien qu'il y ait des pertes), à l'inverse, par exemple, du recyclage du bois qui s'apparente plus à du "downcycling" qu'à du "recycling".

49. « Quelles sont les limites du recyclage ? » [en ligne], écoconso, le 5 septembre 2020, URL : <https://www.ecoconso.be/fr/content/quelles-sont-les-limites-du-recyclage>, consulté le 10 juin 2023.

50. « Climat : très émetteur de CO2, l'acier cherche sa voie verte » [en ligne], RTBF, URL : <https://www.rtbf.be/article/climat-tres-emetteur-de-co2-l-acier-cherche-sa-voie-verte-10871657>, consulté le 10 juin 2023.

51. Canada, Ressources naturelles, « Faits sur le minerai de fer » [en ligne], Ressources naturelles Canada, le 5 février 2018, URL : <https://ressources-naturelles.canada.ca/nos-ressources-naturelles/mines-materiaux/faits-sur-le-minerai-de-fer/20594>, consulté le 10 juin 2023.

52. « Décarboner la production d'acier, le futur de la sidérurgie » [en ligne], 2022, URL : <https://serrurerie-sml.fr/nos-actualites/decarbone-la-production-dacier-le-futur-de-la-siderurgie/>, consulté le 10 juin 2023.

Une production hautement polluante et consommatrice d'énergie

Avant de s'intéresser à l'usage de l'acier dans les différents domaines industriels, j'ai fait des recherches plus spécifiques pour comprendre l'impact de l'industrie sidérurgique sur l'environnement, la biodiversité et sur les êtres humains.

Dans cette partie, je vais présenter des aspects et des chiffres relatifs à la production de l'acier dans le monde, en comparant **la production d'acier brut** (à base de minerai, produit principalement dans des hauts-fourneaux) et **la production d'acier recyclé** (à base de ferraille, produit principalement dans les aciéries électriques).

On estime aujourd'hui que la production d'acier représente à elle seule **7 à 9%** des émissions de gaz à effet de serre mondiales.⁵⁰

En 2021, ce sont **2,537 milliards de tonnes de minerais de fer extraits**⁵¹, **1,95 milliard de tonnes d'acier produits** (brut et recyclé) et une émission de **3,7 milliards de tonnes de CO2 dans le monde**, soit 7,6% des émissions mondiales de gaz à effet de serre de cette année-là.⁵²

Par souci de compréhension et parce que ces chiffres sont si conséquents qu'ils en deviennent difficilement appréhendables, je vais ici présenter des chiffres de moyenne *à l'échelle d'une tonne d'acier*. Il faudra donc multiplier ces chiffres par **1,95 milliard** pour obtenir une vue globale mondiale.

Chiffres de l'industrie de l'acier en 2021

**3,7 milliards
de tonnes de CO₂**

**2,537
milliards
de tonnes
de minerais**



53. « Climat : très émetteur de CO₂, l'acier cherche sa voie verte » Op. Cit.

54. Drezet, Eric, « L'énergie des métaux » [en ligne], EcoInfo - CNRS, le 3 septembre 2014, URL : <https://ecoinfo.cnrs.fr/2014/09/03/2-lenergie-des-metaux/>, consulté le 4 janvier 2023.

55. Ggrln, , « Matériaux et pétrole - Dépendance au pétrole de la production d'Acier » [en ligne], 2020, URL : <https://lomm.medium.com/mat%C3%A9riaux-et-p%C3%A9trole-d%C3%A9pendance-au-p%C3%A9trole-de-la-production-dacier-60adc2c53074>, consulté le 10 juin 2023.

Une étude du CNRS quantifie la consommation en kWh (soit l'énergie nécessaire) selon les deux types de mines métallifères principales et pour tous les métaux confondus.

1 kWh ou kilowattheure, c'est 1000 wattheure (Wh). Cette unité sert à mesurer la consommation électrique de chaque appareil/machine. Avec 1 kWh, on peut éclairer un foyer pendant une à une journée et demi.⁵³

Il faut compter 5 à 10kWh par tonne de matière première extraite dans une mine à ciel ouvert et 20 à 50kWh par tonne de matière première extraite dans une mine souterraine (soit 4 à 5 fois plus).⁵⁴ Ces moyennes dépendent intrinsèquement de la profondeur des mines. À savoir que les mines ultra-profondes et sous-marines (ce vers quoi on se dirige) consomment

bien plus que les autres, car le fait de remonter les minerais demande une énergie supplémentaire.

Il ne faut pas oublier qu'ici on parle d'une tonne de minerai sorti de la mine, ce qui n'est pas encore équivalent à 1 tonne de métal. Pour le fer, il faut compter entre 1,5 et 2,5 tonnes de minerai pour 1 tonne d'acier.⁵⁵

Dans cette étape d'extraction, ce sont plusieurs machines fonctionnant parfois à l'électricité, mais surtout au pétrole, qui sont mises en oeuvre pour obtenir le minerai :

“Les chargeuses frontales dans la mine sont les équipements les plus énergivores. Les chargeurs frontaux combinés à d'autres équipements de transport, tels que les camions à benne basculante-arrière, les bulldozers, les camions de



chargeuse frontale d'un complexe minier

service et les camions de transport en vrac représentent 84% de l'énergie totale requise par tonne. Tous ces équipements fonctionnent au pétrole.”⁵⁶

Il faut également entre 0,6 et 1 tonne de charbon à coke pour produire 1 tonne d'acier, lui-même issu de la combustion de 1,6 tonne de houille de charbon.

Pour la filière du recyclage, ces différents éléments sont “préservés”, puisque les aciéries électriques nécessitent beaucoup moins de matières premières extraites directement des sols (minerai de fer et charbon à coke) pour produire de l'acier. Selon le *Bureau International du Recyclage (BIR)*, produire 1 tonne d'acier recyclé permet de préserver : 1,1t de minerai de fer, 630kg de charbon, 55kg de calcaire, 642kWh d'énergie, 287 litres de pétrole et 2,3m² d'espace d'enfouissement.⁵⁷ Ainsi, toujours selon le BIR, 1 tonne d'acier recyclé consomme, en comparaison avec 1 tonne d'acier brut : 74% d'énergie en moins, 90% de matière première “vierge” en moins et 40% d'eau en moins. Elle génère également 76% de pollution d'eau en moins, 86% de pollution de l'air en moins, 97% de déchets miniers en moins et 58% de CO₂ en moins.

Selon une étude du CNRS, on estime que le recyclage de l'acier permet une économie d'énergie de 60 à 75% par rapport à l'extraction directe et la production en hauts fourneaux.⁵⁸

Bien que les chiffres et les estimations divergent selon les différentes institutions, les ordres de grandeur restent sensiblement les mêmes.

Il est donc assez clair que la filière du recyclage est moins consommatrice en termes de ressources et en termes d'énergie que la filière d'acier brut. Cela étant dit, il n'en reste pas moins que le recyclage de l'acier est un processus très énergivore et que le fait de faire fondre la ferraille à plus de 1500°C nécessite encore beaucoup de ressources.


Selon la *World Steel Association*, l'énergie totale nécessaire pour **la production d'une tonne d'acier brut revient à 6305 kWh**, contre **1444 kWh pour la production d'une tonne d'acier recyclé.**⁵⁹


56. *Ibid.*




57. « Ferrous Metals » [en ligne], BIR - Bureau of International Recycling, le 11 janvier 2023, URL : <https://bir.org/the-industry/ferrous-metals>, consulté le 11 janvier 2023.



58. Drezet, Eric, « Le recyclage des métaux » [en ligne], EcoInfo - CNRS, le 28 avril 2016, URL : <https://ecoinfo.cnrs.fr/2014/09/03/3-le-recyclage-des-metaux/>, consulté le 4 janvier 2023.

59. « Steel Statistics » [en ligne], World Steel Association, le 18 janvier 2023, URL : <https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/>, consulté le 18 janvier 2023.

1 kWh = 
1 à 1,5 jour
d'éclairage d'un foyer

5-10 kWh = 
1t de minerai
(mine à ciel ouvert)

 1,5 à 2,5t de
minerais de fer +  0,6 à 1t de
charbon à coke =  1t d'acier

 1t d'acier brut (neuf) = 6305 kWh = 
17 à 26 ans
d'éclairage d'un foyer

 1t d'acier recyclé = 1444 kWh = 
4 à 6 ans
d'éclairage d'un foyer

En 2020, la consommation annuelle d'électricité d'une maison bruxelloise est en moyenne de 3000 kWh.⁶⁰ Sachant qu'en Belgique, la production d'acier recyclé annuelle est de 2,43 millions de tonnes, c'est l'énergie de près de deux fois les ménages Bruxellois qui est consommée chaque année. Autrement dit, **la production annuelle d'acier recyclé belge consomme autant d'énergie que tous les ménages bruxellois pendant 2 ans.**

Calcul : 560 000 ménages⁶¹ bruxellois x 3000 kWh = 1 680 000 000 kWh par an pour les ménages.

7 300 000 tonnes d'acier produit⁶², dont 1/3 de recyclage⁶³ = 2 430 000 tonnes d'acier recyclé produit par an en Belgique. 2 430 000 x 1444 kWh = 3 508 920 000 kWh = 2x la consommation énergétique des ménages bruxellois par an.

Sur les plans énergétique et environnemental, il est clair que si l'acier recyclé est préférable à l'acier brut, trouver des alternatives au recyclage lui-même est essentiel pour réduire la consommation énergétique et les émissions dues à l'utilisation de ce matériau. Cependant, durant toute la durée de ma recherche, je n'ai trouvé que très peu d'alternatives au recyclage lui-même.

Il semblerait que pour beaucoup, l'acier recyclé soit une finalité satisfaisante d'un point de vue écologique. Or, comme déjà analysé en amont, selon l'échelle de Lansink, le réemploi (sous ses diverses formes : réutiliser, réparer, reconditionner, réuser) est une alternative préférable au recyclage et permet de prolonger la durée de vie d'un bien ou d'un matériau.

60. Gerben, , « Quelle est la consommation d'énergie moyenne d'un ménage belge ? » [en ligne], Lumiworld, le 20 octobre 2021, URL : <https://lumiworld.luminus.be/fr/investissements-malins/quelle-est-la-consommation-denergie-moyenne-dun-menage-belge/>, consulté le 10 juin 2023.

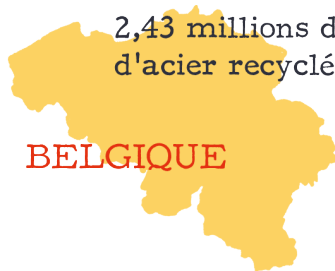
61. « L'évolution démographique en Région bruxelloise » [en ligne], environnement.brussels, le 1 mai 2023, URL : <https://environnement.brussels/citoyen/outils-et-donnees/etat-des-lieux-de-lenvironnement/contexte-bruxellois>, consulté le 10 juin 2023.

62. « La production d'acier a atteint 7,3 millions de tonnes en Belgique en 2014 (+3,6%) » [en ligne], RTBF, URL : <https://www.rtbfb.be/article/la-production-d-acier-a-atteint-73-millions-de-tonnes-en-belgique-en-2014-36-8826676>, consulté le 10 juin 2023.

63. Coigné, Philippe (éd.), « L'acier belge en 2021 - Rapport annuel ».



= 3000 kWh
par an



2,43 millions de tonnes
d'acier recyclé par an

= 3,509 milliards
de kWh par an



= 1,68 milliard
de kWh par an

560 milles ménages
à Bruxelles



2,43 millions de tonnes
d'acier recyclé par an

= 2x



560 milles ménages
à Bruxelles

Métabolisme urbain : l'acier à Bruxelles

Avant d'aborder les objectifs européens et bruxellois sur les questions de réemploi et pour conclure sur le cycle de vie de l'acier, il est pertinent d'analyser brièvement le métabolisme urbain bruxellois au regard de l'usage de l'acier.

Le concept de métabolisme urbain ainsi que sa caractérisation globale à Bruxelles ont été développés dans le chapitre I. Les chiffres cités dans cette partie sont issus de l'analyse du métabolisme urbain bruxellois réalisée en 2015, déjà citée au chapitre I.⁶⁴

Dans les résumés d'analyses du métabolisme urbain bruxellois,

l'acier fait partie de la catégorie des produits de métallurgie aux côtés d'autres métaux tels que le cuivre, le zinc, etc.

Dans le rapport d'analyse plus complet, le fer, l'acier et les gisements concentrés de fer font partie d'une même catégorie, sans distinction entre ces différentes formes du fer. Ils représentent 40% des importations et 48% des exportations.

La catégorie des produits manufacturés principalement composés de métal représente 54% des importations et 39% des exportations. Le document précise que *“les importations de métaux sont composées principalement de produits manufacturés à base de métaux de fer et d'acier. Les principaux flux entrants en RBC sont des parties et accessoires de carrosse-*

64. Merckx, Bertrand, « Métabolisme de la Région de Bruxelles-Capitale : identification des flux, acteurs et activités économiques sur le territoire et pistes de réflexion pour l'optimisation des ressources - Rapport final juillet 2015 », 2015, consulté le 14 mars 2023.

ries de véhicules, des fontes brutes en gueuses et des barres en fer ou en aciers non alliés. Les principaux flux exportés de RBC sont des déchets ou débris de fer ou d'acier étamés et des voitures et autres véhicules". Les quelques % restants sont partagés entre l'aluminium, le cuivre et le zinc ainsi que d'autres métaux en beaucoup plus petites quantités.

L'acier est donc de loin **le métal avec la part la plus importante** dans les flux entrants et sortants de la catégorie métallerie. Sur les 8932 kt (kilotonnes) qui entrent annuellement à Bruxelles, 673 kt sont des produits de métallurgie, ce qui représente 7% des entrées totales de matière dans la ville.

De ces 673 kt entrant, entre 60 et 70 kt s'ajoutent au stock matériel de la RBC, ce qui veut dire que la matière reste sur le territoire bruxellois car elle est "utilisée".

C'est le cas par exemple lorsque l'acier est utilisé pour des nouvelles infrastructures ou dans de nouvelles constructions de bâtiments.

488 kt ressortent du territoire de la région sous forme de produits, transformés ou non. Le reste, un peu plus de 100 kt, est traité sous forme de déchet et "revalorisé" : soit majoritairement recyclé dans le cas de l'acier.

Métabolisme urbain bruxellois

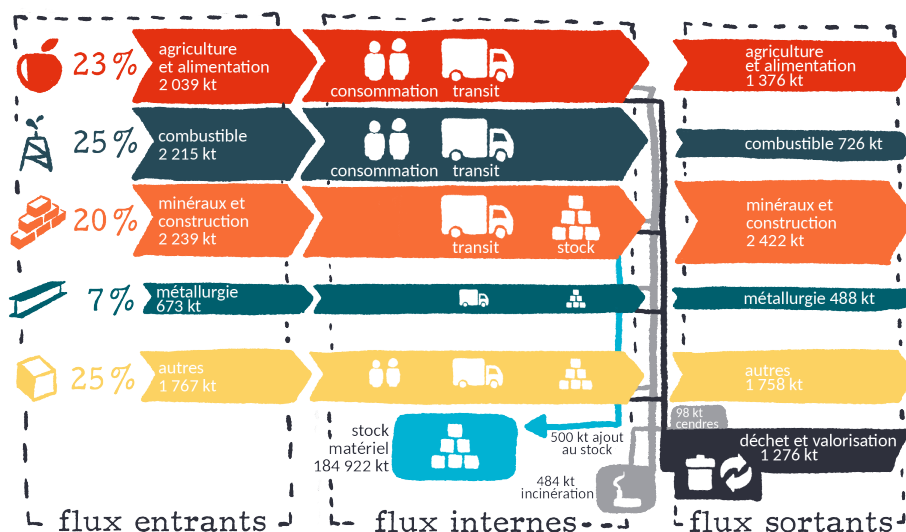


Schéma retravaillé issu du document : Région bruxelles-capitale, « Plan de Gestion des Ressources et des Déchets - Pour une consommation durable, sobre, locale et circulaire - Pour une société zéro déchet. », 2018.

Dans le stock matériel de Bruxelles qui compte 184 922 kt, 12,5% est constitué de métal, soit 3 517 kt.

La plus grosse partie de ce stock total se trouve dans les bâtiments (84%), ce qui comprend l'immobilier (les maisons, les bâtiments, etc) et le mobilier (les meubles, les appareils domestiques, etc).

Sur les 16% de stock restant, 15% sont mobilisés dans les infrastructures (les canalisations, les routes, les rails, etc) et 1% dans les véhicules (bus, trams, voitures, etc).

Composition et répartition du stock total matériel bruxellois

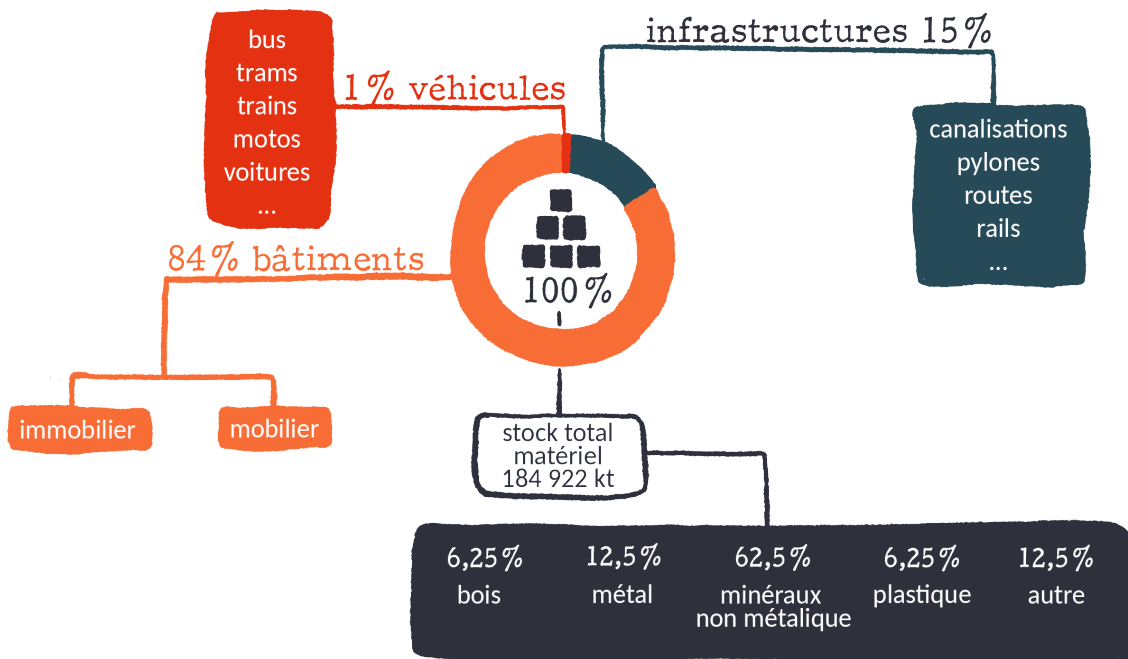


Schéma retravaillé issu du document : Région bruxelles-capitale, « Plan de Gestion des Ressources et des Déchets - Pour une consommation durable, sobre, locale et circulaire - Pour une société zéro déchet. », 2018.

Dans le domaine du BTP, l'acier est principalement utilisé dans la constitution de la structure (charpentes, poutrelles structurelles, etc) ainsi que dans divers petits et moyens éléments, comme des gardes corps, des escaliers, des poignées de portes, etc.

Il est également présent dans toutes les quincailleries de construction et dans beaucoup de systèmes de chauffage type radiateurs. Anciennement en fonte, les radiateurs sont aujourd'hui fait en acier, et ce depuis les années 1970.⁶⁵

Ainsi, comme on peut le voir sur les visuels, la majeure partie de l'acier potentiellement réemployable se trouve dans les bâtiments et les infrastructures.

Ceci étant dit, il me semble important de garder un regard global pour aborder la question du réemploi, et de ne pas se concentrer seulement sur le domaine du BTP.

Bien que l'acier soit majoritairement utilisé dans le BTP, concentrant alors les questions et documentations de réemploi davantage sous le prisme de la construction, je pense qu'il est important que les recherches sur le réemploi d'acier englobent également tous ses autres domaines d'usages, afin de penser une économie circulaire plus complète.

Chapitre III

OBJECTIFS POLITIQUES
EUROPÉENS ET
BRUXELLOIS :
VERS UNE ÉCONOMIE
CIRCULAIRE

71

Sur le plan politique, l'économie circulaire est un des leviers principaux sur lequel les gouvernements européens s'appuient pour tenir leurs engagements suite à l'accord de Paris. Cet accord se présente sous la forme "d'un traité international juridiquement contraignant sur les changements climatiques.

Il a été adopté par 196 Parties lors de la COP 21, la Conférence des Nations unies sur les changements climatiques à Paris, France, le 12 décembre 2015. Il est entré en vigueur le 4 novembre 2016.

Son objectif primordial est de maintenir «l'augmentation de la température moyenne mondiale bien en dessous de 2°C» et de poursuivre les efforts «pour limiter l'augmentation de la température à 1,5°C au-dessus des niveaux préindustriels.»⁶⁶

Différents plans stratégiques ont depuis lors été rédigés et, pour certains, amorcés pour réduire les émissions de gaz à effets de serre, l'utilisation de produits à usage unique ou encore la préservation de certains sites de biodiversité.

Bien que l'on puisse légitimement s'inquiéter que bon nombre de ces gouvernements ne prennent pas les questions écologiques, environnementales et sociales qui en découlent avec beaucoup de sérieux ou d'ambitions, je vais, pour ce travail, m'en tenir aux objectifs théoriques que se sont fixés l'Union Européenne et plus précisément la région de Bruxelles-Capitale.

66. « L'Accord de Paris » [en ligne], United Nations Climate Change, URL : <https://unfccc.int/fr/a-propos-des-ndcs/l-accord-de-paris>, consulté le 10 juin 2023.

Union Européenne

Durant la COP25 qui s'est tenue à Madrid à la fin de l'année 2019, la Commission européenne a lancé son "*Pacte vert pour l'Europe*", ou le "*European Green Deal*".

Ce Pacte vert se définit comme "*la feuille de route qui aidera l'UE à se transformer en une société équitable et prospère, dotée d'une économie moderne, efficace et compétitive, en dissociant la croissance économique de l'utilisation des ressources.*"

Il vise à relever les principaux défis en matière d'environnement, de climat, de biodiversité et de développement durable tout en garantissant l'équité sociale. Pour réussir, la transition vers une économie circulaire est l'un des éléments clés. Le Pacte vert est une stratégie intégrée et transversale qui couvre presque tous les domaines politiques."⁶⁷

Suite à la signature de ce pacte, un nouveau plan d'action pour le développement de l'économie circulaire a vu le jour, communiqué par la Commission européenne au début de l'année 2020. Dans ce document, l'accent est mis sur la consommation des ressources ainsi que la production des biens et de leur cycle de vie, avec pour objectif principal la neutralité climatique à l'horizon 2050 et la dissociation de la croissance économique de l'utilisation des ressources (aussi appelée *découplage*).

Pour atteindre ces objectifs, *“l’UE doit accélérer la transition vers un modèle de croissance régénérative qui rend à la planète davantage qu’il ne prend, progresser sur la voie d’une consommation maîtrisée restant dans les limites des ressources de la planète et, par conséquent, s’efforcer de réduire son empreinte de consommation et de doubler son taux d’utilisation de matières contribuant à l’économie circulaire au cours de la prochaine décennie.*

*Pour les citoyens, l’économie circulaire fournira des produits de grande qualité, fonctionnels et sûrs, qui sont efficaces et abordables, qui sont plus durables et qui sont conçus en vue de leur réemploi, de leur réparation et d’un recyclage de qualité.”*⁶⁸

On peut également y lire que *“la priorité sera accordée aux groupes de produits recensés dans le contexte des chaînes de valeur figurant dans ce présent plan d’action, par exemple le matériel électronique, les TIC et les textiles, mais aussi les meubles et les produits intermédiaires à fort impact tels que l’acier, le ciment et les produits chimiques.”*

L’enjeu du réemploi de l’acier est donc en accord direct avec la ligne directrice que s’est fixée l’UE pour ces 30 prochaines années et doit légitimement être posé au regard de l’impact environnemental colossal que représente son extraction et sa production.

Au delà de la question environnementale, la Commission européenne souligne que le développement de l’économie circulaire dans l’Union a permis la création d’environ 4 millions d’emplois entre 2012 et 2018⁶⁹ et s’attend à un effet net positif sur la création d’emplois dans les prochaines années.

68. Commission européenne, (éd.), « Communication de la Commission au parlement européen, au conseil, au comité économique et social européen et au comité des régions - Un nouveau plan d’action pour une économie circulaire - Pour une Europe plus propre et plus compétitive », 2020, consulté le 14 mars 2023.

69. Ibid.

Région de Bruxelles-Capitale

Maintenant que nous avons énoncé les objectifs en termes d'économie circulaire annoncés à l'échelle de l'Union Européenne, nous allons voir comment ils se définissent dans les différents plans de gestion et programmes régionaux bruxellois.

Pour orienter ses choix et ses actions sur différents aspects de la ville, la Région de Bruxelles-Capitale (RBC) a publié plusieurs documents qui définissent les lignes directrices qu'elle s'engage à suivre pour les prochaines années.

Chacun de ces plans stratégiques se concentre sur une thématique en particulier : *Good Move* pour la mobilité, *Good Food* pour l'alimentation ou *Go4Brussels* pour la transition économique, sociale et environnementale.

Bien sûr, ces différentes thématiques sont toujours étroitement liées et les différents plans établissent des ponts les uns entre les autres ou reprennent certains engagements afin de maintenir une cohérence et une continuité dans les transformations qui vont s'opérer à l'échelle de la région.

Concernant le sujet qui nous intéresse ici, je me suis basé principalement sur 3 documents officiels : le PREC, le PGRD et la SRTE.

Le PREC est le [Programme Régional en Économie Circulaire](#)⁷⁰. Il a été rédigé en 2016 (ce qui le rend un peu daté) et est sous-titré : «*Mobiliser les ressources et minimiser les richesses perdues : pour une économie régionale innovante*». Le PGRD quant à lui est le [Plan de Gestion des Ressources et des Déchets](#)⁷¹. Il a été adopté en 2018 et est sous-titré : «*Pour une consommation durable, sobre, locale et circulaire - Pour une société zéro déchet*».

Enfin, la SRTE qui est la [Stratégie Régionale de Transition Économique](#)⁷², qui est plus récente et actuelle puisqu'elle couvre la période allant de 2022 à l'horizon 2030.

Ces trois plans se fondent sur l'évidence que l'économie linéaire est à remplacer par une économie circulaire.

Parmi les grands objectifs du PREC, on retrouve une volonté de :

“- *Développer la prévention des déchets, la collecte préservante, la réutilisation, le réemploi des produits en fin de première vie et la préparation en vue du recyclage des matières valorisables, principalement consommées à Bruxelles ;*
- *Implanter au niveau local des chaînes de valeur les plus complètes possibles - de la R&D jusqu'au recyclage des produits en passant par les activités de production, process et consommation, en lien avec les politiques environnementales bruxelloises.*”⁷³

A la lecture du document, on peut lire que le réemploi est déjà présent comme alternative mais les auteur·ice·s constatent qu'il est

70. Région bruxelles-capitale, , Be circular, , « Programme Régional en Économie Circulaire 2016 – 2020. Mobiliser les ressources et minimiser les richesses perdues ; Pour une économie régionale innovante », 2016.

71. Région bruxelles-capitale, , « Plan de Gestion des Ressources et des Déchets - Pour une consommation durable, sobre, locale et circulaire - Pour une société zéro déchet. », 2018.

72. ShiftingEconomy.brussels, , Région bruxelles-capitale, , « Stratégie régionale de transition économique 2022-2030 », 2022.

73. Région bruxelles-capitale, Op. Cit.

encore trop peu mis en œuvre.

Le PREC et le PGRD fondent également leurs objectifs sur base de l'analyse du métabolisme urbain bruxellois, déjà abordé plus tôt dans ce travail.

Le PGRD introduit, dès le début du document, l'importance de la hiérarchisation des traitements des déchets via l'échelle de Lansink. Ainsi, pour la région, *“le défi est de monter encore plus haut dans les échelons de Lansink en développant davantage la prévention (écoconception des produits, non gaspillage, désencombrement, réemploi des équipements, etc.), le réemploi (réparation) et la valorisation de la matière (compostage, synergie industrielle).”*⁷⁴

La RBC fait cependant une différence entre le réemploi et la requalification : le réemploi concernerait un usage identique des produits et déchets de produits alors que la requalification désignerait les activités liées à un usage différent de ces produits et déchets de produits (par exemple : le démontage, la transformation et l'upcycling entrent dans cette définition).

Voici un exemple mis en avant par le PGRD pour illustrer ces différentes notions de traitement d'un produit :

“En guise d'exemple de l'usage de l'échelle de Lansink, on peut d'abord éviter qu'une table en bois ne devienne un déchet via la prévention pure, en n'achetant pas de table ou, si l'achat était inévitable au départ, en prolongeant sa première vie (prévention du déchet via l'écoconception, le réemploi, réparation ou requalification : par exemple en transformant la table en des chaises à partir de ses éléments).

Si on s'en débarrasse, la table devient un déchet. On peut la réintégrer dans la boucle d'usage en lui donnant une seconde vie dans le même usage de table via la préparation au réemploi ou dans un autre usage sans modifier la structure de la matière via la préparation à la requalification.

Si cette opération n'est plus possible, on peut chercher à valoriser la matière via le recyclage du bois (modification physique ou chimique : panneaux de bois aggloméré par exemple).

*Enfin, on pourra chercher à valoriser énergétiquement le bois dans une chaudière par exemple. De la sorte, on aura évité la mise en décharge ou l'incinération simple et la perte sèche de la matière et de l'énergie.”*⁷⁵

Sur le plan de l'Économie et de l'Emploi, le PGRD se base sur un scénario qui estime que **345 emplois seront créés pour 10.000t de matières réemployées** (tous flux confondus) si la collecte était optimisée. Parmi ces nouveaux emplois, on trouve notamment le métier de valoriste.

Pour la RBC, *“le métier de valoriste consiste à extraire du flux des déchets les biens réutilisables pour lesquels il existe des filières de réparation et de commercialisation identifiées et de veiller à ce que les déchets soient triés sur site de manière optimale en vue du réemploi et du recyclage.*

La Région a reconnu le métier de valoriste et a organisé en 2017 la première formation qualifiante «valoriste généraliste», à destination de personnes peu ou pas qualifiées, chercheurs d'emploi, personnes inoccupées, ou émargeant au CPAS.

Cette reconnaissance conforte l'émergence de ces nouveaux métiers et les besoins en main d'œuvre qui en découlent.

Le succès de la politique menée ces dernières années montre que le recours au réemploi est une solution valorisée socialement, techniquement faisable, économiquement rentable et, dès lors, appelée à croître.”⁷⁶

Pour permettre cet essor du réemploi, la RBC s'engage notamment, dans ses différents objectifs stratégiques, à **développer les pratiques de déconstruction sélective, de réemploi et de recyclage des matériaux** et à soutenir des activités d'économie sociale non rentables de réparation et de préparation au réemploi.

Dans son objectif stratégique n°5 qui porte sur le secteur de la construction, le PGRD constate que *“Bruxelles produit en effet près de 630.000 tonnes par an de déchets de construction dont on estime que 91% sont recyclés.*

Il s'agit principalement de déchets inertes (downcycling en fondation de route et de bâtiments), de métaux et de bois dans une moindre mesure.

Ces déchets sont en grande partie triés sur chantier (métaux, conteneurs «inertes» et conteneurs «bois»), mais aussi en centre de tri à partir du conteneur «mélange».”⁷⁷

Les auteur·ice·s du PGRD soulignent l'importance d'une **conception intelligente des bâtiments pour allonger leur durée de vie**, ainsi qu'une attention sur les ressources utilisées en prenant en compte leurs impacts environnementaux en vue de leur réemploi,

76. Ibid.
77. Ibid.

voire de leur recyclage en fin de vie. Pour y parvenir, la RBC devra expérimenter puis généraliser le réemploi des matériaux : un meilleur réemploi des matériaux permettra de diminuer les impacts environnementaux et de créer de l'activité économique ainsi que des emplois locaux.

L'objectif stratégique n°6 est particulièrement intéressant au regard du réemploi de l'acier qui est, pour rappel, très bien recyclé mais très peu réemployé.

Cet objectif s'intitule "développer la nouvelle économie de la gestion durable des ressources" et porte sur "la création de valeur ajoutée et d'emploi en lien, entre autres, avec les pratiques commerciales et les emballages, la réparation, le réemploi, la requalification, la préparation au réemploi d'équipements, la vente d'équipements de seconde main ou de produits durables et toutes les formes de proposition de consommation optimisant l'usage par rapport à la possession en vue de servir les consommateurs bruxellois qu'ils soient des ménages ou des professionnels.[...]"

A l'heure actuelle, les ménages et les entreprises se défont d'une part importante de leurs équipements, qui entrent alors dans le statut juridique de déchets et finissent **recyclés** dans le meilleur des cas, ou directement **incinérés** dans le pire des cas. **Ceci alors que ces équipements sont encore souvent réparables, réemployables ou requalifiables** et pourraient donc connaître une nouvelle vie. **Retarder l'arrivée de ces flux d'équipements dans le recyclage** et surtout **l'incinération, en les faisant systématiquement passer par la boucle réemploi**, contribuerait à réduire significativement l'empreinte écologique des consommateurs bruxellois et à augmenter l'emploi local."⁷⁸

Cet objectif est en lien étroit avec le PREC mais il met l'accent sur la priorité dans les différents traitements de déchets et des ressources, en préférant d'abord le réemploi au recyclage.

Pour allonger la durée de vie et retarder l'arrivée de la matière au recyclage ou à l'incinération, la RBC préconise deux options :

- par l'optimisation de la durée de cet usage et la diminution de ses impacts environnementaux : éco-conception, emballage, entretien/réparation, réemploi et préparation au réemploi, revente en 2e main, troc/échange, don, requalification (démontage, transformation, remanufacture, upcycling).

- par l'optimisation de l'intensité de cet usage : partage, prêt/emprunt, location, achat de l'usage.

La RBC observe cependant une forte augmentation de pratiques allant dans ce sens ces dernières années et reconnaît comme enjeu *“de renforcer et pérenniser cette explosion de projets pour en faire un phénomène d'ampleur sociétale et un secteur économique à part entière. Une coopération étroite entre les pionniers de la transition et l'ensemble de l'économie est essentielle, pour surmonter les asymétries du pouvoir et les intérêts particuliers, et pour encourager l'apprentissage mutuel.”*⁷⁹

Le PREC et le PGRD couvraient respectivement la période de 2016 à 2020 et 2018 à 2023 en termes d'action concrète de sou-

tien à l'évolution de l'économie circulaire et de la gestion durable des ressources.

La SRTE couvre la période de 2022 à 2030 et s'écrit en lien direct avec l'*European Green Deal*.

Il absorbe également le PREC et coordonne notamment le PGRD, parmi d'autres plans (*Good Move, Good Food, Renolution...*). Il est donc la suite directe de ce que j'ai développé plus haut et il maintient, voire renforce, ces objectifs d'économie circulaire.

Il a pour vision de 2030 une économie du réemploi qui se déploie pour devenir la norme, un recyclage des déchets qui se perfectionne et de manière plus générale, une utilisation des ressources ciblée et économe. Pour 2050, la RBC aura atteint la neutralité carbone : une économie décarbonée, régénérative, circulaire, sociale, démocratique et digitale.

A la lecture des différents engagements de la RBC pour le développement de l'économie du réemploi, un point m'a semblé particulièrement pertinent sous l'angle de ma question de recherche.

Pour faciliter l'accès aux gisements de matières premières durables locales et non locales, la

RBC propose de “développer une méthodologie d'accompagnement des acteurs pour *faciliter l'accès aux gisements pour le réemploi, le remanufacturing, l'upcycling et la transformation de la matière.*

L'action vise à rassembler, d'un côté, **les acteurs de la collecte et, de l'autre, des acteurs du traitement**, au travers de la fédération belge des entreprises actives dans la collecte, le traitement et le recyclage des déchets (Denuo) et les organismes de reprise (acteurs responsables pour les flux soumis à Responsabilité Élargie des Producteurs (REP).

Ces nouvelles synergies devront permettre la mise en place d'actions visant à faciliter l'accès aux gisements pour le réemploi, le remanufacturing, l'upcycling et la transformation de la matière par des acteurs bruxellois.”⁸⁰

Cette mesure et le soutien qui devra en découler résonne parfaitement avec la mise en place d'une filière de réemploi d'acier sur le territoire bruxellois.

La filière du recyclage de l'acier étant déjà bien établie, il me paraît d'autant plus pertinent de profiter de ce réseau logistique et de la connaissance des entreprises de recyclage pour filtrer et récolter des biens en acier en vue d'un réemploi, et non d'un recyclage.

Au regard des objectifs et ambitions politiques clairement énoncés par les différents plans analysés plus haut, que cela concerne l'échelle européenne ou l'échelle bruxelloise, la création d'une filière de réemploi d'acier semble complètement sensée et opportune.

Dans le chapitre suivant, il s'agira d'explorer plus en détail la documentation existante sur le réemploi de l'acier, ainsi que de relater plusieurs interviews donnant la voix à différentes personnes travaillant dans ce secteur, à différentes échelles et sur différents territoires.

Chapitre IV

LE DOMAINE DU
RÉEMPLOI : DES VOIX
ET DES ACTIONS
ENGAGÉES

83

En commençant ce travail de recherche, j'ai cherché s'il n'existait pas déjà des filières de réemploi d'acier à Bruxelles, mais je n'ai pas trouvé d'entreprise dont le réemploi d'acier était au cœur de son activité.

En revanche, il existe bien des entreprises qui travaillent déjà dans le réemploi et via lesquelles de l'acier peut être collecté et revendu comme matière première secondaire.

Malheureusement et bien souvent, le flux et les quantités d'acier réemployées sont assez minimales en comparaison avec d'autres matériaux. C'est notamment le cas de l'entreprise *Rotor Déconstruction (RotorDC)*, une coopérative bruxelloise active depuis 2014 dans la récupération et la revente de matériaux de construction et d'éléments de finition.

RotorDC

Cette entreprise est pionnière dans le développement de l'économie du réemploi en Europe. Elle est à la source de nombreux documents de recherches et d'analyses sur le réemploi et sur sa faisabilité.

Rotor fait également la promotion et valorise les pratiques de réemploi dans le monde économique, politique et de la recherche.

“Rotor Deconstruction a progressivement développé des ateliers où sont effectuées toutes les opérations qui permettent de livrer des produits prêts à l'emploi : nettoyage des carreaux céramiques, remise à neuf des pièces de sanitaire en céramique (cuvettes de WC, lavabos...), recâblage des luminaires, découpe et dé-cloutage d'éléments en bois (notamment des profilés de lamellé-collé), etc.”⁸¹

J'ai eu l'occasion d'échanger avec Michael Ghyoot, architecte qui travaille chez Rotor, et de lui poser quelques questions concernant le réemploi de l'acier. J'ai cherché à savoir pourquoi l'acier spécifiquement était peu réemployé, comparé à d'autres matériaux déjà plus présents sur le marché du réemploi.

Selon lui, *“la filière reste à ce jour peu développée, voire inexistante, à Bruxelles. Une raison possible est que la construction en acier est moins répandue en Belgique que dans d'autres régions du monde*

(notamment le Royaume-Uni et les États-Unis).

À mon sens, un autre facteur important est le fait que les déchets d'acier ont une relativement haute valeur marchande dans les filières de recyclage. Pour beaucoup de démolisseurs, l'équation doit être relativement simple à résoudre si on oppose, d'un côté, une démolition expéditive et une vente facile et assurée, et, de l'autre, un démontage plus soigneux et donc plus chronophage et des filières de reprise largement plus incertaines...”

En ce qui concerne RotorDC et l'acier qui y est traité, *“ce n'est pas un matériau qui est fréquemment récupéré, en tous cas pour des produits prévus pour des applications structurelles.*

Par contre, RotorDC récupère souvent des éléments en acier prévus pour des applications non structurelles : garde-corps, caillebotis, quincaillerie, escaliers de secours et éléments décoratifs.”

J'ai ensuite cherché à entrer en contact avec les acteur·ice·s du recyclage de l'acier. Ma réflexion était que, dès lors que l'économie de l'acier recyclé est bien installée et fonctionnelle (comme c'est le cas en Belgique), une piste potentielle de filière de réemploi serait de profiter du réseau de récupération du recyclage.

Le système de tri de l'acier est déjà bien inscrit dans les pratiques, tant au niveau des citoyen·ne·s que des entreprises publiques et privées. Aussi, puisque la ferraille a une bonne valeur économique, les actions de tris et de collectes sont majoritairement bien respectées. Les différents points de collectes tels que les déchetteries possèdent leurs propres bennes pour les métaux, les sacs bleus permettent la collecte des déchets métalliques domestiques et les

différentes petites et grandes entreprises de ferrailleur·euse·s permettent d'échanger nos vieux aciers contre de l'argent, un bon incitant pour ne pas laisser nos vieux métaux prendre la poussière dans nos maisons et pour faire le tri sur les différents chantiers.

Cette organisation est notamment soutenue par des réglementations qui favorise la collecte du métal.

Ainsi, cette logistique bien établie serait tout à fait profitable pour la mise en place d'une filière de réemploi d'acier. Il serait alors intéressant d'y observer les différentes collectes et les différentes pièces d'acier qui y sont rassemblées.

Intercepter les pièces réemployables et qui suscitent de l'intérêt pour les réparer, pour leur donner un nouvel usage dans des ateliers de ferronnerie et de métallerie, ou pour les revendre directement comme objet de réemploi comme le fait déjà en partie RotorDC.

Il serait également intéressant d'y observer les récurrences de certaines pièces. Des collectes régulières de pièces similaires permettraient de développer des micro-séries de nouveaux biens via un réusinage. C'est en tout cas une possibilité mise en avant durant

ma discussion avec Kalbut Design, un artiste liégeois qui travaille avec de l'acier de récupération.

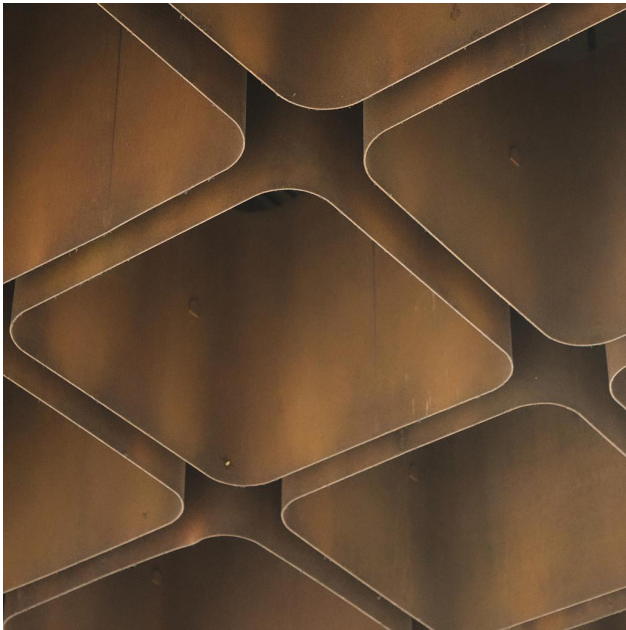
Dans son réseau de métallerie, il me citait l'exemple d'un artisan qui a construit plusieurs étagères avec comme matière première principale des radiateurs destinés à la ferraille.



*Pièces de quincaillerie en réemploi
vendues par Rotor -
© RotorDC - Rotor ASBL*



Stockage de matériel chez Rotor - © RotorDC - Rotor ASBL



Pièces en acier corten récupérées du plafond de la Gare du Nord à Bruxelles et vendues par Rotor - © RotorDC - Rotor ASBL



Table basse faite avec l'acier corten de la Gare du Nord - © RotorDC - Rotor ASBL

Kalbut Design

Dans son travail, Kalbut Design crée des objets et des sculptures en soudant différentes pièces d'acier ensemble.

Sa matière première principale est de l'acier récupéré : environ trois quarts contre un quart d'acier neuf. Ses aciers de récupération, il les trouve et les collecte un peu partout : sur le trottoir, parmi les "déchets" des maisons ou via des ressourceries qui lui mettent certaines pièces de côté.

Il a également un bon contact avec le ferrailleur du coin dans son quartier, avec lequel il échange certaines pièces sans intérêt pour son travail contre d'autres plus intéressantes pour ses créations, ou il les rachète au kilo.

Ajouté à cela, il a plusieurs ami·e·s qui travaillent dans des entreprises de maintenance de véhicules et qui récupèrent certaines pièces pour lui. Fort d'ailleurs de sa réputation dans le travail d'acier de récupération, il est de plus en plus sollicité via les réseaux sociaux par des particuliers pour faire des collectes dans le cadre des vides-maison.

Il a ainsi développé tout un micro-réseau de collecte lui permettant de subvenir majoritairement à ses besoins en matières premières pour son travail.

À l'image de son contact privilégié avec le ferrailleur du quartier et le cash métal des environs, j'ai orienté mes recherches vers les réseaux de la ferraille.

Malheureusement, aucune de mes tentatives de prise de contact avec le monde du recyclage de l'acier n'a fonctionné.

J'ai, à plusieurs reprises, tenté de contacter des ferrailleur·euse·s et des grands cash-métal pour visiter leurs sites et ouvrir la question du réemploi avec elles et eux, mais sans succès.

En parallèle de ces rencontres et sur base des conseils de Michael Ghyoot, j'ai pris contact avec des entreprises déjà bien actives dans le domaine du réemploi de l'acier sur d'autres territoires.

Pour les trouver, j'ai consulté la carte interactive du site *opalis.eu* développé par Rotor et qui recense plusieurs entreprises travaillant dans le réemploi de matériaux en Europe de l'Ouest.

En filtrant la recherche par revendeur·euse·s de poutrelles

métalliques et autres éléments de ferronnerie, j'ai trouvé plusieurs entreprises aux Pays-bas et quelques-unes en France et en Belgique.

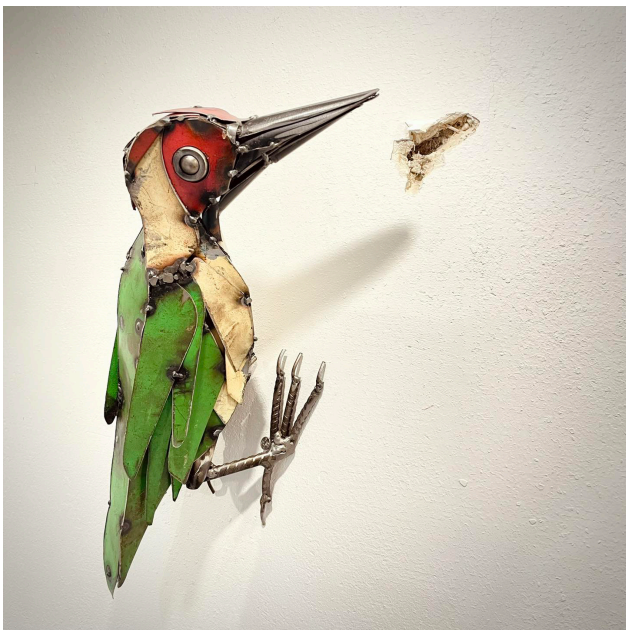
J'ai ainsi pris contact avec Michel Monty de l'entreprise *Général Métal Édition*, basée à Paris et qui travaille dans le réemploi de pièces structurales en acier pour le bâtiment.

J'ai eu l'occasion de faire un entretien approfondi par téléphone avec lui et d'en apprendre plus sur le fonctionnement et les difficultés d'une entreprise de réemploi axée sur l'acier.

Bien conscient que chaque territoire est étroitement lié à son environnement et son histoire, d'autant plus lorsqu'il s'agit de réemploi de matériaux locaux, il m'a tout de même semblé pertinent d'apprendre du fonctionnement d'une entreprise telle que celle de Michel Monty et de profiter de ses enseignements et de ses expériences.



Sculpture en acier d'un oiseau par Kalbut Design - © Kalbut Design



Deux sculptures en acier d'oiseaux par Kalbut Design -
© Kalbut Design

Général Métal Édition

Général Métal Édition est avant tout une entreprise de charpenterie métallique et de serrurerie. Les collègues de Michel Monty travaillent l'acier depuis plus de 20 ans et leur activité de **charpenterie** et de **serrurerie** est déjà bien établie depuis plusieurs années.

La **charpenterie** métallique désigne le domaine de la construction qui concerne l'usinage, l'assemblage et la mise en œuvre de structure métallique, souvent en acier, qu'on appelle charpente.

Elle est composée d'éléments usinés en atelier, assemblés sur le chantier et elle requiert des compétences techniques particulières pour sa conception. La charpenterie métallique a longtemps été mise en œuvre dans des sites industriels, mais elle est de plus en plus utilisée dans des constructions de logements et de maisons individuelles.

La **serrurerie** concerne le travail de pièces d'architecture légères (cadre de portes, garde corps, main courante...) ainsi que les petites pièces comme les gonds et les serrures.

Ces deux corps de métier font tous deux parties du domaine de la **métallerie**, qui regroupe plus largement tous les métiers qui fabriquent et posent les installations métalliques dans un bâtiment.

Dans leur entreprise, le volet de réemploi de l'acier n'est pas arrivé dès leurs débuts. Cela fait maintenant 3 ans que cette manière de travailler fait partie de leur processus, mais reste une activité minoritaire comparée aux autres activités qu'ils pratiquent. Pour Michel Monty c'est d'ailleurs une des clés du succès du développement de leur filière de réemploi d'acier : l'activité de charpenterie métallique leur a permis de s'essayer au réemploi et d'assurer une certaine stabilité économique à l'entreprise, tout en mettant en oeuvre les aciers de réemploi qu'ils récupèrent sur les chantiers et qu'ils revendent à leur clientèle.

Aujourd'hui, leur entreprise offre un service "tout en un" : iels font les expertises sur place, en amont des chantiers de déconstruction des bâtiments. Iels font ensuite la déconstruction et le travail en atelier (découpes, nouvelles protections, nouveaux assemblages...) en vue du nouvel usage des pièces d'acier, ainsi que la repose sur le nouveau chantier ou dans le nouveau bâtiment. De cette façon, Général Métal Édition est l'interlocuteur principal, une forme de guichet unique, allant de la déconstruction à la repose des aciers de réemploi.

Pour Michel Monty c'est également un atout d'avoir complété l'activité de réemploi à un atelier de métallerie.

Avant elleux, il n'y avait aucune entreprise active sur le marché du réemploi de l'acier en île de France il y a 3 ans. Depuis lors, Général Métal Édition organise des chantiers d'apprentissage sur la déconstruction et les expertises de réemploi avec des écoles d'architecture parisiennes. Iels ont également créé différents partenariats avec d'autres structures travaillant dans le réemploi, tel que le bois par exemple. Étant la première entreprise axée sur l'acier de réemploi, iels sont extrêmement sollicités, tant pour de la déconstruction et de la collecte que pour des chantiers de remise en oeuvre et de pose de charpente métallique en réemploi.

Selon Michel Monty, l'acier de réemploi représente en moyenne 10% de l'acier utilisé sur leurs différents chantiers. L'entreprise ne récupère que de l'acier et ne travaille pas avec l'inox et les aciers galvanisés (des aciers recouverts d'une couche de zinc qui les protège de la corrosion). Le plus souvent, les pièces récupérées par Général Métal Édition sont

des profilés de construction (poutrelles *IPN*, *UPN*...), des caillebotis et des mains courantes.

En règle générale, l'entreprise refuse des chantiers de déconstruction sur des bâtiments qui datent d'avant 1980, car les matériaux utilisés à l'époque ne respectent plus les réglementations actuelles. À titre d'exemple, les peintures utilisées avant 1980 pour protéger les aciers contiennent en général du plomb, ce qui représente un risque d'intoxication trop grand pour les travailleur·euse·s de l'entreprise.

L'entreprise refuse également les aciers qui ont été soumis à de nombreux efforts au cours de leur premier usage. Par exemple, les aciers utilisés pour la construction de ponts et dont les différentes forces exercées par leur environnement (trafic, vent...) ont fragilisé la structure, les rendant difficilement réemployables pour des usages de charpenterie.

Malgré cela, les aciers à réemployer ne manquent pas et la plupart des aciers collectés par Général Métal Édition sont issus de bâtiments construits il y a moins de 15 ans, résultat du phénomène de construction et déconstruction éclair similaire à Bruxelles.

Il y a d'ailleurs davantage de matière entrante issue du réemploi que de matière sortante des ateliers de l'entreprise et les enjeux de stockage sont également très importants pour l'économie de la structure.

Pour Michel Monty, les freins principaux au bon développement de l'économie du réemploi, tous matériaux confondus, concernent d'abord les questions relatives aux garanties et aux assurances des travaux de construction. Les matériaux de réemploi inquiètent davantage car ils sont perçus comme en moins bon état et moins performants que les mêmes matériaux neufs.

Il reste ensuite un frein culturel à l'usage de matériaux de réemploi, qui sont souvent associés à des pratiques compliquées, plus longues et plus laborieuses à mettre en œuvre en comparaison aux matériaux neufs.

Pour Général Métal Édition, le prix des aciers de réemploi que l'entreprise revend se situe entre le prix de la ferraille et le prix du neuf, mais c'est surtout le coût de la main d'œuvre qui est important, car la déconstruction, le travail d'atelier et la mise en œuvre sur le nouveau chantier

demande du temps et rend l'acier de réemploi moins compétitif par rapport à l'acier neuf. Leur activité de réemploi n'est pas encore une activité totalement rentable, mais Michel Monty observe une tendance croissante vers l'équilibre financier de l'activité.

D'un point de vue plus général d'ailleurs, il observe une tendance au développement du réemploi un peu partout et pour toutes sortes de matériaux.

En discutant des filières de recyclage de l'acier avec lui, il m'a dit : *“moi je suis contre le recyclage de l'acier ! 1 tonne d'acier recyclé c'est 1 tonne de CO2, c'est énorme. Je dis ça un peu pour provoquer, bien sûr c'est moins pire que l'acier neuf, mais dire que l'acier recyclé est écologique c'est une aberration.”*

Pour lui, il n'est pas surprenant que mes diverses sollicitations auprès des entreprises de recyclage n'aient pas abouti. Leur économie fonctionne sur la quantité de matière recyclée et les pratiques du réemploi ne sont rien d'autre que de la concurrence pour l'accès à la matière première et une perte de profit net.

Ainsi, les entreprises de recyclage n'ont aucun intérêt à fonctionner main dans la main avec des entreprises de réemploi. De leur côté, Général Métal Édition n'interagit pas avec les entreprises de recyclage pour ce qui est de la collecte.

Pour conclure sur cette rencontre, Michel Monty a énormément insisté sur l'importance de travailler avec *“des métallos”*, soit des gens qui connaissent la matière et qui la pratiquent tous les jours. C'est grâce à et avec l'expérience et l'expertise des personnes travaillant dans la métallerie qu'une filière de réemploi d'acier aura une chance de voir le jour.

Pour lui, cette expertise technique précieuse est indispensable et légitimement nécessaire pour qu'une entreprise de réemploi d'acier parvienne à se placer sur le marché de l'acier et le marché du réemploi.



*Éléments en acier déconstruits et stockés en vue d'un nouvel usage -
© Général Métal Édition*



*Escaliers en acier déconstruits et stockés en vue d'un nouvel usage -
© Général Métal Édition*



Atelier de métallerie de Général Métal Édition -
© Général Métal Édition

Design With Sense

Ma dernière rencontre a été avec Kimberly Hex, qui travaille dans l'entreprise bruxelloise *Design With Sense*.

Design With Sense se définit comme "un projet coopératif de création d'espaces intérieurs et de fabrication en bois mené par des architectes, artisans et designers convaincus que le processus créatif doit être centré sur l'humain et la matière."⁸²

L'entreprise conçoit et installe des pièces d'ameublement avec du réemploi. Ils travaillent principalement le bois, mais on retrouve d'autres matériaux dans leurs créations, tels que le marbre ou l'acier.

J'ai cherché à avoir leurs avis sur le réemploi de l'acier car ce sont des personnes qui travaillent directement les matières en réemploi, qui sont ancrées sur le territoire bruxellois et dont le modèle économique fonctionne déjà depuis plusieurs années.

Lors de ma visite dans leurs ateliers, j'ai pu voir certains de leurs projets, finis ou en cours, avec des pièces d'acier. Parmi eux, un plan de travail d'une future cuisine, faite en partie avec un bureau en *inox* récupéré.

Sur des photos, un projet d'ameublement de la bibliothèque de la commune de Saint-Gilles dont la structure des meubles a été réalisée avec d'anciens bureaux d'école en acier, sur lesquels de nouveaux panneaux de bois ont été installés. Un autre projet, pour un magasin dont les cabines d'essayage et les portes-cintres ont été installés avec d'anciens tubes de tuyauterie.

Pour Design With Sense, il y a un réel besoin de trouver des pièces d'acier en réemploi pour rendre possible certaines créations : des crémaillères pour les étagères murales, des piétements de tables pour l'ameublement des restaurants, voire des pièces de quincaillerie pour les armoires des cuisines, etc.

Pour l'instant, ces pièces sont "rares" et iels fonctionnent "au cas par cas" selon les arrivages et les opportunités sur le marché du réemploi, mais l'entreprise se sent limitée en termes de pièces de réemploi en acier.

Pour Kimberly Hex, il y a un réel intérêt à développer une filière de réemploi pour des pièces d'acier standards : les piétements de table ou la structure des chaises par exemple.

Pour le moment, Design With Sense fait parfois appel à des ateliers de métallerie à Bruxelles pour adapter/modifier les pièces d'acier que l'entreprise récupère selon les besoins du projet.

Pour Kimberly Hex, l'idéal serait un magasin de pièces de réemploi en métal avec un service de métallerie pour adapter les pièces aux projets des client·e·s. Cet idéal fait écho avec le fonctionnement de Général Métal Édition, qui fournit différents services autour de l'acier de réemploi (déconstruction, revente, adaptation, repose...).

Kimberly Hex connaît également une personne qui travaille sur un site de recyclage d'acier en Belgique.

Grâce à son contact, il arrive que l'entreprise ait l'occasion d'acheter des pièces d'acier encore en bon état pour leurs projets d'aménagements. Selon Kimberly Hex, dans ce qui est jeté à la déchetterie, il y beaucoup de lots de pièces d'acier intéressants et pertinents à réemployer directement. Ainsi,

j'ai pu voir certaines photos des pièces métalliques "gaspillées" et recyclées : des dizaines de barrières type nadar en parfait état, de nombreuses étagères et paniers de rayonnage de magasins en inox, une série de tubes en acier de plus d'un mètre de long... Pour Kimberly Hex et ses collègues, accéder à ces gisements encore réemployables serait un gain significatif pour les entreprises de réemploi.

Ce dernier entretien m'a permis de confirmer qu'une filière de réemploi d'acier à Bruxelles rencontrerait un certain intérêt pour des entreprises comme Design With Sense. J'ai également pu y voir un bref aperçu du gaspillage de l'acier dans les centres de recyclage et les potentiels gisements de réemploi qui s'y trouvent.



Structures de bancs d'école réemployées pour créer de nouveaux bureaux à la bibliothèque de Saint-Gilles, à Bruxelles - © Design With Sense



Tuyaux en acier réemployés pour faire des tringles dans un magasin -
© Design With Sense



© Design With Sense



© Design With Sense

Documentation technique pour le réemploi de l'acier

Au cours de mes recherches et de mes rencontres, j'ai pu découvrir et lire une série de documentations techniques pour la remise en œuvre de nombreux matériaux de construction, dont certaines pièces en acier. Ces documents, ou fiches techniques, ont été réalisés dans différents cadres de recherche en Europe de l'Ouest.

Il y a, pour commencer, les **“reuse toolkit”**⁸³ dont les fiches ont été écrites entre 2019 et 2021 dans le cadre du projet *“interreg FCRBE - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements”* et qui regroupe une variété de partenaires : Bellastock (France), le Centre Scientifique et Technique de la Construction / CSTC (Belgique), Bruxelles Environnement (Belgique), le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (France), la Confédération de la Construction (Belgique), Rotor (Belgique), Salvo (Royaume-Uni) et l’Université de Brighton (Royaume-Uni).

Ce projet vise à augmenter le taux de réemploi des matériaux dans la construction de 50% d’ici 2032.

Parmi ces fiches (plus de 30 au total), trois concernent directement des pièces en métal : les poutrelles en acier⁸⁴, les radiateurs en fonte⁸⁵ et les radiateurs en tôle⁸⁶. Toutes ces fiches représentent un précieux travail de facilitation pour le réemploi des matériaux et s’adressent directement aux concepteur-ice-s et aux diverses équipes de projets de construction.

Elles sont librement accessibles sur plusieurs sites, notamment le site *Opalis* dans la rubrique *“documentation”*⁸⁷ et le site de *Bellastock* dans la rubrique *“guides de réemploi”*.⁸⁸

La deuxième série de documents réalisés en vue de faciliter le réemploi des matériaux a également été réalisée dans le cadre du projet interreg FCRBE et se présente sous forme de 7 livrets, intitulés **“FutuREuse”**⁸⁹, publiés en septembre 2021.

83. Rotor vzw/asbl, « REuse Toolkit - Fiche introductive - Introduction générale », 2021.

84. Rotor vzw/asbl, « REuse Toolkit - Poutrelle en acier », 2021.

85. Rotor vzw/asbl, « REuse Toolkit - Radiateur en fonte », 2021.

86. Rotor vzw/asbl, « REuse Toolkit - Radiateur en tôle », 2021.

87. <https://opalis.eu/fr/documentation>

88. <https://www.bellastock.com/projets/guides-reemploi-fcrbe/>

89. Douguet, Etienne, Wagner, Florence, « FutuREuse : Les impacts environnementaux du réemploi dans le secteur de la construction », Interreg FCRBE, 2021.

90. Ibid.
91. Poncelet, Florence, Vrijders, Jeroen, « Fiche produit-application : éléments de structures en acier destinés à être réemployés dans des applications structurales », Le bâti bruxellois source de nouveaux matériaux, 2021.

Ils visent “à répondre à des questions courantes sur le réemploi afin d’améliorer la compréhension de cette pratique et faire évoluer les comportements.

Les sujets abordés par les sept livrets FutuREuse couvrent tout aussi bien les enjeux présents en amont, pendant et après une opération de réemploi et sont illustrés par de nombreux exemples inspirants. Cette collection s’attache aussi à mettre en évidence les bénéfices environnementaux de cette pratique, à clarifier les zones grises, à promouvoir des approches vertueuses ou encore à esquisser le portrait d’un futur où le réemploi serait devenu la norme.”⁹⁰

Ils sont aussi librement accessibles sur les deux sites internet cités plus haut et constituent une introduction riche d’informations pour celles et ceux qui s’intéressent au réemploi dans la construction.

Ils ne traitent par contre pas de matériaux spécifiques et l’acier y est cité à titre d’exemple, parmi d’autres matériaux.

La troisième documentation est une fiche de recherche écrite par Florence Poncelet et Jeroen Vrijders pour le CSTC (Centre scientifique et technique de la construction), qui a depuis lors changé de nom pour Buildwise.

Elle s’intitule “**Fiche produit-application : éléments de structures en acier destinés à être réemployés dans des applications structurales**”⁹¹ et a été réalisée dans le

cadre du projet de recherche de la RBC, “Le Bâti Bruxellois : Source de nouveaux Matériaux (BBSM)”.

Cette fiche a été publiée en mai 2021 et compte parmi ses partenaires Sophie Trachte (UCL), Émilie Gobbo, Waldo Galle (VUB), Niels de Temmerman (VUB), Michaël Ghyoot (Rotor), ainsi que les partenaires supports de ce projet : Bruxelles Environnement, le CDR-Construction, Batigroupe et Les Petits Riens, CCBC et Innoviris.

Ce document regroupe de nombreux conseils techniques sur les performances des éléments de structure en acier et s’adresse directement aux entreprises qui voudraient faire du réemploi d’acier dans la construction.

Elle se lit comme une feuille de route et concerne, d’une part, “la destination des composants de structure métallique, et les conditions requises pour leur réemploi.

Il s’agit d’identifier la nouvelle application visée pour les composants susceptibles d’être réemployés et les exigences qui y sont liées.

Deuxièmement, c’est la source qui sera analysée. La situation exis-

tante mais également l'histoire des composants en acier seront étudiées de manière à réaliser un inventaire. Cette étape d'analyse de l'état et de l'histoire du gisement est essentielle, d'une part pour garantir l'homogénéité d'un lot et, d'autre part, pour permettre de choisir les méthodes d'évaluation appropriées grâce aux informations collectées.”⁹²

Cette fiche technique est librement accessible sur le site du BBSM dans la rubrique “publications”⁹³, où l'on trouve également d'autres fiches pour des matériaux, tels que la terre cuite ou le parquet en bois massif.

Le dernier document s'intitule **“méthodologie de diagnostic et d'évaluation des performances pour le réemploi des éléments d'ossature en acier”**⁹⁴ et a été rédigé au nom de la Fondation bâtiment et énergie en décembre 2020 avec pour responsable du document Thibault Maquenhem. La fondation Bâtiment-Energie est une fondation française de recherche créée “sous l'impulsion du ministère de la recherche, de l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) et du CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment). Elle a été créée par Arcelor, EDF, Gaz de

France et Lafarge.

Son action est complémentaire à celle des autres programmes de recherche soutenus par les Pouvoirs publics et notamment avec le PREBAT (Programme de Recherche sur l'Energie dans les Bâtiments).”⁹⁵

Ce document, beaucoup plus détaillé que la fiche précédente, aborde les mêmes questions techniques sur le diagnostic du produit en acier présent dans l'ouvrage existant. Il se présente comme un guide pour développer des “passeports de matériaux”, permettant ainsi de renseigner au maximum l'origine des pièces d'acier, leurs caractéristiques techniques, leurs usages précédents, etc.

À la lecture de ce guide, on trouve des conseils pour réaliser une description technique des produits, pour quantifier l'importance du gisement et son accès ou pour retracer l'historique de son ou ses usage(s) précédent(s). Le guide traite des performances et des réglementations pour le réemploi des matériaux en acier et la bonne connaissance des propriétés métallurgiques des produits à réemployer (par exemple, pour connaître la limite d'élasticité ou la résistance à la traction du produit en acier).

92. Ibid.

93. <https://www.bbsm.brussels/fr/publications-fr/>

94. Maquenhem, Thibault, « Méthodologie de diagnostic et d'évaluation des performances pour le réemploi des éléments d'ossature en acier », Fondation Bâtiment Énergie, 2020.

95. « La Fondation Bâtiment Énergie s'attaque aux performances énergétiques des bureaux » [en ligne], CSTB, URL : <http://www.cstb.fr/archives/webzines/editions/mai-2007/la-fondation-batiment-energie-sattaque-aux-performances-energetiques-des-bureaux.html>, consulté le 10 juin 2023.

Le document est librement disponible sur le site du CSTB dans la rubrique “documentation”⁹⁶, aux côtés de plusieurs documents similaires pour des matériaux différents.

Cette liste de référence pour le réemploi de l’acier dans le domaine de la construction n’est certainement pas exhaustive mais représente une documentation poussée et très complète réalisée par des personnes compétentes dans le domaine du réemploi, de la métallerie et sur différents territoires.

Ils constituent une base de ressources pour qui voudrait se lancer dans l’aventure du réemploi d’acier dans le domaine de la construction, à Bruxelles ou ailleurs.

Pour les autres domaines d’usages de l’acier, il n’existe pas de documentation ni de “*guide pratique*” pour sa mise en réemploi, à ma connaissance tout du moins.

Certains de ces usages sont souvent moins contraignants en termes de capacités techniques et de réglementations, rendant ce genre de guides peu nécessaires. Je pense notamment aux mobiliers de Design With Sense ou à l’armoire construite avec des radiateurs

évoquée par Kalbut Design. Ces nouveaux usages relèvent plus de la créativité et de l’ingéniosité de celui ou celle qui les met en œuvre que de contraintes techniques liées à l’histoire et aux précédents usages de l’acier réemployé.

Pour les usages qui ne relèvent pas des bâtiments mais avec de fortes exigences techniques, la question du réemploi semble encore bien lointaine (pour l’acier des machines et tous les aciers spéciaux de l’industrie de manière générale).

Probablement d’ailleurs que certains usages ne se prêteront jamais au réemploi de l’acier, tant les contraintes techniques et réglementaires laissent peu de marge de manœuvre à l’usage d’acier non neuf.

Ce champ de la question reste encore inexploré, de ce que j’ai pu voir dans mes recherches, et il faudrait presque autant de guides détaillés pour chacun des usages de l’acier qu’il y a de guides pour la charpenterie métallique.

Ces aciers mis à part, il reste encore de nombreux kilotonnes d’acier relativement “*faciles*” à réemployer et dont il est plus qu’essentiel de préserver et de rallonger la durée de vie plutôt que de les envoyer systématiquement au recyclage.

Conclusion

109

La problématique du (non) réemploi de l'acier à Bruxelles et de sa fin de vie s'inscrit dans un contexte de crises écologiques et de crises des ressources à l'échelle mondiale. L'extraction minière et toutes les industries qui en découlent sont les fondations sur lesquelles se sont érigées nos sociétés modernes et industrialisées mais également la source d'une pollution extrême et à plusieurs niveaux : des sols, de l'eau, de l'air et du vivant dans son ensemble.

Le processus de fabrication de l'acier est également très consommateur en eau et en énergie. Parmi les métaux extraits du sol, l'acier est celui qui est le plus exploité et consommé, et les indicateurs de la tendance globale de son extraction n'indiquent aucun ralentissement de sa consommation, bien au contraire. Majoritairement utilisé dans l'industrie et dans le développement des villes, il est cependant présent dans presque tous les domaines d'activités humaines : du transport à l'énergie, en passant par la santé, la production alimentaire et la vie domestique. Ses caractéristiques techniques et physiques et la maîtrise de l'humain·e à créer de nombreuses nuances d'acier en ont fait un matériau très polyvalent et essentiel pour nos sociétés.

Si la production de l'acier participe considérablement aux multiples crises déjà évoquées, il est cependant très bien recyclé et ce, à grande échelle. En revanche, son recyclage est également très polluant et consommateur d'énergie et de ressources. Ce constat, selon moi, est suffisant pour remettre en question le recyclage comme

finalité idéale pour un élément en acier dont l'usage premier est arrivé à terme.

Le recyclage, bien qu'il constitue une avancée sur le plan écologique en comparaison avec la production d'acier neuf, ne doit pas être la seule et unique solution pour le traitement de fin de vie de l'acier.

Les politiques européennes et bruxelloises affirment l'importance d'une nouvelle économie, plus circulaire, en opposition avec le modèle linéaire dominant actuel. Pour le développement d'une telle économie à Bruxelles, l'analyse du métabolisme urbain bruxellois permet d'observer les flux entrants et sortants de matières, tout comme celles qui y sont stockées.

Ces matières stockées, au lieu de les percevoir comme des futurs déchets, peuvent être considérées comme des gisements de matières utiles lorsque leur usage actuel prend fin.

Parmi les différentes options de traitement de ces matières, l'échelle de Lansink, basée sur des critères d'impacts environnementaux, nous permet d'en prioriser certaines en prolongeant au maximum la durée de vie de la matière. Si ce travail vise à mettre en avant le réemploi de l'acier, *"le meilleur déchet est celui qui n'existe pas "*

comme le dit l'adage, et la priorité reste avant tout de réduire considérablement notre production de biens neufs aux durées de vie très limitées.

Selon la Commission européenne, l'acier est l'une des matières, parmi d'autres, à considérer sous un nouveau jour et à prioriser pour améliorer sa circularité. Pour Bruxelles, l'objectif est de monter les échelons de l'échelle de Lansink et de développer la prévention, le réemploi et la réparation pour tous les biens du territoire.

La RBC observe que le développement du réemploi est générateur d'emplois et de nouveaux métiers. En ce sens, elle s'est engagée à soutenir les projets et les entreprises actives dans cette pratique. Elle souligne également l'importance de faciliter l'accès à ces gisements et de rassembler les acteur-ice-s de la collecte, du traitement et du recyclage des déchets avec les démarches de réemploi.

À Bruxelles, le réemploi d'acier s'organise déjà, mais cela reste à petite échelle et l'industrie du recyclage est hautement majoritaire dans le traitement des déchets métalliques.

Des modèles d'entreprises comme celui de Général Métal Edition peuvent être inspirants pour développer plus massivement le réemploi de l'acier à Bruxelles.

Il existe déjà une importante documentation technique pour le réemploi de l'acier dans le domaine de la construction et le contexte politique actuel invite à penser que le développement d'une telle activité serait activement soutenu par la Région Bruxelles-Capitale.

Par ces faits, il est étonnant que le réemploi d'acier ne soit pas encore très développé.

Il semble que le bon fonctionnement de son recyclage et la haute valorisation de cette activité, valorisation économique d'une part et valorisation comme procédé écologique d'autre part, peuvent être des freins au développement du réemploi.

L'absence de réponse des filières ferrailles à mes multiples sollicitations de discussion sur cette thématique amène à penser que les acteur·ice·s du recyclage ne voient pas le réemploi d'un bon œil.

Effectivement, il constitue une concurrence directe à l'accès à la matière et il n'est pas dans l'intérêt économique des entreprises de recyclage de réduire leur production. Mes échanges avec Michael

Ghyoot, Kimberly Hex et Michel Monty tendent à confirmer cette conclusion.

Si la RBC veut respecter ses engagements et ses ambitions dans le domaine du réemploi, il sera essentiel, d'une part, de mettre en réseau les acteur·ice·s du recyclage avec celles du réemploi d'acier, et d'autre part de mettre en place des mesures incitatives au réemploi.

Les enjeux d'assurances et de garanties dans les travaux de construction et d'ameublement, ainsi que la formation aux métiers de la déconstruction et du travail du métal devront également être traités en priorité.

Pour explorer de nouvelles pistes, je pense qu'il serait pertinent de réunir des entreprises déjà actives dans la métallerie et d'aborder la question du réemploi avec elleux, comme le propose Michel Monty.

Ce sont elleux qui mettent en œuvre l'acier à Bruxelles et c'est avec leur expertise et leur connaissance de la matière qu'une économie du réemploi de l'acier pourra grandir et prospérer.

Pour conclure ce travail de recherche, je tiens à appuyer la conviction que j'ai eue en choisissant mon sujet de mémoire : le réemploi, ce n'est pas seulement des tonnes de matières traitées.

Le réemploi c'est aussi, et surtout, toutes ces pratiques présentes à chaque échelle de la ville. Les dynamiques créatives et ingénieuses qui résultent du réemploi sont précieuses et nous invitent encore et toujours à faire preuve d'inventivité : de la grande charpente métallique lors de la restauration d'un bâtiment, à la petite étagère faite de radiateurs, en passant par les magasins de réemploi au sein des écoles artistiques, jusqu'aux outils agricoles conçus à partir de cadres de vélos ou de trottinettes récupérées, l'étendue des possibles est infinie. Il ne nous reste plus qu'à les découvrir, ou plus excitant encore : à les faire naître.

Remerciements

Un tout grand merci à Noemi, ma promotrice de mémoire, pour ta présence, ta disponibilité et tes nombreux conseils qui m'ont permis d'avancer dans ma recherche et dans mes réflexions. Merci aussi à Jérémy et Baptiste pour les compléments d'avis et les idées à creuser.

Merci à Laetisia et Mathieu d'avoir accepté d'être mes lecteur·ice·s pour ce travail et pour vos avis à venir.

Merci à Michael Ghyoot, à Kalbut Design, Michel Monty et Kimberly Hex pour le temps qu'ils m'ont offert. Sans ces rencontres et ces discussions je n'aurais pas pu terminer ce mémoire. Vos précieuses expériences ont été la clé de ce travail.

Merci à eva pour tes relectures, ton soutien et tes retours pertinents et avisés. Ta présence m'a été essentielle pour tenir tout au long de mon mémoire.

Merci à mes sœurs de m'inspirer tous les jours et à ma maman pour tes relectures et tes conseils.

Merci à Natasha et Roxane pour les rendez-vous en bibliothèque qui m'ont fait garder le fil et qui ont rendu ces nombreuses heures de travail beaucoup plus agréables.

Merci à Noémie pour les conseils d'impression et de reliure.

Merci à Cindy pour nos petit-déjeuners blocus dans le jardin.

Merci à la Fédération des Récupérathèques de promouvoir par l'action le réemploi dans les écoles d'art et de design.

Merci à toutes les personnes qui travaillent à développer le réemploi à Bruxelles ou ailleurs et toutes ces précieuses réflexions, idées et actions qui naissent à travers le monde.

Bibliographie et références

116

2050.BE TOWARDS A LOW CARBON SOCIETY, « *Stratégie à long terme de la Belgique - note annexe PLAN* », 2020, consulté le 3 mai 2023.

ADRIEN, « *Les pays producteur d'acier* » [en ligne], art et fer, le 23 novembre 2020, URL : <https://artetfer-shop.fr/blog/article/les-pays-producteur-d-acier.html>, consulté le 18 janvier 2023.

BELIN, HUGHES, HANANEL, CÉDRIC, « *L'économie circulaire en Région de Bruxelles-Capitale* » [en ligne], The Word Company, 2019, 187 p., URL : www.CircularEconomyBook.brussels.

BERTHOUD, FRANÇOISE, « *Ressources minérales : demande, production, réserves, déplétion, criticalité et consœurs* » [en ligne], EcoInfo - CNRS, le 30 avril 2018, URL : <https://ecoinfo.cnrs.fr/2018/04/30/ressources-minerales-demande-production-reserves-depletion-criticalite-et-consœurs/>, consulté le 11 janvier 2023.

BIDOUNG, J., FOMETHE, A., YANTIO, G., *et al.*, « *La récupération et le recyclage des déchets ferromagnétiques : Analyse de la situation au Cameroun* » [en ligne], Hal open science, 2007, URL : <https://hal.science/hal-03174451>.

BIHOUIX, PHILIPPE, DE GUILLEBON, BENOIT, « *Quel futur pour les métaux ? Raréfaction des métaux : un nouveau défi pour la société* », EDP sciences, 2010, 299 p.

BIHOUIX, PHILIPPE, « *L'âge des low tech - Vers une civilisation techniquement soutenable* », Points, coll. « Terre », 2021, 294 p.

BOUGHRIET, RACHIDA, « *Les ferrailles, nouvelle ère du recyclage de l'acier* » [en ligne], Actu-Environnement, Actu-environnement, le 10 septembre 2012, URL : <https://www.actu-environnement.com/ae/dossiers/matieres-recyclees/recyclage-ferrailles.php>, consulté le 11 janvier 2023.

BRUXELLES ENVIRONNEMENT, « *Plan de gestion des déchets de chantier* » [en ligne], Guide Bâtiment Durable.brussels, le 9 novembre 2022, URL : <https://www.guidebatimentdurable.brussels/plan-gestion-dechets-chantier>, consulté le 9 novembre 2022.

« *Faits sur le minerai de fer* » [en ligne], Ressources naturelles Canada, le 5 février 2018, URL : <https://ressources-naturelles.canada.ca/nos-ressources-naturelles/mines-materiaux/faits-mineraux-metaux/faits-sur-le-minerai-de-fer/20594>, consulté le 10 juin 2023.

CENTRE BELGO-LUXEMBOURGEOIS D'INFORMATIONS DE L'ACIER ASBL, « *Précis de l'acier* », OTUA Office Technique pour l'Utilisation de l'Acier, 2003, URL : otua.org.

CHOPPIN, JULIEN, DELON, NICOLA, ENCORE HEUREUX, « *Matière grise - matériaux/réemploi/architecture - dossier de presse* ».

CIRCULAB, « *Comment réorganiser la ville avec l'urbanisme circulaire ?* » [en ligne], [s.n.]Activer l'économie circulaire, , URL : <https://activer-economie-circulaire.com/podcast/reorganiser-ville-urbanisme-circulaire/>, consulté le 22 novembre 2022.

COIGNÉ, PHILIPPE (éd.), « *L'acier belge en 2020 - Rapport annuel* ».

COIGNÉ, PHILIPPE (éd.), « *L'acier belge en 2021 - Rapport annuel* ».

COMMISSION EUROPÉENNE, (éd.), « *Communication de la Commission au parlement européen, au conseil, au comité économique et social européen et au comité des régions - Un nouveau plan d'action pour une économie circulaire - Pour une Europe plus propre et plus compétitive* », 2020, consulté le 14 mars 2023.

CORTÉS GARCIA, EMMANUEL, « *FutuREuse : Entre patine et peau neuve - Les traitements de surface des matériaux de réemploi* », Interreg FCRBE, 2021.

DOUGUET, ETIENNE, WAGNER, FLORENCE, « *FutuREuse : Les impacts environnementaux du réemploi dans le secteur de la construction* », Interreg FCRBE, 2021.

DREZET, ERIC, « *Des matériaux critiques pour l'Union Européenne* » [en ligne], EcoInfo - CNRS, le 10 janvier 2023, URL : <https://ecoinfo.cnrs.fr/2015/10/14/2-des-materiaux-critiques-pour-lunion-europeenne/>, consulté le 10 janvier 2023.

DREZET, ERIC, « *Le recyclage des métaux* » [en ligne], EcoInfo - CNRS, le 28 avril 2016, URL : <https://ecoinfo.cnrs.fr/2014/09/03/3-le-recyclage-des-metaux/>, consulté le 4 janvier 2023.

DREZET, ERIC, « *L'énergie des métaux* » [en ligne], EcoInfo - CNRS, le 3 septembre 2014, URL : <https://ecoinfo.cnrs.fr/2014/09/03/2-lenergie-des-metaux/>, consulté le 4 janvier 2023.

DREZET, ERIC, « *Les mines de minerais métallifères* » [en ligne], EcoInfo - CNRS, le 28 juin 2014, URL : <https://ecoinfo.cnrs.fr/2014/04/28/1-les-mines-de-minerais-metalliferes/>, consulté le 4 janvier 2023.

DREZET, ERIC, « *Situation et tendances des matières premières* » [en ligne], EcoInfo - CNRS, le 24 avril 2014, URL : <https://ecoinfo.cnrs.fr/2014/04/24/situation-et-tendances-des-matieres-premieres/>, consulté le 10 janvier 2023.

DREZET, ERIC, « *Épuisement des ressources naturelles* » [en ligne], EcoInfo - CNRS, le 11 mars 2014, URL : <https://ecoinfo.cnrs.fr/2014/03/11/1-epuisement-des-ressources-naturelles/>, consulté le 10 janvier 2023.

ENCORE HEUREUX, , CHOPPIN, JULIEN, DELON, NICOLA, « *Matière grise - matériaux/réemploi/architecture* », Pavillon de l'Arsenal, 2014, 365 p.

EQUIPO FERROS PLANES, « *Recyclage de l'acier : quels processus implique-t-il, quels avantages présente-t-il et quelles solutions commerciales propose-t-il ?* » [en ligne], ferrosplanes, le 30 décembre 2021, URL : <https://ferrosplanes.com/fr/recyclage-de-lacier-quels-processus-implique-t-il-quels-avantages-presente-t-il-et-quelles-solutions-commerciales-propose-t-il/>, consulté le 10 juin 2023.

FÉDÉRATION BELGE DE LA BRIQUE, « *Longue durée de vie* » [en ligne], URL : <https://www.brique.be/durabilite-et-circularite/longue-dur%C3%A9e-de-vie/>, consulté le 10 juin 2023.

FLORE, BERLINGEN, « *Recyclage : le grand enfumage - Comment l'économie circulaire est devenue l'alibi du jetable* », Paris, 2021e éd., Rue de l'échiquier, coll. « l'écopoche », 2021, 121 p.

FRESQUE DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE, « *La fresque de l'économie circulaire - document post fresque* » [en ligne], URL : lafresquedeleconomiecirculaire.com.

GERBEN, « *Quelle est la consommation d'énergie moyenne d'un ménage belge ?* » [en ligne], Lumiworld, le 20 octobre 2021, URL : <https://lumiworld.luminus.be/fr/investissements-malins/quelle-est-la-consommation-denergie-moyenne-dun-menage-belge/>, consulté le 10 juin 2023.

GGRLN, « *Matériaux et pétrole - Dépendance au pétrole de la production d'Acier* » [en ligne], 2020, URL : <https://lomm.medium.com/mat%C3%A9riaux-et-p%C3%A9trole-d%C3%A9pendance-au-p%C3%A9trole-de-la-production-dacier-60adc2c53074>, consulté le 10 juin 2023.

GOBBO, EMILIE, « *FutuREuse : Construire une feuille de route - Stratégie pour encourager le réemploi dans le secteur de la construction* », Interreg FCRBE, 2021.

GOBBO, EMILIE, « *FutuREuse : La ville comme réserve de matériaux - Comprendre les études de gisement urbain* », Interreg FCRBE, 2021.

HOMEZ, FRÉDÉRIC, « *Acieries électriques : à la recherche de l'acier vert* » [en ligne], Miroir Social, le 18 janvier 2023, URL : <https://www.miroirsocial.com/participatif/acieries-electriques-la-recherche-de-la-cier-vert>, consulté le 18 janvier 2023.

INTERREG NORTH-WEST EUROPE, « *BELGRADE : Un atelier de tramway comme base pour développer une pratique d'entreprise* », Pilot Operations FCRBE, 2021.

INTERREG NORTH-WEST EUROPE, « *La Maison des Canaux : Intégrer un maximum de réemploi* », Pilot Operations FCRBE, 2021.

IZOARD, CELIA, « *Les ravages ignorés de l'activité minière* » [en ligne], Reporterre, le média de l'écologie, le 16 novembre 2021, URL : <https://reporterre.net/Les-ravages-ignores-de-l-activite-miniere>, consulté le 10 juin 2023.

KLOETZLI, SOPHIE, « *Extraction en eaux troubles* », Socialter, critique radicale et alternatives, vol. L'écologie recrute ! Un emploi digne, utile et écologique pour toutes et tous, n° 51, 2022, pp. 57-61.

LALLEMAND, PÉNÉLOPE, « *Vers une filière du réemploi des matériaux de seconde œuvre : analyse du paysage lyonnais et propositions pour une chaîne de valeurs complète* » [en ligne], Hal open science, 2021, URL : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03216187>.

LAROUSSE ÉDITIONS, « *Définition : capitalisme - Dictionnaire de français Larousse* » [en ligne], URL : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/capitalisme/12906>, consulté le 10 juin 2023.

LAROUSSE ÉDITIONS, « *Définition : matière - Dictionnaire de français Larousse* » [en ligne], URL : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/mati%C3%A8re/49866>, consulté le 10 juin 2023.

LE MEUR, MIKAËLA, « *Le mythe du recyclage* », EHESS, coll. « carnets parallèles », 2021, 139 p.

LEAHY, STEPHEN, « *Pics de méthane dans l'atmosphère : l'exploitation du gaz de schiste mise en cause* » [en ligne], National Geographic, le 22 août 2019, URL : <https://www.nationalgeographic.fr/environnement/2019/08/pics-de-methane-dans-latmosphere-lexploitation-du-gaz-de-schiste-mise-en-cause>, consulté le 10 juin 2023.

LHUILIER, VANESSA, « *Bruxelles: à 30 ans, on est périmé dans l'immobilier* » [en ligne], Le Soir, le 15 juillet 2019, URL : <https://www.lesoir.be/236678/article/2019-07-15/bruxelles-30-ans-est-perime-dans-limmobilier>, consulté le 10 juin 2023.

LOUIS, CAROLINE, « *Écologie industrielle et territoriale* » [en ligne], orée, URL : <http://www.oree.org/ecologie-industrielle-territoriale/presentation.html>, consulté le 22 novembre 2022.

MANSVELD, WILMA, Ministère néerlandais de l'infrastructure et de l'environnement, « *Succès du recyclage au Pays-Bas : analyse* », Assises Nationales des Déchets.

MAQUENHEM, THIBAUT, « *Méthodologie de diagnostic et d'évaluation des performances pour le réemploi des éléments d'ossature en acier* », Fondation Bâtiment Énergie, 2020.

MÉQUIGNON, MARC, « *Durée de vie et développement durable* », Les Cahiers de la recherche architecturale et urbaine, n° 26/27, Éditions du patrimoine, 2012, pp. 225-232.

MERCKX, BERTRAND, « *Métabolisme de la Région de Bruxelles-Capitale : identification des flux, acteurs et activités économiques sur le territoire et pistes de réflexion pour l'optimisation des ressources - Rapport final juillet 2015* », 2015, consulté le 14 mars 2023.

MOINET, MORGAN, « *Vers une filière du réemploi des matériaux de construction* », mémoire, ENSAB, Rennes, 2014., 61 p, 61 p.

MORIMONT, EMMANUEL, « *#Investigation: Le recyclage des métaux, la pollution wallonne qui valait un milliard* » [en ligne], RTBF, le 11

janvier 2023, URL : <https://www.rtbef.be/article/investigation-le-recyclage-des-metaux-la-pollution-wallonne-qui-valait-un-milliard-10748789>, consulté le 11 janvier 2023.

NAVAL, SUSIE, « *FutuREuse : Produit ou déchet ? Critères pour le réemploi* », Interreg FCRBE, 2021.

PATRON, TYPHAINE, « *Guide : L'Histoire Complète du Radiateur* » [en ligne], 2019, URL : <https://fr.hudsonreed.com/info/blog/histoire-complète-du-radiateur/>, consulté le 10 juin 2023.

PONCELET, FLORENCE, NASSEREDINE, MONA, « *FutuREuse : Évaluer la performance technique des matériaux de construction de réemploi* », Interreg FCRBE, 2021.

PONCELET, FLORENCE, VRIJERS, JEROEN, « *Fiche produit-application : éléments de structures en acier destinés à être réemployés dans des applications structurales* », Le bâti bruxellois source de nouveaux matériaux, 2021.

RÉGION BRUXELLES-CAPITALE, « *Plan de Gestion des Ressources et des Déchets - Pour une consommation durable, sobre, locale et circulaire - Pour une société zéro déchet.* », 2018.

RÉGION BRUXELLES-CAPITALE, BE CIRCULAR, « *Programme Régional en Économie Circulaire 2016 – 2020. Mobiliser les ressources et minimiser les richesses perdues : Pour une économie régionale innovante* », 2016.

ROESCH, LOUIS, « *L'acier - sa fabrication, ses propriétés, sa mise en œuvre, ses emplois* », OTUA Office Technique pour l'Utilisation de l'Acier, URL : <https://www.otua.org/>.

ROTOR VZW/ASBL, « *REuse Toolkit - Fiche introductive - Introduction générale* », 2021.

ROTOR VZW/ASBL, « *REuse Toolkit - Poutrelle en acier* », 2021.

ROTOR VZW/ASBL, « REuse Toolkit - Radiateur en fonte », 2021.

ROTOR VZW/ASBL, « REuse Toolkit - Radiateur en tôle », 2021.

SHIFTINGECONOMY.BRUSSELS, RÉGION BRUXELLES-CAPITALE, « Stratégie régionale de transition économique 2022-2030 », 2022.

SPF SANTÉ, DG ENVIRONNEMENT, SERVICE CHANGEMENTS CLIMATIQUES, « Vision et chantiers stratégiques pour une Belgique décarbonée à l'horizon 2050 - Contribution à la stratégie à long terme de la Belgique », 2020, consulté le 3 mai 2023.

STÉPHANT AURORE, « Effondrement : notre civilisation au bord du gouffre ? Aurore Stéphant [EN DIRECT] » [en ligne], 2023, Thinkerview., URL : https://www.youtube.com/watch?v=FkiMqLD3_YQ, consulté le 4 avril 2023.

STÉPHANT AURORE, « L'effondrement : le point critique ? Aurore Stéphant [EN DIRECT] » [en ligne], 2022, Thinkerview., URL : <https://www.youtube.com/watch?v=xx3PsG2mr-Y>, consulté le 10 juin 2023.

VIDAL, OLIVIER, « Matières premières et énergie, les enjeux de demain », Hal open science, 2019.

« L'évolution démographique en Région bruxelloise » [en ligne], environnement.brussels, le 1 mai 2023, URL : <https://environnement.brussels/citoyen/outils-et-donnees/etat-des-lieux-de-lenvironnement/contexte-bruxellois>, consulté le 10 juin 2023.

« Les aciers à outils made in France n°1 en empreinte carbone » [en ligne], thyssenkrupp Materials France, le 18 janvier 2023, URL : <https://www.thyssenkrupp-materials.fr/fr/produits/aciers-pour-outillages/les-aciers-a-outils-made-in-france-n1-en-empreinte-carbone>, consulté le 18 janvier 2023.

« *Statistiques : Production mondiale d'acier* » [en ligne], Planetoscope, le 18 janvier 2023, URL : <https://www.planetoscope.com/Commerce/1149-production-mondiale-d-acier.html>, consulté le 18 janvier 2023.

« *Statistiques : Production mondiale de minerai de fer* » [en ligne], Planetoscope, le 18 janvier 2023, URL : <https://www.planetoscope.com/matieres-premieres/178-production-mondiale-de-minerai-de-fer.html>, consulté le 18 janvier 2023.

« *Steel Statistics* » [en ligne], World Steel Association, le 18 janvier 2023, URL : <https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/>, consulté le 18 janvier 2023.

« *Aciers* » [en ligne], L'Élémentarium, le 11 janvier 2023, URL : <https://lelementarium.fr/product/aciers/>, consulté le 11 janvier 2023.

« *Coke* » [en ligne], L'Élémentarium, le 11 janvier 2023, URL : <https://lelementarium.fr/product/coke/>, consulté le 11 janvier 2023.

« *Fer* » [en ligne], L'Élémentarium, le 11 janvier 2023, URL : <https://lelementarium.fr/element-fiche/fer/>, consulté le 11 janvier 2023.

« *Ferrous Metals* » [en ligne], BIR - Bureau of International Recycling, le 11 janvier 2023, URL : <https://bir.org/the-industry/ferrous-metals>, consulté le 11 janvier 2023.

« *Construire durable - choisir l'acier* » [en ligne], ConstruirAcier, le 4 janvier 2023, URL : <https://www.construiracier.fr/choisir-lacier/construire-durable/>, consulté le 4 janvier 2023.

« *Les déchets municipaux par habitant augmentent de presque 31 kg en raison des inondations en 2021* » [en ligne], Statbel, le 8 décembre 2022, URL : <https://statbel.fgov.be/fr/themes/environnement/dechets-et-pollution/dechets-municipaux>, consulté le 10 juin 2023.

article « *Réemploi* » [en ligne], dans Wikipédia, 2023, URL : <https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9emploi>, consulté le 10 juin 2023.

article « *Production d'acier* » [en ligne], dans Wikipédia, 2022, URL : https://fr.wikipedia.org/wiki/Production_d%27acier, consulté le 11 janvier 2023.

article « *Aciérie électrique* » [en ligne], dans Wikipédia, 2022, URL : https://fr.wikipedia.org/wiki/Aci%C3%A9rie_%C3%A9lectrique, consulté le 18 janvier 2023.

article « *Fabrication de l'acier* » [en ligne], dans Wikipédia, 2022, URL : https://fr.wikipedia.org/wiki/Fabrication_de_l%27acier, consulté le 18 janvier 2023.

article « *Billette (sidérurgie)* » [en ligne], dans Wikipédia, 2020, URL : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Billette>, consulté le 18 janvier 2023.

article « *Bloom (sidérurgie)* » [en ligne], dans Wikipédia, 2020, URL : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Bloom_\(sid%C3%A9rurgie\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bloom_(sid%C3%A9rurgie)), consulté le 18 janvier 2023.

« *Pour des produits plus durables et réparables ?* » [en ligne], HOP - Halte à l'Obsolescence Programmée, le 4 octobre 2022, URL : <https://www.halteobsolescence.org/>, consulté le 4 octobre 2022.

« *Utilisation efficace des ressources et économie circulaire - Fiches thématiques sur l'Union européenne* » [en ligne], Parlement européen, le 31 août 2022, URL : <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/fr/sheet/76/resource-efficiency-and-the-circular-economy>, consulté le 3 mai 2023.

« *Décarboner la production d'acier, le futur de la sidérurgie* » [en ligne], 2022, URL : <https://serrurerie-sml.fr/nos-actualites/decarboner-la-production-dacier-le-futur-de-la-siderurgie/>, consulté le 10 juin 2023.

« *Results Pack CORDIS sur l'économie circulaire - Une collection thématique des résultats de la recherche innovante financée par l'UE. Des solutions innovantes pour permettre une gestion circulaire des déchets industriels et urbains* », office des publications de l'Union européenne, 2021.

« *Le cycle de vie de l'acier* » [en ligne], 2020, URL : <https://www.thy-marcinelle.com/thy-marcinelle-le-cycle-de-vie-de-lacier/>, consulté le 4 janvier 2023.

« *Quelles sont les limites du recyclage ?* » [en ligne], écoconso, le 5 septembre 2020, URL : <https://www.ecoconso.be/fr/content/quelles-sont-les-limites-du-recyclage>, consulté le 10 juin 2023.

« *Durabilité des constructions bois dans le temps, comment l'évaluer ?* » [en ligne], SELVEA, le 25 septembre 2016, URL : <https://www.selvea.com/durabilite-construction-bois/>, consulté le 10 juin 2023.

« *Développement d'une filière de réutilisation et de recyclage des matériaux de construction - Comité d'accompagnement - Rapport d'activités Décembre 2013* », 2013, consulté le 9 novembre 2022.

« *Réhabilitation et cycle de vie : l'acier indéfiniment* » [en ligne], Le Moniteur, www.lemoniteur.fr, le 3 novembre 2010, URL : <https://www.lemoniteur.fr/article/rehabilitation-et-cycle-de-vie-l-acier-indefiniement.1238619>, consulté le 4 janvier 2023.

« *Acier produit et rebut d'acier consommé Monde 2017* » [en ligne], Statista, URL : <https://fr.statista.com/marches/1159/themes/1246/metaux/>, consulté le 10 juin 2023.

« *Be circular brussels - Rapport d'activité 2020* » [en ligne], URL : <https://www.circulareconomy.brussels/>.

« *Be circular brussels - Rapport d'activité intermédiaire 2016-2018* » [en ligne], URL : <https://www.circulareconomy.brussels/>.

« *Climat : très émetteur de CO2, l'acier cherche sa voie verte* » [en ligne], RTBF, URL : <https://www.rtb.be/article/climat-tres-emetteur-de-co2-l-acier-cherche-sa-voie-verte-10871657>, consulté le 10 juin 2023.

« *Design better, waste less* » [en ligne], URL : <http://designwithsense.be/>, consulté le 10 juin 2023.

« *L'Accord de Paris* » [en ligne], United Nations Climate Change, URL : <https://unfccc.int/fr/a-propos-des-ndcs/l-accord-de-paris>, consulté le 10 juin 2023.

« *La Fondation Bâtiment Energie s'attaque aux performances énergétiques des bureaux* » [en ligne], CSTB, URL : <http://www.cstb.fr/archives/webzines/editions/mai-2007/la-fondation-batiment-energie-sattaque-aux-performances-energetiques-des-bureaux.html>, consulté le 10 juin 2023.

MAKE IT CIRCULAR [en ligne], [s.n.], « *#1La matière : Des podcasts pour comprendre l'économie circulaire* » , URL : <https://www.economiecirculaire.org/articles/h/make-it-circular-des-podcasts-pour-comprendre-l-economie-circulaire.html>, consulté le 22 novembre 2022.

« *La production d'acier a atteint 7,3 millions de tonnes en Belgique en 2014 (+3,6%)* » [en ligne], RTBF, URL : <https://www.rtb.be/article/la-production-d-acier-a-atteint-73-millions-de-tonnes-en-belgique-en-2014-36-8826676>, consulté le 10 juin 2023.

« *Les matières premières* » [en ligne], URL : <http://les.cahiers-developpement-durable.be/vivre/les-matieres-premieres-definitions/>, consulté le 10 juin 2023.

« *Plan d'action fédéral pour une économie circulaire 2021-2024* » [en ligne], URL : <https://www.health.belgium.be/fr/plan-daction-federal-pour-une-economie-circulaire-2021-2024>.

« *Pour la réinvention de nos rapports aux matières premières minérales* » [en ligne], SystExt, URL : <https://www.systext.org/>, consulté le 4 avril 2023.

« *Raw materials - Maximising scrap use helps reduce CO2 emissions* » [en ligne], World Steel Association, URL : <https://worldsteel.org/steel-topics/raw-materials/>, consulté le 10 juin 2023.

« *Rotor Deconstruction* » [en ligne], Opalis, URL : <https://opalis.eu/fr/fournisseurs/rotor-deconstruction>, consulté le 10 juin 2023.

« *Un "Pacte vert" ambitieux met l'Europe sur la voie d'un continent neutre sur le plan climatique* » [en ligne], Klimaat | Climat.be, URL : <https://climat.be/politique-climatique/europeenne/pacte-vert>, consulté le 10 juin 2023.

« *Un pacte vert pour l'Europe* » [en ligne], Text, Commission européenne - European Commission, URL : https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_fr, consulté le 4 octobre 2022.

« *Pyramides des âges pour le monde entier de 1950 à 2100* » [en ligne], PopulationPyramid.net, URL : <https://www.populationpyramid.net/fr/monde/1980/>, consulté le 19 juin 2023.

